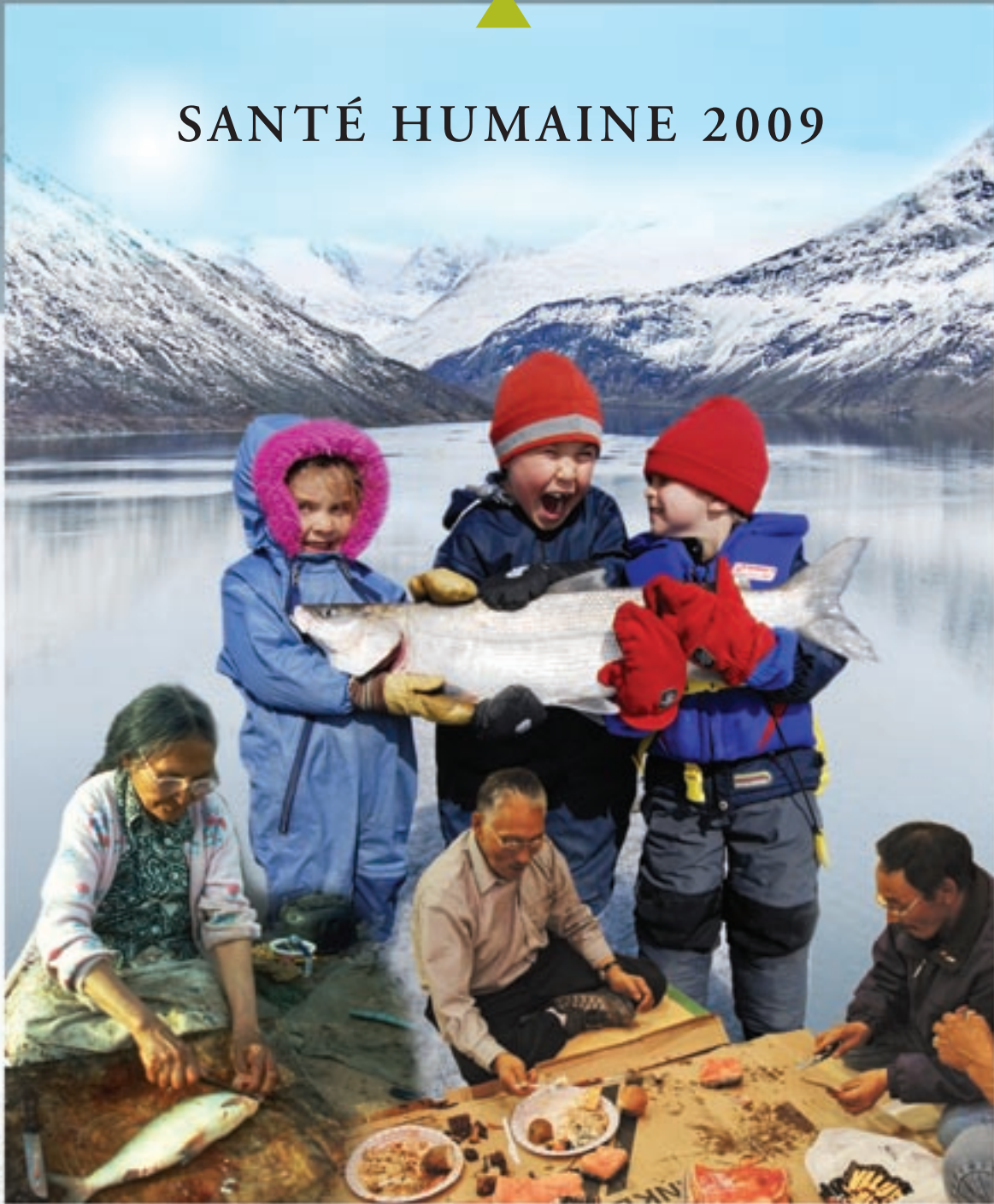


PROGRAMME DE LUTTE CONTRE LES
CONTAMINANTS DANS LE NORD

RAPPORT D'ÉVALUATION DES EFFETS SUR LA SANTÉ
DES CONTAMINANTS DANS L'ARCTIQUE CANADIEN

SANTÉ HUMAINE 2009



Affaires indiennes
et du Nord Canada

Indian and Northern
Affairs Canada

Canada

mer des Tchouktches

océan Arctique

mer de Beaufort





Alert

Ausuiittuq
(Grise Fiord)

Resolute
(Qausuittuq)

Ikpiajuk/Tununirusiq
(Arctic Bay)

Mittimatalik
(Pond Inlet)

Kangiqtugaapik
(Clyde River)

baie de Baffin

Qikiqtarjuaq
(Broughton Island)

Pangnirtung

Iqaluit

Kimmirut
(Lake Harbour)

Kinngait
(Cape Dorset)

Naujaat
(Repulse Bay)

Salliq
(Coral Harbour)

Qamanittuaq (Baker Lake)

Igluligaarjuk (Chesterfield Inlet)

Kangiqliniq (Rankin Inlet)

Tikirarjuaq (Whale Cove)

Arviat

Ivujuvik

Salluit

Kangiqsujuaq

Quaqtaq

Akulivik

Kangirsuk

Puvirnituq

Aupaluk

Tasiujaq

Kuujjuaq

Kangiqsualujjuaq

Nain

Hopedale

Postville

Makkovik

Rigolet

Happy Valley/Goose Bay

Umiujaq

Sanikiluaq

Kuujjuarapik

baie d'Hudson

Addenda

Vous trouverez ci-dessous un aperçu des modifications apportées à certains tableaux de données depuis la publication de la version anglaise du Rapport de l'évaluation des contaminants et de la santé dans l'Arctique canadien : Santé humaine 2009. De plus, quelques corrections mineures ont aussi été apportées à la présente version.

Page 70

Dans le tableau 4.6.1, la concentration sanguine maximale en milieu de travail de 5 µg/L est un *seuil d'intervention* pour le cadmium, et non un *seuil préoccupant* (OSHA, 1992). Le tableau a été mis à jour.

Pages 70 et 71

Dans les tableaux 4.6.1 et 4.6.2, les *seuil d'intervention* et *seuil préoccupant* des BPC chez les femmes enceintes sont de 5 µg/L. Le seuil préoccupant de 100 µg/L s'applique aux femmes non enceintes de la population en général (Santé Canada, 1986). La colonne du seuil d'intervention a été retirée du tableau 4.6.2. Les affirmations liées à ces tableaux ont été modifiées en conséquence.

Page 88

Dans le tableau 5.3.3, la concentration de PCB 118 pour la dose véhicule a été corrigée à 0,56 µg/L.

Références photographiques de la page couverture : MAINC, Paul Vecsei, Eric Loring

Publié avec l'autorisation du
ministre des Affaires indiennes et du Nord canadien et
interlocuteur fédéral auprès des Métis et des Indiens non inscrits
Ottawa, 2009
www.ainc-inac.gc.ca
1-800-567-9604

ATME seulement 1-866-553-0554
QS-8648-000-EE-A1
No de catalogue R72-260/4-2009F
ISBN 978-1-100-12899-3

© Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada





SANTÉ HUMAINE



Collaborateurs

Plusieurs personnes ont participé à la rédaction du présent rapport. Dans certains cas, leur apport a été complété par des renseignements tirés d'études scientifiques connexes ayant fait l'objet de publications, et on a apporté des modifications au besoin afin de garantir la cohérence du rapport d'évaluation. Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord du ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien tient à remercier les auteurs suivants de leur précieuse contribution dans leurs champs de compétences respectifs :



Martin Lipman

Auteurs et rédacteurs

J. Van Oostdam¹, S. Donaldson, M. Feeley, C. Tikhonov

Auteurs

B. Armstrong, P. Ayotte, W. Bowers, O. Boucher, L. Chan, F. Dallaire, R. Dallaire, É. Dewailly, G. Egeland, J. Fontaine, C. Furgal, E. Hartnett, E. Loring, G. Muckle, O. Receveur, D. Pereg, P. Plusquellec, M. Potyrala

Collaborateurs

B. Adlard, D.J. Arnold, J. Brewster, D. Charette, S. Déry, P. Dumas, J. Edwards, T. Leech, A. Manning, E. Myles, T. Nancarrow, C. Nolasco da Silva, R. Pearce, R. Shearer, S. Smith, J. Tessier-Gagné, K. Tofflemire, J.P. Weber

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement les nombreuses personnes qui ont collaboré à cet exercice important en consacrant de leur temps, en mettant à profit leur expertise et en effectuant des recherches. Au nombre de ces personnes, mentionnons les chercheurs et les coordonnateurs de la surveillance des contaminants dans chaque région, les travailleurs en santé communautaire, les diététistes, les infirmières, les mères et les résidents des collectivités. Le présent rapport a été réalisé grâce à leur travail et à leur contribution.

Les auteurs souhaitent également remercier A. Gilman, D. Kinloch, T. Myres et K. Young, qui ont révisé une version antérieure du rapport.

¹ Veuillez adresser la correspondance à l'adresse suivante :
Santé Canada, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Bureau de la surveillance des substances chimiques,
Biosurveillance de la population, 269, av. Laurier O., I.A. 4908D, Ottawa (Ontario) Canada K1A 0K9
jay.vanoostdam@hc-sc.gc.ca

Résumé

Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN) a réalisé un examen dans le but de répondre aux préoccupations à l'égard des effets néfastes sur la santé qui pourraient découler d'une exposition aux polluants organiques persistants (POP) et aux métaux lourds par le biais de la consommation d'aliments traditionnels. Ces préoccupations sont particulièrement importantes dans le cas des peuples autochtones dont le régime alimentaire repose en grande partie sur des aliments traditionnels qui sont également associés à d'importants avantages culturels, sociaux, économiques, nutritionnels, spirituels et psychologiques.

L'examen poursuit le travail réalisé au cours des deux premières étapes du programme en vue d'améliorer la base de connaissances sur les contaminants et la santé humaine. Ce troisième examen nous informe sur les recherches en cours concernant les changements observés dans les concentrations de contaminants chez les habitants de l'Arctique canadien et leur exposition à ces contaminants; décrit les effets possibles sur la santé; identifie des nouveaux contaminants préoccupants; résume la caractérisation et la communication des risques liés aux contaminants dans les aliments traditionnels et fait état des lacunes dans les connaissances.

Les aliments traditionnels et le régime alimentaire des habitants du Nord

Puisqu'un grand nombre de collectivités du Nord vivent des bouleversements économiques, politiques, sociaux et environnementaux dont les effets se font sentir sur la santé humaine et le bien-être, le besoin d'obtenir rapidement de l'information pertinente sur les choix alimentaires et la sécurité n'a jamais été aussi pressant. Pour répondre à ce besoin, il est essentiel d'effectuer un suivi constant de la consommation alimentaire, d'améliorer la compréhension des enjeux relatifs à la sécurité alimentaire et de mieux comprendre les déterminants des choix alimentaires.

Les aliments traditionnels occupent une place importante dans la qualité générale de l'alimentation des habitants de l'Arctique canadien parce qu'ils sont une source de

protéines, de vitamines et de minéraux. Par contre, les aliments traditionnels sont aussi une importante source d'exposition aux contaminants que l'on retrouve dans l'environnement. Même si la consommation des aliments traditionnels diffère selon les cultures que l'on retrouve en Arctique, la tendance générale montre que les nouvelles générations consomment beaucoup moins d'aliments traditionnels que les générations précédentes. Selon les recherches, ces aliments auraient été remplacés par des produits à forte teneur en glucides, peu nutritifs, disponibles dans les commerces et dont la consommation pourrait contribuer à l'augmentation du diabète, des carences en micronutriments, de l'obésité et des maladies chroniques.

Selon une analyse détaillée de l'alimentation et des données connexes sur les contaminants qui a été réalisée dans la région d'Inuvik, les habitudes de consommation sont en train de changer et le message concernant les risques et les avantages (« les aliments traditionnels sont bons pour vous, particulièrement pendant la grossesse, mais si les contaminants vous inquiètent, mangez de l'omble chevalier, du caribou ou de l'original ») est entendu. Cette étude montre que les mères inuvialuit, dénées et métisses ont augmenté leur consommation de poisson. Chez les Inuvialuit, on remarque que les mères mangent plus de caribou, d'oiseaux et de phoque et qu'elles consomment moins de graisse de mammifères marins (spécialement la graisse de béluga).

Exposition des personnes et niveaux de contaminants

Le présent examen montre que la plupart des contaminants que l'on retrouve dans le sang maternel ont diminué de façon importante au cours des 10 dernières années dans toutes les régions de l'Arctique canadien. Dans le cas de certains contaminants, les niveaux dans le sang maternel sont maintenant moins de la moitié de ce qu'ils étaient il y a 10 ans. L'exception à remarquer est le cadmium, qui est présent à des niveaux plus élevés dans les échantillons de sang maternel prélevés dans les régions d'Inuvik, de Baffin et du Nunavik. Cette situation

a été associée à l'usage croissant de la cigarette parmi les personnes faisant partie de ce groupe d'âge, et les responsables régionaux de la santé publique considèrent qu'il s'agit d'un enjeu important. Si nous voulons confirmer la diminution des niveaux de contaminants observée au cours des 10 dernières années, il est essentiel d'effectuer une surveillance continue des POP et des métaux. Cette surveillance de la tendance est également exigée par différents programmes nationaux et internationaux.

Les études précédentes avaient montré que les niveaux les plus élevés de presque tous les POP et les métaux se trouvaient chez les Inuits – parmi tous les groupes ethniques étudiés (Dénés/Métis, Blancs, Inuits), les Inuits avaient les niveaux les plus élevés de biphényles polychlorés (BPC), de mercure et de cadmium. Parmi la population examinée, plus de la moitié des Inuits du Nunavik et près du quart de ceux du Nunavut dépassaient le seuil préoccupant établi par Santé Canada pour les BPC, bien que la proportion des mères dépassant ce seuil ait diminué depuis la dernière étude. Aucune mère dénée, métisse ou non autochtone ne dépassait le niveau préoccupant. Ces conclusions étaient les mêmes dans le cas du mercure. Le tiers des mères inuites du Nunavut et du Nunavik dépassait la plage de risque accru, tandis que ce niveau n'était pas dépassé dans les autres groupes ethniques. Dans le cas du plomb, les résultats de tous les groupes étaient inférieurs au niveau d'intervention établi par Santé Canada.

Des recherches supplémentaires sont requises pour surveiller les niveaux des organochlorés et des métaux dans les aliments traditionnels si nous voulons mieux comprendre leur évolution en Arctique. Il faudrait également poursuivre le travail qui permettrait d'étudier l'exposition des personnes aux contaminants par l'alimentation au sein d'un petit groupe représentatif vivant

dans des régions ayant une exposition très élevée ou modérée, et d'obtenir une autre référence temporelle avec laquelle il serait possible de comparer les données recueillies au cours des étapes précédentes du programme.

Pour être en mesure d'élaborer des mécanismes de contrôle appropriés, les décideurs doivent avoir accès aux données les plus récentes sur les nouveaux contaminants – tels que les éther diphenyliques polybromé (ÉDPB) et le sulfonate de perfluorooctane (SPFO).

Dans certaines régions, nous avons remarqué une croissance des concentrations des ÉDPB (un groupe de produits chimiques utilisés pour retarder la propagation des flammes) et des SPFO (des produits chimiques antitaches) dans la faune de l'Arctique, mais les données dont nous disposons sont insuffisantes pour étudier les tendances chez les habitants de la région. Le niveau des ÉDPB dans la population de l'Arctique canadien est semblable dans tous les groupes ethniques, tout en étant beaucoup plus bas que celui des mères du Sud du Québec. Les niveaux de SPFO dans les échantillons de sang maternel au Nunavik ont diminué, mais ce résultat repose sur des données très restreintes. Étant donné l'ampleur des incertitudes existant présentement en Arctique, les récents changements observés dans les concentrations de contaminants dans l'environnement et chez les personnes devront être vérifiés dans le cadre d'une surveillance continue.

Grâce à de nouvelles techniques d'analyse et méthodes d'étude, les scientifiques peuvent maintenant mesurer l'exposition des personnes aux POP émergents et à leurs métabolites et d'en étudier les conséquences sur la santé. De nouvelles données devraient être disponibles d'ici quelques années.

Toxicologie

Des études sur la toxicologie ont montré que l'exposition à une combinaison de produits chimiques présents dans les aliments traditionnels est susceptible de modifier la toxicité individuelle des contaminants. Puisque cette situation a une incidence sur les relations entre la charge corporelle et la toxicité par dose, les études sur la toxicité individuelle d'un produit chimique sont moins pertinentes. Même si les études épidémiologiques permettent de fixer les niveaux d'exposition néfastes pour la santé humaine, des études toxicologiques sont nécessaires pour documenter la vraisemblance biologique des associations et pour vérifier les mécanismes d'action ainsi que la relation dose-effet précise. Par conséquent, des recherches supplémentaires devraient être réalisées pour identifier et mieux comprendre les effets des combinaisons de contaminants sur la santé des habitants de l'Arctique qui sont fortement exposés.



Eric Loring



0086_© Marc Tawil-ArcticNet

Bien que certaines preuves expérimentales montrent qu'il existe des interactions intéressantes entre certains éléments nutritifs essentiels et les contaminants – les oligo-éléments, les vitamines et les acides gras sont capables d'atténuer un peu la toxicité de certains contaminants présents dans les aliments – la confirmation de ces interactions dans les recherches effectuées auprès des humains est plutôt équivoque. Il faudrait réaliser des études plus poussées pour éclaircir les avantages associés à la consommation d'aliments traditionnels.

Une incertitude persiste en ce qui a trait à l'exposition aux ÉDPB et à ses effets sur la santé des habitants de l'Arctique. Des preuves montrent que les niveaux actuels d'exposition aux ÉDPB ne devraient entraîner aucun effet néfaste sur la santé, au moins en ce qui concerne les effets expérimentaux sur les hormones thyroïdiennes. Par contre, des effets néfastes sur la santé pourraient être plausibles si les niveaux de concentration tissulaire continuent d'augmenter au rythme actuel. Des recherches devront être faites afin de définir plus précisément dans quelle mesure les expositions alimentaires actuelles ou les résidus sont associés à un risque à la santé.

Épidémiologie

Les études épidémiologiques dans l'Arctique canadien sont difficiles à réaliser en raison de nombreux facteurs limitatifs, notamment : l'exposition à des combinaisons complexes de contaminants, la faible population, les interactions entre les contaminants et les éléments nutritifs, les facteurs génétiques, les facteurs parasites et les priorités dans le domaine de la santé. Ces raisons

expliquent pourquoi l'évaluation des risques repose en grande partie sur les études épidémiologiques réalisées dans d'autres pays. Cependant, étant donné qu'une variété de facteurs uniques peut limiter la validité externe de ces études, il est essentiel de poursuivre les études dans l'Arctique canadien.

Les multiples facettes des effets des contaminants sur la santé humaine laissent beaucoup de questions sans réponse. De nouvelles données suggèrent que des éléments nutritifs présents dans les aliments traditionnels, tels que les acides gras oméga-3, favorisent le développement du cerveau des nourrissons inuits. Ces effets positifs sont constatés dans des domaines qui diffèrent de ceux qui sont attribuables à l'exposition aux contaminants. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour identifier et caractériser les effets possibles sur la santé tels que la perturbation des hormones thyroïdiennes ou les problèmes neurologiques de développement chez les nourrissons et les enfants exposés aux contaminants pendant la grossesse. De plus, il faut également étudier plus en profondeur les interactions entre les éléments nutritifs que l'on retrouve dans les fruits de mer et les effets des contaminants.

Plusieurs études sur le système immunitaire des habitants du Nunavik ont associé la croissance du nombre d'infections de voies respiratoires inférieures et d'otites moyennes aiguës pendant l'enfance à une exposition aux POP pendant la grossesse. De plus, les études ayant relevé un niveau sous-optimal de vitamine A et une homéostasie altérée de la vitamine A en présence de certains POP nous confirment qu'il est essentiel de

comprendre les relations entre la vitamine A, les niveaux de contaminants et l'incidence des maladies infectieuses chez les habitants de l'Arctique.

Les résultats des études sur la croissance humaine et l'exposition aux BPC se contredisent dans le cas des études sur la population générale dont l'exposition n'est pas imputable à la consommation de poisson ou de mammifères marins, et elles sont inconsistantes lorsqu'elles effectuent des comparaisons avec les données issues d'une cohorte dont l'exposition est très élevée. Par contre, cette dernière constatation ne réfute pas l'hypothèse qu'une exposition aux BPC pendant la grossesse entraîne des effets sur la croissance. En poursuivant la recherche sur les caractéristiques génétiques propres aux populations étudiées, nous arriverons à une compréhension scientifique plus complète des études sur la croissance humaine et l'exposition aux BPC.

Les études actuellement en cours sur le rôle de l'exposition au méthylmercure et aux POP dans l'apparition du syndrome métabolique, des maladies cardiovasculaires et du diabète viennent à peine de commencer. Par conséquent, ces études prêtent encore à controverse. Il est possible que le méthylmercure entrave les mécanismes de défense contre le stress oxydatif, qu'il diminue la variabilité de la fréquence cardiaque et qu'il augmente la tension artérielle. Des recherches expérimentales et épidémiologiques additionnelles sont requises dans ce domaine.

Communication des risques

La communication des risques est un processus qui évolue sans cesse. Au cours des 16 dernières années, le PLCN a constaté que la diffusion fréquente d'information sur les contaminants est susceptible de saturer les collectivités et, par conséquent, il a réduit le nombre et la fréquence des messages. Les responsables ont également constaté que la communication est plus efficace et mieux acceptée lorsqu'elle s'intègre aux messages actuels concernant la santé publique et qu'elle incorpore les perceptions et l'expertise locales. Des études ont démontré que les résidents du Nord veulent obtenir des renseignements précis et pratiques qui facilitent la mise en contexte des risques liés à l'exposition aux contaminants et qui soutiennent leurs processus décisionnels. L'évaluation des diverses communications des risques

effectuées au cours des années précédentes permettrait au PLCN d'obtenir des renseignements qui lui seraient utiles pour la poursuite et l'amélioration de ses activités.

Si l'on veut mieux évaluer les découvertes scientifiques et aider la prise de décisions, nous devons élaborer un processus commun qui permettra d'évaluer et de comparer tous les avantages et les risques liés à l'alimentation traditionnelle (et à ses alternatives). Plusieurs habitants de l'Arctique m'ont pas beaucoup d'argent et leurs choix alimentaires reposent principalement sur la nourriture facilement accessible, mais aussi sur leurs réseaux sociaux, qui incluent parfois le partage de la nourriture. Les stratégies de promotion de la santé qui obtiennent les meilleurs résultats sont celles dont l'objectif est d'accroître la disponibilité des aliments nutritifs plutôt que de changer les habitudes et les comportements. Des recherches qui apporteraient de nouvelles connaissances sur les déterminants des choix alimentaires et qui feraient l'évaluation des substitutions alimentaires et des autres programmes de gestion seraient utiles pour les régions nordiques où les niveaux d'exposition sont préoccupants. Les évaluations et les comparaisons sont particulièrement importantes pour les collectivités ayant l'exposition la plus élevée et groupes vulnérables, notamment les mères, les femmes enceintes, les femmes en âge de procréer, les fœtus, les nourrissons et les enfants. Il faudrait également réaliser des recherches supplémentaires pour identifier les sources régionales particulières et les concentrations de contaminants dans les aliments traditionnels.

Un outil informatisé d'aide à la décision a été récemment créé en collaboration avec le Comité nutrition et santé du Nunavik, grâce au financement fourni par le PLCN et Santé Canada. Cet outil pourrait aider à analyser les risques et les avantages liés à l'alimentation traditionnelle chez les peuples nordiques.

Tant les habitants du Nord que les professionnels de la santé publique ont besoin d'obtenir plus d'information et de soutien pour aborder le problème des contaminants. Malgré les nombreux progrès accomplis, l'acquisition de connaissances sur la perception locale des risques pourrait nous aider à diminuer efficacement l'ambiguïté qui existe encore relativement à certains enjeux liés aux contaminants et aux choix alimentaires.

Table des matières

Résumé i

1 Introduction 1

1.1	Introduction	1
1.2	Principales conclusions et lacunes en matière de connaissances – Phases I et II du PLCN	3
1.2.1	Principales conclusions de la phase I du PLCN (1991–1997)	3
1.2.2	Principales lacunes en matière de connaissances décelées durant la phase I du PLCN (1991–1997)	4
1.2.3	Principales conclusions de la phase II du PLCN (1998–2003)	5
1.2.4	Principales lacunes en matière de connaissances décelées durant la phase II du PLCN (1998–2003)	6
1.3	Objectifs d'évaluation de la phase III	7
1.4	Structure du rapport d'évaluation	8

2 Études sur les aliments et les habitudes alimentaires 11

2.1	Introduction	11
2.2	Avantages des aliments traditionnels	11
2.2.1	Avantages nutritionnels des aliments traditionnels	11
2.2.2	Avantages économiques des aliments traditionnels	13
2.3	Consommation d'aliments traditionnels et changement des habitudes alimentaires	14
2.3.1	Consommation alimentaire des enfants dénés/métis et des Premières nations du Yukon	14
2.3.2	Répercussions des changements climatiques sur l'état nutritionnel des Inuits du Nunavut	15
2.3.3	Constatations locales des changements climatiques et répercussions sur la sécurité alimentaire liée aux aliments traditionnels dans deux collectivités autochtones du Nord	16
2.3.4	Gérer la question de l'exposition au mercure au Nunavut	17
2.3.5	Étude de surveillance des tendances temporelles des contaminants environnementaux chez les humains dans les Territoires du Nord-Ouest	19
2.4	Répercussions sur la santé associées aux changements des habitudes alimentaires	20
2.4.1	Lien entre les changements des habitudes alimentaires et l'obésité	21

2.5	Conclusions et recommandations	22
3	État de santé de la population de l'Arctique canadien	25
3.1	Introduction	25
3.1.1	Sources de données	25
3.2	Indicateurs démographiques en rapport avec l'état de santé	25
3.3	État de santé de la population de l'Arctique canadien	28
3.3.1	Santé autoévaluée	28
3.3.2	Indicateurs choisis	30
3.3.3	Espérance de vie	31
3.3.4	Mortalité infantile	32
3.3.5	Principales causes de décès	34
3.3.6	Mortalité prématurée	35
3.3.7	Indicateurs de morbidité choisis	38
3.4	Conclusion	45
4	Exposition humaine aux contaminants environnementaux	47
4.1	Introduction	47
4.2	Évaluation de l'exposition des habitants de la région d'Inuvik dans les T.N.-O.	48
4.2.1	Concentrations de contaminants environnementaux dans les tissus des personnes vivant dans la région d'Inuvik	49
4.2.2	Exposition aux contaminants par voie alimentaire	55
4.2.3	Comparaisons des tendances entre l'étude initiale et l'étude de suivi (1998-1999 versus 2005-2006)	58
4.2.4	Changements relatifs à l'exposition aux contaminants par voie alimentaire ..	58
4.2.5	Tendances associées aux contaminants dans la région d'Inuvik et conséquences des habitudes alimentaires	59
4.3	Région de Qikiqtaaluk (Baffin) au Nunavut	60
4.3.1	Surveillance des tendances temporelles des contaminants environnementaux chez les personnes vivant dans la région de Baffin au Nunavut	60
4.4	Région du Nunavik au Québec	61
4.4.1	Tendances temporelles des POP et des métaux chez les mères du Nunavik ..	61
4.4.2	Changements des concentrations de POP classiques et de métaux chez les adultes du Nunavik	63
4.5	Nouveaux contaminants	66
4.5.1	Concentrations des nouveaux contaminants	66
4.6	Concentrations de contaminants dans les tissus et valeurs maximales recommandées	69
4.6.1	Concentrations de BPC dans les tissus et valeurs maximales recommandées	69

4.6.2	Concentrations de métaux dans les tissus et valeurs maximales recommandées	70
4.7	Assurance de la qualité/contrôle de la qualité.	72
4.7.1	Comparabilité des données obtenues par différentes méthodes ou au fil du temps.	73
4.8	Mot de la fin.	74
5	Toxicologie	79
5.1	Introduction	79
5.2	Contaminants préoccupants	80
5.2.1	Éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB)	80
5.2.2	Produits chimiques perfluorés.	82
5.3.	Études sur des mélanges de contaminants	83
5.4	Interactions entre les nutriments et les contaminants.	92
5.4.1	Modification de la toxicité du mercure par les aliments : données provenant de modèles rats.	92
5.5.	Toxicologie et épidémiologie : comparaison des données.	94
5.5.1	Introduction	94
5.5.2	Comparaison entre la toxicologie et l'épidémiologie en ce qui concerne certains paramètres de santé	94
5.5.2.1	Fonction immunitaire.	94
5.5.2.1.1	<i>Études épidémiologiques</i>	95
5.5.2.1.2	<i>Études toxicologiques</i>	97
5.5.2.1.3	<i>Différences et similitudes entre les deux méthodes</i>	98
5.5.2.2	Densité osseuse et ostéoporose	99
5.5.2.2.1	<i>Études épidémiologiques</i>	99
5.5.2.2.2	<i>Études toxicologiques</i>	100
5.5.2.2.3	<i>Différences et similitudes entre les deux méthodes</i>	100
5.6	Mot de la fin	100
6	Epidémiologie des effets sur la santé humaine associés à la présence de contaminants dans l'Arctique canadien	103
6.1	Introduction	103
6.2	Fonction immunitaire et infections	105
6.2.1	Production d'anticorps après la vaccination	106
6.2.2	Biomarqueurs immunitaires	106
6.3	Développement neurologique	108

6.3.1	Plomb (Pb)	108
6.3.2	Diphényles polychlorés (BPC)	109
6.3.3	Méthylmercure (MeHg)	111
6.3.4	Nutriments ayant des effets sur la neurotoxicité des contaminants environnementaux	113
6.3.4.1	Sélénium (Se)	113
6.3.4.2	Acides gras polyinsaturés (AGPI)	114
6.4	Perturbation des hormones sexuelles	116
6.4.1	Résultats cliniques.	117
6.4.1.1	Maturation sexuelle des nouveau-nés mâles	117
6.4.1.2	Facteurs de risque environnementaux de l'ostéoporose	117
6.4.1.3	Fertilité masculine au Groenland et contaminants environnementaux	119
6.5	Stress oxydatif	119
6.5.1	Pression artérielle	122
6.5.2	Mercure et variabilité de la fréquence cardiaque	123
6.6	Conclusions	124

7 Caractérisation et communication des risques et des bienfaits 127

7.1	Introduction	127
7.2	Processus de caractérisation des risques	127
7.3	Communication des risques.	127
7.4	Recherche éthique et PLCN	129
7.5	Perception des risques	131
7.5.1	Perception des risques liés aux contaminants dans le Nord	133
7.6	Études sur les choix alimentaires	138
7.7	Études de cas sur la communication et la mise en balance des bienfaits et des risques	141
7.8	Nouveaux outils de caractérisation des risques et des bienfaits et de communication.	143
7.8.1	Description du modèle	144
7.8.2	Estimation des risques.	144
7.8.2.1	Estimation des risques associés aux contaminants.	147
7.8.2.2	Estimation des risques associés aux nutriments.	147
7.8.2.3	Estimation de la charge de morbidité	147
7.8.3	Analyse de scénarios	149
7.8.4	Utilité du modèle	155
7.9	Analyse et conclusions	157

8 Conclusions 161

8.1	Introduction	161
8.2	Études sur les aliments et les habitudes alimentaires	161
	Consommation d'aliments traditionnels et changement des habitudes alimentaires	161
	Répercussions sur la santé associées aux changements des habitudes alimentaires	162
8.3	Exposition humaine aux contaminants environnementaux	163
	Conclusions générales	163
	Concentrations des contaminants dans les tissus et valeurs maximales recommandées	163
	Nouveaux contaminants	164
	AQ/CQ	164
8.4	Toxicologie	164
	Contaminants préoccupants	164
	Études sur les mélanges de contaminants	165
	Interactions entre les nutriments et les contaminants	165
	Toxicologie et épidémiologie : comparaison des données	165
8.5	Épidémiologie	166
	Fonction immunitaire	167
	Développement neurologique	167
	Acides gras polyinsaturés (AGPI)	167
	Perturbation des hormones sexuelles	167
	Stress oxydatif	168
8.6	Caractérisation et communication des risques et des bienfaits	168
	Processus de caractérisation des risques	168
	Communication des risques	168
	Recherche éthique et PLCN	168
	Perception des risques	168
	Études sur les choix alimentaires	168
	Études de cas sur la gestion et la communication des risques	169
	Logiciel de gestion des risques	169

9 Lacunes en matière de connaissances 171

9.1	Études sur les aliments et les habitudes alimentaires	171
	Consommation d'aliments traditionnels et changement des habitudes alimentaires	171
	Répercussions sur la santé associées aux changements des habitudes alimentaires	171

9.2	Exposition humaine aux contaminants environnementaux	171
	AQ/CQ	172
9.3	Toxicologie	172
	ÉDPB	172
	Interactions nutriments-contaminants	172
	Données toxicologiques et épidémiologiques	173
9.4	Épidémiologie	173
	Fonction immunitaire	173
	Développement neurologique	173
	Acides gras oméga-3	174
9.5	Caractérisation et communication des risques et des bienfaits	174
	Processus de gestion des risques	174
	Communication	174
	Perception des risques	175
	Choix alimentaires	175
	Outils de caractérisation et de communication des risques et des bienfaits . . .	175
	Surveillance de l'exposition aux risques et aux bienfaits et prise de décisions éclairée	175

Références	177
-------------------	-----

Annexe A : Liste des sigles	201
------------------------------------	-----

Annexe B : Concentrations sanguines de contaminants – poids humide (µg/L de plasma)	204
--	-----



AINC

Liste des tableaux

Tableau	Page
2.3.1 Taux de participation et caractéristiques démographiques : comparaisons entre l'étude initiale et l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007)	19
2.3.2 Consommation annuelle d'aliments traditionnels (kg/personne/année) déclarée par les Inuvialuites durant l'étude initiale et l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007)	21
2.3.3 Consommation annuelle d'aliments traditionnels (kg/personne/année) déclarée par les Dénées/Métisses durant l'étude initiale et l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007) . . .	21
4.2.1 Concentrations de contaminants chez les mères dénées/métisses, inuvialuites et non autochtones de la région d'Inuvik (moyenne géométrique [intervalle]) (µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)	50
4.2.2 Coefficients de corrélation de Spearman (valeurs <i>p</i>) en ce qui concerne les associations entre l'exposition alimentaire et les variables de la charge corporelle	58
4.2.3 Consommation annuelle d'aliments traditionnels par les mères inuvialuites (kg/personne/année) (Armstrong et coll., 2007)	58
4.2.4 Consommation annuelle d'aliments traditionnels par les mères dénées/métisses (kg/personne/année) (Armstrong et coll., 2007)	58
4.3.1 Concentrations de contaminants chez les mères inuites de la région de Baffin au Nunavut (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)	61
4.4.1 Résumé des études intégrées dans la base de données	61
4.4.2 Tendances temporelles des contaminants chez les Inuites enceintes vivant au Nunavik (Québec) (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)	62
4.4.3 Concentrations de contaminants chez les hommes inuits du Nunavik en 1992 ¹ et en 2004 ² (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)	65
4.4.4 Concentrations de contaminants chez les femmes inuites du Nunavik en 1992 et en 2004 (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)	65
4.5.1 Concentrations des éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB) chez les mères dénées/métisses, inuites et non autochtones des régions d'Inuvik et de Baffin (moyenne géométrique [intervalle], µg/kg de lipides plasmatiques)	66
4.5.2 Concentrations plasmatiques des nouveaux contaminants chez la population du Nunavik (moyenne géométrique [intervalle], SPFO ¹ : µg/L de plasma, ÉDPB ² : µg/kg de lipides plasmatiques)	67
4.5.3 Concentrations des éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB) dans le sang d'hommes et de femmes adultes de différents pays	68
4.5.4 Concentrations sériques ou plasmatiques de perfluorooctanesulfonate (SPFO) chez des hommes et des femmes adultes de différents pays	69

4.6.1	Valeurs maximales recommandées de certains contaminants chez les femmes en âge de procréer	70
4.6.2	Concentrations de mercure (total), de plomb, de cadmium et de BPC (comme l'Aroclor 1260) excédant la valeur maximale recommandée dans le sang chez les femmes en âge de procréer selon la région et l'ethnicité (%)	71
5.1.1	Caractéristiques de l'évaluation de l'exposition dans les études toxicologiques et épidémiologiques (Ritter et Arbuckle, 2007)	79
5.3.1	Composition du mélange de composés organochlorés (Bilrha et coll., 2004)	81
5.3.2	Concentrations de tous les composants du mélange de produits chimiques ^a administré aux rats	86
5.3.3	Concentrations des principaux produits chimiques du mélange dans le sang maternel chez les rongeurs. Les chiffres en italique apparaissant après les concentrations de mercure dans le sang maternel chez les rongeurs indiquent les concentrations de mercure dans le sang de la progéniture au jour postnatal (JPN) 21. Les unités sont des µg/L	88
7.8.1	Troubles indicateurs choisis pour estimer la charge de morbidité selon chaque paramètre de santé	146
7.8.2	Combinaisons contaminants-aliments incluses dans le modèle. L'information et les données sur les contaminants utilisées dans le modèle proviennent principalement du RECAC (CACAR, 2003)	146
7.8.3	Données utilisées pour l'estimation du risque d'effets indésirables pour la santé et des AVCI connexes selon les apports alimentaires en nutriments et en minéraux dans le régime alimentaire	148
7.8.4	Données utilisées pour l'estimation du risque d'effets indésirables pour la santé et des AVCI connexes pour ce qui est de l'exposition aux contaminants présents dans les aliments	148
7.8.5	Changements dans la quantité de chaque catégorie d'aliments consommés selon les deux séries de scénarios intitulés « scénarios de régime alimentaire traditionnel » et « scénarios de régime alimentaire équilibré ». Les changements présentés dans ce tableau sont des multiplicateurs de la quantité de chaque aliment appliqués pour le scénario à la quantité consommée dans le régime alimentaire de référence. Par conséquent, un multiplicateur de 1 indique qu'aucun changement n'a été apporté par rapport au régime alimentaire de référence. Les changements sont présentés comme suit : [changement pour les scénarios de régime alimentaire traditionnel]/[changement pour les scénarios de régime alimentaire équilibré]. Par exemple, 0,75/0,5 est indiqué pour le muktuk sous le scénario de légère réaction. Ceci indique que, pour les scénarios de régime alimentaire traditionnel, la quantité de référence est multipliée par 0,75 et que, pour les scénarios de régime alimentaire équilibré, la quantité de référence consommée est multipliée par 0,5 (c.-à-d. que, dans ces derniers scénarios, la moitié de la quantité de muktuk est consommée). Veuillez noter que les composantes du régime alimentaire non incluses dans le tableau sont les mêmes dans les scénarios que celles du régime alimentaire de référence. Le tableau inclut 43 différents aliments ou catégories d'aliments.	151

B 4.2.1	Concentrations de contaminants chez les mères dénées/métisses, inuvialuites et non autochtones de la région d'Inuvik (moyenne géométrique [intervalle]) (POP, µg/L de plasma)	204
B 4.3.1	Concentrations de contaminants chez les mères inuites de la région de Baffin au Nunavut (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L)	205
B 4.4.2	Tendances temporelles des contaminants chez les Inuites enceintes vivant au Nunavik (Québec) (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L de plasma)	205
B 4.4.3	Concentrations de contaminants chez les hommes inuits du Nunavik en 1992 ¹ et en 2004 ² (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L de plasma)	206
B 4.4.4	Concentrations de contaminants chez les femmes inuites du Nunavik en 1992 et en 2004 (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L de plasma)	206
B 4.5.1	Concentrations des éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB) chez les mères dénées/métisses, inuites et non autochtones des régions d'Inuvik et de Baffin (moyenne géométrique [intervalle], µg/L de plasma).	206
B 4.5.2	Concentrations plasmatiques des nouveaux contaminants chez la population du Nunavik (moyenne géométrique [intervalle], SPFO ¹ : µg/L, ÉDPB ² : ng/L de plasma)	207

Liste des figures

Figure		Page
2.3.1	Consommation autodéclarée d'aliments traditionnels durant l'étude initiale versus l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007)	20
3.2.1	Estimations annuelles de la population du Yukon, des T.N.-O. et du Nunavut (Statistique Canada, 2005).	26
3.2.2	Pourcentage des membres de la population totale dans les trois territoires et la région du Nunavik (Québec) qui se considèrent comme étant autochtones (Statistique Canada, 2001; Statistique Canada, 2003).	26
3.2.3	Les régions inuites (ITK, 2007).	27
3.3.1	Santé autoévaluée par la population à domicile de 12 ans et plus du Canada et des territoires (Statistique Canada, 2008a).	29
3.3.2	Tendances des taux de mortalité infantile chez les Inuits de différentes régions circumpolaires comparativement à celles des taux dans la population générale des pays respectifs (données adaptées de Bjerregaard et Young, 1998).	30
3.3.3	Espérance de vie de la population du Yukon, des T.N.-O. et du Nunavut en comparaison de celle de la population canadienne (Statistique Canada, 2008b).	31
3.3.4	Mortalité infantile au Canada et dans les territoires pour 1 000 naissances vivantes de 1999 à 2004 (Statistique Canada, 2008c).	33
3.3.5	Mortalité infantile, mortalité néonatale et mortalité postnéonatale au Nunavut (Statistique Canada, 2008c).	33

3.3.6	Causes de décès au Canada de 2000 à 2004, qui sont indiquées en taux de mortalité standardisés pour l'âge pour 100 000 personnes en fonction de la population type européenne (Young TK., 2008).	35
3.3.7	Taux d'hospitalisation (pour 10 000 personnes) en raison de blessures autoinfligées, selon certains groupes, T.N.-O., 2001-2002 et 2003-2004 (NWT, 2005).	37
3.3.8	Années potentielles de vie perdues (APVP) en raison des blessures non intentionnelles et des suicides dans la population âgée de 0 à 74 ans du Canada et des territoires de 2000 à 2003 (Statistique Canada, 2008d).	38
3.3.9	Taux d'incidence de la tuberculose pour 100 000 personnes, par territoire et pour le Canada (Santé Canada, 2006).	39
3.3.10	Taux d'incidence de la chlamydie et de la gonorrhée chez les deux sexes de 1991 à 2003 (ASPC, 2005).	40
3.3.11	Taux d'incidence de l'hépatite C chez les deux sexes de 1993 à 2003 (ASPC, 2005).	42
3.3.12	Taux de prévalence du diabète standardisés pour l'âge ¹ , le Canada et les territoires (ASPC, 2008).	45
4.2.1	Concentrations de cadmium par nombre moyen de cigarettes fumées par jour (n = 73).	49
4.2.2	Changements dans les concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : mercure total (µg/L dans le sang total)	51
4.2.3	Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : BPC 153 (µg/kg de lipides plasmatiques)	52
4.2.4	Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : BPC 138 (µg/kg de lipides plasmatiques)	53
4.2.5	Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : toxaphène (µg/kg de lipides plasmatiques).	54
4.2.6	Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : trans-nonachlore (µg/kg de lipides plasmatiques).	55
4.2.7	Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : oxychlordane (µg/kg de lipides plasmatiques)	56
4.2.8	Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : p,p'-DDE (µg/kg de lipides plasmatiques).	57
4.4.1	Concentrations de composés organochlorés chez les femmes inuites du Nunavik en 1992 et en 2004 (µg/kg de lipides plasmatiques).	64
4.4.2	Concentrations de composés organochlorés chez les hommes inuits du Nunavik en 1992 et en 2004 (µg/kg de lipides plasmatiques)	64
4.4.3	Concentrations de mercure total chez les hommes et les femmes inuits du Nunavik en 1992 et en 2004 (µg/L dans le sang total).	65
4.5.1	Changements des concentrations de tous les ÉDPB dans deux populations du Québec (Pereg et coll., 2003)	67
4.5.2	Concentrations de SPFO chez les femmes en âge de procréer et les femmes enceintes (Pereg, 2007) (1992 : n = 49; 2004 : n = 31)	68

4.7.1	Comparaison des résultats obtenus par extraction liquide-liquide et extraction en phase solide (EPS) pour le p,p'-DDE et le BPC 153	74
5.3.1	Comparaison du profil des contaminants présents dans le sang maternel chez les rongeurs, dans le mélange et dans le sang maternel des Inuites.	87
5.3.2	Comparaison des concentrations sanguines de certains congénères des BPC chez la progéniture exposée seulement aux BPC (1,1 de BPC) ou à la même dose de BPC entrant dans la composition du mélange de produits chimiques (5,0 du mélange).	91
7.8.1	AVCI gagnées ou perdues comparativement aux AVCI relatives au régime alimentaire de référence pour chaque scénario de régime alimentaire examiné. Veuillez noter qu'une valeur positive indique des AVCI ayant été gagnées (et, par conséquent, une amélioration par rapport à l'état obtenu avec le régime alimentaire de référence) et qu'une valeur négative indique des AVCI perdues en raison d'une mauvaise santé.	149
7.8.2	Répartition des AVCI gagnées ou perdues selon les facteurs responsables. Veuillez noter qu'une valeur positive indique des AVCI gagnées (et, par conséquent, une amélioration par rapport à l'état obtenu avec le régime alimentaire de référence) et qu'une valeur négative indique des AVCI perdues en raison d'une mauvaise santé. a) Basé sur un régime alimentaire traditionnel; b) Basé sur un régime alimentaire équilibré	153
7.8.3	Contribution, en pourcentage, de chaque contaminant à la charge de morbidité estimative selon chaque scénario de régime alimentaire pour ce qui est des effets cancérogènes (en haut) et non cancérogènes (en bas) associés aux scénarios de régime alimentaire équilibré.	159
7.8.4	Contribution, en pourcentage, de chaque nutriment à la charge de morbidité estimative selon chaque scénario de régime alimentaire équilibré.	155
7.8.5	Conséquences de la suppression de la charge de morbidité liée à l'acide folique dans les estimations du modèle pour les scénarios axés sur un régime alimentaire traditionnel (en haut à gauche), les scénarios axés sur un régime alimentaire équilibré (en haut à droite) et les changements quant aux AVCI totales (en bas).	156



J Kazlowski/ArcticNet



Introduction

1.1 Introduction

Le Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (PLCN)¹ a été créé en 1991 pour donner suite aux préoccupations concernant les risques possibles pour la santé humaine associés à l'exposition à des contaminants environnementaux présents dans les aliments traditionnels. Ces préoccupations concernent particulièrement les peuples autochtones, étant donné qu'ils consomment une grande quantité d'aliments traditionnels. Le PLCN vise à :

travailler à réduire et, autant que possible, éliminer les contaminants présents dans les aliments traditionnels récoltés, tout en fournissant de l'information pour aider les individus et les collectivités à prendre des décisions éclairées au sujet de leur alimentation.

Le PLCN fait appel à des approches novatrices en matière de recherche et de surveillance en santé, en environnement et en toxicologie et réalise des activités de communication dans les collectivités du Nord. Le programme comprend les éléments essentiels suivants : un processus adaptable et souple, une structure non hiérarchique, une prise de décisions partagée et décentralisée, la participation de la population locale, un dialogue continu et le renforcement des capacités. Les recherches menées dans le cadre du PLCN font l'objet d'un examen visant à garantir qu'elles sont valables sur le plan scientifique et conformes aux objectifs et aux priorités énoncés dans les plans directeurs (c.-à-d. les priorités de recherche du PLCN) et qu'elles sont socialement et culturellement responsables dans un contexte nordique.

Dans le cadre du PLCN, on a réalisé, en collaboration avec le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA) circumpolaire du Conseil de l'Arctique, deux évaluations antérieures de la santé humaine, lesquelles ont été incluses dans les Rapports de l'évaluation des contaminants dans l'Arctique

canadien (RECAC-I en 1997 et RECAC-II en 2003). Le présent rapport élargit la portée des résultats des deux évaluations précédentes en présentant les résultats des études de biosurveillance, des recherches sur la santé humaine ainsi que des activités de gestion des risques et de communication récemment réalisées.

L'Arctique était considéré comme une région « vierge », étant donné qu'il était éloigné des régions industrielles et agricoles situées au Sud. Cependant, plusieurs études menées au milieu des années 1980 et au début des années 1990 ont permis de constater la présence de contaminants environnementaux, notamment de métaux lourds (p. ex. le mercure et le plomb) et d'organochlorés (p. ex. le lindane, le chlordane, le toxaphène, le dichlorodiphényltrichloroéthane [DDT] et les diphenyles polychlorés [BPC]) dans toutes les composantes de l'écosystème arctique (Wong, 1986; Barrie et coll., 1992; Lockhart et coll., 1992; Muir et coll., 1992; Thomas et coll., 1992). Bon nombre de ces contaminants libérés dans l'environnement des régions du Sud sont transportés jusque dans l'Arctique par le transport atmosphérique à grande distance, les voies navigables et les courants océaniques.

En raison de leurs propriétés chimiques et physiques, les contaminants organochlorés sont généralement très lipophiles et résistants à la biodégradation. Les contaminants organochlorés s'accumulent dans le biote et se bioamplifient dans le réseau alimentaire. On note souvent les concentrations les plus élevées de contaminants chez les animaux ayant une longue durée de vie, qui se situent aux échelons plus élevés du réseau alimentaire. Les métaux, tel le mercure, ne sont pas lipophiles; cependant, la forme organique du mercure est bioaccumulable dans les tissus. Dans l'Arctique, les animaux qui occupent le sommet du réseau alimentaire marin présentent généralement des concentrations de contaminants environnementaux plus élevées que ceux occupant le sommet du réseau alimentaire terrestre, étant donné que le réseau alimentaire marin comporte davantage de niveaux.

¹ Pour obtenir la liste complète des sigles et des acronymes, veuillez consulter l'annexe A.

Les aliments traditionnels constituent un vecteur d'exposition important aux contaminants environnementaux. Bon nombre de personnes vivant dans l'Arctique consomment régulièrement des aliments traditionnels.

Leur exposition aux organochlorés et aux métaux lourds est généralement plus élevée que celle de nombreuses populations vivant dans le Sud du Canada.

Les activités liées à la récolte et à la consommation d'aliments traditionnels sont semblables chez de nombreux peuples de l'Arctique et sont importantes pour des raisons sociales, nutritionnelles, spirituelles, psychologiques, économiques et culturelles. Ces activités constituent un fil conducteur commun qui relie les personnes de toutes les origines culturelles, ce qui donne à l'Arctique canadien un caractère régional distinct. Comme l'a affirmé Sheila Watt-Cloutier (Watt-Cloutier, 2000) :

[traduction]

Nous n'avons pas d'autre choix que les aliments traditionnels. L'environnement est notre supermarché, et la consommation des produits de la chasse est un élément central de notre culture et de notre économie. Les aliments traditionnels constituent la base de notre alimentation. Nous n'abandonnerons pas la terre. Elle nous permet d'acquérir les compétences nécessaires même dans une société moderne et forge le caractère – courage dans les situations de stress, patience et ténacité –, des qualités dont nous avons besoin en tant que peuple dans cette période tumultueuse de changements sociaux.

La déclaration de Sheila Watt-Cloutier reflète l'opinion de nombreuses personnes vivant dans l'Arctique canadien en ce qui a trait à la terre et à ses ressources renouvelables. Pour les professionnels de la santé publique, il est difficile de trouver un équilibre entre les risques

possibles liés à l'exposition aux contaminants environnementaux dans les aliments traditionnels consommés sur une base régulière et les bienfaits de ces aliments lorsqu'ils doivent gérer et communiquer de tels risques. Par exemple, du point de vue nutritionnel, le fait de consommer des aliments du marché (c.-à-d. les aliments vendus en magasin) plutôt que des aliments traditionnels peut avoir des effets sur la santé (voir le chapitre 2 pour plus de précisions). Les jours sans consommation d'aliments traditionnels, on note souvent un apport en matières grasses totales, en graisses saturées et en saccharose supérieur aux valeurs recommandées, un apport plus faible en vitamines A, D, E, B6 et B2 ainsi qu'en minéraux importants tels que le fer, le zinc, le cuivre, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium, et le sélénium (Receveur et Kuhnlein, 2000). Une consommation réduite d'aliments traditionnels augmente également le risque d'obésité qui est associé à un risque accru de maladies chroniques (Kuhnlein et coll., 2004). Par conséquent, la contamination des aliments traditionnels soulève des questions très complexes, qui ne peuvent pas être résolues simplement par la prestation de conseils sur la nutrition ou la substitution d'aliments.

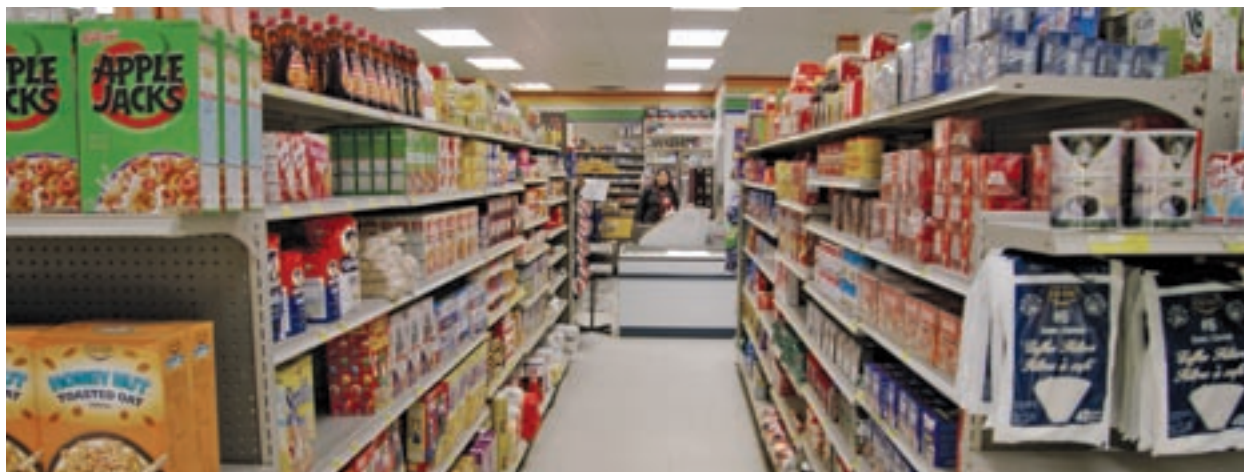
La première phase du PLCN (1991-1996) a permis de mieux comprendre les profils spatiaux et les concentrations de contaminants ainsi que leurs répercussions sur la santé. Cette évaluation a fourni des données selon lesquelles les activités humaines menées en dehors de l'Arctique constituaient les principales sources de contaminants (CACAR, 1997). La deuxième phase du programme (1997-2002) s'appuyait sur la base de connaissances existante et a fourni une grande quantité de données sur les contaminants dans l'Arctique canadien et les effets possibles sur la santé (CACAR, 2003).

Les renseignements recueillis durant la première et la deuxième phases du PLCN concernant les bienfaits et les risques liés à la consommation d'aliments traditionnels faisaient partie intégrante de la gestion et de la communication des risques potentiels pour la santé humaine.

L'éthique de la recherche est un aspect important à prendre en considération dans le cadre de tout projet – incluant les recherches médicales ou les recherches en sciences sociales – qui porte sur des sujets humains. Dans le cadre du PLCN, on a déployé de grands efforts pour s'assurer que les recherches satisfont aux normes éthiques les plus strictes possible. On a donc élaboré des documents visant à guider les recherches menées dans le Nord, formé des comités pour surveiller l'approbation des projets de recherche et assuré l'amélioration constante des processus tels que ceux relatifs à l'obtention du consentement éclairé et à la communication des résultats de recherche.



Eric Loring



Eric Loring

1.2 Principales conclusions et lacunes en matière de connaissances – Phases I et II du PLCN

1.2.1 Principales conclusions de la phase I du PLCN (1991–1997)

Durant la première phase du PLCN, on a recueilli des renseignements sur les risques et les bienfaits associés à la consommation d'aliments traditionnels. L'évaluation de la santé humaine visait principalement à évaluer les répercussions de l'exposition aux concentrations actuelles des contaminants environnementaux dans l'Arctique canadien (CACAR, 1997). Voici les principales conclusions tirées de la phase I :

- Les aliments traditionnels sont une nécessité économique pour de nombreux Autochtones du Nord. Une étude a permis d'estimer que le coût d'achat annuel pour des quantités équivalentes de viande importée dans les magasins locaux des Territoires du Nord-Ouest (T.N.-O.) était nettement supérieur à 10 000 \$ par ménage.
- Les aliments traditionnels sont consommés en grande quantité par les collectivités du Nord. Selon les régions (littorales ou continentales), les principales ressources alimentaires sont respectivement les mammifères marins et les gros ongulés (caribou et orignal). La consommation des aliments traditionnels variait selon les saisons, les années et les régions. Elle variait également selon le revenu et l'accès aux centres urbains, de même que selon l'âge et le sexe. La consommation d'aliments traditionnels dans les collectivités étudiées variait de 292 kg par année à Sanikiluaq à 27 kg par année dans la région du parc Wood Buffalo.
- On a découvert que les concentrations d'organochlorés tels que le dichloro-diphényl-dichloroéthylène (DDE), les BPC, le mirex, le toxaphène et le chlordane, étaient de deux à dix fois plus élevées dans le lait maternel des Inuites de l'Arctique canadien que dans celui des femmes non autochtones du Sud du Canada.
- Selon les estimations basées sur des enquêtes alimentaires, un grand nombre d'Inuites (48 % et 75 %) dans deux des collectivités étudiées de la région Est de l'Arctique présentaient des taux de chlordane dépassant la dose journalière admissible (DJA). Plusieurs de ces femmes présentaient également des taux de toxaphène, d'hexachlorobenzène (HCB), d'hexachlorocyclohexane (HCH), de dieldrine et de BPC excédant la DJA. Un pourcentage beaucoup plus faible de femmes dénées et métisses (environ 6 %) présentaient des taux de chlordane ou de toxaphène, ou les deux, qui étaient supérieurs à la DJA. Des comparaisons de données relatives au lait maternel ont clairement démontré que les concentrations croissantes de nombreux organochlorés étaient associées à une consommation accrue d'aliments traditionnels (principalement de poissons et de mammifères marins). Certaines personnes doivent diminuer leur consommation d'aliments les plus contaminés pour réduire leur degré d'exposition. Ces personnes devraient consommer d'autres aliments traditionnels afin de continuer à jouir des bienfaits que procurent ces aliments.
- Deux enquêtes réalisées auprès d'Inuits de la région Est de l'Arctique ont révélé que 21 à 37 % des femmes consommaient chaque jour des aliments traditionnels dont la concentration de mercure et de cadmium excédait la DJA fixée par l'Organisation

mondiale de la Santé (OMS). D'autres enquêtes ont indiqué que seuls les fumeurs présentaient des taux de cadmium supérieurs à la DJA.

- Les risques d'exposition aux contaminants environnementaux doivent être examinés parallèlement aux avantages socioculturels, nutritionnels, économiques et spirituels.

1.2.2 Principales lacunes en matière de connaissances décelées durant la phase I du PLCN (1991–1997)

L'évaluation a fourni des données importantes sur l'exposition des collectivités de l'Arctique aux aliments contaminés et les effets de ces aliments sur celles-ci. Elle a également permis de définir les principaux domaines dans lesquels il fallait recueillir davantage d'information, plus particulièrement pour le volet Santé humaine du PLCN :

- On doit obtenir des données de surveillance relatives au sang maternel et au sang du cordon ombilical pour l'ensemble des collectivités de l'Arctique canadien afin d'évaluer avec précision l'exposition des fœtus humains. Cette surveillance est en cours dans les T.N.-O. et dans le Nord du Québec, et doit être mise en place au Yukon et au Labrador.
- Des enquêtes alimentaires devraient être réalisées pour obtenir de l'information exacte sur la consommation alimentaire, qui pourrait aider à estimer l'ingestion de contaminants et les apports en nutriments. Cette information est essentielle aux fins

d'évaluation des risques et des bienfaits des aliments traditionnels pour des collectivités précises. Bien que les collectivités de la région Ouest de l'Arctique aient participé aux enquêtes alimentaires durant la première phase du PLCN, il faudra réaliser de telles enquêtes dans certaines collectivités inuites de l'Est de l'Arctique et du Labrador.

- Puisque la plus grande difficulté du processus de détermination des risques réside dans la comparaison des risques et des bienfaits liés à la consommation d'aliments traditionnels, on doit élaborer un modèle ou une méthode efficace de comparaison des risques et des bienfaits afin d'éliminer les aspects subjectifs de la détermination des risques et d'adopter une approche plus rigoureuse pour tenir compte de ces risques et bienfaits.
- On dispose de données sur les effets des contaminants étudiés séparément, mais on sait peu de choses sur les effets des contaminants en présence de facteurs confusionnels courants tels qu'un faible apport en nutriments et l'exposition du fœtus à l'alcool ou au tabagisme de la mère. L'évaluation de la croissance des enfants, de leur résistance aux infections et des maladies qui les touchent en relation avec les effets combinés de ces facteurs confusionnels et d'une exposition relativement élevée à des contaminants constitue une priorité majeure en matière de recherche dans ce domaine.



Simon Smith

1.2.3 Principales conclusions de la phase II du PLCN (1998–2003)

La deuxième phase du programme (1998–2003) s'appuyait sur la base de connaissances existante élaborée durant la phase I, et les nouvelles recherches ont fourni une grande quantité de données sur les aspects de la santé humaine touchés par les contaminants. Voici certaines des principales conclusions en matière de santé humaine et de gestion des risques, qui ont été tirées de ce rapport :

- Les contaminants environnementaux persistants, tels les BPC, le toxaphène, le DDT et le mercure, se bio-amplifient et s'accumulent dans les organismes vivants de la chaîne alimentaire. Étant donné que le régime alimentaire des peuples autochtones est composé de quantités importantes d'aliments traditionnels, ces peuples sont davantage exposés aux contaminants que les peuples non autochtones ou les collectivités vivant dans le Sud du Canada.
- Les collectivités inuites se situent au premier rang en ce qui concerne la consommation d'aliments traditionnels chez les hommes et les femmes de 20 à 40 ans; quant aux Dénés et aux Métis du T.N.-O., ils se classent au second rang, tandis que les membres des Premières nations du Yukon occupent le troisième rang. L'âge et le sexe sont des facteurs qui influencent la consommation d'aliments traditionnels. En effet, une telle consommation augmente avec l'âge, et la consommation moyenne des hommes est plus élevée que celle des femmes.
- Certaines données montrent que les nutriments alimentaires tels que les acides gras polyinsaturés, les protéines de poisson et le sélénium peuvent interagir avec la toxicité du méthylmercure, du moins sur le plan mécaniste. On a émis une hypothèse selon laquelle ces éléments nutritifs pouvaient offrir une protection contre la neurotoxicité du méthylmercure, mais il n'existe pas de données concluantes connexes.
- Il est difficile de réaliser des études épidémiologiques sur les contaminants dans l'Arctique en raison de divers facteurs limitatifs, notamment : l'exposition à des mélanges complexes de contaminants, la faible population, les interactions entre les contaminants et les éléments nutritifs, les facteurs génétiques, les facteurs confusionnels et les priorités dans le domaine de la santé. Pour cette raison, on devrait utiliser le plus souvent possible les études épidémiologiques sur la neurotoxicité causée par les BPC et le méthylmercure, qui ont été menées ailleurs dans le monde (p. ex. les îles Féroé), aux fins d'évaluation des risques au Canada. La validité externe des études peut



Eric Loring

être limitée par les différences liées aux facteurs limitatifs.

- Certaines données épidémiologiques ayant été fournies, entre autres, par une étude réalisée au Nunavik montrent un lien entre l'otite moyenne (infection de l'oreille moyenne) durant la première année de vie et l'exposition prénatale au para, para-1,1-dichloro-2,2-bis(4-chlorophényl)éthène (*p,p'*-DDE), au HCB et à la dieldrine. De plus, le risque relatif d'otite moyenne récidivante augmentait avec l'exposition prénatale à ces composés. L'étude en cours au Nunavik tend à confirmer l'hypothèse selon laquelle l'incidence élevée des infections (respiratoires pour la plupart) observées chez les enfants inuits peut en partie être attribuable à un degré élevé d'exposition prénatale à des polluants organiques persistants (POP), même si on ne peut tirer de conclusions définitives qu'après l'ajustement final des résultats pour tenir compte d'importants facteurs confusionnels éventuels (p. ex. tabagisme des parents, vitamine A).
- Selon de récentes enquêtes alimentaires réalisées dans cinq régions habitées par les Inuits (Baffin, Inuvialuit, Kitikmeot, Kivalliq et Labrador), les quantités moyennes de chlordane et de toxaphène ingérées par les adultes de 20 à 40 ans des collectivités de Baffin, de Kivalliq et d'Inuvialuit étaient supérieures aux doses journalières admissibles provisoires (DJAP). Les grands consommateurs (95^e percentile) d'aliments traditionnels présentaient des taux de toxaphène, de chlordane et BPC plusieurs fois supérieurs aux DJAP. Chez les populations inuites qui présentaient les taux les plus élevés excédant les DJAP, on a aussi noté les concentrations de BPC les plus élevées dans le sang maternel, lesquelles dépassaient les valeurs recommandées. Le taux de BPC chez les mères inuites excédait le seuil préoccu-

pant de 5 µg/L dans le plasma, mais ne dépassait pas le seuil d'intervention de 100 µg/L.

- Le mercure est le métal lourd le plus préoccupant dans l'Arctique canadien. Les enquêtes réalisées en 1987 et 1988 ainsi qu'en 1998 et 1999 ont révélé que les apports alimentaires en mercure étaient semblables, ce qui indiquait que les habitudes alimentaires avaient peu changé et que les concentrations de mercure dans les aliments traditionnels avaient peu varié.
- Les avantages nutritionnels des aliments traditionnels et l'apport de ces aliments dans un régime alimentaire global sont considérables. Les résultats de recherche concordent pour l'ensemble de l'Arctique canadien, et confirment qu'une diminution de la consommation d'aliments traditionnels est susceptible d'avoir des conséquences négatives sur la santé, en partie en raison de l'augmentation correspondante de matières grasses totales, de graisses saturées et de saccharose consommées en quantités supérieures aux valeurs recommandées. De plus, comparativement aux aliments importés, les aliments traditionnels fournissent beaucoup de protéines, de fer et de zinc aux enfants inuits.
- Dans l'Arctique, les avantages liés au maintien de la consommation d'aliments traditionnels l'emportent sur les risques associés aux contaminants.

1.2.4 Principales lacunes en matière de connaissances décelées durant la phase II du PLCN (1998–2003)

La phase II du PLCN a permis de déceler des lacunes en matière de connaissances se rapportant à de multiples aspects de la santé humaine. Ces constats devraient guider d'autres initiatives de recherche sur la santé humaine.

- Il faut continuer à surveiller et à évaluer la consommation d'aliments traditionnels dans un nombre limité de collectivités dénées/métisses, inuites et des Premières nations du Yukon pour repérer tout changement important dans les habitudes de consommation. La priorité doit être accordée aux collectivités qui sont les plus exposées, mais une évaluation des variations régionales est également nécessaire.
- On effectue la surveillance des taux d'organochlorés dans les tissus humains depuis peu de temps dans l'Arctique canadien, et le maintien de la surveillance des concentrations tissulaires est nécessaire pour déterminer les tendances associées aux contaminants. Une attention particulière devrait être accordée à l'oxychlordan, au transnonachlore, au HCB, au mirex, au toxaphène, aux BPC et au mercure, particulièrement chez les Inuits du Nunavut et du Nunavik. Puisqu'il existe peut-être des différences systématiques entre les sous-groupes de ces régions, on doit obtenir davantage de données.



Simon Smith

- Il est évident qu'il faut mener d'autres études visant précisément à examiner le rôle de la nutrition dans le métabolisme et la détoxification du méthylmercure. Il importe également de recueillir de l'information plus détaillée sur l'alimentation dans le cadre d'études épidémiologiques à venir sur l'exposition au méthylmercure. Il serait utile de mener une étude comparative chez les humains, laquelle porterait sur les effets de divers éléments nutritifs, tels que les acides gras oméga-3, le sélénium et la vitamine E, sur la toxicocinétique du méthylmercure, afin de confirmer les résultats obtenus dans le cadre d'études animales.
- L'étude de cohortes du Nunavik devrait permettre de différencier les déficits particuliers attribuables aux BPC et ceux associés au mercure, étant donné que l'intercorrélation BPC-mercure dans le sang ombilical est faible. Grâce à la formation de cohortes de naissance prospectives en Arctique, il sera possible d'étudier d'autres contaminants pouvant avoir des effets sur le développement neurologique ainsi que les effets à long terme qui ne peuvent être établis qu'à l'âge scolaire ou à un stade ultérieur du développement.
- La seule étude épidémiologique récente portant sur les effets des contaminants, qui a été réalisée dans l'Arctique canadien, est celle menée au Nunavik. Cette étude portait à croire qu'il existe une association entre l'exposition *in utero* aux POP et la

prédisposition aux infections durant la première année de vie. Bien que des efforts aient été faits pour utiliser des biomarqueurs d'effet (vitamine A et cytokines), la faible valeur prédictive de ces marqueurs limite leur utilisation. L'utilité des nouveaux marqueurs (anticorps après immunisation et système du complément) doit être évaluée durant l'étude de cohortes menée au Nunavik et ailleurs dans l'Arctique.

- Les avantages nutritionnels considérables des aliments traditionnels et l'apport de ces aliments dans un régime alimentaire global ont été documentés, mais il faut réaliser d'autres recherches sur les conséquences négatives pour la santé associées à une consommation réduite d'aliments traditionnels.
- Les recherches doivent aussi porter sur les façons dont les femmes en âge de procréer utilisent l'information en matière d'alimentation pour prendre des décisions concernant la consommation d'aliments traditionnels qui sont contaminés par les BPC et le mercure.

1.3 Objectifs d'évaluation de la phase III

La présente évaluation a pour objectif global de donner suite aux préoccupations concernant les éventuels effets néfastes sur la santé chez les personnes exposées aux POP et aux métaux lourds par le biais de la consommation d'aliments traditionnels. Les Autochtones du Nord



Eric Loring

sont particulièrement exposés à ces contaminants parce que ceux-ci sont présents en concentrations élevées dans les aliments traditionnels qu'ils consomment, notamment les mammifères marins, les poissons et le gibier terrestre. Cette évaluation tient compte du fait que cette situation constitue une préoccupation immédiate pour les Autochtones, étant donné que la récolte et la consommation d'aliments traditionnels font partie intégrante de leur identité culturelle ainsi que de leur nutrition, de leur santé globale et de leur bien-être économique.

Le présent rapport d'évaluation vise les cinq objectifs suivants :

- Fournir des données sur les tendances temporelles de l'exposition aux contaminants chez les résidents de l'Arctique canadien.
- Présenter les résultats des recherches sur l'exposition humaine et les possibles effets sur la santé associés aux concentrations actuelles de contaminants.
- Recenser les nouveaux contaminants préoccupants.
- Faire le point sur l'état actuel des connaissances relatives à la caractérisation des risques et à la communication des données sur les contaminants dans les aliments traditionnels.
- Déceler les lacunes en matière de connaissances qu'il faudra combler par de futures activités de recherche et de surveillance.

1.4 Structure du rapport d'évaluation

Le présent rapport d'évaluation est divisé en neuf chapitres. À la suite de cette introduction, le chapitre 2 met l'accent sur la nécessité de comprendre l'importance de la consommation d'aliments traditionnels et le rôle de ces aliments dans la santé et le bien-être des peuples concernés, en tenant compte des menaces potentielles posées par la contamination, les changements climatiques et le remplacement des aliments traditionnels par des aliments du marché. Ce chapitre examine les études sur les habitudes alimentaires et autres études menées dans l'Arctique canadien. Il expose également les bienfaits des aliments traditionnels et examine leurs effets sur la santé des collectivités du Nord.

Le chapitre 3 décrit un ensemble d'indicateurs de l'état de santé des populations de l'Arctique canadien quant à la charge de morbidité. Ce chapitre place les préoccupations sanitaires relatives aux contaminants environnementaux dans un contexte de santé plus large en tenant compte d'autres questions en matière de santé touchant les populations du Nord.

Le chapitre 4 présente les résultats d'études de suivi (2002-2007) axées sur la biosurveillance de populations inuites dans l'Arctique canadien, qui consomment des mammifères marins. Ce chapitre décrit les études de biosurveillance portant sur les voies d'exposition aux contaminants dans le Nord. Il fournit des données sur les relations entre l'exposition aux contaminants, la consommation d'aliments traditionnels et d'autres aspects du mode de vie. On y trouve également des données récentes sur les nouveaux contaminants.

Le chapitre 5 décrit les aspects toxicologiques des principaux contaminants environnementaux qui soulèvent des préoccupations, compare les résultats épidémiologiques aux résultats toxicologiques par rapport à certains paramètres de santé et présente les risques potentiels posés par les mélanges complexes de produits chimiques et les interactions entre éléments nutritifs et contaminants.

Le chapitre 6 évalue les effets possibles sur la santé humaine des contaminants préoccupants dans le Nord. Il contient des données sur les risques pour la santé des nouveau-nés, des enfants et des adultes associés aux effets des contaminants sur l'appareil cardiovasculaire, le système endocrinien, le système immunitaire et le neurocomportement.

Le chapitre 7 fait le point sur l'état actuel des connaissances relatives à la caractérisation des risques et des avantages et à la communication des données sur les contaminants dans les aliments traditionnels. Il présente le processus adopté par le PLCN ainsi que les questions liées à la gestion des risques.

Le chapitre 8 présente les principales conclusions de chaque chapitre et examine leurs répercussions potentielles dans l'évaluation des questions de santé concernant les contaminants dans l'Arctique canadien.

Le chapitre 9 indique les domaines de recherche dans lesquels d'autres études doivent être menées afin de combler des lacunes précises en matière de connaissances pour mieux comprendre les questions en jeu.

Les nombreux facteurs influençant la santé et le bien-être des humains doivent être pris en considération dans l'évaluation des résultats de la présente évaluation. Il est possible que les contaminants environnementaux ne jouent pas un rôle majeur dans l'état de santé global d'une personne. On doit tenir compte des choix de mode de vie, du régime alimentaire, du statut socioéconomique, du sexe, de la prédisposition génétique et d'autres déterminants de la santé lorsqu'il s'agit d'évaluer les risques associés à l'exposition aux contaminants présents dans les aliments traditionnels.







Études sur les aliments et les habitudes alimentaires

2.1 Introduction

Ce chapitre présente un aperçu des avantages des aliments traditionnels, des études sur les habitudes alimentaires et des effets sur la santé qui sont associés au changement des habitudes alimentaires dans l'Arctique canadien. Cet aperçu met l'accent sur les études qui ont été menées dans l'Arctique canadien, soit dans le cadre du PLCN, soit de façon indépendante par des universités canadiennes, en particulier par le Centre for Indigenous Peoples' Nutrition and Environment (CINE) de l'Université McGill. Comme ce fut le cas dans d'autres pays circumpolaires, les recherches ont révélé que l'alimentation actuelle des personnes vivant dans l'Arctique canadien est généralement composée à la fois d'aliments traditionnels et d'aliments du marché. De plus, on a constaté une différence notable entre les régions en ce qui a trait à la consommation d'aliments traditionnels. En plus de la valeur nutritive des aliments traditionnels, la récolte, la transformation et la consommation de ces aliments sont associées à un mode de vie plus actif, à une diversité alimentaire et à une participation aux activités culturelles (Receveur et Kuhnlein, 2000). La consommation d'aliments traditionnels est également associée à une plus grande sécurité alimentaire (Lawn et Harvey, 2001; 2003).

2.2 Avantages des aliments traditionnels

De nombreux peuples autochtones vivant dans l'Arctique ont une vision holistique de la santé et du bien-être. Les définitions de la santé varient toutefois considérablement. Cette section ne présente pas un exposé détaillé des nombreux points de vue des peuples vivant dans l'Arctique canadien en ce qui concerne la santé. Elle vise plutôt à donner au lecteur une compréhension générale du rôle important des aliments traditionnels sur le plan de la santé et du bien-être.

Les aliments traditionnels incluent les plantes de provenance locale ainsi que les animaux et les poissons récoltés de la terre et de la mer. Les peuples autochtones ont déclaré que les aliments traditionnels leur apportaient les avantages suivants liés à la santé

(Receveur et coll., 1997; Berkes, 1999; Kuhnlein et coll., 2000; Receveur et Kuhnlein, 2000; Pelly, 2001; Krupnik et Jolly, 2002) :

- Les aliments traditionnels font figure de pilier culturel, et la consommation de ces aliments est souvent importante pour leur identité en tant que peuples autochtones.
- Le partage des aliments traditionnels joue un rôle dans le maintien des normes et des attentes sociales.
- Étant donné le coût élevé de la vie dans la plupart des collectivités de l'Arctique, les aliments traditionnels permettent à de nombreuses familles d'économiser de l'argent.
- La consommation d'aliments traditionnels est associée à d'importants aspects spirituels.
- Les aliments traditionnels procurent des avantages nutritionnels considérables.
- Des bienfaits pour la santé physique sont associés à la récolte d'aliments traditionnels.

Les avantages associés aux aliments traditionnels, comme ceux indiqués ci-dessus, jouent un rôle important dans la santé et le bien-être global de nombreuses personnes vivant dans l'Arctique canadien. Les deux sous-sections suivantes fournissent de plus amples détails sur les avantages nutritionnels et économiques.

2.2.1 Avantages nutritionnels des aliments traditionnels

Les aliments traditionnels ont une grande valeur nutritive et constituent une source importante des principaux éléments nutritifs dans l'alimentation (Kuhnlein et coll., 2000). Par exemple, dans 18 collectivités inuites du Canada, la consommation d'aliments traditionnels a fourni un apport accru en fer, en zinc, en vitamines A et E et parfois en vitamine C (Kuhnlein et coll., 2000). Le lard de mammifères marins, un aliment traditionnel consommé par les Inuits du Canada, est une source importante d'acides gras oméga-3 (Kuhnlein et coll., 1991).

Fediuk et coll. (2002) ont étudié la concentration de vitamine C dans 37 types d'aliments traditionnels consommés par les Inuits de l'Arctique canadien. Les œufs de poissons, la peau de baleine crue (« mattak »), le foie de caribou, le foie de phoque annelé et les bleuets sont des sources riches en vitamine C. Lorsque les chercheurs ont estimé l'apport en ce nutriment chez les femmes de 20 à 40 ans, ils ont déterminé que les aliments traditionnels fournissaient environ 20 % de l'apport total.

Kuhnlein et coll. (2002) ont analysé 236 échantillons d'aliments traditionnels et calculé leur valeur énergétique et leurs teneurs en minéraux (calcium, fer, cuivre, zinc, phosphore, magnésium, sodium, manganèse, potassium et sélénium) et en acides gras (acides gras saturés, acides gras monoinsaturés et acides gras polyinsaturés [AGPI] n-6 et n-3). Les aliments analysés représentaient des aliments traditionnels fréquemment consommés dans l'Arctique canadien.

À la suite de ce rapport, on a réalisé des analyses sur 180 échantillons d'aliments traditionnels pour déterminer leurs teneurs en vitamines A, D et E (Kuhnlein et coll., 2006). Les recherches visaient à déterminer si les régimes alimentaires des peuples de l'Arctique canadien fournissaient une quantité suffisante de ces trois vitamines. Les résultats ont montré que les régimes alimentaires de ces peuples, particulièrement ceux des Dénés/Métis et des Premières nations du

Yukon, ne contenaient souvent pas assez de vitamines A et D. Les résultats ont révélé également que, dans l'ensemble, l'apport en vitamine E était très insuffisant. Le bilan en vitamine A variait selon l'âge et le sexe, les hommes inuits présentant les taux les plus élevés de cette vitamine, conformément aux données précédentes (Egeland et coll., 2004).

Des renseignements sur l'apport alimentaire de 44 collectivités vivant dans l'Arctique canadien, lesquels sont fondés sur les bases de données disponibles sur les nutriments les plus complètes, ont maintenant été publiés (Kuhnlein et coll., 2004; Kuhnlein et coll., 2008). Alors que l'apport en fibres est uniformément faible, l'apport en magnésium, en acide folique, en vitamines A, C, E et D, en acides gras n-6 et en calcium est préoccupant, bien qu'à des degrés différents selon le lieu, l'âge et le sexe (Kuhnlein et coll., 2008). Une corrélation a été établie entre l'augmentation de la consommation d'aliments traditionnels et un apport accru en protéines, en vitamines D, E, B2 et B6, en fer, en zinc, en cuivre, en magnésium, en manganèse et en potassium. Les aliments traditionnels contribuent considérablement à la qualité globale du régime alimentaire des personnes vivant dans l'Arctique canadien (Kuhnlein et coll., 2005; Kuhnlein et Receveur, 2007).



0041_© Isabelle Dubois-ArcticNet

2.2.2 Avantages économiques des aliments traditionnels

Le coût élevé des aliments du marché dans les collectivités éloignées du Nord est susceptible d'influencer les choix alimentaires et, au bout du compte, la sécurité alimentaire. Il est important de tenir compte de ces facteurs dans l'évaluation des avantages économiques associés aux aliments traditionnels. Selon une enquête sur le coût des aliments du marché réalisée en 2006, le coût hebdomadaire d'un panier à provisions payé par les résidents du Nord qui habitaient des collectivités éloignées correspondait à environ le double du coût hebdomadaire déboursé dans les villes canadiennes du Sud du pays ou les collectivités du Nord qui avaient un accès plus facile aux réseaux de distribution alimentaire. Au Yukon, le coût hebdomadaire d'un panier à provisions était aussi élevé que 388 \$ à Old Crow comparativement à 163 \$ à Whitehorse, tandis que, dans la plupart des collectivités éloignées des T.N.-O. où une enquête a été réalisée, un panier à provisions coûtait plus de 300 \$ par semaine comparativement à 159 \$ à Yellowknife. Dans le même ordre d'idées, au Nunavut, les coûts variaient de 317 à 325 \$ pour les collectivités de Kitikmeot, de 288 à 352 \$ pour les collectivités de Kivalliq et de 297 à 299 \$ pour les collectivités de la région de Baffin (ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, 2006). Par contre, le coût hebdomadaire d'un panier à provisions était de 173 \$ à Edmonton et de 144 \$ à Montréal. Ces différences de coûts sont encore plus marquées si l'on s'attache uniquement aux aliments périssables.

Au Nunavut, 40 % des résidents ayant un revenu moyen à élevé ont déclaré qu'ils ne mangeaient pas à leur faim; ce pourcentage était encore plus élevé (68 %) chez les familles ayant un faible revenu ou un revenu faible à moyen (Ledrou et Gervais, 2005). Dans une autre collectivité de Baffin, près de la moitié des 52 adultes interrogés ont répondu « Vrai » ou « Parfois vrai » à l'affirmation selon laquelle « ils mangeaient moins ou sautaient un repas parce qu'ils n'avaient pas suffisamment d'argent pour acheter de la nourriture » (Egeland et coll., 2009). Des problèmes importants et généralisés de sécurité alimentaire dans les collectivités du Nord peuvent survenir, étant donné qu'on a estimé que le pourcentage de ménages inuits dont les membres appartenaient à la catégorie de « travailleurs pauvres » ou de « bénéficiaires d'aide sociale » était aussi élevé que 80 % (ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, 2003).

Dans une étude réalisée en 2004 auprès de groupes de discussion de six collectivités du Nunavut, les participants ont indiqué qu'ils estimaient que les membres de leur collectivité avaient tous les mois de



Eric Loring

la difficulté à obtenir suffisamment de nourriture et que « beaucoup de personnes vivaient près du seuil de pauvreté » (Chan et coll., 2006). Les principaux obstacles à la sécurité alimentaire mentionnés par les participants des groupes de discussion incluaient le coût de la chasse, le manque d'argent une fois les comptes payés, la participation et le soutien inadéquats du gouvernement ainsi que les nombreux changements sociaux et individuels survenus récemment (Chan et coll., 2006). Ceux qui étaient considérés comme étant les plus vulnérables à l'insécurité alimentaire incluaient les personnes âgées qui utilisaient souvent leur revenu limité pour soutenir leur famille élargie, les personnes qui avaient des problèmes de jeu ou de consommation abusive d'alcool et d'autres drogues et les membres des ménages ayant un faible revenu.

Dans une enquête réalisée auprès de femmes inuites, dénées/métisses et des Premières nations du Yukon (n = 1 771), qui visait à évaluer l'accès aux aliments traditionnels et aux aliments du marché dans 44 collectivités de l'ensemble des trois territoires canadiens, on a fait état d'un certain degré d'insécurité alimentaire. On a toutefois noté une grande variabilité entre les régions en ce qui concerne le pourcentage de répondantes ayant indiqué qu'elles avaient les moyens d'acheter des quantités suffisantes de nourriture (Lambden et coll., 2006). Les Inuites, indépendamment de leur groupe d'âge, étaient moins nombreuses à répondre qu'elles avaient les moyens d'acheter des aliments du marché que les Dénées/Métisses ou les



Eric Loring

femmes des Premières nations du Yukon. Pour illustrer cette situation, seulement 40 % des Inuites de 20 à 40 ans ont déclaré avoir les moyens d'acheter des aliments du marché comparativement à 56 % des femmes des Premières nations du Yukon et à 70 % des Dénés/Métisses d'âge similaire (Lambden et coll., 2006). On a aussi constaté des différences selon l'âge et les régions en ce qui concerne l'accès à l'équipement de chasse ou de pêche ou la capacité de payer un tel équipement. Dans toutes les régions, les personnes de plus de 61 ans avaient généralement un accès limité à l'équipement de pêche et de chasse. Ces résultats sont compatibles avec ceux des enquêtes précédentes révélant que les Inuites célibataires, divorcées ou veuves consommaient moins d'aliments traditionnels que les autres membres de la collectivité (Dewailly et coll., 2001; Duhaime et coll., 2002). Les études ont montré que les femmes autochtones sont vulnérables à l'insécurité alimentaire, et que les facteurs associés aux coûts élevés des aliments du marché, à l'inaccessibilité de l'équipement de chasse et de pêche et à l'absence d'un chasseur au sein de la famille étaient responsables de l'insécurité alimentaire.

2.3 Consommation d'aliments traditionnels et changement des habitudes alimentaires

Plusieurs études sur les aliments et les habitudes alimentaires ont été réalisées dans l'Arctique canadien. Afin d'évaluer la consommation d'aliments traditionnels, on a utilisé des questionnaires sur la fréquence de consommation des aliments (QFCA) et des rappels alimentaires de 24 heures dans le cadre d'une étude (Guyot et coll., 2006), tandis qu'on s'est servi uniquement de QFCA dans deux autres études (Solomon, 2005; Nancarrow et coll., 2007) et qu'on a eu recours uniquement à des rappels alimentaires de 24 heures dans le cadre de deux autres études (Nakano et coll., 2005a; 2005b). La taille des échantillons de ces études variait de 12 à 222 personnes, et toutes les études ont été réalisées auprès des peuples autochtones du Canada, y compris les Inuits, les Dénés/Métis et les Premières nations du Yukon. Chaque étude avait pour but d'évaluer l'ampleur de la consommation d'aliments traditionnels et de clarifier le lien entre la consommation d'aliments traditionnels et les contaminants, les changements climatiques, les données autodéclarées sur la récolte, l'évaluation des risques et des avantages et l'apport en nutriments chez les adultes et les enfants.

2.3.1 Consommation alimentaire des enfants dénés/métis et des Premières nations du Yukon

Une étude a été menée en 2000 et 2001 auprès d'enfants de cinq collectivités, soit celles de Fort McPherson, Tulita et Fort Resolution dans les T.N.-O. de même que d'Old Crow et Carcross au Yukon. Deux publications portant sur cette étude ont décrit en détail l'ampleur de la consommation d'aliments traditionnels et d'aliments du marché; les auteurs de cette étude se sont servi de rappels alimentaires de 24 heures (Nakano et coll., 2005a) ainsi que de mesures anthropométriques (taille et poids) et des apports en nutriments (Nakano et coll., 2005b). Les participants ont déclaré qu'ils mangeaient 28 aliments traditionnels, même si le caribou, l'orignal et le corégone étaient les aliments les plus fréquemment consommés (fournissant 95 % de l'apport énergétique provenant des aliments traditionnels). Parmi les aliments traditionnels consommés, 86 % étaient des animaux terrestres, 11 %, des poissons, 2 %, des oiseaux et 1 %, des baies. Chez les enfants de 10 à 12 ans, les aliments traditionnels fournissaient entre 4,3 et 4,7 % de l'apport énergétique total (Nakano et coll., 2005a). Encore une fois, lorsque les enfants consommaient des aliments traditionnels, leur apport en protéines, en fer, en zinc, en cuivre, en magnésium, en phosphore, en potassium et en



vitamines E, B2 et B6 était considérablement plus élevé. Les enfants des collectivités du Nord consommaient beaucoup plus d'aliments traditionnels et avaient des apports plus faibles en graisses, en graisses saturées et en sodium (Nakano et coll., 2005a). Chez les enfants, l'apport en vitamines B2, B6 et C, en zinc, en fer, en cuivre, en sélénium, en manganèse, en glucides et en protéines semblait suffisant, mais leur apport en vitamines A, D et E, en phosphore, en magnésium, en calcium, en acides gras oméga-3 et en acides gras oméga-6 était probablement insuffisant (Nakano et coll., 2005a). Une étude semblable réalisée en 1997 visait à mesurer l'apport énergétique chez les Dénés/Métis adultes (Receveur et coll., 1997). Chez les femmes et les hommes, l'apport énergétique fourni par les aliments traditionnels variait respectivement de 11 à 30 % et de 16 à 29 %. Tout comme chez les enfants, on a constaté que les jours où les gens consommaient des aliments traditionnels, leur apport en protéines, en fer, en zinc, en cuivre, en magnésium et en phosphore était considérablement plus élevé que les jours où ils consommaient uniquement des aliments du marché. L'étude de 1997 a toutefois révélé que la population adulte présentait un apport insuffisant seulement en acide folique et en fibres.

2.3.2 Répercussions des changements climatiques sur l'état nutritionnel des Inuits du Nunavut

En 2005, dans le cadre d'une étude transversale participative, on a utilisé des méthodes qualitatives et quantitatives pour caractériser les conséquences nutritionnelles des changements climatiques en regard du système alimentaire traditionnel des Inuits du Nunavut (Nancarrow et coll., 2007). Afin de recueillir des données, on a utilisé un QFCA et on a demandé à des groupes de discussion de deux collectivités de participer à l'étude pendant deux jours. On a choisi dix personnes de Repulse Bay et sept personnes de Kugaaruk pour participer aux groupes de discussion en utilisant des méthodes d'échantillonnage dirigé. Les répercussions des changements climatiques sur les principaux aliments traditionnels ont été analysées en profondeur. On a eu recours à une méthode de catégorisation par analyse qualitative pour coder les données afin de permettre l'émergence de thèmes et de faire des comparaisons entre les collectivités. Pour recueillir des données sur les aliments traditionnels, un QFCA déjà validé portant sur 111 aliments de 12 espèces alimentaires traditionnelles a été envoyé à un échantillon aléatoire de la population adulte de Repulse Bay (n = 103, environ 25 % de la collectivité). Un sous-échantillon de participants ont estimé la taille des portions. On s'est servi de la consommation quotidienne médiane



d'aliments traditionnels (g/jour) pour la population totale afin de comparer l'apport en 22 nutriments aux apports nutritionnels de référence (ANREF) établis par les National Academies des États-Unis (Institute of Medicine, 2000). L'ANREF pour chaque élément nutritif est fixé comme valeur recommandée pour une nutrition optimale. Les ANREF incluent les besoins moyens estimatifs (BME), les apports nutritionnels recommandés, les apports suffisants (AS) et les apports maximaux tolérables (AMT). Les données ont été divisées en catégories d'âge et de sexe aux fins d'analyse.

L'étude a confirmé que les participants des deux collectivités avaient constaté que les changements climatiques avaient une incidence à la fois positive et négative sur la récolte des aliments traditionnels. Les principaux éléments nutritifs susceptibles d'être touchés étaient les protéines, le fer, le zinc, les acides gras oméga-3, le sélénium et les vitamines D et A. Les résultats du QFCA ont révélé que la quantité médiane d'aliments traditionnels consommés chaque jour par les membres de la collectivité de Repulse Bay était de 386 g/jour. Les aliments traditionnels comblaient 100 % des BME en protéines, en vitamines A, B2 et B6, en phosphore, en fer, en cuivre, en zinc et en sélénium, et offraient un apport suffisant en acides gras oméga-3. On a constaté que le caribou était l'aliment traditionnel le plus souvent consommé (selon le poids et la fréquence).

Les auteurs ont conclu que les changements climatiques ont une incidence sur la disponibilité des aliments traditionnels, lesquels sont essentiels pour maintenir des apports suffisants en éléments nutritifs. L'étude a révélé que certains changements climatiques observés dans les collectivités augmentaient l'accès aux aliments traditionnels. Les auteurs de l'étude ont émis l'hypothèse suivante : si cette situation permet de récolter une plus grande quantité d'aliments traditionnels, il est possible que l'apport en nutriments augmente également.

À l'inverse, les changements climatiques qui ont le potentiel de réduire l'accès aux aliments traditionnels peuvent avoir de graves conséquences sur l'apport nutritif des Inuits.

2.3.3 Constatations locales des changements climatiques et répercussions sur la sécurité alimentaire liée aux aliments traditionnels dans deux collectivités autochtones du Nord

En 2004, 12 membres de la collectivité de la Première nation Deh Gah Got'ie à Fort Providence, dans les T.N.-O., ont participé à une étude visant à examiner le lien entre les données autodéclarées sur la récolte d'aliments traditionnels et la consommation quotidienne moyenne estimative d'aliments traditionnels. Guyot



Eric Loring

et Chan (2006) ont utilisé un QFCA et demandé la participation de groupes de discussion pour recueillir des données. Ces groupes ont déterminé les quantités autodéclarées par la collectivité en ce qui concerne les principales espèces d'aliments traditionnels récoltés durant les 12 mois précédant la rencontre. On a calculé la quantité moyenne consommée d'aliments disponibles par personne par jour pour chaque espèce, en se servant du poids comestible de chaque espèce, des données autodéclarées sur la récolte et du nombre connu de consommateurs d'aliments traditionnels dans la collectivité. Ces données ont été comparées aux résultats concernant la consommation quotidienne moyenne de chaque espèce fournis par une étude sur les aliments réalisée précédemment par le CINE dans la même région. On a calculé les rapports entre les aliments récoltés et les aliments consommés à partir de données connexes.

Les principales espèces d'aliments traditionnels, classées en ordre descendant quant au pourcentage de la récolte totale, incluaient l'original, le caribou de la toundra, le corégone, l'oie des neiges, le caribou des bois et le rémora. Les animaux terrestres représentaient 63 % de la récolte totale, suivis des poissons (23 %) et des oiseaux (14 %). Selon l'interprétation des auteurs, un rapport de un signifiait que la quantité consommée d'une espèce et le poids comestible de l'aliment récolté étaient semblables. De tous les aliments traditionnels étudiés, l'original et le corégone présentaient un rapport se rapprochant de un. Les auteurs ont conclu que, puisqu'il s'agissait de deux principales espèces d'aliments traditionnels et que les quantités avaient été facilement calculées en prenant en considération la taille et la méthode de préparation, les rappels alimentaires étaient très probablement exacts. Les rapports plus élevés que un ont été interprétés comme signifiant que la quantité consommée était plus grande que la quantité récoltée. Les espèces pour lesquelles les rapports étaient plus élevés étaient généralement des animaux plus petits ou des poissons, que les auteurs ont décrits comme étant habituellement sous-déclarés dans les données sur la récolte indiquées dans la littérature. On a constaté que les principales espèces récoltées étaient semblables à celles déclarées dans les années 1990. Les auteurs ont conclu qu'il était possible d'effectuer une estimation raisonnable des données sur la récolte, mais non une évaluation de l'apport nutritionnel, en ayant recours à des méthodes semiquantitatives comme les groupes de discussion. Ils ont recommandé que les prochaines études incluent des enquêtes rigoureuses sur les récoltes afin de fournir des estimations plus précises de la sécurité alimentaire au moyen de données sur la récolte.



AINC

2.3.4 Gérer la question de l'exposition au mercure au Nunavut

Une étude participative a été réalisée par le CINE et les collectivités de Repulse Bay et d'Igloodik, au Nunavut, au printemps 2004 (Solomon, 2005). Cette étude visait à caractériser les risques associés à l'exposition au méthylmercure en explorant le lien entre l'ingestion alimentaire de mercure et les taux de mercure présents dans des cheveux. Les chercheurs ont utilisé une technique transversale et recueilli des données au moyen de QFCA, d'échantillons de cheveux et d'échantillons d'aliments traditionnels. Des membres de la collectivité choisis aléatoirement et d'autres membres volontaires ont participé à l'étude. Pour déterminer la quantité de mercure dans les aliments, on a comparé la consommation quotidienne de différents aliments (grammes/personne/jour) aux concentrations moyennes de mercure relevées dans des échantillons de viande ou une base de données. Les estimations de la charge corporelle de mercure par personne ont été calculées en utilisant la valeur moyenne de mercure dans des segments de cheveux de cette personne. Une analyse des échantillons de viande a révélé que le muktuk de narval et de béluga et la chair de morse contenaient les concentrations de mercure les plus élevées.



Eric Loring

Quarante personnes (16 sujets choisis aléatoirement et 24 sujets volontaires) ont participé à l'étude réalisée à Igloolik. Les espèces les plus souvent consommées à Igloolik étaient le caribou, l'omble, le morse, le phoque annelé, un oiseau non précisé de l'Arctique et le béluga. Les trois aliments constituant les principales sources d'exposition au mercure étaient la viande de morse, de caribou et de phoque annelé. On a calculé que, à Igloolik, la consommation quotidienne moyenne d'aliments traditionnels était, respectivement, de 134, 783 et 303 g/personne chez les femmes de 18 à 40 ans, les femmes de 41 ans et plus et les hommes. On a estimé que l'exposition moyenne au mercure par voie alimentaire était de 23 ± 14 $\mu\text{g}/\text{jour}$ (intervalle : 1,0-49 $\mu\text{g}/\text{jour}$) pour la population générale et de $6,0 \pm 5,8$ $\mu\text{g}/\text{jour}$ (intervalle : 0,2-24 $\mu\text{g}/\text{jour}$) pour les femmes en âge de procréer. Après avoir fait des comparaisons avec la dose hebdomadaire admissible provisoire (DHAP) fixée par l'OMS à 1,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de poids corporel (OMS, 2004), les chercheurs ont constaté que trois participants (25 % de la population échantillon) du groupe représentant la population générale et trois participantes (11 % de la population échantillon) parmi les femmes du groupe représentant les femmes en âge de procréer présentaient des taux supérieurs au niveau de risque minimal. La concentration moyenne de mercure dans les cheveux des sujets appartenant au groupe de la population générale d'Igloolik était de $6,2 \pm 4,6$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ (intervalle : 0,1- 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$) et de $2,1 \pm 1,7$ $\mu\text{g}/\text{kg}$

(intervalle : 0,2-7,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) chez les femmes en âge de procréer. Six participants du groupe de la population générale et sept femmes du groupe en âge de procréer présentaient des taux supérieurs au niveau de risque minimal fixé par Santé Canada en ce qui concerne la concentration de mercure dans les cheveux (6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dans le groupe de la population générale et 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ chez les femmes en âge de procréer).

Au total, 52 membres (22 sujets choisis aléatoirement et 30 sujets volontaires) de la collectivité de Repulse Bay ont participé à l'étude menée dans cette région. Les aliments traditionnels les plus fréquemment consommés à Repulse Bay étaient le caribou, l'omble, le narval, le phoque annelé et le morse. Les aliments constituant les principales sources d'exposition au mercure étaient le muktuk et le lard de narval, la viande de caribou et le muktuk de béluga. La consommation quotidienne d'aliments traditionnels par groupe d'âge était respectivement de 657, 2 239 et 1 358 g/personne/jour chez les femmes de 18 à 40 ans, les femmes de 41 ans et plus et les hommes. On a estimé que l'exposition moyenne au mercure par voie alimentaire était de 44 ± 46 $\mu\text{g}/\text{jour}$ (intervalle : 1,7-181 $\mu\text{g}/\text{jour}$) pour la population générale et de 21 ± 22 $\mu\text{g}/\text{jour}$ (intervalle : 0,3-79 $\mu\text{g}/\text{jour}$) pour les femmes en âge de procréer. Lorsqu'on a pris en considération la DHAP fixée par l'OMS, on a constaté que 12 personnes (55 %) du groupe de la population générale et 15 femmes du groupe en âge de procréer (50 %) présentaient des taux supérieurs au niveau de risque minimal. La concentration moyenne de mercure dans les cheveux des sujets représentant la population générale de Repulse Bay était de $2,7 \pm 1,6$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ (intervalle : 1,0-6,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$) et de $2,1 \pm 1,4$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ (intervalle : 0,5-6,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) dans les cheveux des femmes du groupe en âge de procréer. Seul un participant du groupe de la population générale (5 %) présentait un taux supérieur au niveau de risque minimal fixé par Santé Canada en ce qui concerne la concentration de mercure dans les cheveux, tandis que, dans le groupe de femmes en âge de procréer, ce nombre s'élevait à quatre personnes (14 %). La différence entre les estimations de l'exposition et la charge corporelle peut être attribuable à la surdéclaration de la consommation d'aliments traditionnels ou à la surestimation des concentrations de mercure dans les aliments traditionnels consommés à Repulse Bay.

L'étude est limitée par la petite taille de l'échantillon, et le recours à des participants volontaires a pu fausser les données en entraînant une surreprésentation des grands consommateurs d'aliments traditionnels. En général, on a observé une forte corrélation entre la consommation d'aliments traditionnels et les concentrations de mercure dans les cheveux. Cependant, aucune concentration de mercure dans les cheveux n'était supérieure au niveau

« à risque » fixé à 30 µg/kg. De plus, les auteurs ont conclu que les personnes constituant la population la plus susceptible, soit les femmes en âge de procréer, présentaient des concentrations moyennes de mercure dans les cheveux qui étaient inférieures au niveau de risque minimal. On avait mesuré les concentrations de mercure dans les cheveux des personnes appartenant à la collectivité d'Igloodik de 1976 à 1985 et des membres de la collectivité de Repulse Bay en 1977. L'étude a révélé une diminution des concentrations de mercure dans les cheveux des personnes vivant dans ces deux collectivités, ce qui est probablement attribuable à une diminution de la consommation d'aliments traditionnels. Selon les auteurs, les résultats indiquent que les habitudes actuelles de consommation d'aliments traditionnels des collectivités n'entraînent pas un risque élevé d'intoxication par le mercure. Les résultats d'un questionnaire portant sur des aspects socioculturels, qui a été rempli dans le cadre de l'étude, montraient que les aliments traditionnels constituaient une part importante de l'alimentation, que la population était consciente des bienfaits de ces aliments et que la population n'était pas informée ou ne se préoccupait pas suffisamment des taux de contaminants dans les aliments traditionnels.

2.3.5 Étude de surveillance des tendances temporelles des contaminants environnementaux chez les humains dans les Territoires du Nord-Ouest

En 2005 et 2006, une enquête approfondie visant à examiner la consommation d'aliments traditionnels et la charge corporelle de contaminants chez les femmes en âge de procréer a été réalisée dans la région d'Inuvik située dans le delta du Mackenzie, dans les T.N.-O. (Armstrong et coll., 2007), en tant qu'étude de suivi de l'enquête initiale menée en 1998 et 1999. Les collectivités avoisinantes, desservies par l'hôpital d'Inuvik, sont constituées d'Inuvialuits, de Gwich'in, de Métis et de Dénés ainsi que de personnes non autochtones. L'économie de la région d'Inuvik repose principalement sur les services des organismes gouvernementaux et autochtones ainsi que les activités pétrolières et gazières, et est renforcée par la chasse, le piégeage, la pêche et le tourisme.

Dans le cadre de l'étude de suivi, on a recruté des femmes enceintes chez qui on a prélevé des échantillons de sang maternel et de cheveux et à qui on a demandé des renseignements sur leur mode de vie et leur alimentation. Le projet comportait trois principaux objectifs :

- dégager une tendance en ce qui concerne la présence de contaminants environnementaux dans le sang et

les cheveux des femmes vivant dans la région d'Inuvik;

- évaluer l'exposition maternelle aux contaminants attribuable au régime alimentaire et à des aspects particuliers du mode de vie;
- participer aux programmes internationaux de surveillance hématologique, y compris le plan de surveillance internationale, en vertu des dispositions de la Convention de Stockholm.

La méthode utilisée était semblable à celle employée durant l'étude initiale menée de 1997 à 2000, laquelle était intitulée « Programme régional de surveillance des contaminants chez les habitants d'Inuvik » (Butler-Walker et coll., 2003; 2006). Dans le cadre de cette étude, on a aussi recruté des femmes enceintes chez qui on a prélevé des échantillons de sang maternel et ombilical ainsi que de cheveux. On leur a aussi demandé des renseignements sur leur mode de vie et leur alimentation. Cent quatre femmes enceintes ont participé à l'étude; et on a recueilli 95 échantillons de sang maternel, 90 échantillons de sang ombilical, 73 échantillons de cheveux ainsi que 102 questionnaires sur le mode de vie. Le tableau 2.3.1 présente les caractéristiques démographiques des sujets des deux études de même que les taux de participation. L'étude visait à fournir des données de référence relatives à certains métaux lourds et organochlorés présents dans le sang des mères et des nouveau-nés appartenant aux collectivités de la région d'Inuvik.

TABLEAU 2.3.1 Taux de participation et caractéristiques démographiques : comparaisons entre l'étude initiale et l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007)

	Étude initiale (1998/1999) N (plage ou %)	Étude de suivi (2005/2006) N (plage ou %)
Nombre total de participantes	104	86
Questionnaires remplis	104	79
Échantillons de sang maternel	95	83
Échantillons de sang ombilical	90	0
Échantillons de cheveux	73	79
Âge (moyenne, min.-max.)	25,9 (15–45)	25,9 (16–40)
Inuvialuits	33 (32 %)	54 (68 %)
Dénés/Métisses	46 (44 %)	18 (23 %)
Autres/non autochtones	25 (24 %)	7 (9 %)
Mères pour la première fois	35 (34 %)	28 (35 %)
Si parité > 1, mères ayant déjà allaité	54 (78 %)	41 (80 %)
Fumeuses actuelles	54 (52 %)	53 (67 %)

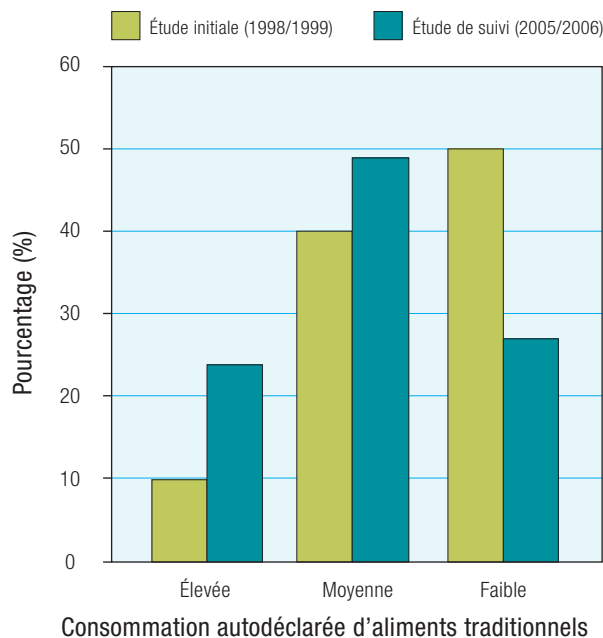


FIGURE 2.3.1

Consommation autodéclarée d'aliments traditionnels durant l'étude initiale versus l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007)

On a demandé aux femmes des deux études de déterminer si leur consommation d'aliments traditionnels était élevée, moyenne ou faible. Les femmes participant à l'étude de suivi ont indiqué une plus grande consommation d'aliments traditionnels par rapport à ce que les femmes de l'étude initiale avaient déclaré (figure 2.3.1). Il faut toutefois faire remarquer que les différences quant aux collectivités étudiées et la distribution des groupes ethniques peuvent être responsables des divergences notées entre les données déclarées.

La quantité d'aliments traditionnels consommée a été calculée pour les deux groupes ethniques (Inuvialuites et Dénées/Métisses) afin de comparer les deux études. Le nombre de femmes non autochtones était trop faible pour faire des comparaisons. Il importe de prendre en considération les distinctions entre les habitudes de consommation des deux groupes, puisque les personnes vivant dans la région d'Inuvik ont différents antécédents ethniques, historiques et culturels. De plus, les conditions climatiques et les aliments traditionnels varient dans l'ensemble de la région. Les tableaux 2.3.2 et 2.3.3 montrent toutes les catégories d'aliments traditionnels consommés respectivement par les Inuvialuites ainsi que les Dénées/Métisses.

Au cours de leur interview, les femmes participant à l'étude de suivi ont confirmé que les aînés et les membres de leur famille leur avaient effectivement souligné l'importance de consommer des aliments traditionnels, surtout durant la grossesse. Par rapport aux sujets de l'étude initiale, les répondantes de l'étude de suivi ont déclaré une consommation accrue des aliments traditionnels, bien que la quantité et le type d'aliments variaient considérablement selon la collectivité et la population. La quantité d'aliments traditionnels consommée par les Dénées/Métisses en 2006 était semblable à celle consommée en 2000, à l'exception de la quantité de poisson consommée, laquelle avait doublé. La consommation de poisson par les Inuvialuites a triplé entre 2000 et 2006. Les Inuvialuites ont également déclaré que leur consommation de viande de phoque avait augmenté, mais elles consommaient trois fois moins de graisse de mammifères marins (particulièrement le béluga). Cette diminution pourrait être le signe que les Inuvialuites ont compris le message lancé par les professionnels de la santé, lequel recommandait de diminuer la consommation de graisses en raison de l'accumulation fréquente de contaminants dans cet aliment (Armstrong et coll., 2007).

2.4 Répercussions sur la santé associées aux changements des habitudes alimentaires

Le remplacement des aliments traditionnels riches en nutriments par des aliments du marché très énergétiques, mais faibles en nutriments entraîne des répercussions sur la santé nutritionnelle, notamment des carences en micronutriments et l'obésité ainsi que l'apparition de maladies chroniques liées à l'obésité comme le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires. On a noté, dans les trois territoires canadiens, que l'obésité et un apport nutritionnel insuffisant allaient de pair (Kuhnlein et coll., 2004); cette tendance était semblable à celle notée dans les pays en développement (Popkin, 2002). Des études sur les habitudes alimentaires réalisées dans les trois territoires canadiens montrent que la non consommation d'aliments traditionnels est associée à un apport inférieur en vitamines A, D, E, B2 et B6 et en minéraux importants tels que le fer, le zinc, le cuivre, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium et le sélénium (Kuhnlein et coll., 2004). De plus, on a noté une consommation de graisses totales, de graisses saturées et de saccharose supérieure aux valeurs recommandées (Kuhnlein et coll., 2004).



TABLEAU 2.3.2 Consommation annuelle d'aliments traditionnels (kg/personne/année) déclarée par les Inuvialuites durant l'étude initiale et l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007)

Aliment	Mères inuvialuites	
	Étude initiale (n = 33) 1998-1999	Étude de suivi (n = 54) 2005-2006
Tous les poissons/fruits de mer	8,0 ¹ (8,1) ² [0; 6,1; 36] ³	27 ¹ (35) ² [0; 17; 225] ³
Viande de mammifères terrestres	30 ¹ (22) ² [0,3; 30; 75] ³	34 ¹ (25) ² [0; 35; 114] ³
Viande de mammifères marins	1,4 ¹ (4,9) ² [0; 0; 28] ³	5,2 ¹ (18) ² [0; 0; 114] ³
Graisse de mammifères marins	4,3 ¹ (10) ² [0; 1,2; 50] ³	1,4 ¹ (2,4) ² [0; 0; 14] ³
Viande d'oiseaux	3,5 ¹ (2,9) ² [0; 0; 11] ³	15 ¹ (25) ² [0; 4,7; 107] ³
Toutes les plantes	4,0 ¹ (6,1) ² [0; 0; 31] ³	1,9 ¹ (2,5) ² [0; 0; 10] ³

¹ Valeur moyenne

² (Écart type)

³ [Valeur minimale, médiane, maximale]

TABLEAU 2.3.3 Consommation annuelle d'aliments traditionnels (kg/personne/année) déclarée par les Dénées/Métisses durant l'étude initiale et l'étude de suivi (Armstrong et coll., 2007)

Aliment	Mères dénées/métisses	
	Étude initiale (n = 45) 1998-1999	Étude de suivi (n = 18) 2005-2006
Tous les poissons/fruits de mer	9,4 ¹ (12) ² [0,2; 4,3; 50] ³	21 ¹ (32) ² [0; 5,9; 1,3] ³
Viande de mammifères terrestres	31 ¹ (28) ² [0; 17; 95] ³	27 ¹ (32) ² [1,4; 17; 75] ³
Viande de mammifères marins	0,0 ¹ (0,1) ² [0; 0; 0,7] ³	0,1 ¹ (0,2) ² [0; 0; 0,7] ³
Graisse de mammifères marins	0,2 ¹ (0,4) ² [0; 0; 1,2] ³	0,1 ¹ (0,3) ² [0; 0; 1,2] ³
Viande d'oiseaux	7,9 ¹ (15) ² [0; 3,0; 84] ³	8,1 ¹ (21) ² [0; 2,4; 92] ³
Toutes les plantes	3,8 ¹ (4,4) ² [0; 2,0; 18] ³	2,1 ¹ (2,2) ² [0; 1,8; 7,2] ³

¹ Valeur moyenne

² (Écart type)

³ [Valeur minimale, médiane, maximale]

2.4.1 Lien entre les changements des habitudes alimentaires et l'obésité

Le nombre de personnes obèses ou faisant de l'embonpoint a augmenté partout au Canada et dans le monde. Selon les données actuelles, on observe des tendances semblables dans le Nord circumpolaire (Popkin, 2002; Andersen et coll., 2004; Kuhnlein et coll., 2004; Schnohr et coll., 2005; Shields, 2005). Trente-deux pour cent des enfants dénés/métis et des Premières nations du Yukon présentaient des valeurs supérieures au 85^e percentile de l'indice de masse corporelle (IMC) pour ce qui est de l'âge et du sexe (Nakano et coll., 2005a); ce chiffre est semblable au nombre d'enfants susceptibles de faire de l'embonpoint, qui a été noté dans d'autres populations autochtones canadiennes (Bernard et coll., 1995; Potvin et coll., 1999; Hanley et coll., 2000).

La prévalence de l'obésité chez les adultes vivant dans les trois territoires excédait les taux d'obésité au Canada établis d'après la définition type de l'obésité chez les adultes (IMC supérieur à 30 kg/m²) (Kuhnlein et coll., 2004). Il est possible que la prévalence de l'obésité ait été quelque peu surestimée chez les Inuits, étant donné que l'IMC surestime l'adiposité chez les personnes ayant un long torse par rapport à la taille (Charbonneau-Roberts et coll., 2005; Norgan, 1994). L'IMC ne rend toutefois pas compte de l'importance de l'adiposité viscérale dans une population. Dans le cadre d'une enquête réalisée auprès des membres d'une collectivité de Baffin, on a souvent noté une accumulation centrale de tissu adipeux chez ces personnes, et toutes les mesures d'obésité ont été considérées comme des facteurs prédictifs importants de l'insulinorésistance (Charbonneau-Roberts et coll., 2007). Les résultats sont dignes de mention parce qu'ils portent à croire que l'obésité récente des Inuits aura probablement des conséquences sur leur santé, même si celles-ci ne seront peut-être pas aussi marquées que dans d'autres populations (Young et coll., 2007). Selon des analyses de données recueillies auprès de quatre populations inuites étudiées, pour chaque catégorie d'IMC ou de différents tours de taille, les Inuits présentaient une pression artérielle et des taux lipidiques plus faibles que ceux notés chez les populations comparées de l'Europe ou du Sud du Canada (Young et coll., 2007). Par exemple, les hommes inuits dont l'IMC était supérieur à 30 présentaient un taux moyen de cholestérol des lipoprotéines de haute densité (HDL) semblable à celui noté chez les hommes euro-canadiens dont l'IMC était de 25 : le taux moyen de cholestérol HDL était, respectivement, de 1,2 mmol/L (intervalle de confiance [IC] à 95 % : 1,2-1,3) et de 1,2 mmol/L (IC à 95 % : 1,1-1,3) (Young, 2007).



Eric Loring

En général, les données confirment que, dans la région circumpolaire Nord, il existe un grand nombre d'adultes qui font de l'embonpoint ou sont obèses et d'enfants présentant un risque de faire de l'embonpoint ou d'être obèses à l'âge adulte. Ces données s'ajoutent aux résultats cumulatifs montrant un changement général en ce qui a trait à l'adiposité, lequel a des répercussions importantes sur la santé. Bien que les données semblent indiquer que le degré d'association entre l'adiposité et les facteurs de risque du syndrome métabolique peut différer chez les Inuits comparativement aux personnes de race blanche, l'adiposité est liée à une augmentation de l'insulinorésistance (Charbonneau-Roberts et coll., 2007) et aux facteurs de risque connexes du syndrome métabolique chez les Inuits (Egeland et coll., 2009; Ludi, communication personnelle).

2.5 Conclusions et recommandations

La consommation d'aliments traditionnels est propre à la culture et varie considérablement selon la collectivité et la région de l'Arctique canadien. Les résultats des études présentées dans ce chapitre portent à croire que la viande et les graisses d'espèces chassables, de poissons et de mammifères marins, les produits laitiers ainsi que les plantes et les baies comestibles sont consommés en différentes quantités selon la latitude, la proximité d'une ville centre et de l'eau, de même que selon l'âge et la culture. Les résultats de huit études ont indiqué que les aliments traditionnels fournissaient de 4,3 à 89 % (valeur médiane : 18 %) de l'apport énergétique alimentaire total.

Comme il en a été fait mention dans le présent chapitre, la consommation d'aliments traditionnels a été associée à des taux plus élevés de nutriments, y compris les vitamines A, D, E, B6 et B12, les protéines, le fer et les acides gras oméga-3. Les études qui ont comparé la consommation actuelle d'aliments traditionnels à la consommation antérieure ont confirmé une diminution de la consommation de ces aliments, à l'exception d'une étude réalisée auprès de femmes enceintes de la région d'Inuvialuit au Canada, qui a révélé une augmentation de la consommation de poissons, mais une baisse de la consommation de graisse de mammifères marins. Trois études ont indiqué que les générations plus jeunes consommaient beaucoup moins d'aliments traditionnels que les générations plus âgées.

La modification actuelle des habitudes alimentaires chez les peuples de l'Arctique canadien a entraîné des changements apparents en ce qui concerne l'apport en vitamines A, C, D et E ainsi qu'en fer, en calcium, en acide folique, en acides gras oméga-3 et en fibres. Le degré de changement des habitudes alimentaires dépend du rapport entre les aliments du marché et les aliments traditionnels ainsi que des aliments consommés. Les recherches semblent indiquer que si les collectivités inuites consomment moins d'aliments traditionnels

et plus d'aliments du marché très énergétiques, mais faibles en nutriments, elles présenteront un risque de carence en micronutriments (Kuhnlein et coll., 2004). Une consommation réduite d'aliments traditionnels augmente également le risque d'obésité et, partant, le risque de maladies chroniques liées à l'obésité (Receveur et Kuhnlein, 2000).

D'autres recherches doivent être menées pour étudier le régime alimentaire des peuples de l'Arctique canadien dans le contexte de la santé et du bien-être global, de la prévention des maladies et de la promotion de la santé. Plus particulièrement, les recherches à venir doivent porter sur les éléments suivants :

- les sources régionales précises des contaminants présents dans les aliments traditionnels;
- le lien entre les modifications du risque de maladies cardiovasculaires et les modifications de l'alimentation chez les populations autochtones de l'Arctique;
- les répercussions des changements climatiques sur la sécurité et la disponibilité des aliments traditionnels ainsi que sur la sécurité alimentaire en général.



Ed Struzik



Eric Loring

État de santé de la population de l'Arctique canadien

3.1 Introduction

Le présent chapitre vise à présenter un bref aperçu de certains indicateurs de l'état de santé des populations du Nord canadien. L'aperçu se limite aux Territoires du Nord-Ouest (T.N.-O.), au Yukon, au Nunavut et à la région du Nunavik située dans le Nord du Québec. Le Nunavik est principalement peuplé par les Inuits; il peut, par conséquent, servir à faire des comparaisons avec d'autres régions inuites du Nord canadien. Malheureusement, on disposait de peu de données concernant la région du Nunatsiavut dans le Nord du Labrador.

Cet aperçu de plusieurs indicateurs de la charge de morbidité pour les populations de l'Arctique canadien est principalement axé sur les maladies et les éléments mesurables connexes; il ne vise aucunement à traiter de l'état de santé dans un contexte holistique. On utilise souvent des taux annuels pour illustrer les différences régionales ou nationales importantes, et on renvoie le lecteur à d'autres publications où ils trouveront des analyses plus approfondies des taux de maladie (T.N.-O. 2005; INSPQ, 2007; Young, 2008). Les mesures relatives au rendement du système de santé et à l'utilisation des services de santé ne sont pas incluses, puisqu'elles débordent du cadre du présent rapport.

Pour suivre l'exemple du ministère de la Santé et des Affaires sociales du Yukon, il est approprié de citer ici Albert Einstein qui a formulé l'observation perspicace suivante : « Ce qui compte ne peut pas toujours être compté et ce qui peut être compté ne compte pas forcément. »

3.1.1 Sources de données

L'état de santé des Autochtones a été jugé médiocre dans le passé (Frohlich et coll., 2006); cependant, on manque souvent de données qui permettraient d'illustrer clairement les écarts sur le plan de la santé entre les populations autochtones et non autochtones du Nord. On a néanmoins inclus dans le présent aperçu tous les renseignements que l'on a trouvés sur le sujet. Les principales sources de données incluaient des rapports sur l'état de santé élaborés par les gouvernements du

Yukon, des T.N.-O. et du Nunavut entre 2003 et 2005, ainsi que les publications de Statistique Canada. Les renseignements sur l'état de santé des résidents du Nunavik ont été tirés d'un rapport de synthèse élaboré à l'intention de la Direction générale de la santé des Premières nations et des Inuits de Santé Canada par É. Counil, Ph. D., de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ, 2007). Ce rapport était fondé en grande partie sur les données provenant du rapport « Portrait de santé du Québec et de ses régions » (2006) et sur de nombreuses données complémentaires extraites de l'étude intitulée « Enquête de santé auprès des Inuits du Nunavik 2004 – Qanuippitaa? Comment allons-nous? » (INSPQ, 2007). D'autres renseignements proviennent de diverses publications évaluées par des pairs et de sources non publiées auxquelles on fait référence tout au long du texte.

3.2 Indicateurs démographiques en rapport avec l'état de santé

Parmi les caractéristiques démographiques associées à l'état de santé et aux comportements de santé, on trouve les caractéristiques de base d'une population telles que la taille, la répartition et la composition. Les facteurs de composition d'une population – l'âge, le sexe et la race/l'ethnicité – ne sont pas seulement liés aux comportements de santé, ils sont aussi d'excellents facteurs prédictifs de l'état de santé (Pol et Thomas, 2002).

Le chiffre de la population totale du Yukon et des T.N.-O. semblait généralement stable au cours de la dernière décennie. En effet, lorsqu'on tient compte de l'effet combiné des décès, des naissances et des migrations internes et externes, on observe une légère augmentation du nombre d'habitants de 1995 à 2005, soit de 1,8 % au Yukon et de 3,8 % dans les T.N.-O. (figure 3.2.1). Durant la même période, on a enregistré une hausse remarquable de 20 % de la population du Nunavut, qui était principalement attribuable à un taux de natalité très élevé (Statistique Canada, 2006a). À l'exception de l'Alberta, les territoires étaient les seules régions du Canada à afficher des taux d'accroissement naturel de la population en 2004 et 2005, lesquels

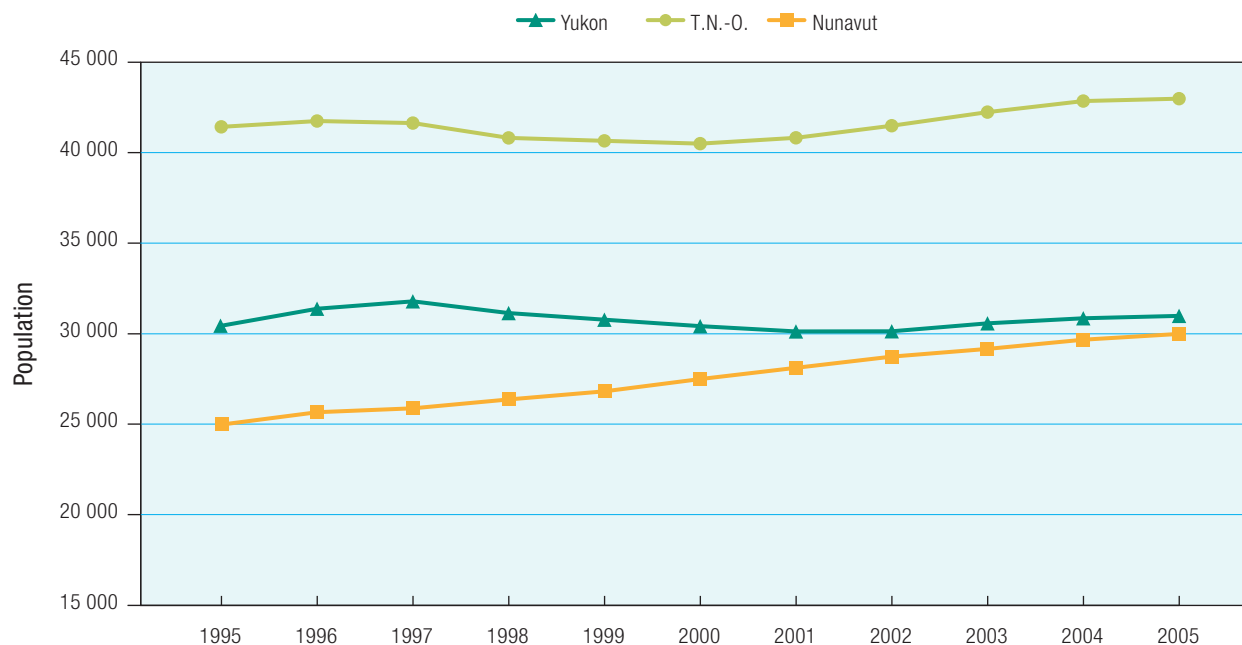


FIGURE 3.2.1

Estimations annuelles de la population du Yukon, des T.N.-O. et du Nunavut (Statistique Canada, 2005).

étaient nettement supérieurs à ceux de la moyenne nationale (Statistique Canada, 2006a). Parallèlement, il importe de mentionner que les migrations expliquaient en grande partie les variations de la population du Yukon et des T.N.-O., principalement de 1994 à 2000.

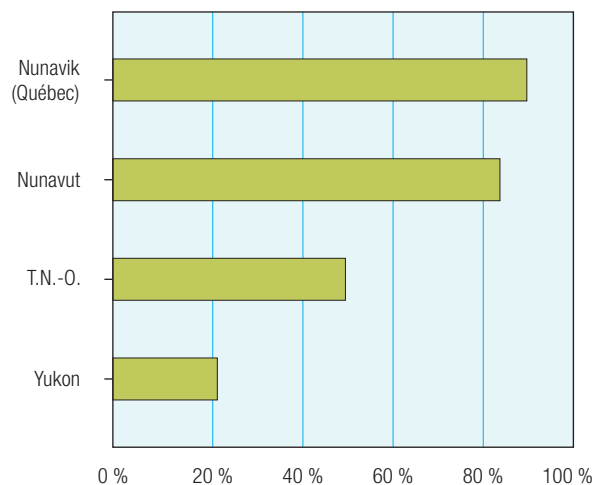


FIGURE 3.2.2

Pourcentage des membres de la population totale dans les trois territoires et la région du Nunavik (Québec) qui se considèrent comme étant autochtones (Statistique Canada, 2001; Statistique Canada, 2003).

La population totale des territoires du Nord canadien est caractérisée par une proportion croissante de peuples autochtones, principalement à mesure que l'on se déplace d'Ouest en Est (figure 3.2.2).

Selon le profil démographique des peuples autochtones du Canada¹, établi d'après le recensement de 2001, les 22 720 Autochtones du Nunavut représentent 85 % de la population totale du territoire, l'une des proportions les élevées au pays. Les Autochtones représentent plus de la moitié (51 %) de la population des T.N.-O. et près du quart (23 %) de la population du Yukon. Selon le recensement de 2001, 91 % des personnes vivant au Nunavik se considéraient comme étant inuites.

Les Autochtones des Premières nations constituaient respectivement environ 29 % et 20 % de la population des T.N.-O. et du Yukon. Les Inuvialuits (Inuits), qui vivent principalement dans les six collectivités situées les plus au Nord des T.N.-O., représentent 11 % de la population totale de ces territoires. Dix pour cent de la population totale des T.N.-O. est composée de Métis qui vivent principalement dans les collectivités de Yellowknife, Hay River et Fort Smith (NWT, 2005).

En 1931, la population inuite du Canada comptait environ 5 000 personnes (Bjerregaard et Young, 1998). Soixante-dix ans plus tard, durant le recensement

¹ Selon Statistique Canada (2003), « Le dénombrement partiel et le sous-dénombrement expliquent en grande partie la différence entre le nombre de personnes inscrites en vertu de la Loi sur les Indiens fourni par le Recensement de 2001 (environ 558 000) et le nombre fourni par le Registre des Indiens (environ 681 000), lequel est administré par le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien. »



FIGURE 3.2.3

Les régions inuites (ITK, 2007).

de 2001, environ 5 % de toutes les populations autochtones qui se considéraient comme telles, ce qui représentait 45 070 personnes, ont déclaré être inuites. Comparativement aux données obtenues cinq ans plus tôt, ce chiffre représente une augmentation de 12 %. En revanche, la population non autochtone totale a augmenté de seulement 3,4 % de 1996 à 2001 (Statistique Canada, 2003). L'augmentation de la population autochtone est principalement attribuable à des facteurs démographiques – taux de fécondité plus élevés et plus grande espérance de vie (Statistique Canada, 2003).

En 2001, la plupart des Inuits (81 %) vivaient dans l'une des quatre régions inuites de l'Arctique canadien (figure 3.2.3) (Statistique Canada, 2006b; ITK, 2007) :

- Nunatsiavut, une région du Labrador, où vivent 5 % de tous les Inuits;
- Nunavik, situé principalement au Nord du 55^e parallèle au Québec, où vit 19 % de la population inuite du Canada;
- le territoire du Nunavut où habitent environ 50 % des Inuits;
- Inuvialuit, région des T.N.-O., où résident 7 % des Inuits (Inuvialuits).

L'âge médian de la population inuite du Canada était seulement de 20,6 ans en 2001 comparativement à 37,7 ans chez la population non autochtone. C'est au Québec et au Nunavut que les populations inuites étaient les plus jeunes, l'âge médian étant respectivement de 19,0 et 19,1 ans. Le recensement de 2001 a permis de dénombrier 17 460 enfants inuits de 14 ans ou moins, ce qui représente 39 % de la population inuite totale. Ce chiffre représentait une diminution par rapport au pourcentage de 41 % obtenu cinq ans plus tôt (Statistique Canada, 2003). Étant donné que le taux de fécondité est plus élevé au Nunavut qu'ailleurs au pays, cette région s'est démarquée comme étant la seule au Canada où l'âge médian (22,9 ans) de la population totale était inférieur à 30 ans (Statistique Canada, 2006a).

Parallèlement, on a observé une légère tendance au vieillissement dans la population inuite. Ce vieillissement est en grande partie attribuable à un taux de fécondité moindre, quoique toujours élevé, chez les Inuits. Même si les 1 405 Inuits âgés de 65 ans et plus représentaient à peine plus de 3 % de la population inuite (une légère hausse par rapport aux données obtenues cinq ans plus tôt), leur nombre a augmenté de 38 % de 1996 à 2001 (Statistique Canada, 2003).

3.3 État de santé de la population de l'Arctique canadien

3.3.1 Santé autoévaluée

L'état de santé autodéclaré ou autoévalué en tant qu'indicateur de la santé globale est une mesure à la fois très directe et très subjective. Les participants de l'enquête peuvent en effet dresser un tableau complet de leur état de santé, par contre, ils peuvent utiliser différents cadres et valeurs pour évaluer leur état de santé, ce qui augmente les risques de problèmes sur le plan de la comparabilité des résultats (Larsen et coll., 1998).

On a néanmoins noté une corrélation satisfaisante entre les scores autodéclarés de l'état de santé et des indicateurs plus objectifs de l'état de santé (Pol et Thomas, 2002). Certaines données montrent l'existence d'une association relativement étroite lorsque les autoévaluations sont corrélées avec les réponses à partir d'une liste de vérification des symptômes (Proctor et coll., 1998). En général, les participants d'une enquête qui ressentent ou déclarent de nombreux symptômes évaluent généralement leur état de santé comme étant moins bon comparativement aux répondants qui n'en déclarent que quelques-uns. De plus, il a été établi que l'état de santé autodéclaré pouvait permettre de prédire l'incidence des maladies chroni-

ques, la perte d'autonomie et, finalement, la survie et la mortalité (McGee et coll., 1999; Santé Canada, 2006). La principale source de données sur la santé autodéclarée à l'échelle nationale est l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes, qui a remplacé l'Enquête nationale sur la santé de la population en 2000. On trouve aussi de plus amples renseignements sur le Yukon dans l'Enquête régionale longitudinale sur la santé des Premières nations (CPNY, 2006).

En 2005, 66 % des Canadiens âgés de 12 ans et plus ont déclaré que leur santé était *excellente ou très bonne*, ce qui représente une augmentation par rapport aux 60 % ayant fait cette même déclaration en 2003 (Santé Canada, 2006) (figure 3.3.1). On a constaté des variations semblables à la fois au Yukon et dans les T.N.-O. Au Yukon, 59 % des membres de la population (IC à 95 % = 54-65) âgés de plus de 12 ans ont déclaré que leur santé était *excellente ou très bonne*, tandis que 66 % des habitants des T.N.-O. (IC à 95 % = 60-73) ont indiqué que leur santé correspondait à la description de cette catégorie. Le rapport sur l'état de santé de la population des T.N.-O. (NWT, 2005) indiquait que, en 2003, les femmes étaient moins nombreuses que les hommes à déclarer que leur santé était *bonne, très bonne ou excellente*. Au Nunavut, seulement 47,8 % des personnes interrogées (IC à 95 % = 42-54) ont déclaré



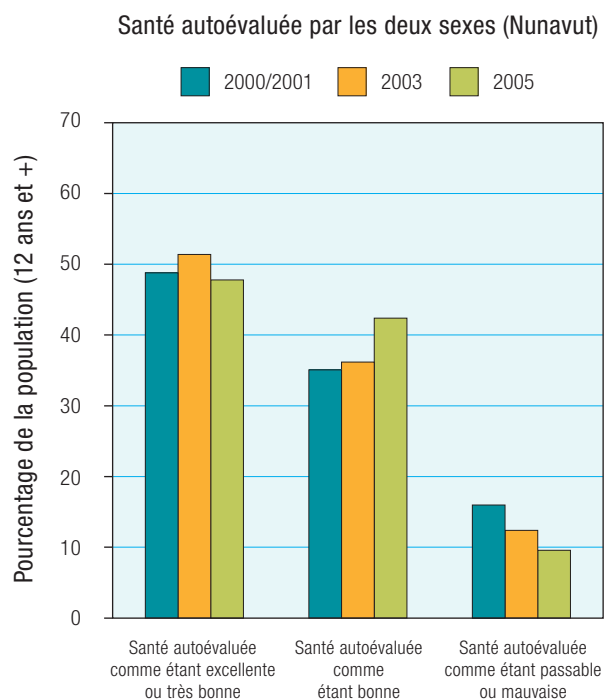
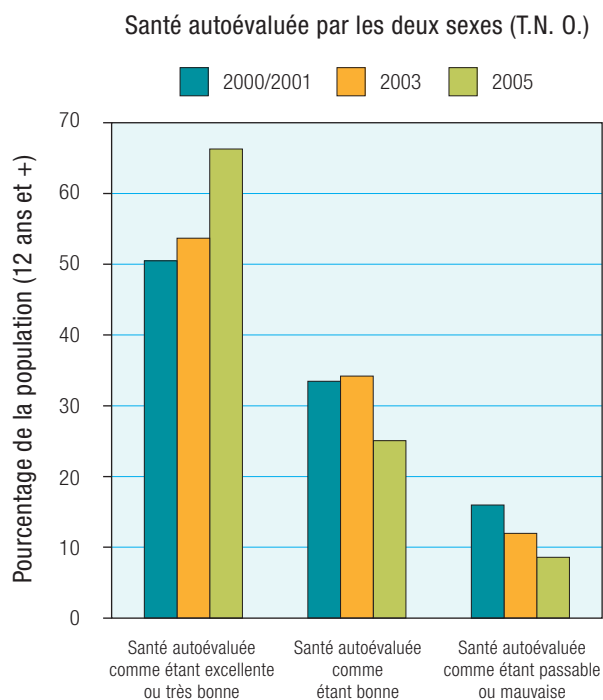
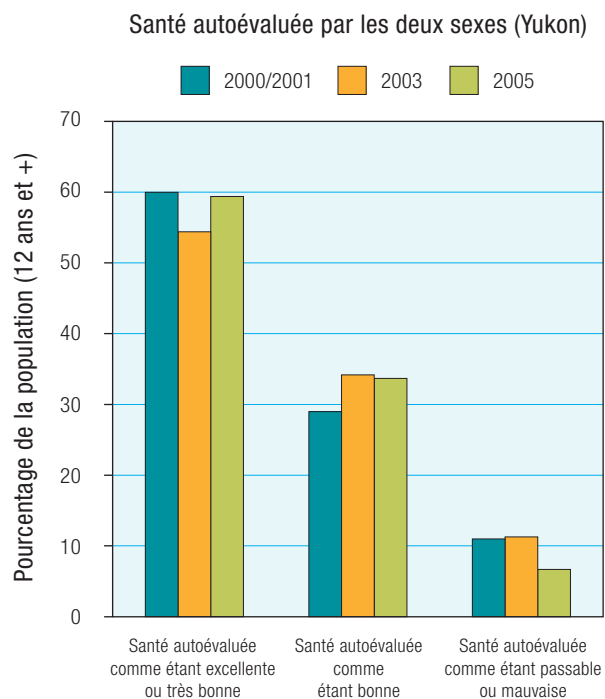
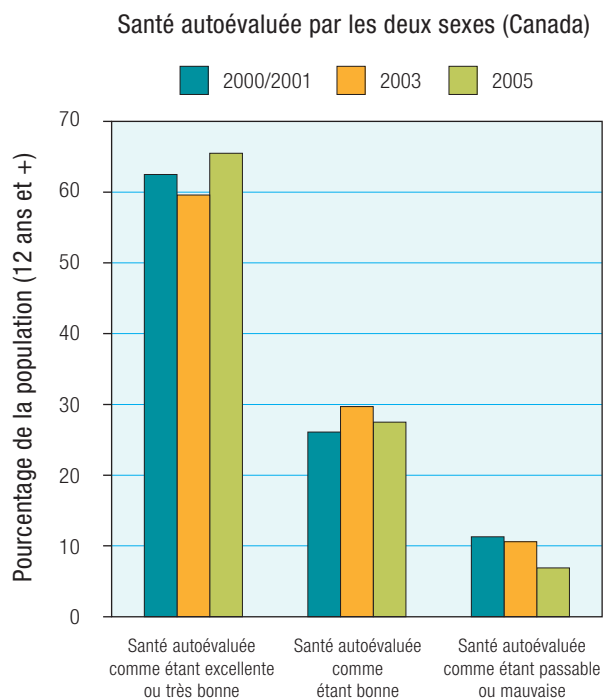


FIGURE 3.3.1

Santé autoévaluée par la population à domicile de 12 ans et plus du Canada et des territoires (Statistique Canada, 2008a).

que leur santé était *excellente ou très bonne*. Entre 2000 et 2005, ce pourcentage est demeuré relativement stable, alors que le taux standardisé pour l'âge de personnes ayant déclaré que leur santé était *bonne* est passé de 35 % en 2000/2001 (IC à 95 % = 33-38) à 42 % en 2005 (IC à 95 % = 35-50).

L'enquête longitudinale sur la santé des Premières nations du Yukon (CPNY, 2006) visait à examiner l'information fournie dans les autoévaluations de la santé par neuf des quatorze Premières nations; elle a montré que seulement 43 % des membres des Premières nations du Yukon avaient évalué leur santé comme étant *excellente ou très bonne*, alors que 22 % ont indiqué qu'elle était *passable ou mauvaise*. Ce chiffre est près de deux fois plus élevé que celui de la même catégorie (santé *passable ou mauvaise*) parmi tous les Yukonnais de plus de 12 ans. En 2005, Adelson (CPNY, 2006) a aussi fait remarquer que, étant donné les écarts entre les commentaires généralement positifs des répondants concernant leur santé et les troubles déclarés, « nous devons demander aux Autochtones ce qu'ils entendent par «santé»... Les concepts de santé et d'état de santé ne sont pas bien définis » [TRADUCTION].

Selon l'Enquête de santé réalisée auprès des Inuits du Nunavik en 2004 (Counil, 2007; INSPQ, 2007), seulement 22 % des Inuits âgés de 15 ans et plus ont

déclaré que leur santé était *excellente ou très bonne*, tandis que 33 % des participants ont indiqué que leur santé était *passable ou mauvaise*. Ces chiffres, si on les compare avec les résultats obtenus dans d'autres territoires du Nord, pourraient indiquer que le niveau de santé et de bien-être des membres des collectivités inuites du Nunavik est plutôt bas. L'incidence du suicide et de la mortalité liée à la violence confirme cette hypothèse (Counil, 2007).

3.3.2 Indicateurs choisis

L'évaluation des principaux indicateurs des résultats en matière de santé peut fournir une estimation approximative de l'état de santé global des groupes de population. L'espérance de vie, les causes de décès dans une population donnée et les taux de mortalité infantile sont des données particulièrement utiles. En ce qui concerne les Inuits, la mortalité infantile parle d'elle-même. En effet, un changement notable s'est produit en ce qui a trait à la mortalité infantile chez les Inuits de l'Arctique canadien et d'autres territoires de l'Arctique depuis les 60 dernières années : on y a noté une diminution du taux de mortalité infantile par un facteur de plus de 10 (figure 3.3.2). Ces données contrastent avec les taux de mortalité infantile enregistrés dans la population générale des États-Unis, du Canada

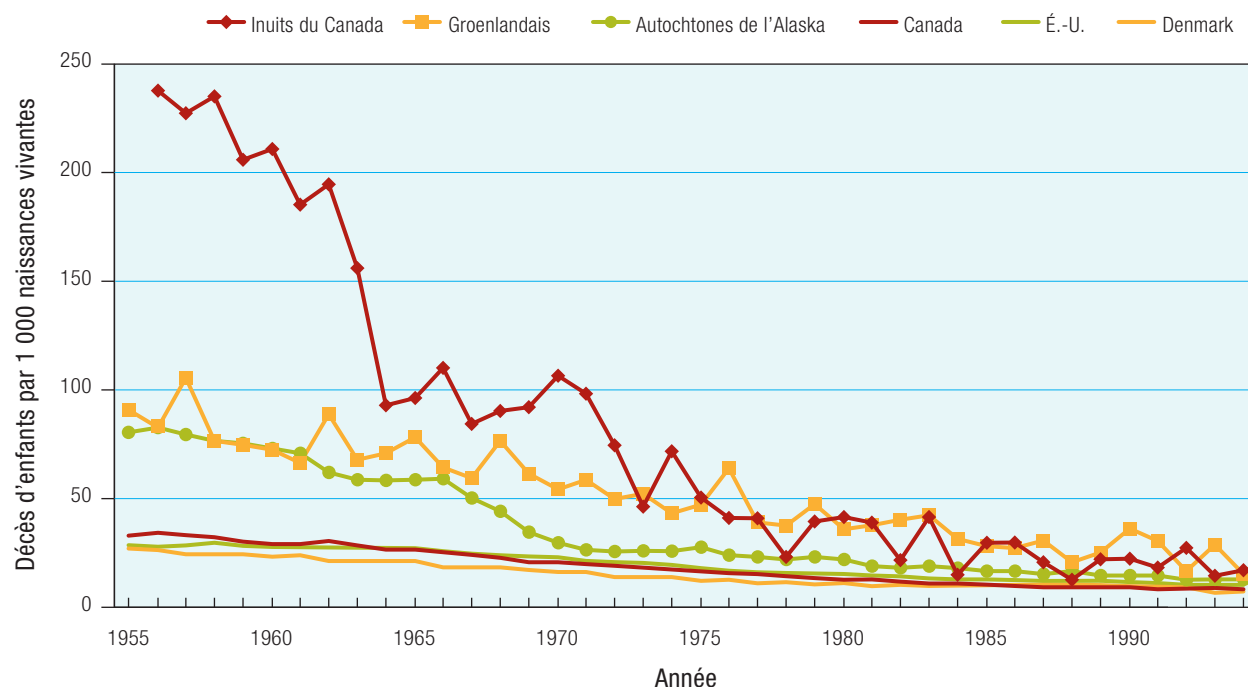


FIGURE 3.3.2

Tendances des taux de mortalité infantile chez les Inuits de différentes régions circumpolaires comparativement à celles des taux dans la population générale des pays respectifs (données adaptées de Bjerregaard et Young, 1998).



et du Danemark, lesquels ont diminué à un rythme beaucoup plus lent, bien que ces populations continuent de présenter des taux de mortalité infantile inférieurs à ceux notés chez les Inuits ou les autres populations autochtones.

3.3.3. Espérance de vie

L'espérance de vie, fondée sur les taux actuels de mortalité par âge, est un indicateur important de la santé actuelle de la population et des facteurs de mortalité dans une population donnée. L'espérance de vie à la naissance est définie par « le nombre moyen d'années de vie pour un nouveau-né si les taux de mortalité actuels demeurent inchangés » [TRADUCTION] (Last, 2001).

Cette mesure de la santé est influencée par la mortalité des nouveau-nés et des enfants au cours de la première année de vie et, par conséquent, elle reflète davantage l'état de santé actuel et les déterminants de la santé.

Comme le montre la figure 3.3.3, les femmes ont, dans tous les cas, une espérance de vie plus longue que celle des hommes, bien qu'on remarque, depuis la dernière

décennie, une légère tendance indiquant une réduction de cet écart dans les T.N.-O., au Yukon et au Canada. DesMeules et coll. (2004) ont montré que les « causes externes évitables de décès ² » [TRADUCTION] étaient en grande partie responsables de l'écart entre les sexes en ce qui concerne la mortalité et l'espérance de vie au Canada. Lorsqu'on ne tenait pas compte de ces causes dans les calculs, l'écart entre les sexes en ce qui concerne l'espérance de vie était réduit; sur le plan national, cet écart passait d'environ 5,5 ans à environ 2,2 ans (DesMeules et coll., 2004).

L'espérance de vie à la naissance pour les résidents du Nunavut est de 10 ans inférieure à celle des habitants du reste du Canada (Rapport du Nunavut sur les indicateurs comparables de la santé [RNICS], 2004). De 2000 à 2003, l'espérance de vie de la population du Nunavik était de 63 ans, ce qui était inférieur à celle du reste de la population québécoise, qui était de 79 ans (Counil, 2007). Une analyse récemment publiée (Wilkins et coll., 2008) semblait indiquer que, de 1991 à 2001, l'espérance de vie dans les régions inuites n'avait pas augmenté, bien que, durant cette même période,

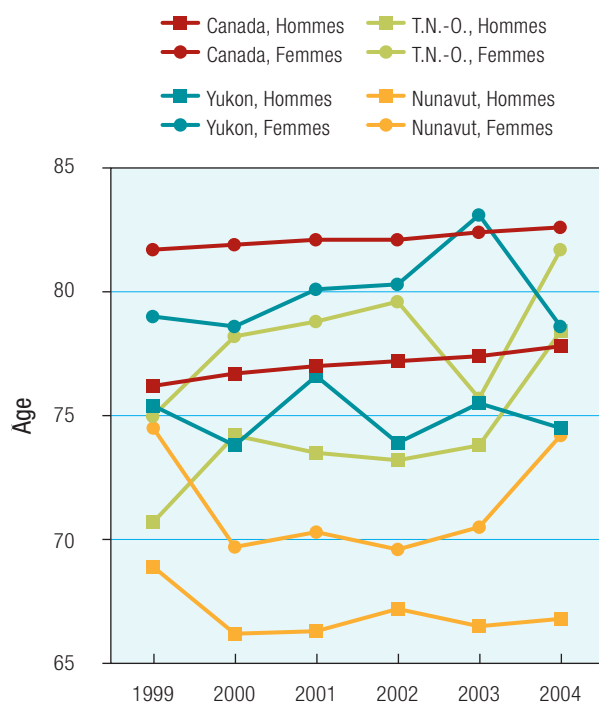


FIGURE 3.3.3

Espérance de vie de la population du Yukon, des T.N.-O. et du Nunavut en comparaison de celle de la population canadienne (Statistique Canada, 2008b).



Eric Loring

² « Les causes «externes» de décès incluaient les décès liés au tabagisme, le VIH/sida, les accidents et une proportion des cas de cancer colorectal évitables par la prévention primaire (activité physique et régime alimentaire). Les causes de décès liées au tabagisme incluaient la coronaropathie, la maladie vasculaire cérébrale, le cancer et la maladie pulmonaire obstructive chronique. » [traduction] (DesMeules et coll., 2004)COPD" (DesMeules et coll., 2004).



Eric Loring

elle ait augmenté d'environ deux ans dans l'ensemble du Canada. Par conséquent, l'écart s'est élargi à plus de 12 ans (Wilkins et coll., 2008).

En tant qu'indicateur, l'espérance de vie reflète les déterminants de la santé liés à des aspects sociaux, économiques et au mode de vie, qui influencent plus particulièrement la survie des nouveau-nés et des enfants et, dans une certaine mesure, la qualité des soins de santé que reçoivent les personnes lorsqu'elles sont malades (RNICS, 2004).

Les mesures de l'espérance de vie obtenues dans les trois territoires et la région du Nunavik doivent être interprétées avec prudence, étant donné qu'elles sont

basées sur de petits nombres, qui peuvent expliquer la variabilité globale de la mesure.

3.3.4 Mortalité infantile

La mortalité infantile est l'un des indicateurs les plus fréquemment utilisés à l'échelle mondiale pour déterminer l'état de santé d'une collectivité. Le taux de mortalité infantile est une mesure du taux annuel de décès chez les enfants de moins d'un an, lequel est calculé pour 1 000 naissances vivantes (Last, 2001).



Eric Loring



Eric Loring

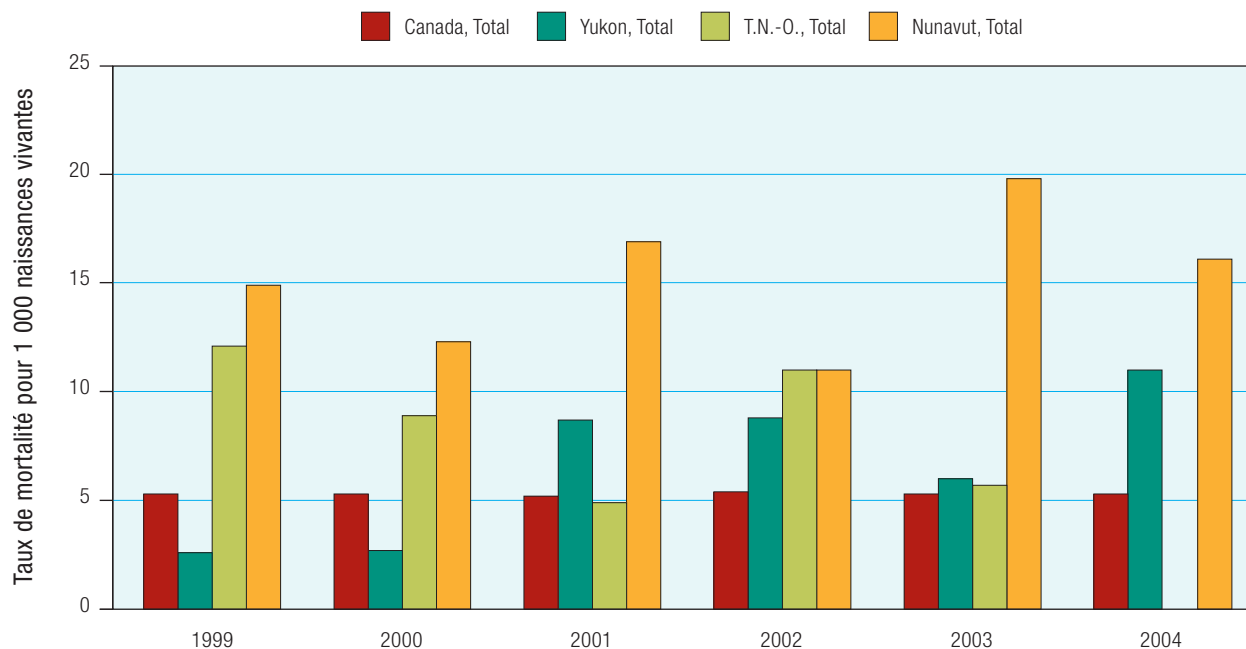


FIGURE 3.3.4

Mortalité infantile au Canada et dans les territoires pour 1 000 naissances vivantes de 1999 à 2004 (Statistique Canada, 2008c).

Il est important de tenir compte du fait que les taux présentés dans la figure 3.3.4 sont fondés sur un nombre relativement faible de naissances; dans un tel cas, deux ou trois décès par année peuvent considérablement modifier le taux annuel. Par conséquent, il faut faire preuve de prudence lorsqu'il s'agit d'interpréter ces taux.

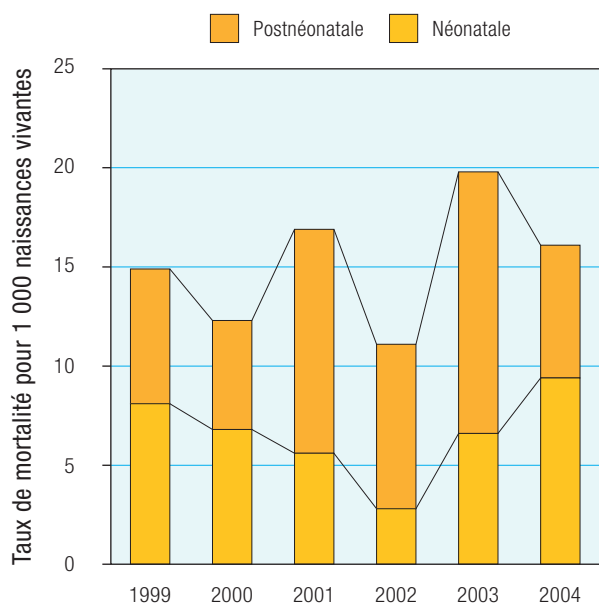


FIGURE 3.3.5

Mortalité infantile, mortalité néonatale et mortalité postnéonatale au Nunavut (Statistique Canada, 2008c).

L'importance de la mortalité infantile en tant qu'indicateur réside dans sa capacité de refléter plusieurs aspects déterminants de la qualité des soins préventifs dans la collectivité, les conditions socioéconomiques des femmes, l'attention que la collectivité accorde à la santé des femmes enceintes, des nouvelles mères et de leurs nouveau-nés, les pratiques en matière de santé publique et l'accès à des soins de santé appropriés (NWT, 2005).

La mortalité infantile peut être divisée en deux catégories : la mortalité néonatale (décès avant le 28^e jour de vie) et postnéonatale (décès entre le jour 28 et le jour 364). Les causes de décès seraient généralement différentes selon ces deux catégories, et chacune d'elles aurait des incidences sur la santé publique et la pratique de soins primaires. Bien que les décès néonataux soient considérés comme étant habituellement associés à la qualité des soins de santé prodigués pendant la période prénatale ou périnatale, les décès postnéonataux sont particulièrement influencés par les conditions socioéconomiques (NWT, 2005).

Lorsqu'on examine les composantes de la mortalité infantile au Nunavut, on peut remarquer qu'elles semblent être davantage influencées par la mortalité postnéonatale (figure 3.3.5), et qu'elles peuvent être liées aux conditions sociales et économiques des mères allaitantes du Nunavut. Lorsqu'on a calculé la moyenne des taux de mortalité infantile au Nunavut sur six ans, soit de 1999 à 2004, celle-ci était près de trois fois

supérieure à celle enregistrée au Canada durant la même période.

Dans les T.N.-O., les décès néonataux et les décès postnéonataux représentaient, respectivement, 61 % et 39 % des décès infantiles survenus durant la période de 1996 à 2002 (NWT, 2005).

Le rapport sur l'état de santé de la population des T.N.-O. de 2005 (NWT, 2005) présentait les principales causes de mortalité infantile dans le territoire de 1996 à 2002. Selon cette analyse, la première cause (39 %) était attribuable aux conditions existantes durant la période prénatale et incluait les troubles liés à une courte période de grossesse, à un faible poids à la naissance et à la détresse respiratoire. Les anomalies congénitales (25 %), les infections (11 %), la mort subite du nourrisson (MSN) (9 %) et les blessures (9 %) étaient les autres causes mentionnées.

Les moyennes sur six ans (1999 à 2004) des taux de mortalité infantile au Yukon et dans les T.N.-O. étaient assez semblables, soit environ 7 décès infantiles pour 1 000 naissances vivantes; la valeur moyenne pour le Yukon était toutefois légèrement inférieure. Des données comparables pour le Nunavut indiquent que les taux de mortalité infantile sont approximativement deux fois plus élevés (15 pour 1 000 naissances vivantes) que ceux déclarés au Yukon et dans les T.N.-O. (figure 3.3.4). Parallèlement, le taux moyen de mortalité postnéonatale pour la même période au Nunavut était environ cinq fois plus élevé que les taux comparables observés au Yukon et dans les T.N.-O. (Statistique Canada, 2008c).

La mortalité infantile au Nunavik a diminué par rapport à celle enregistrée durant la période de 1985 à 1989, mais on a tout de même recensé 17,7 décès pour 1 000 naissances vivantes comparativement à 4,6 dans le reste du Québec de 2000 à 2003 (Counil, 2007).

3.3.5 Principales causes de décès

L'analyse des principales causes de décès semble faire ressortir les déterminants de la santé (c.-à-d. les comportements à risque élevé, les préférences alimentaires et les choix personnels) qui ont une incidence sur le risque d'apparition de maladies graves et de mortalité. La figure 3.3.6 montre certaines des principales causes de décès observées de 2000 à 2004, et illustre leur importance relative. Les rapports sur l'état de santé de la population des territoires présentent une analyse plus approfondie des principales causes de décès. Certains aspects de ces analyses sont mis en évidence ci-dessous.

De 2000 à 2002, les principales causes de décès dans les T.N.-O. étaient les tumeurs malignes (cancers), les



Eric Loring

maladies cardiovasculaires, les blessures et les maladies respiratoires telle la maladie pulmonaire obstructive chronique. Une fois regroupées, ces causes étaient responsables de trois décès sur quatre (NWT, 2005). Ces causes étaient les mêmes chez les hommes et les femmes, mais leur classement relatif était différent. La principale cause de décès chez les hommes était les maladies cardiovasculaires (26 %), qui étaient suivies des blessures (23 %), du cancer (23 %) et des maladies respiratoires (11 %), tandis que la principale cause de décès chez les femmes était le cancer (28 %), qui était suivi des maladies cardiovasculaires (16 %), des blessures (16 %) et des maladies respiratoires (11 %) (NWT, 2005).

Lorsqu'on a calculé la moyenne des taux de mortalité sur cinq ans, on a constaté que le cancer constituait la principale cause de décès dans le Nord canadien (les Territoires), suivi de près par les maladies de l'appareil circulatoire, puis par les blessures accidentelles et les maladies chroniques des voies respiratoires inférieures.

Au Nunavik, de 2000 à 2004, les maladies chroniques des voies respiratoires inférieures étaient moins fréquentes que les maladies de l'appareil circulatoire, et étaient suivies du suicide et des blessures accidentelles (figure 3.3.6).



Au Nunavik, de 2000 à 2003, les principales causes de décès étaient, en ordre décroissant de fréquence, les maladies cardiovasculaires, les cancers, les maladies respiratoires, le suicide et les blessures accidentelles (non intentionnelles) (Counil, 2007). Les principales causes de décès différaient entre les hommes (cancer suivi des maladies respiratoires et cardiovasculaires, puis du suicide et des blessures non intentionnelles) et les femmes (maladies cardiovasculaires suivies du cancer, puis des maladies respiratoires). Chez les femmes, le suicide était une cause de décès qui se situait dans les derniers rangs du classement relatif; un petit nombre de blessures non intentionnelles (accidents) ont été déclarées (Counil, 2007).

Il semble y avoir une certaine similitude entre le Nunavik et le Nunavut en ce qui concerne le classement des principales causes de décès; de plus, on note avec surprise pour la première fois que les maladies de l'appareil circulatoire constituent une cause importante de décès chez les populations de ces deux régions. Cette constatation est digne de mention, puisqu'on

affirme depuis longtemps que la prévalence des maladies cardiovasculaires est plus faible dans la population inuite en raison de certains facteurs génétiques, culturels ou alimentaires. À cet égard, certaines publications mentionnaient l'effet protecteur des acides gras oméga-3 présents dans les aliments traditionnels des Inuits (Dewailly et coll., 2001; Counil, 2007). Il est possible que la modification des habitudes alimentaires combinée à une diminution de l'activité physique et à une plus grande consommation de tabac chez les populations du Nunavut et du Nunavik figurent parmi les déterminants de la santé qui peuvent avoir une incidence sur l'augmentation du taux de mortalité par maladies cardiovasculaires. Il faut aussi faire remarquer que, en 2002 et en 2003, la mortalité attribuable aux maladies vasculaires cérébrales était plus élevée au Nunavut que dans les autres territoires. Cette observation est semblable à celle montrant que, de 1965 à 1998, la mortalité attribuable aux accidents vasculaires cérébraux était plus élevée chez les Inuits du Groenland que chez les Danois (Bjerregaard et coll., 2003).

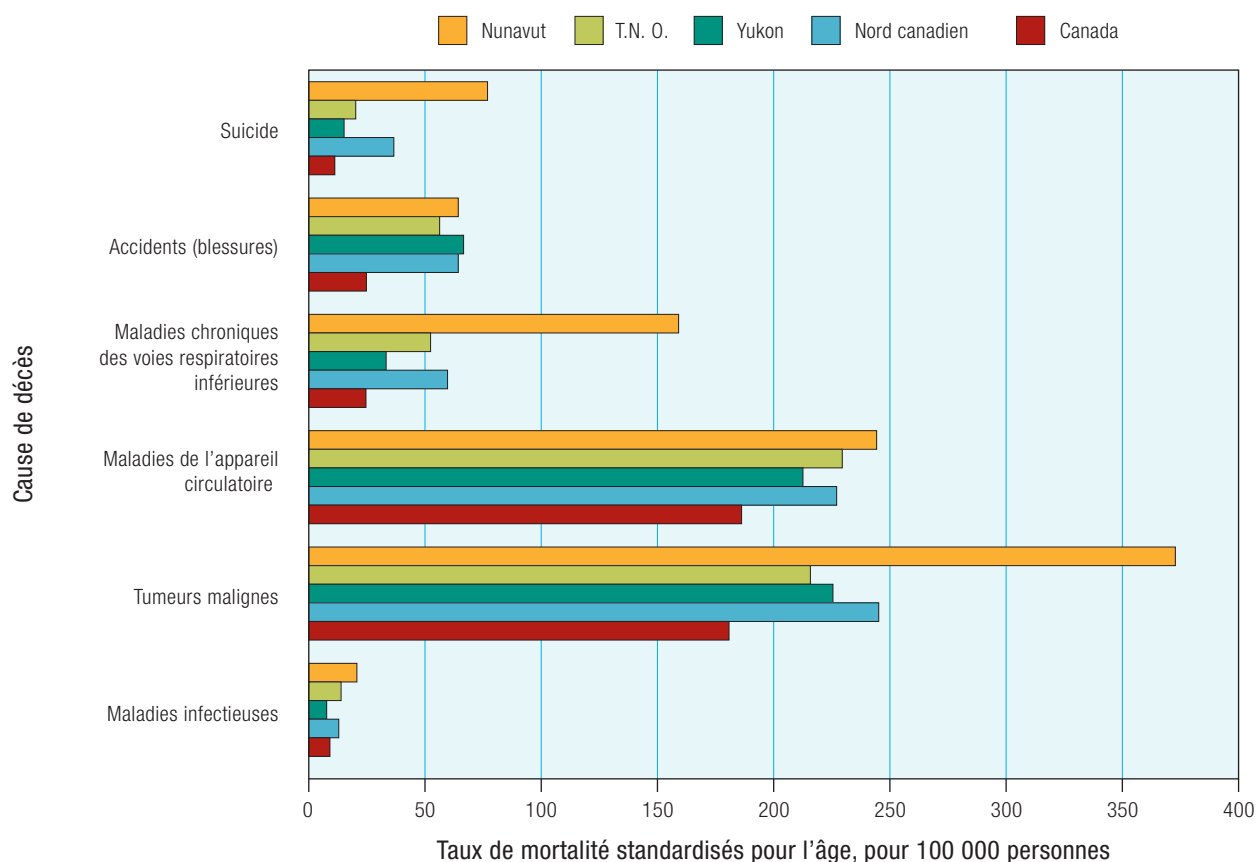


FIGURE 3.3.6

Causes de décès au Canada de 2000 à 2004, qui sont indiquées en taux de mortalité standardisés pour l'âge pour 100 000 personnes en fonction de la population type européenne (Young TK., 2008).

Une double charge de morbidité semble peser principalement sur les populations des régions inuites. En effet, les taux de mortalité sont plus élevés pour la plupart des causes habituelles de décès qui sont aussi fréquentes au Canada, et certaines causes précises de décès, principalement le suicide et les blessures non intentionnelles, touchent la population inuite et plus particulièrement les jeunes (Counil, 2007).

3.3.6 Mortalité prématurée

Les statistiques relatives à la mortalité rendent principalement compte des décès des personnes âgées. Cependant, toutes les régions du Nord sont caractérisées par une proportion élevée de populations autochtones, lesquelles présentent des taux élevés de mortalité attribuables à de nombreux troubles et maladies qui surviennent généralement à un plus jeune âge (Allard et coll., 2004). Les autorités sanitaires territoriales ont récemment utilisé deux indicateurs pour donner un aperçu des causes de mortalité que l'on observe chez les populations plus jeunes, mais dont la fréquence devrait diminuer parallèlement à l'amélioration de la santé de la population et à l'augmentation de la durée de vie. Le rapport sur l'état de santé de la population des T.N.-O. (NWT, 2005) était fondé sur le taux de mortalité prématurée, qui est un taux standardisé des décès prématurés. Parallèlement, le Yukon et le Nunavut se sont fiés davantage à l'indicateur « années potentielles de vie perdues » (APVP), qui correspond au nombre d'années de vie « perdues » lorsqu'une personne meurt prématurément d'une cause quelconque avant l'âge de 75 ans.

Les taux de mortalité prématurée ont diminué considérablement dans les T.N.-O. depuis les 20 dernières années, passant de 37 décès pour 10 000 personnes de 1980 à 1982 à 26 décès pour 10 000 personnes de 1990 à 1992, puis à 22 décès pour 10 000 personnes en 2002 et 2003 (NWT, 2005). Cependant, le taux de mortalité prématurée standardisé pour l'âge dans les T.N.-O. était nettement plus élevé que celui enregistré au Canada en 2001, qui était d'environ 16 décès pour 10 000 personnes³ (Statistique Canada, mentionné dans le rapport des T.N.-O., 2005). Les hommes vivant dans les T.N.-O. étaient beaucoup plus nombreux à mourir prématurément (avant l'âge de 75 ans) que les femmes; cette différence pouvait s'expliquer en grande partie par le taux de mortalité attribuable aux blessures, qui était plus élevé chez les hommes. Pour ce qui est des T.N.-O., dans l'ensemble, le cancer était responsable de 29 % de tous les décès



Eric Loring

prématurés survenus de 2000 à 2002, venaient ensuite les blessures (27 %) et les maladies cardiovasculaires (15 %). Chez les hommes, les blessures, le cancer et les maladies cardiovasculaires étaient respectivement à l'origine de 33 %, 26 % et 17 % de tous les décès prématurés. Pendant la même période, le cancer (35 %) était la principale cause de décès prématuré chez les femmes, suivi des blessures (16 %) (NWT, 2005).

De 1999 à 2003, le taux de mortalité global attribuable au suicide dans les T.N.-O. était plus de deux fois supérieur au taux brut enregistré au Canada en 2001. Le taux de mortalité global pour les T.N.-O. était toujours deux fois plus élevé lorsque les taux ont été standardisés pour l'âge (NWT, 2005). Les jeunes de 15 à 24 ans formaient le groupe qui présentait le plus haut risque de suicide, suivis du groupe d'âge des 25 à 44 ans. Pour la période de 1999 à 2003, on a noté des différences importantes entre les sexes en ce qui concerne les taux de suicide, les hommes étant cinq fois plus nombreux que les femmes à mourir par suicide (T.N.-O., 2005). Le Rapport sur les maladies mentales au Canada, élaboré par Santé Canada (2002), a confirmé ces observations. Le rapport a montré que, bien que les hommes autant que les femmes manifestent des comportements suicidaires et font des tentatives de suicide, les hommes

³ Comme c'était le cas pour plusieurs autres indicateurs présentés dans le rapport sur l'état de santé de la population des T.N.-O., ce taux a été établi après une standardisation pour l'âge en fonction de la population des T.N.-O. de 1991.

risquent davantage de mourir à la suite de telles tentatives, étant donné qu'ils utilisent des moyens plus mortels (p. ex. armes à feu et pendaison). Les femmes sont plus souvent hospitalisées à la suite de blessures qu'elles se sont infligées (Santé Canada, 2002; T.N.-O., 2005). Entre 2001-2002 et 2003-2004, les jeunes à la fin de l'adolescence et au début de la vingtaine présentaient le taux le plus élevé d'hospitalisation en raison de blessures autoinfligées (figure 3.3.7).

Il importe de faire remarquer que les taux de suicide chez les résidents des collectivités plus petites des T.N.-O. étaient nettement plus élevés que chez les résidents de Yellowknife. Ce fait a été attribué au rôle possible de plusieurs facteurs socioéconomiques qui ont une incidence dans les collectivités plus petites, tels que les mauvaises conditions de logement, le faible revenu et l'accès facile aux armes à feu (Santé Canada, 2002).

Au Yukon, les décès attribuables aux blessures non intentionnelles étaient en grande partie responsables des APVP (Yukon, 2003). Les données présentées dans le rapport sur l'état de santé de la population du Yukon de 2003 montraient que, en ce qui concerne les Yukonnais, les APVP attribuables aux blessures non intentionnelles étaient 2,5 fois plus élevées que pour le reste des Canadiens. De plus, cette tendance était uniforme chez les deux sexes (Yukon, 2003). Le nombre d'APVP en raison du suicide était également toujours plus élevé au Yukon que dans l'ensemble du Canada. Ce fait suppose que, en général, les Yukonnais se suicident à un plus

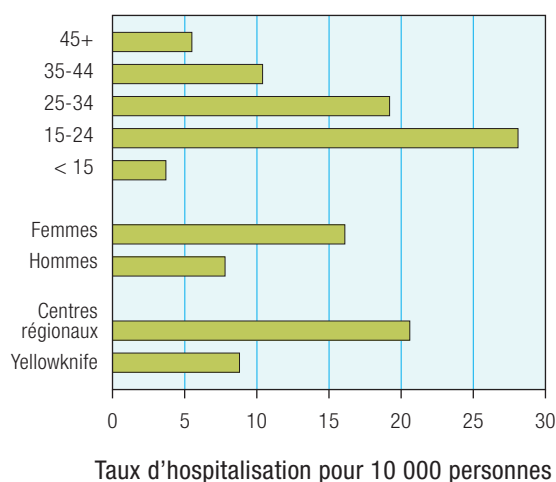


FIGURE 3.3.7

Taux d'hospitalisation (pour 10 000 personnes) en raison de blessures autoinfligées, selon certains groupes, T.N.-O., 2001-2002 et 2003-2004 (NWT, 2005).

jeune âge que les Canadiens (Yukon, 2003). Les données agrégées montrent que, au Yukon, les hommes sont plus enclins que les femmes à s'enlever la vie, les hommes étant responsables de 89 % des décès par suicide. Le suicide n'est toutefois pas limité à un ou à quelques groupes d'âge; il peut être commis à tout moment de la vie (Yukon, 2003). Le rapport de l'Enquête régionale sur la santé des Premières nations du Yukon a aussi montré que les antécédents de suicide n'étaient pas rares chez les différents groupes d'âge, 36 % des adultes des Premières nations ayant envisagé le suicide à un certain moment de leur vie (CPNY, 2006).

Le nombre d'APVP attribuable aux blessures non intentionnelles est plus élevé au Nunavut qu'ailleurs au Canada. Il est cinq fois plus élevé chez les hommes que chez les femmes, ce qui représente une différence notable (RNICS, 2004). Les taux de suicide au Nunavut sont également beaucoup plus élevés que dans les autres provinces et territoires, et ils semblent augmenter (figure 3.3.8).

De 2000 à 2003, le nombre de décès attribuables aux blessures non intentionnelles était plus de quatre fois plus élevé au Nunavik qu'ailleurs au Québec. Cette cause de mortalité était plus fréquente chez les hommes. Les accidents de transport étaient responsables de 46 décès pour 100 000 personnes et étaient principalement associés à l'utilisation de véhicules motorisés. Counil (2007) a affirmé que le taux élevé d'accidents de transport était probablement associé à la fois à des environnements plus dangereux en raison des conditions météorologiques extrêmes dans le Nord et à une aggravation des conditions de transport en raison de la détérioration des routes durant l'hiver et de la qualité de la glace. De plus, la fréquence de la conduite sous l'effet de l'alcool ou de drogues était également un facteur très important (Counil, 2007; INSPQ, 2007).

La littérature semble indiquer que les décès par blessure, particulièrement chez les jeunes, peuvent être associés à une consommation abusive d'alcool ou de drogues (Single et coll., 2000; Allard et coll., 2004).

Le Nunavik n'est pas la seule région qui présente un taux élevé de mortalité prématurée attribuable aux accidents de véhicules motorisés. En fait, ce phénomène a été observé dans d'autres régions du Canada où vivent de grandes populations autochtones. De plus, on a avancé que certains décès classés comme ayant été causés par des accidents de véhicules motorisés pourraient avoir été intentionnels (Allard et coll., 2004).

Des études réalisées auprès de la population générale semblaient indiquer qu'un état d'intoxication alcoolique provoqué par une consommation excessive d'alcool était

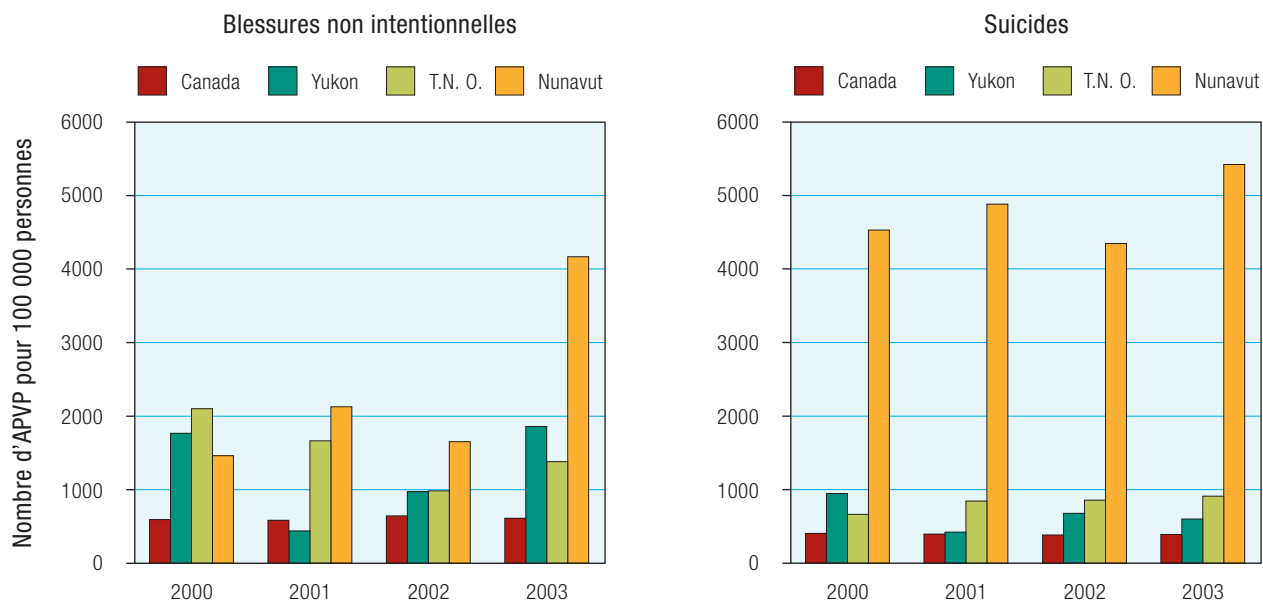


FIGURE 3.3.8

Années potentielles de vie perdues (APVP) en raison des blessures non intentionnelles et des suicides dans la population âgée de 0 à 74 ans du Canada et des territoires de 2000 à 2003 (Statistique Canada, 2008d).

REMARQUE : Pour ce qui est des territoires, les taux doivent être interprétés avec prudence en raison du faible nombre de décès sur lequel ils sont fondés.

généralement la cause de violentes agressions, de blessures liées aux accidents de la circulation et de noyades (Single et coll., 2000; Chikritzhs et coll., 2001).

Les décès attribuables au suicide étaient beaucoup plus fréquents au Nunavik (20 % des décès de 2001 à 2005) qu'ailleurs au Québec (2,2 % des décès). Entre 2001 et 2005, 50 % et 37 % des décès par suicide sont survenus, respectivement chez les jeunes de 10 à 19 ans et de 20 à 29 ans, ce qui fait ressortir une tendance selon laquelle le suicide est commis à un âge plus précoce que durant les années 1996 à 2000 (Counil, 2007). Il semblerait que les tentatives de suicide soient plus fréquentes chez les femmes que chez les hommes au Nunavik (les données étaient semblables aux résultats relatifs à d'autres régions du Nord); par ailleurs, les décès par suicide chez les hommes ont diminué depuis la période 1996-2000. Pendant ce temps, le nombre de décès par suicide chez les femmes a augmenté; cette tendance doit être confirmée, étant donné que le petit nombre de personnes formant la population et le faible nombre global de décès entraînent une grande variabilité des résultats d'année en année (Counil, 2007).

3.3.7 Indicateurs de morbidité choisis

Il est difficile de donner un aperçu précis de la morbidité, en raison du degré d'incertitude associé aux données. Les données présentées ici sont principalement fondées sur les rapports sur l'état de santé de la population des territoires et le système en ligne de surveillance des maladies de l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC). Les Enquêtes sur la santé dans les collectivités canadiennes ont fourni de l'information sur certains troubles chroniques aux gouvernements territoriaux, y compris une estimation de la prévalence des maladies.



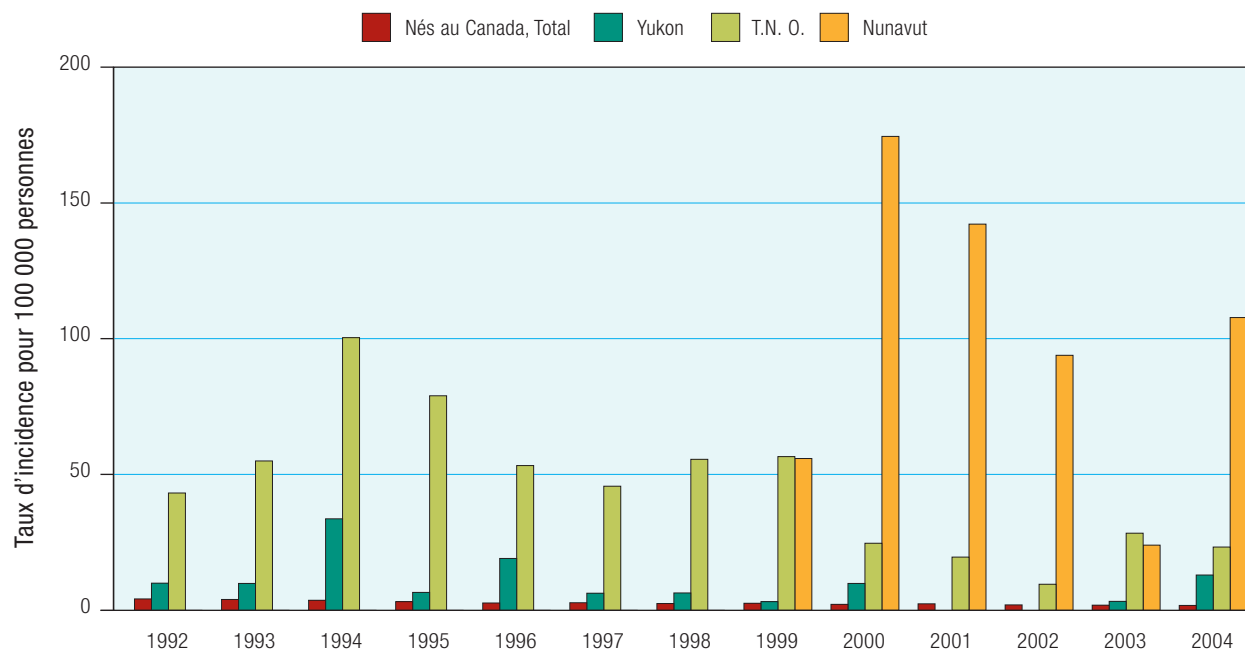


FIGURE 3.3.9

Taux d'incidence de la tuberculose pour 100 000 personnes, par territoire et pour le Canada (Santé Canada, 2006).

■ Tuberculose

Le taux de tuberculose a considérablement diminué durant la dernière décennie du XX^e siècle. Cependant, puisque le taux d'incidence est influencé par les éclosions survenant dans une ou deux collectivités du Nord (NWT, 2005), celui-ci fluctue d'année en année; le taux d'incidence est également influencé par le petit nombre de cas. De telles fluctuations sont particulièrement apparentes dans la figure 3.3.9.

Bien qu'on ait réussi à réduire le taux d'incidence de la tuberculose dans le Nord, les taux actuels pour les T.N.-O. et le Nunavut en particulier sont considérablement plus élevés que le taux national qui est de 5,2 cas pour 100 000 personnes (ASPC, 2005). Aucun nouveau cas de tuberculose n'a été observé au Yukon en 2001 et 2002, mais on a déclaré cinq cas en 2003 et 2004. Au Nunavik, le taux d'incidence de la tuberculose était également élevé, soit 52 cas pour 100 000 personnes, comparativement à 3,6 cas pour 100 000 personnes pour le reste du Québec (2000-2004) (Counil, 2007).

Selon le rapport sur l'état de santé de la population des T.N.-O. (NWT, 2005), bien que le risque de tuberculose soit beaucoup plus élevé dans les groupes de population plus âgés, le nombre réel de cas est réparti de façon plus uniforme entre les groupes d'âge. Le risque de tuberculose est plus élevé dans les plus petites

collectivités des T.N.-O. On suppose que les mauvaises conditions de logement et l'entassement peuvent être des facteurs responsables de ce risque accru.

La tuberculose, un problème de santé publique persistant au Nunavut, est associée à des problèmes liés à la résistance aux médicaments et à la co-infection par le VIH. Le Nunavut a mis sur pied des programmes de dépistage pour les enfants allant à l'école maternelle ainsi que les enfants de sixième et de neuvième année (RNICS, 2004). Partout dans le Nord, les autorités de santé publique continuent de déployer des efforts soutenus pour limiter l'incidence de la tuberculose.

■ Chlamydirose et gonorrhée

La chlamydirose génitale est une infection transmise sexuellement qui est causée par *Chlamydia trachomatis*. Les femmes sont beaucoup plus exposées aux complications de cette infection. L'infection non traitée peut entraîner chez la femme une maladie inflammatoire pelvienne, une stérilité tubaire et des douleurs pelviennes chroniques (ASPC, 2007). La chlamydirose et la gonococcie sont les deux types d'infections transmises sexuellement les plus fréquentes (T.N.-O., 2005). Dans les T.N.-O., les taux d'incidence de ces deux infections, particulièrement celui de la gonorrhée, ont diminué jusqu'à la fin des années 1990 (figure 3.3.10). Cependant, depuis ce temps, les taux de ces deux infections ont augmenté. Le taux d'incidence

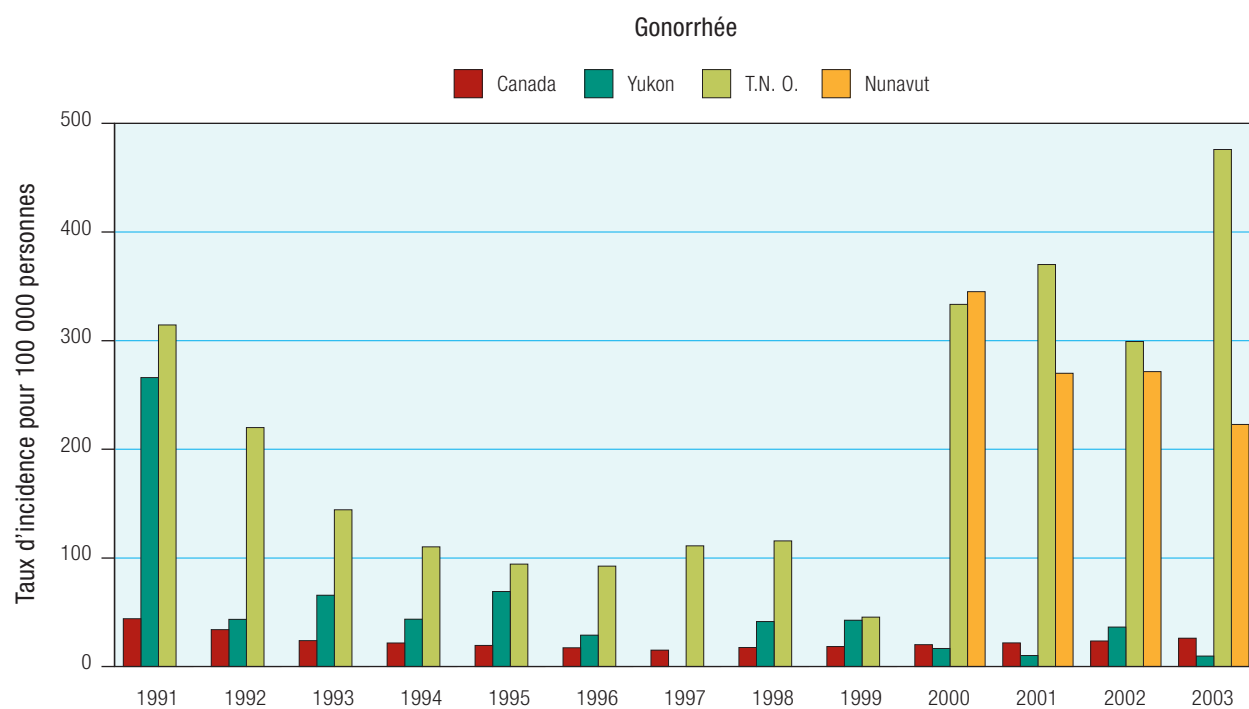
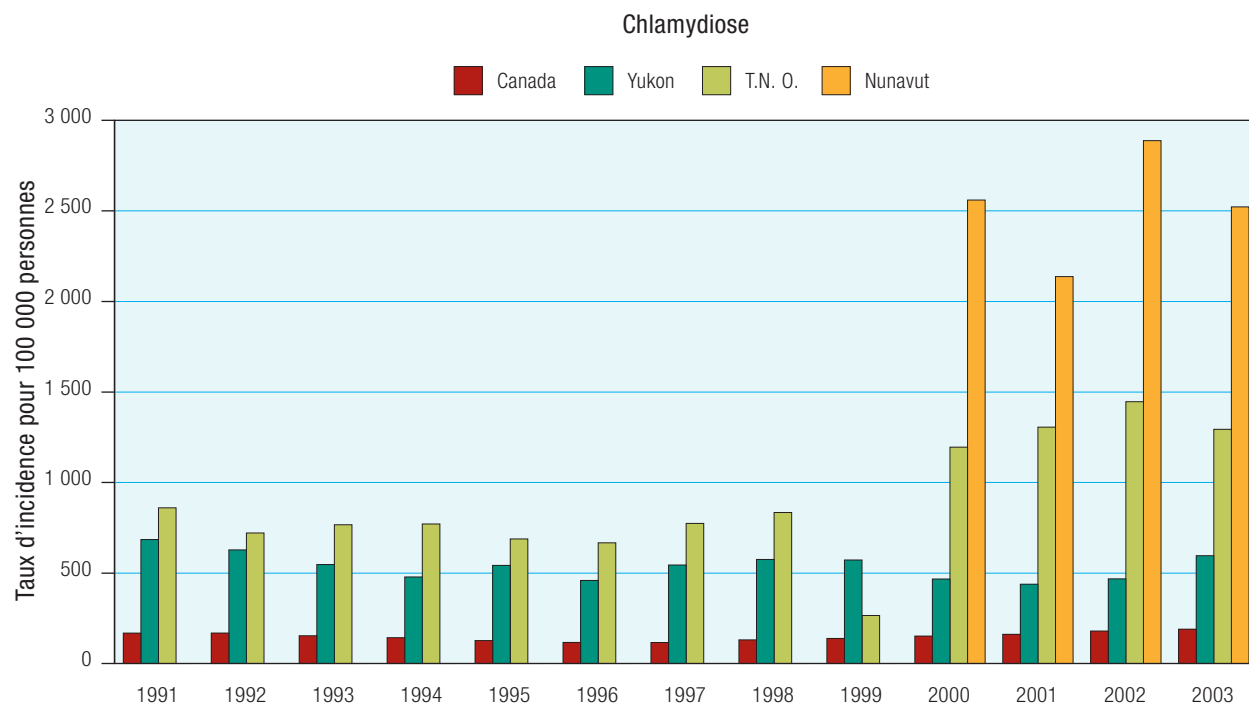


FIGURE 3.3.10

Taux d'incidence de la chlamydie et de la gonorrhée chez les deux sexes de 1991 à 2003 (ASPC, 2005).





Eric Loring

des infections transmises sexuellement est deux fois plus élevé dans les plus petites collectivités des T.N.-O. que dans les centres régionaux et plus de trois fois supérieur au taux d'incidence à Yellowknife.

La chlamydiose est la maladie transmissible la plus souvent déclarée au Nunavut; elle est un indicateur sensible à la fois de l'étendue des comportements sexuels à risque et de l'efficacité des initiatives de prévention (RNICS, 2004). Parallèlement, l'incidence de la gonococcie au Nunavut a semblé diminuer de 2000 à 2003 (figure 3.3.10).

Les taux d'incidence de la chlamydiose au Yukon sont les taux les plus faibles observés dans l'ensemble de l'Arctique canadien, mais ils sont beaucoup plus élevés que ceux enregistrés à l'échelle nationale. On note les taux les plus élevés de cette infection chez les adolescents et les jeunes adultes de 15 à 24 ans (Yukon, 2003).

De 2000 à 2004, le taux de chlamydiose (maladie infectieuse causée par *Chlamydia*) noté au Nunavik était 21 fois supérieur à celui enregistré dans le reste du Québec (3 064 cas pour 100 000 personnes) (Counil, 2007). Cette situation pourrait être le signe d'une éducation sexuelle insuffisante, de l'utilisation limitée d'une méthode de protection durant les rapports sexuels ainsi que de la qualité réduite d'un traitement médical spécialisé fourni à la population ou du manque d'accessibilité à un tel traitement.



Paul Vecsei

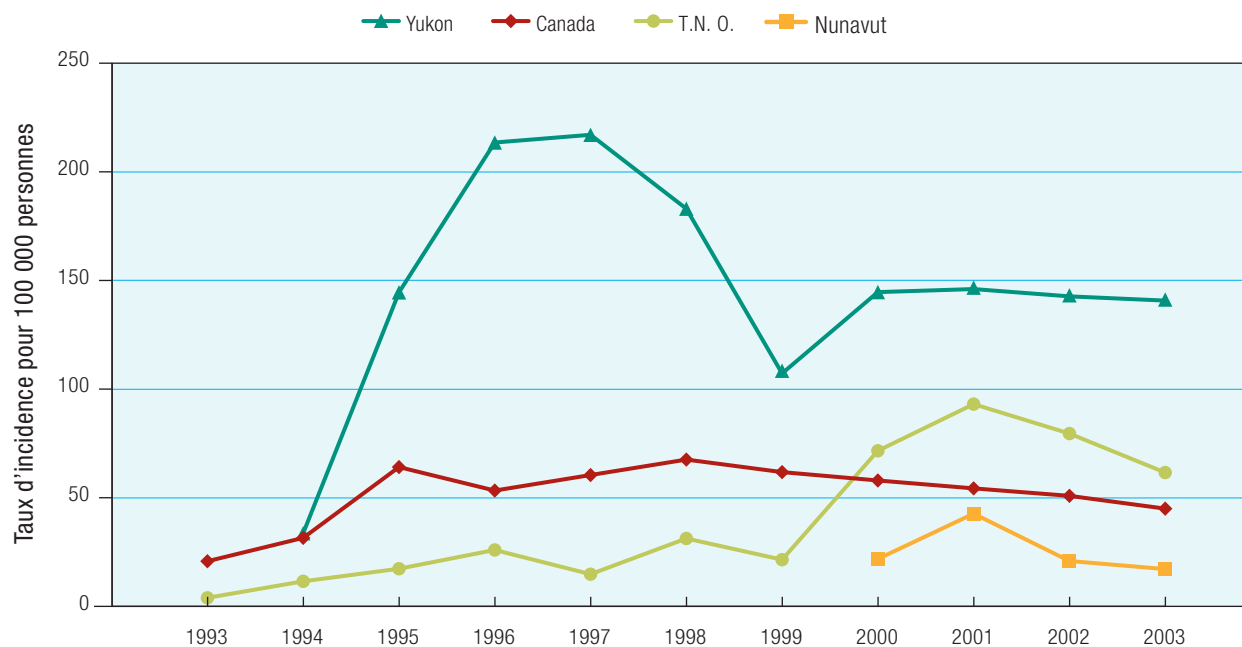


FIGURE 3.3.11

Taux d'incidence de l'hépatite C chez les deux sexes de 1993 à 2003 (ASPC, 2005).

■ Hépatite C

L'hépatite C est une infection du foie causée par le virus de l'hépatite C (VHC). Le virus se transmet par exposition directe à du sang contaminé par le VHC. Les personnes qui s'injectent des drogues présentent un risque particulièrement élevé d'être exposées au VHC. Environ 85 % des personnes infectées par le VHC en sont porteuses pour le reste de leur vie et peuvent présenter une cirrhose ou une insuffisance hépatique. Une augmentation du nombre de tests de dépistage de l'hépatite C au cours des dernières années a donné lieu à une augmentation importante du nombre de cas de cette maladie signalés aux autorités provinciales et territoriales de santé publique (ASPC, 2005).

Par conséquent, l'augmentation du nombre de cas d'hépatite C observée entre 1994 et 2001 pouvait s'expliquer avant tout par un nombre accru de cas diagnostiqués d'hépatite C, puisque les taux semblaient se stabiliser, même si le Yukon affichait un taux plus élevé que tous les autres territoires du Nord (figure 3.3.11). En 2000, au Yukon, les taux les plus élevés de cas diagnostiqués d'hépatite C ont été relevés chez les adultes de 30 à 59 ans (Yukon, 2003).

■ Cancer

Le cancer est une cause importante de décès dans les T.N.-O. (NWT, 2005) (figure 3.3.6). En moyenne, 75 nouveaux cas de cancer ont été diagnostiqués chaque année de 1992 à 2002, dans les T.N.-O. Le taux d'incidence n'a pas beaucoup changé durant cette période, passant de 16,6 cas pour 10 000 personnes de 1992 à 1994 à 19,1 cas pour 10 000 personnes en 2001 et 2002 (T.N.-O., 2005). L'analyse réalisée par le ministère de la Santé et des Services sociaux des T.N.-O. a révélé que cette augmentation n'était pas statistiquement significative et pouvait s'expliquer par le vieillissement de la population.

Le taux estimatif d'incidence du cancer du sein, lequel a été standardisé pour l'âge, chez les femmes du Nunavut en 2006 était le plus faible au Canada, soit 49 cas pour 100 000 personnes; le Yukon, où l'on a enregistré 89 cas pour 100 000 personnes, venait au second rang (Statistique Canada, 2006c). On a avancé que l'allaitement pouvait jouer un certain rôle dans la réduction de l'incidence du cancer du sein (Lipworth et coll., 2000) chez les femmes non ménopausées.

Cependant, on note des taux relativement élevés d'autres cancers dans les populations de l'Arctique. Par exemple, en 2006, le Nunavut affichait le taux estimatif d'incidence du cancer du poumon le plus élevé au Canada (231,7 cas pour 100 000 hommes et





Eric Loring

235,1 cas pour 100 000 femmes)⁴, ce qui équivalait à plus du triple du taux national d'incidence du cancer du poumon chez les hommes et à plus du quadruple du taux national chez les femmes. Au Nunavik, les taux d'incidence du cancer des bronches et du cancer du poumon sont également très élevés (214 cas pour 100 000 hommes et 191 cas pour 100 000 femmes) (Counil, 2007).

En 2006, les taux estimatifs d'incidence du cancer colorectal, lesquels ont été standardisés pour l'âge, chez les femmes du Nunavut (130,4 cas pour 100 000 personnes) et chez les hommes des T.N.-O. (165 cas pour 100 000 personnes) étaient aussi particulièrement élevés par rapport aux taux nationaux estimatifs qui étaient de 41 cas pour 100 000 femmes et de 62 cas pour 100 000 hommes⁵.

■ Diabète

Le Système national de surveillance du diabète (SNSD) a été créé en 1996; il vise à fournir de l'information afin de guider la Stratégie canadienne du diabète en ce qui concerne la prévalence du diabète au Canada. Le SNSD considère qu'une personne est atteinte de diabète lorsqu'un diagnostic de diabète est consigné au moment de son congé de l'hôpital ou inscrit à deux reprises pour cette personne dans une demande de remboursement d'un médecin soumise sur une période de deux ans (Yukon, 2003).

En 2001 et 2002, le taux national de prévalence standardisé pour l'âge était de 5,3 %, ce qui signifiait que près de 1,2 million de Canadiens de plus de 20 ans étaient atteints du diabète.

En 2001 et 2002, le taux brut de prévalence du diabète dans les T.N.-O. était le plus élevé parmi ceux enregistrés dans les territoires du Nord : 3,6 % de la population était atteinte. Après avoir été standardisé pour l'âge, le taux est passé à 4,8 cas pour 100 personnes de 20 ans et plus. Bien que ce taux ait été inférieur au

4 Indicateurs comparables de la santé 2006 – Tableau 50b-HLT : Taux d'incidence du cancer du poumon (CIM-0-3 C34.0 à C34.9) par sexe pour le Canada, les provinces et les territoires, 2006 (taux estimatifs) (Statistique Canada, 2006c). Pour fournir les estimations des taux, Santé Canada a extrapolé (f) les données sur l'incidence du cancer provenant du Système national de déclaration des cas de cancer (SNDCC, 1969-1991) et du Registre canadien du cancer. L'annexe II décrit en détail les méthodes statistiques utilisées pour faire des extrapolations : les méthodes de la monographie Statistiques canadiennes sur le cancer produite par la Société canadienne du cancer, l'Institut national du cancer du Canada, Statistique Canada, les registres du cancer des provinces et des territoires et Santé Canada (tableau CANSIM 103-0204).

5 Indicateurs comparables de la santé 2006 – Tableau 53b-HLT : Taux d'incidence du cancer colorectal (CIM-0-3 C18.0 à C18.9, C20.9, C26.0) par sexe pour le Canada, les provinces et les territoires, 2006 (taux estimatifs) (Statistique Canada, 2006c).



Paul Vecsei

taux national, on observe une tendance à l'augmentation de la prévalence du diabète depuis 1997-1998. Durant la période de cinq ans de 1997 à 2001, environ 150 nouveaux cas de diabète ont été diagnostiqués chaque année dans les T.N.-O. (NWT, 2005). On a constaté que la prévalence du diabète augmentait avec l'âge.

En 2001, au Yukon, le taux brut de prévalence du diabète était de 3 %, mais on n'y observait pas la même tendance à l'augmentation de la prévalence que celle notée dans les T.N.-O. Lorsque la structure par âge de la population a été prise en compte dans les calculs et que la standardisation pour l'âge a été appliquée, le taux de prévalence du diabète au Yukon en 2001 et 2002 était légèrement plus élevé que celui noté dans les T.N.-O., soit 4,9 cas pour 100 personnes de 20 ans et plus (figure 3.3.12).

Le taux de prévalence du diabète au Nunavut demeure le plus bas au pays, bien qu'on note une légère tendance à la hausse, qui peut s'expliquer à la fois par les répercussions plus marquées de la modification des habitudes alimentaires et le léger vieillissement de la population de cette région.

Au Nunavik, le taux estimatif de prévalence du diabète se situait à 4,8 % en 2004 (INSPQ, 2007). Les femmes présentaient fréquemment des facteurs

de risque du diabète tels que l'obésité abdominale et l'hyperinsulinisme, situation qui contrastait avec l'amélioration globale de la glycémie et de l'insulinémie notée dans l'ensemble de la population depuis 1992 (INSPQ, 2007).

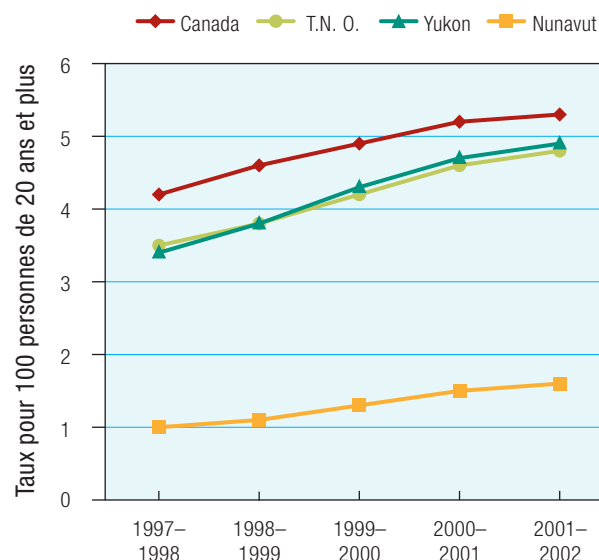


FIGURE 3.3.12

Taux de prévalence du diabète standardisés pour l'âge⁶, le Canada et les territoires (ASPC, 2008).

⁶ Standardisés en fonction de la population canadienne de 1991.



3.4 Conclusion

Notre préoccupation croissante à l'égard des effets sur la santé associés à une exposition prolongée à de faibles concentrations de contaminants environnementaux est inextricablement liée aux résultats positifs des mesures de santé publique visant à lutter contre les maladies transmissibles à l'échelle nationale et mondiale.

Un corpus de connaissances de plus en plus vaste porte à croire que certaines catégories de polluants environnementaux jouent un rôle dans la pathogenèse des maladies chroniques et peuvent aussi avoir des répercussions sur notre susceptibilité aux maladies infectieuses en affaiblissant notre système immunitaire.

Une synthèse de certaines mesures de résultats pour la santé dans l'Arctique canadien semble indiquer que même s'il convient d'accorder la priorité en santé publique aux causes de mortalité prématurée et de morbidité dans les populations du Nord, il ne faut pas négliger les diverses voies d'exposition aux contaminants et leurs effets souvent subtils sur la santé.



Exposition humaine aux contaminants environnementaux

4.1 Introduction

Les études précédentes réalisées dans l'Arctique canadien ont montré que les peuples inuits qui consomment des mammifères marins présentent des concentrations plus élevées de divers contaminants persistants qui sont bioaccumulables tels que les BPC et le mercure (CACAR, 2003). L'exposition aux contaminants environnementaux constitue un risque possible pour la santé humaine, particulièrement pour les fœtus en développement et les jeunes enfants, étant donné qu'ils sont immatures sur les plans physiologique et anatomique et que leur développement est rapide. Pour ces raisons, de nombreuses études de suivi (2002-2007) financées par le PLCN étaient axées sur les populations inuites de l'Arctique canadien qui consommaient des mammifères marins. D'autres populations vivant dans ces mêmes régions ont été incluses aux fins de comparaison.

Les données présentées dans le présent chapitre proviennent d'études de biosurveillance menées dans la région d'Inuvik des T.N.-O. et la région de Baffin du Nunavut et de deux études réalisées au Nunavik (dans le Nord du Québec). La priorité a été accordée aux concentrations de plusieurs POP et de métaux (c.-à-d. le mercure, le cadmium et le plomb) présentes dans le sang maternel. Cependant, les données relatives aux adultes vivant au Nunavik sont également indiquées.

Ces études décrivent trois grands aspects des concentrations de contaminants environnementaux dans les tissus humains. Premièrement, les études présentent une mise à jour du profil spatial de l'exposition humaine aux contaminants environnementaux dans l'Arctique canadien. Deuxièmement, les études fournissent des données permettant d'évaluer les changements dans l'exposition humaine au fil du temps; ces données indiquent si les concentrations de contaminants ont diminué, sont restées les mêmes ou ont augmenté. Troisièmement, les données recueillies dans le cadre de ces études fournissent de l'information importante sur les habitudes alimentaires et donnent un bon

aperçu du lien entre l'exposition aux contaminants, la consommation d'aliments traditionnels et d'autres aspects du mode de vie. La comparaison des données présentées dans le RECAC II (CACAR, 2003) et des nouvelles données présentées dans ce chapitre permet de mieux comprendre les tendances relatives aux concentrations de contaminants environnementaux dans les tissus humains et les facteurs de causalité permanents liés à l'exposition.

Des méthodes semblables ont été utilisées dans le cadre de toutes les études pour s'assurer que les conclusions sur les profils spatiaux ne sont pas simplement attribuables à la variabilité des méthodes ou des analyses. Le programme d'assurance de la qualité/contrôle de la qualité (AQ/CQ) auquel participent les laboratoires d'analyse axés sur la santé humaine est décrit dans la section 4.7. Ce programme d'AQ/CQ permet de garantir la comparabilité des données provenant de différentes études et se rapportant à différentes périodes. Les concentrations de POP sont exprimées selon leur masse lipidique ($\mu\text{g/kg}$ de lipides plasmatiques), étant donné qu'ils s'accumulent dans les lipides et que le pourcentage de lipides plasmatiques augmente durant la grossesse. Aux fins de comparaison, l'annexe B présente également les données concernant les POP selon leur poids humide ($\mu\text{g/L}$ de plasma). Les données se rapportant aux concentrations de divers métaux qui ne s'accumulent pas dans les lipides sont indiquées en $\mu\text{g/L}$ dans le sang total.

Les rapports précédents de surveillance humaine et environnementale élaborés dans le cadre du PLCN incluaient une grande quantité de POP. Les données fournies concernaient plus de 12 pesticides (p. ex. l'aldrine, la dieldrine, le toxaphène, le mirex, l'oxychlordane, le trans-nonachlore, le cis-nonachlore, le DDT et son principal métabolite, le DDE, le HCH, etc.). La surveillance initiale de la santé humaine dans l'Arctique portait également sur plusieurs POP provenant de sources industrielles, p. ex. le HCB et 16 congénères de BPC (BPC 28, 138, 153, 170, 180, etc.). Plusieurs métaux ont aussi fait l'objet de cette

surveillance initiale, notamment le cadmium, le plomb, le mercure (total et organique), le nickel et le sélénium (CACAR, 1997; 2003). Le présent rapport est axé sur les changements des concentrations de plusieurs POP. Certains d'entre eux sont retrouvés aux concentrations les plus élevées chez les peuples de l'Arctique (p. ex. le DDE), tandis que d'autres sont présents dans les aliments en quantités excédant les doses admissibles chez l'humain (p. ex. les dérivés du chlordane, soit l'oxychlordane et le trans-nonachlore, ainsi que le toxaphène et les BPC). On effectuera également ces analyses pour des métaux, tels le mercure et le plomb, qui se trouvent en quantités plus élevées chez les populations de l'Arctique que chez les populations du Sud (CACAR, 2003).

Dans la section 4.2, on passe en revue les résultats d'une étude de surveillance réalisée dans la région d'Inuvik. Il sera ainsi possible d'examiner plus en détail les concentrations de contaminants, puisque les données sur les concentrations de contaminants chez trois groupes ethniques différents ainsi que les données sur les habitudes alimentaires sont indiquées afin de pouvoir établir des concordances entre elles et les analyses des tendances relatives à divers contaminants. On ne dispose que depuis peu de temps de données sur les contaminants présents dans la région de Baffin (section 4.3) et du Nunavik (section 4.4). On n'a pas non plus accès, pour ce rapport, à des comparaisons rigoureuses entre la consommation d'aliments et la charge corporelle des personnes vivant dans ces régions.

4.2 Évaluation de l'exposition des habitants de la région d'Inuvik dans les T.N.-O.

Cette section présente les résultats d'une étude de biosurveillance qui a été menée dans la région d'Inuvik dans les T.N.-O. Il s'agissait d'une étude de suivi visant à évaluer les tendances temporelles de l'exposition humaine aux contaminants environnementaux en se servant du sang maternel et des cheveux comme biomarqueurs de l'exposition. L'étude initiale a pris fin en 1999, et l'étude de suivi, en 2006. La région d'Inuvik a été incluse dans l'étude de suivi, puisque, durant l'étude initiale, on y avait trouvé les plus faibles concentrations de contaminants parmi toutes les régions inuites. Ainsi, on pouvait faire des comparaisons utiles durant l'étude de suivi avec d'autres régions, comme celles de Baffin et du Nunavik, où l'on retrouve des concentrations de contaminants plus élevées.

Au total, 89 participantes ont été incluses dans cette étude; 75 échantillons de sang ont été prélevés aux fins de suivi. Parmi les participantes, on comptait 52 Inuites, 17 Dénées/Métisses et 6 femmes non autochtones (Armstrong et coll., 2007). Les échantillons ont été prélevés à la fin du troisième trimestre de grossesse ou immédiatement après l'accouchement. Ces échantillons ont été analysés pour y détecter la présence des mêmes POP et métaux que ceux examinés durant l'étude initiale; on a aussi mesuré les teneurs en vitamines et en divers nutriments. L'information sur les habitudes



Ed Struzik

alimentaires de ces mères est également accessible et est décrite au chapitre 2 (voir la section 2.3.5). Cette section présente un bref aperçu de certains effets de ces contaminants sur la santé, qui constituent une priorité aux fins de la surveillance des tendances, étant donné que cette information devrait être utile pour le lecteur et être pertinente pour les sections suivantes. Le chapitre traite des concentrations de contaminants dans le sang maternel selon le groupe ethnique en lien avec le régime alimentaire (section 4.2.2), et des changements des concentrations de contaminants au fil du temps (section 4.2.3).

4.2.1 Concentrations de contaminants environnementaux dans les tissus des personnes vivant dans la région d'Inuvik

■ Métaux

Les métaux sont des éléments présents naturellement dans les roches et le sol. Ils peuvent être lessivés des roches et du sol ou être libérés dans l'environnement durant des éruptions volcaniques ou par suite des activités industrielles.

■ Plomb

Le plomb est présent naturellement dans l'environnement. Cependant, les activités anthropiques telles que certains types d'activités minières ou de fusion augmentent la libération de plomb. L'utilisation de carburants au plomb était la principale source de plomb dans l'atmosphère; cependant, la concentration de plomb dans l'air a diminué considérablement au Canada depuis la mise sur le marché de l'essence sans plomb en 1975. Des recherches antérieures ont montré que les mères et les enfants autochtones peuvent être exposés à des concentrations plus élevées de plomb présentes dans la viande de gibier à plumes contenant des fragments de grenaille de plomb (Dewailly et coll., 2000).

Durant la plus récente période d'échantillonnage en 2005 et 2006, la concentration minimale de plomb détectée chez les mères était de 4,4 µg/L, tandis que la concentration maximale était de 56 µg/L. Les mères inuvialuites et dénées/métisses présentaient des concentrations moyennes de plomb qui étaient similaires (13 µg/L), lesquelles correspondaient à près du double des taux moyens notés chez les mères non autochtones (6,9 µg/L) (tableau 4.2.1).

■ Cadmium

Les principales sources naturelles de cadmium sont la météorisation et l'érosion des roches et du sol, les incendies de forêt et l'activité volcanique. Le cadmium est également utilisé à des fins commerciales, et est libéré par les déchets domestiques et industriels. La fumée de

tabac est également une importante source d'exposition pour les humains.

Dans le cadre de l'étude la plus récente (2005-2006), la concentration minimale de cadmium présente dans le sang maternel n'était pas détectable, tandis que la concentration maximale était de 7,2 µg/L (tableau 4.2.1). Les concentrations de cadmium légèrement plus élevées chez les mères inuvialuites et dénées/métisses que chez les mères non autochtones pourraient s'expliquer par des taux plus élevés de tabagisme (1,4 vs 0,7 µg/L) dans les premiers groupes.

La figure 4.2.1 montre les concentrations de cadmium par nombre moyen de cigarettes fumées par jour (les non-fumeuses ont été indiquées par le chiffre 0). La concentration de cadmium augmente considérablement avec le nombre de cigarettes fumées par jour; on observe donc une corrélation de 0,74. On a constaté l'existence de ce lien étroit entre le tabagisme et les concentrations de cadmium dans le sang maternel durant les études initiales précédentes réalisées dans les T.N.-O. et au Nunavut (Butler-Walker et coll., 2006).

■ Mercure total

Le mercure est naturellement présent dans l'air, l'eau et le sol, mais sa présence est aussi attribuable aux activités humaines. Les concentrations minimale et maximale de mercure total mesurées dans le sang des mères de la région d'Inuvik étaient, respectivement, de 0,10 et de 14 µg/L dans le sang total. Les concentrations de mercure chez les mères inuvialuites et les mères dénées/

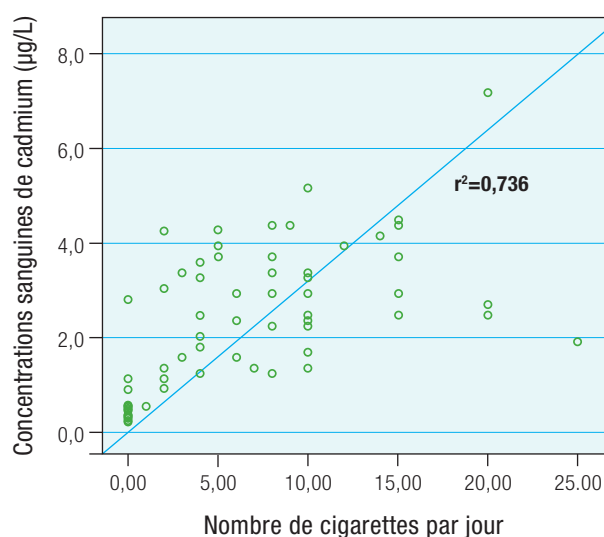


FIGURE 4.2.1

Concentrations de cadmium par nombre moyen de cigarettes fumées par jour (n = 73)

TABEAU 4.2.1 Concentrations de contaminants chez les mères dénées/métisses, inuvialuites et non autochtones de la région d'Inuvik (moyenne géométrique [intervalle]) (µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)

Contaminants organochlorés	Dénées/Métisses			Inuvialuites			Non autochtones		
	Étude initiale 1998-1999 ¹ 24 (18, 35) ³ (n = 41) ⁴	Étude de suivi 2005-2006 ² 24 (16, 36) ³ (n = 17) ⁴	DS ⁵	Étude initiale 1998-1999 ¹ 23 (15, 37) ³ (n = 31)	Étude de suivi 2005-2006 ² 26 (17, 38) ³ (n = 52)	DS ⁵	Étude initiale 1998-1999 ¹ 31 (19, 45) ³ (n = 21)	Étude de suivi 2005-2006 ² 32 (23, 40) ³ (n = 6)	DS ⁵
Oxychlordane	4,4 (1,0-25)	1,6 (0,29-5,0)	DS ^c	18 (2,4-108)	8,7 (0,29-117)	DS ^b	4,1 (1,9-8,7)	1,3 (0,59-3,4)	DS ^b
Trans-nonachlore	6,2 (1,0-42)	2,2 (0,59-9,3)	DS ^c	33 (3,6-182)	14 (0,59-258)	DS ^b	5,3 (2,2-13)	1,3 (0,59-4,2)	DS ^b
p,p'-DDE	64 (23-222)	35 (13-141)	DS ^a	125 (44-491)	76 (5,3-867)	DS ^b	64 (26-189)	38 (18-111)	NS ⁶
Toxaphène-parlar 50	1,7 (0,96-7,9)	0,46 (0,29-2,2)	DS ^c	6,8 (0,77-53)	2,9 (0,29-75)	DS ^b	1,1 (0,83-1,4)	0,36 (0,29-1,1)	DS ^b
BPC 138	10 (2,5-61)	3,1 (0,59-13)	DS ^c	22 (5,1-83)	8,6 (0,59-98)	DS ^c	8,7 (2,9-22)	2,9 (1,4-6,8)	DS ^b
BPC 153	16 (3,2-130)	5,9 (0,59-34)	DS ^b	30 (6,5-105)	17 (0,59-152)	DS ^b	12 (3,5-32)	4,3 (2,0-9,0)	DS ^b
BPC 180	8,2 (2,0-76)	3,5 (0,59-40)	DS ^a	9,4 (2,0-31)	6,8 (0,59-52)	NS	7,5 (2,0-26)	2,4 (0,59-4,2)	DS ^b
Métaux									
Hg total	1,1 (0,1-6,0)	0,7 (0,1-4,4)	NS	2,1 (0,6-24)	1,1 (0,1-14)	DS ^b	0,6 (0,1-2,3)	0,22 (0,1-0,9)	DS ^a
Hg organique	ND ⁷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	35 (5,0-112)	13 (4,8-35)	DS ^c	19 (2,1-101)	13 (4,4-56)	NS	13 (2,1-37)	6,9 (4,6-10)	DS ^b
Cd	0,56 (0,01-5,9)	1,4 (0,28-7,2)	DS ^a	1,0 (0,01-7,11)	1,5 (0,05-5,2)	NS	0,13 (0,01-3,6)	0,7 (0,2-2,8)	DS ^a
Se	108 (67-152)	ND	ND	118 (88-151)	ND	ND	116 (84-164)	ND	ND

¹ Tofflemire, 2000

² Armstrong et coll., 2007

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ 1998-1999 (n = 41 pour les métaux et n = 42 pour les organochlorés), 2005-2006 (n = 17 pour les organochlorés et n = 18 pour les métaux)

⁵ DS = Différence significative (p < 0,05)

DS^a = différence significative, p = (< 0,05-0,01)

DS^b = différence significative, p = (0,01-0,001)

DS^c = différence significative, p = (0,001-< 0,0001)

⁶ NS = non significatif, p > 0,05

⁷ ND = non disponible

métisses étaient respectivement plus de quatre fois supérieures et presque trois fois supérieures à celles relevées chez les mères non autochtones (respectivement 1,1, 0,7 et 0,2 µg/L) (tableau 4.2.1, figure 4.2.2).

■ Polluants organiques persistants (POP)

POP

Presque tous les POP sont des produits chimiques fabriqués; ils ne sont pas présents naturellement. Les POP ne se dégradent pas facilement et, par conséquent, ils s'accumulent dans le tissu adipeux des animaux. La

capacité de bioamplification des POP dans la chaîne alimentaire rend leur présence dans l'Arctique encore plus préoccupante, étant donné qu'ils s'accumulent en grandes quantités dans l'organisme des phoques, des bélugas, des baleines et des ours polaires. Les produits chimiques industriels (BPC) et les pesticides tels que le DDT, le toxaphène et les dérivés du chlordane (l'oxychlordane et le trans-nonachlore) comptent parmi les POP que l'on retrouve le plus souvent chez les animaux sauvages de l'Arctique.



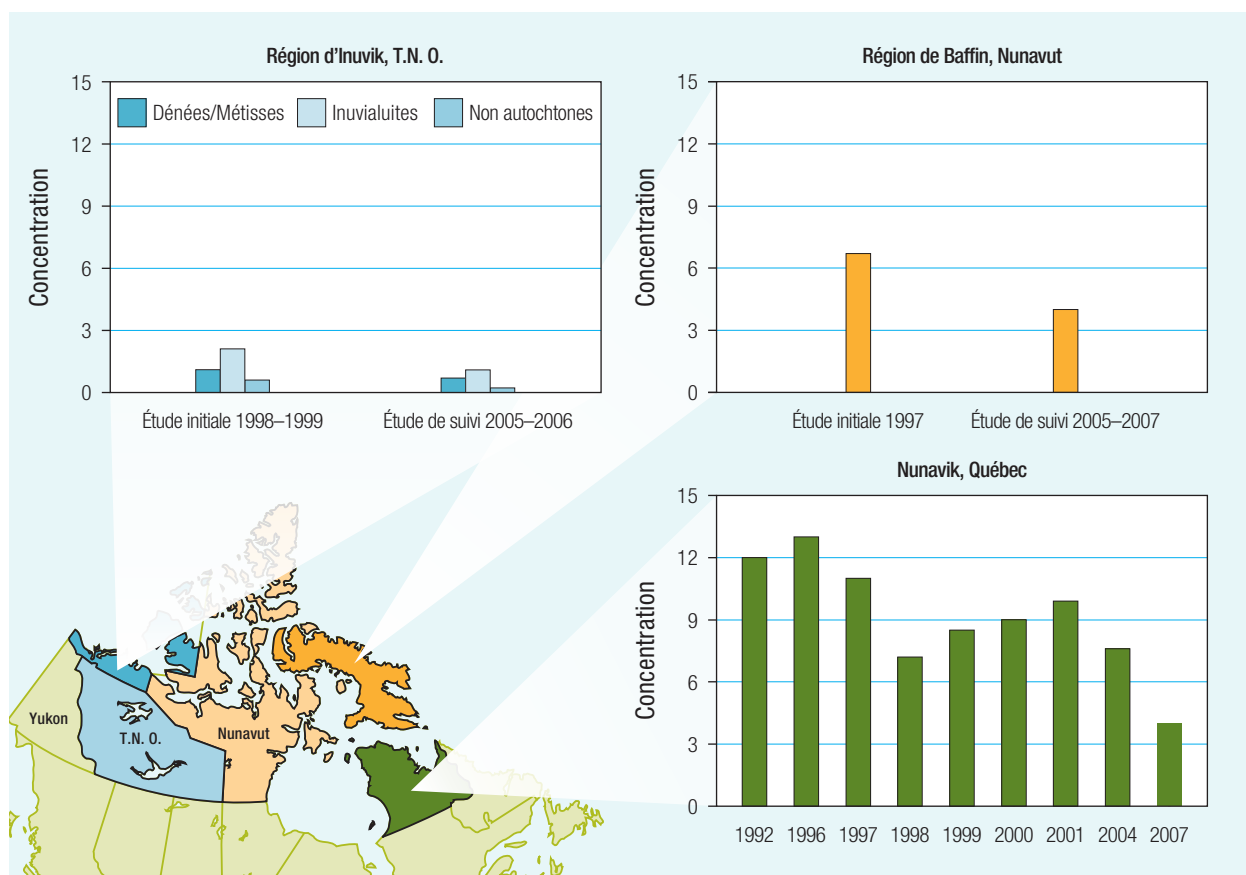


FIGURE 4.2.2

Changements dans les concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : mercure total (µg/L dans le sang total)

BPC

Les BPC constituent un groupe de produits chimiques organochlorés résultant des activités industrielles humaines (il existe 209 composés de structure similaire qui ne diffèrent que par le nombre et la position des atomes de chlore). Étant donné qu'ils ne sont pas conducteurs d'électricité et qu'ils peuvent supporter une chaleur intense, les BPC étaient utilisés dans les transformateurs électriques comme isolants. Depuis les années 1930, on a également utilisé les BPC pour diverses applications industrielles et domestiques (p. ex. des encres, des plastifiants, etc.), en raison de leurs propriétés semblables à celles du pétrole.

De plus, les BPC ne se dégradent pas facilement dans l'environnement. Leur utilisation a été interdite au Canada dans les années 1970.

Le tableau 4.2.1 indique les concentrations de BPC (congénères 138, 153 et 180) dans le sang maternel pour chaque population étudiée (voir aussi les figures 4.2.3 et 4.2.4). Dans le cadre de l'étude de suivi la plus récente (2005-2006), on a constaté que les concentrations du principal BPC (BPC 153) étaient trois ou quatre fois plus élevées chez les mères inuites que chez les mères dénées/métisses ou non autochtones (respectivement 17, 5,9 et 4,3 µg/kg de lipides plasmatiques). On observe une tendance semblable pour ce qui est d'autres congénères des BPC, soit les congénères 138 et 180, et des BPC totaux mesurés sous forme d'Aroclor 1260 (données non présentées). Il est pratique de résumer les données sous forme d'Aroclor 1260, car on peut ainsi faire des comparaisons avec les données d'études plus anciennes dans lesquelles les BPC étaient quantifiés au moyen de techniques d'analyse sur colonne remplie. On peut ainsi établir des comparaisons avec les seules valeurs maximales recommandées de BPC dans le sang, qui sont exprimées sous forme d'Aroclor 1260.

■ Toxaphène

Le toxaphène est un mélange complexe de camphènes chlorés qui a été utilisé dans le passé comme pesticide.

Dans cette étude de suivi, on a mesuré les toxaphène-parlars 26 et 50; les résultats concernant le parlar 50 sont présentés dans le tableau 4.2.1 et la figure 4.2.5. La concentration moyenne géométrique du parlar 50 dans le sang maternel était de six à huit fois plus élevée chez les mères inuites que les mères dénées/métisses ou non autochtones (respectivement 2,9, 0,46 et 0,36 µg/kg de lipides plasmatiques).

■ Chlordane

Le chlordane est un mélange composé de plus de 120 composés organochlorés de structure voisine. Il a été mis sur le marché en tant qu'insecticide à large spectre dans les années 1940 et a été largement utilisé en Amérique du Nord.

Bien que le chlordane ne soit plus homologué ni au Canada ni aux États-Unis, divers contaminants apparentés au chlordane, mais distincts du mélange original, persistent dans l'environnement.

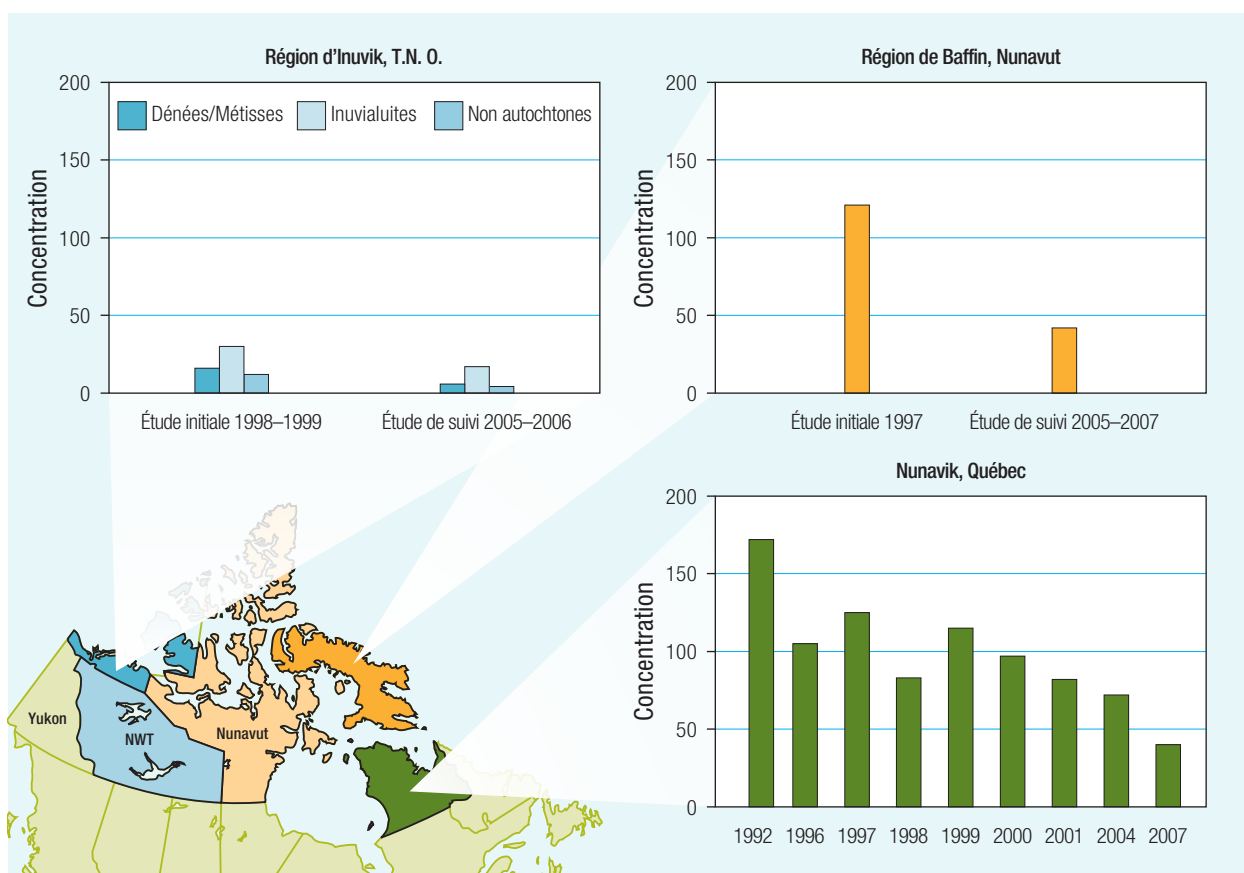


FIGURE 4.2.3

Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : BPC 153 (µg/kg de lipides plasmatiques)

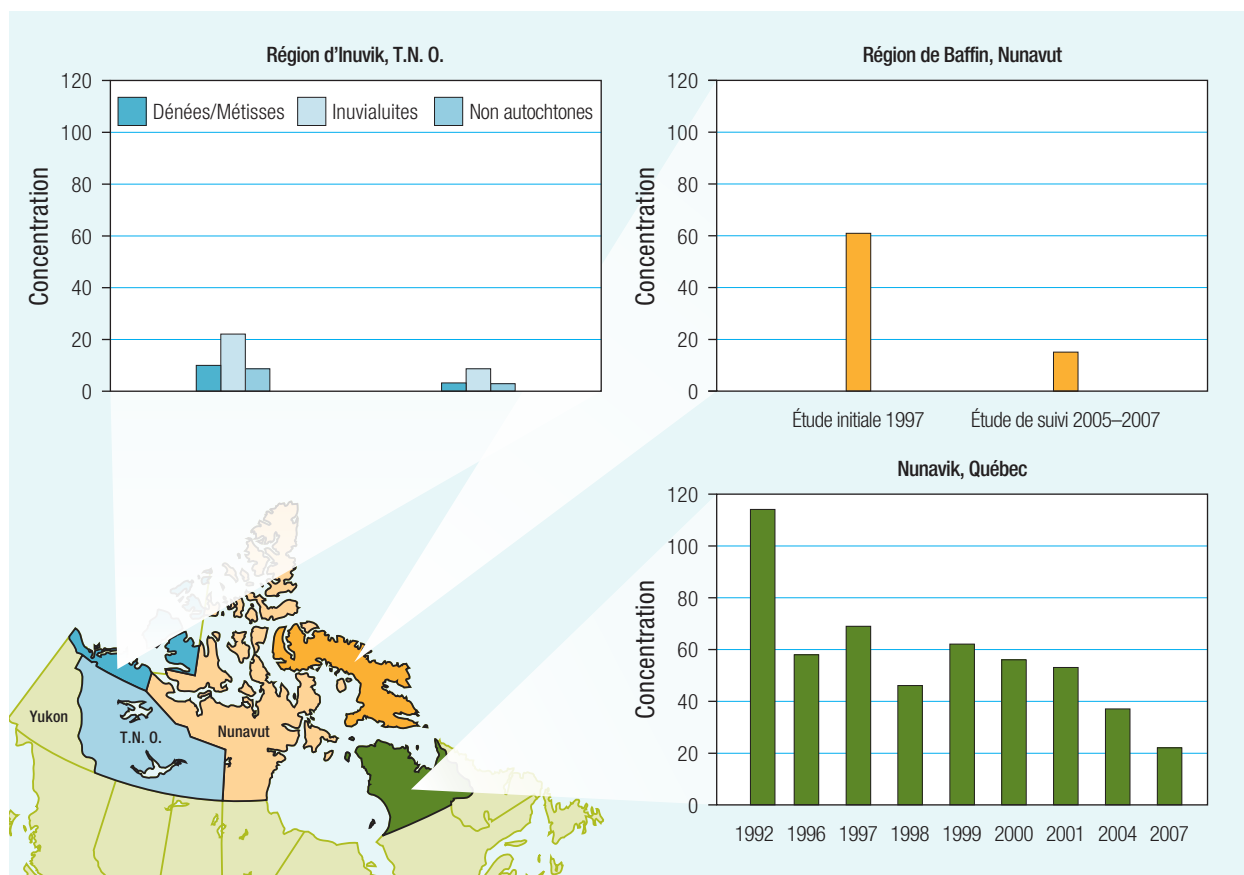


FIGURE 4.2.4

Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : BPC 138 (µg/kg de lipides plasmatiques)



Eric Loring

Une fois regroupés, le trans-nonachlore et l'oxychlordanne représentaient de 76 à 78 % des résidus apparentés au chlordanne présents dans les échantillons de lard de phoque annelé, qui ont été prélevés dans les T.N.-O. en 1991, et 83 % des résidus apparentés au chlordanne présents dans les échantillons de lard de morse, qui ont été prélevés au Groenland en 1989 (Addison et Smith, 1998; Muir et coll., 2000). Le modèle d'accumulation des résidus apparentés au chlordanne observé chez les humains correspond à ce qui a été constaté aux niveaux les plus élevés de la chaîne alimentaire marine de l'Arctique. Le trans-nonachlore et l'oxychlordanne constituaient plus de 90 % de tous les contaminants dérivés du chlordanne qui ont été mesurés dans le lait maternel à la fois chez les Canadiennes des régions du Nord et du Sud du pays. À la fin des années 1990, ces résidus combinés étaient présents en quantités quatre fois plus élevées dans le lait des mères vivant en Arctique (Newsome et Ryan, 1999).

Durant cette étude de suivi, la concentration moyenne géométrique de trans-nonachlore dans le sang maternel des mères inuites était six ou sept fois plus élevée que dans celui des mères dénées/métisses ou non autochtones



Eric Loring

(respectivement 14, 2,2 et 1,3 $\mu\text{g/kg}$ de lipides) (tableau 4.2.1, figure 4.2.6). On constate une tendance semblable pour ce qui est de l'oxychlordanne, bien que les concentrations de ce contaminant soient légèrement inférieures (figure 4.2.7).

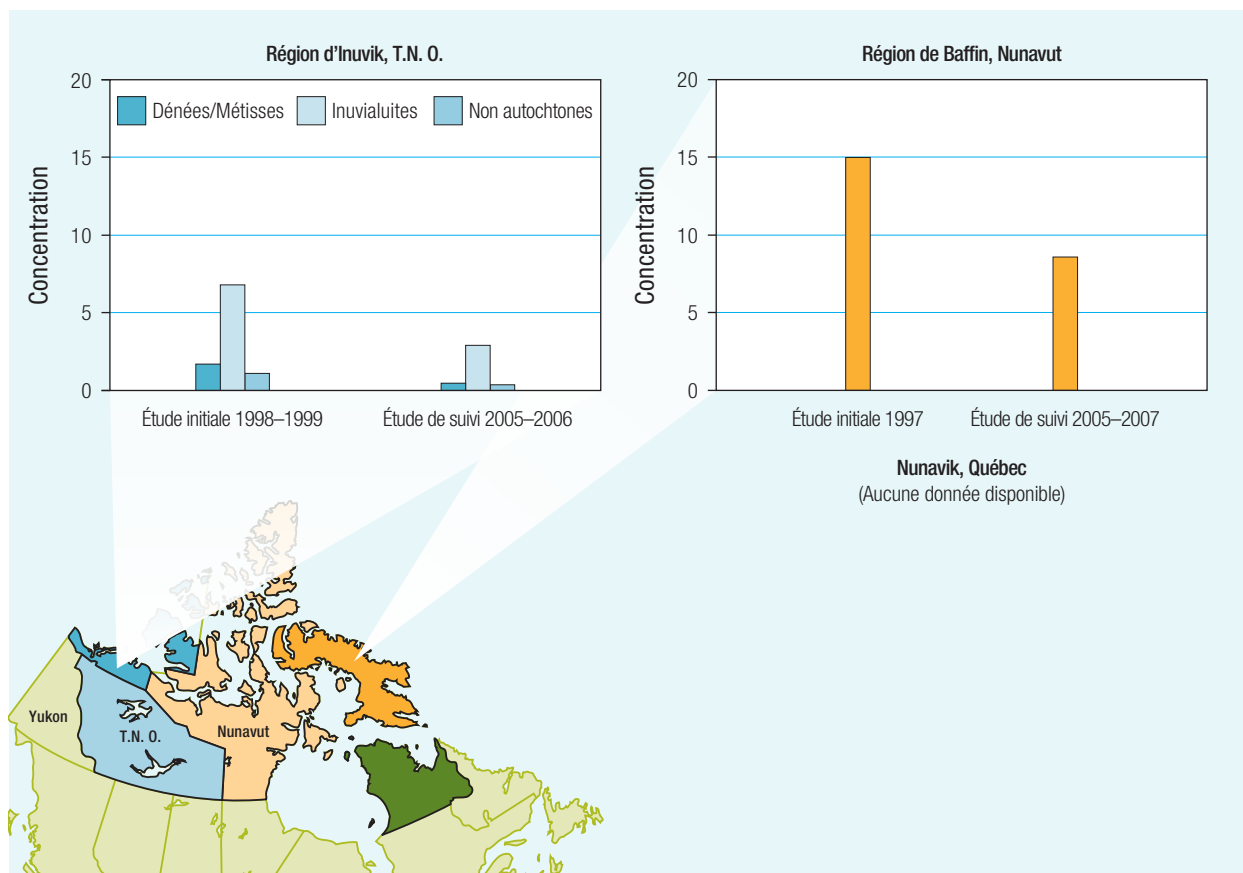


FIGURE 4.2.5

Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : toxaphène ($\mu\text{g/kg}$ de lipides plasmatiques)



■ Dichloro-diphényl-dichloroéthylène (DDE)

Le DDE est le principal métabolite du DDT, un insecticide qui a été largement utilisé dans les domaines de l'agriculture et de la lutte contre les vecteurs de maladies. Dans les années 1970, le Canada a interdit la plupart des utilisations du DDT, et a milité en faveur de son interdiction à l'échelle mondiale dans le cadre de la Convention de Stockholm.

De toutes les concentrations de POP présentées dans le tableau 4.2.1 et la figure 4.2.8, celle du DDE était la plus élevée. Durant cette étude de suivi (2005–2006), la concentration moyenne géométrique du DDE était également la plus élevée chez les mères inuites (inuvialuites); celle-ci correspondait au double des concentrations présentes chez les mères dénées/métisses ou non autochtones (respectivement 76, 35 et 38 $\mu\text{g/kg}$ de lipides plasmatiques).

4.2.2 Exposition aux contaminants par voie alimentaire

La description globale de l'enquête alimentaire réalisée dans le cadre de cette étude de surveillance figure au chapitre 2. En se fondant sur la quantité d'aliments consommés et la concentration de chaque contaminant



Eric Loring

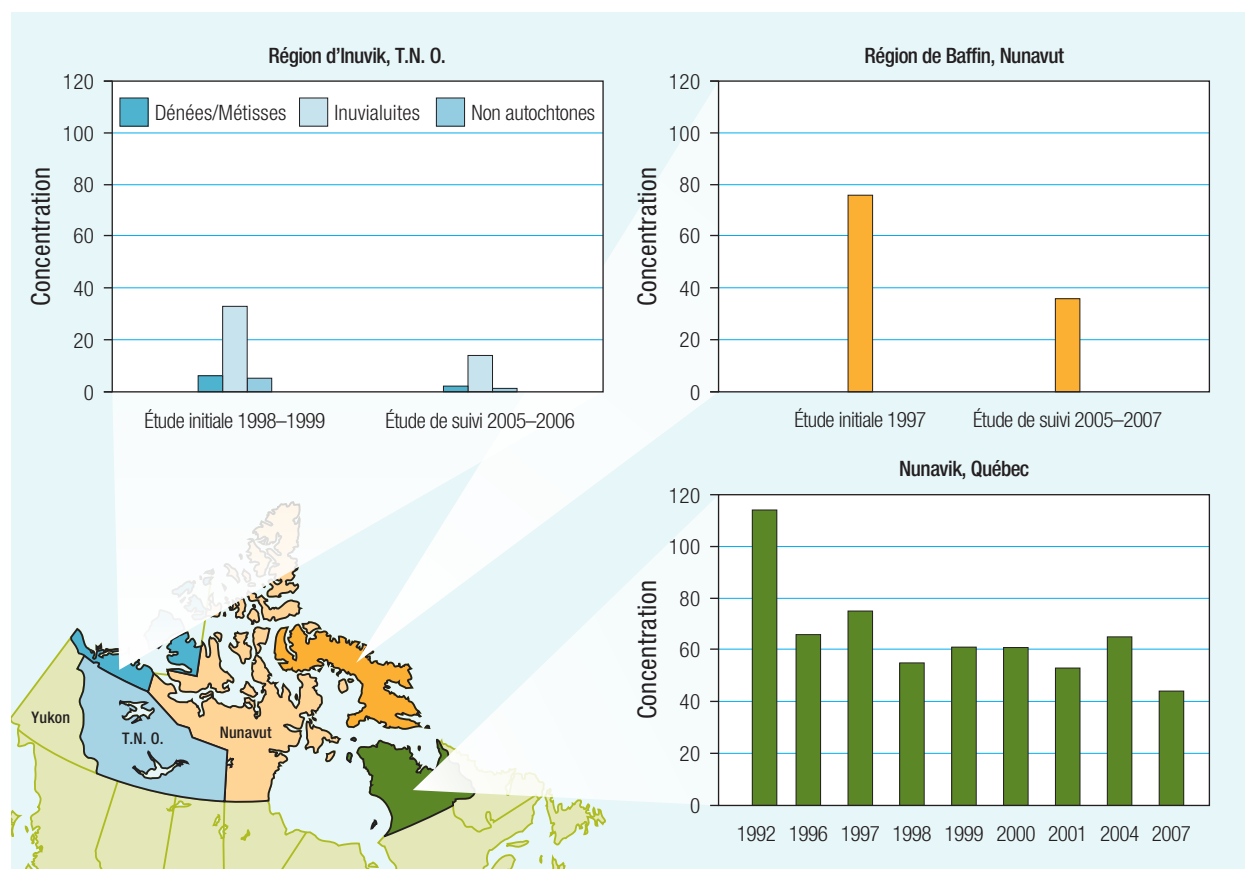


FIGURE 4.2.6

Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : trans-nonachlore ($\mu\text{g/kg}$ de lipides plasmatiques)

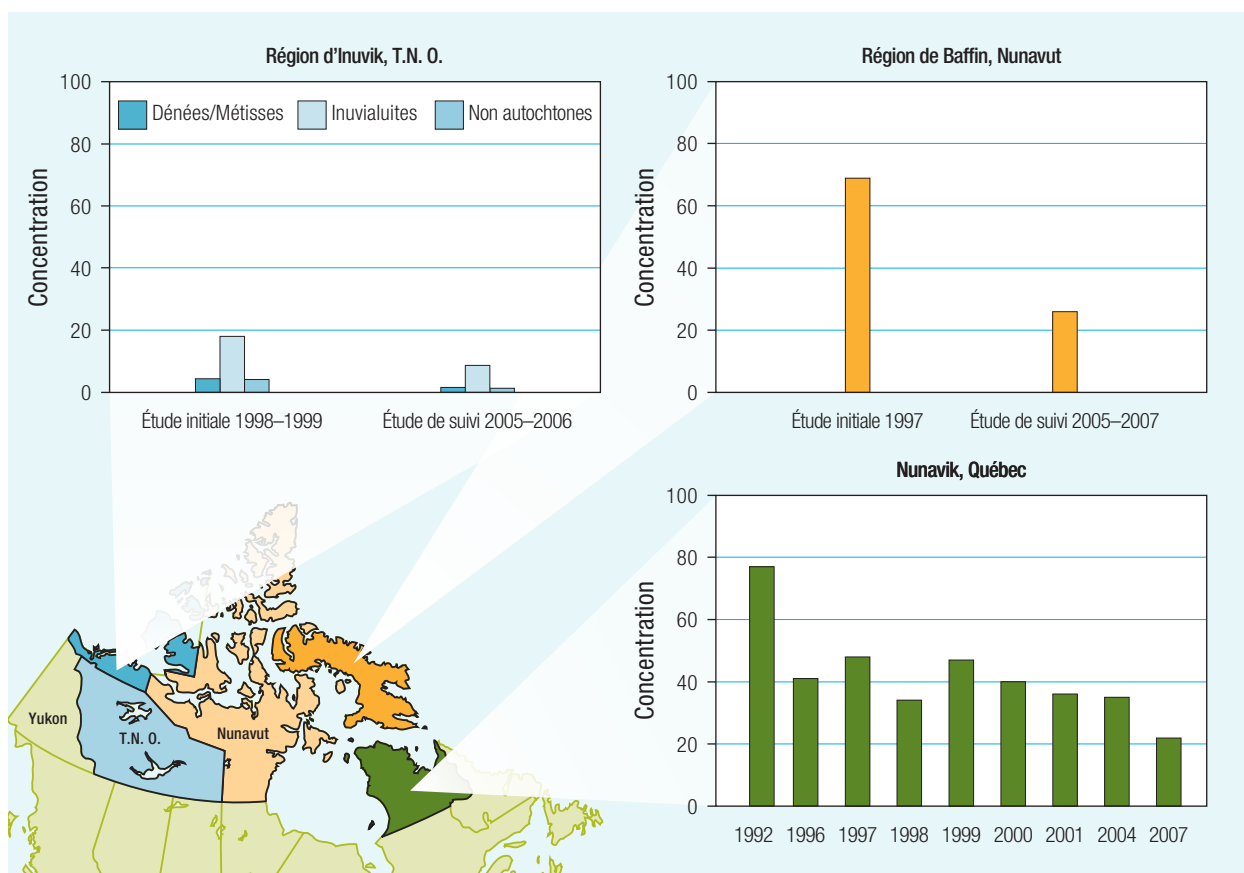


FIGURE 4.2.7

Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : oxychlordanes (µg/kg de lipides plasmatiques)



dans un aliment, il est possible d'estimer la quantité ingérée de certains contaminants pour tous les aliments et de l'exprimer en microgrammes par personne par jour. On a ensuite établi des corrélations entre les quantités de contaminants ingérées et les concentrations de ces contaminants dans le sang maternel. Le tableau 4.2.2 présente les résultats obtenus en ce qui concerne les mères inuites et dénées/métisses. Les mères non autochtones n'ont pas été incluses parce leur nombre était trop faible et que la plupart ne mangeaient que de petites quantités d'aliments traditionnels ou n'en mangeaient pas du tout. On a démontré des corrélations modérées à fortes entre la consommation d'aliments et les concentrations de contaminants mesurées dans le sang pour ce qui est de nombreux contaminants tels que les BPC, le DDE, le toxaphène, le HCH, le chlordane, le plomb et le mercure. La corrélation la plus forte entre la charge corporelle et l'apport alimentaire concernait le mercure (coefficient de corrélation de Spearman = 0,76). Ce n'est que dans le cas du cadmium que la corrélation entre l'apport alimentaire et les concentrations de contaminants chez les mères était faible et non

significative. Un tel résultat indique que l'alimentation ne constituait pas une source importante de cadmium dans le cadre de cette étude. D'autres études réalisées dans l'Arctique canadien ont montré que le tabagisme était une source beaucoup plus importante de cadmium (Butler-Walker et coll., 2006).

Des analyses distinctes ont révélé que la viande de mammifères terrestres et la viande d'oiseaux constituaient les principales sources alimentaires de plomb. Selon cette étude, les principales sources alimentaires de mercure étaient les poissons et la graisse de mammifères marins. Comme on pouvait s'y attendre, la graisse de mammifères marins représentait la plus importante source d'exposition aux contaminants tels les BPC (Armstrong et coll., 2007). On peut remarquer que les mères inuvialuites ont diminué de façon très marquée leur consommation de graisse de mammifères marins, alors qu'elles ont augmenté leur consommation de poissons et de fruits de mer (tableau 4.2.3). Chez les mères dénées/métisses, le plus grand changement observé consiste en l'augmentation de leur consommation de poissons (tableau 4.2.4). Aucune

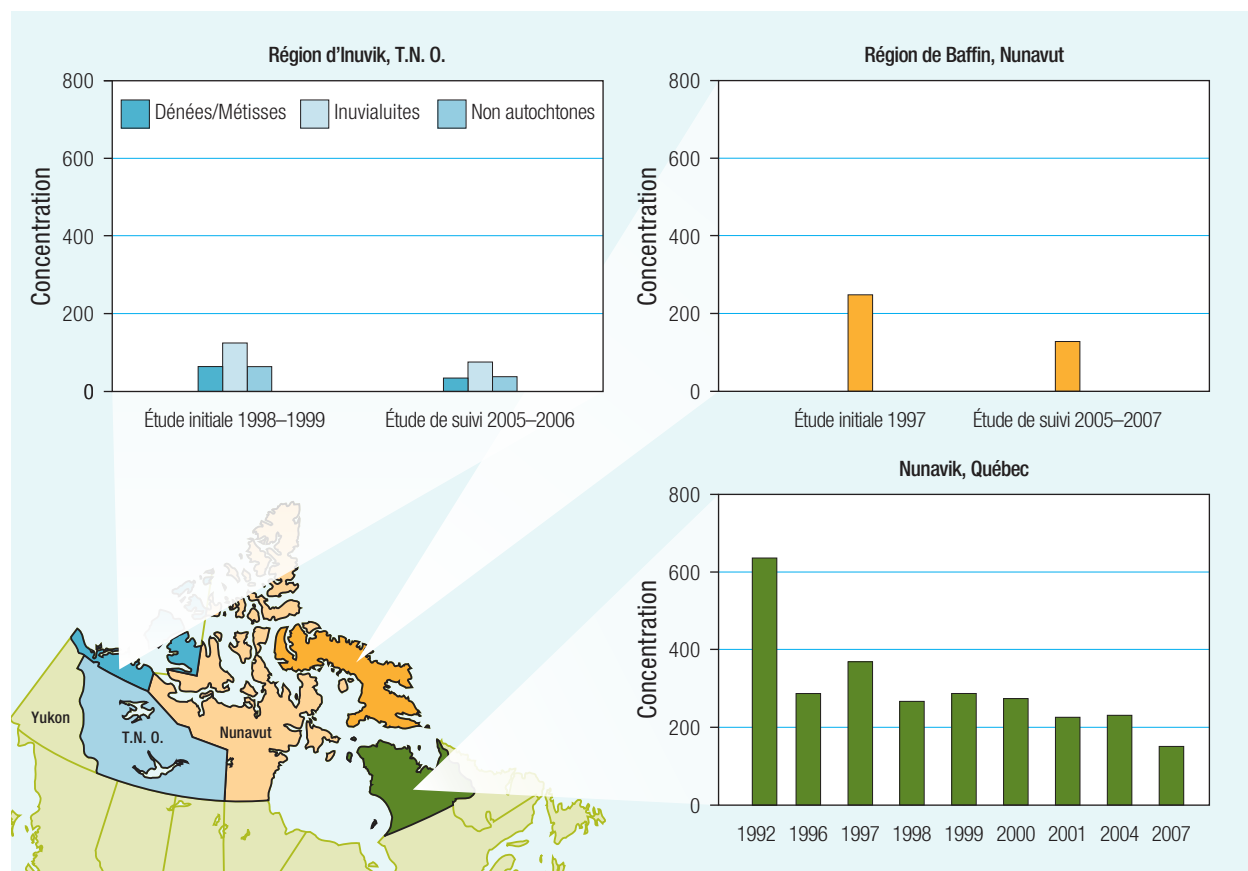


FIGURE 4.2.8

Changements des concentrations de contaminants chez les mères vivant dans l'Arctique canadien : p,p'-DDE (µg/kg de lipides plasmatiques)

TABLEAU 4.2.2 Coefficients de corrélation de Spearman (valeurs p) en ce qui concerne les associations entre l'exposition alimentaire et les variables de la charge corporelle

Exposition alimentaire estimative	Paramètre mesuré chez les mères	
Cadmium	0,03 (NS)	(n = 75)
Plomb	0,30 (0,008)	(n = 76)
Mercure	0,55 (0,000)	(n = 74)
Arsenic	0,35 (0,002)	(n = 76)
Chlordane	0,49 (0,000)	(n = 73)
Hexachlorobenzène (HCB)	0,46 (0,000)	(n = 75)
Mirex	0,41 (0,000)	(n = 75)
Diphényles polychlorés (BPC)	0,45 (0,000)	(n = 75)
Toxaphène	0,57 (0,000)	(n = 75)
Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT)	0,27 (0,02)	(n = 75)
Hexachlorocyclohexane (HCH)	0,55 (0,000)	(n = 75)
Mercure sang/cheveux	0,76 (0,000)	(n = 74)

comparaison n'a été faite en ce qui a trait aux femmes non autochtones parce que leur nombre dans le groupe de suivi était trop petit et que leur consommation d'aliments traditionnels était très faible.

4.2.3 Comparaisons des tendances entre l'étude initiale et l'étude de suivi (1998-1999 versus 2005-2006)

Il faut faire preuve d'une grande prudence lorsqu'on évalue les changements des concentrations de contaminants mis en évidence par les résultats de l'étude initiale de 1998-1999 et de l'étude de suivi de 2005-2006. Il ne s'agissait pas d'échantillons aléatoires de la population; toutes les mères enceintes d'une région pouvaient participer volontairement à cette étude, étant donné le faible taux de natalité dans le Nord. L'âge et la parité des mères étaient semblables dans les deux études, mais les différentes proportions des groupes ethniques dans les deux études montrent que les résultats ne peuvent être interprétés qu'en fonction de l'ethnicité. La proportion de mères de chaque collectivité variait également entre les deux études, mais ne pouvait pas être corrigée en raison du petit nombre de mères. Il faut également faire remarquer que le nombre de fumeuses a, en fait, augmenté au cours des sept années (de 52 % à 67 %) (Armstrong et coll., 2007).

4.2.4 Changements relatifs à l'exposition aux contaminants par voie alimentaire

Les analyses initiales des habitudes alimentaires ont permis de formuler, dans le cadre du présent rapport, certains commentaires généraux sur l'exposition, mais il

TABLEAU 4.2.3 Consommation annuelle d'aliments traditionnels par les mères inuvialuites (kg/personne/année) (Armstrong et coll., 2007)

Aliments	Mères inuvialuites	
	Étude initiale (n = 33) 1998-1999	Étude de suivi (n = 54) 2005-2006
Tous les poissons/fruits de mer	8,0 ¹ (8,1) ² [0; 6,1; 36] ³	27 ¹ (35) ² [0; 17; 225] ³
Viande de mammifères terrestres	30 ¹ (22) ² [0,3; 30; 75] ³	34 ¹ (25) ² [0; 35; 114] ³
Viande de mammifères marins	1,4 ¹ (4,9) ² [0; 0; 28] ³	5,2 ¹ (18) ² [0; 0; 114] ³
Graisse de mammifères marins	4,3 ¹ (10) ² [0; 1,2; 50] ³	1,4 ¹ (2,4) ² [0; 0; 14] ³
Viande d'oiseaux	3,5 ¹ (2,9) ² [0; 0; 11] ³	15 ¹ (25) ² [0; 4,7; 107] ³
All Plant	4,0 ¹ (6,1) ² [0; 0; 31] ³	1,9 ¹ (2,5) ² [0; 0; 10] ³

¹ Valeur moyenne

² (Écart type)

³ [Valeur minimale, médiane, maximale]

TABLEAU 4.2.4 Consommation annuelle d'aliments traditionnels par les mères dénées/métisses (kg/personne/année) (Armstrong et coll., 2007)

Aliments	Mères inuvialuites	
	Étude initiale (n = 45) 1998-1999	Étude de suivi (n = 18) 2005-2006
Tous les poissons/fruits de mer	9,4 ¹ (12) ² [0,2; 4,3; 50] ³	21 ¹ (32) ² [0; 5,9; 1,3] ³
Viande de mammifères terrestres	31 ¹ (28) ² [0; 17; 95] ³	27 ¹ (32) ² [1,4; 17; 75] ³
Viande de mammifères marins	0,0 ¹ (0,1) ² [0; 0; 0,7] ³	0,1 ¹ (0,2) ² [0; 0; 0,7] ³
Graisse de mammifères marins	0,2 ¹ (0,4) ² [0; 0; 1,2] ³	0,1 ¹ (0,3) ² [0; 0; 1,2] ³
Viande d'oiseaux	7,9 ¹ (15) ² [0; 3,0; 84] ³	8,1 ¹ (21) ² [0; 2,4; 92] ³
Toutes les plantes	3,8 ¹ (4,4) ² [0; 2,0; 18] ³	2,1 ¹ (2,2) ² [0; 1,8; 7,2] ³

¹ Valeur moyenne

² (Écart type)

³ [Valeur minimale, médiane, maximale]



serait justifié de réaliser des analyses plus détaillées. Les niveaux estimatifs d'exposition à certains contaminants ont été exprimés en microgrammes par personne par jour pour les deux groupes ethniques en ce qui concerne des aliments précis (analyses distinctes, données non présentées). En général, ces analyses ont montré que l'apport alimentaire en cadmium était très semblable dans les deux études. L'ingestion de plomb était, en fait, plus élevée dans l'étude de suivi en raison d'une consommation accrue d'oiseaux (fragments de grenaille de plomb). L'ingestion de mercure était plus élevée dans l'étude de suivi à la fois chez les populations inuvialuite et dénée/métisse, principalement en raison d'une plus grande consommation de poissons. Par contre, l'ingestion de divers POP par les Dénées/Métisses était semblable dans les deux études, alors que, chez les Inuvialuites, on a noté une diminution marquée de l'ingestion de POP surtout en raison d'une consommation réduite de graisse de mammifères marins (Armstrong et coll., 2007).

Il importe de ne pas surinterpréter ces données, puisque, en réalité, les concentrations de contaminants n'ont pas été mesurées dans le cadre des études sur les habitudes alimentaires et que les valeurs moyennes relatives à d'autres régions ont souvent été utilisées. Comme il en a été fait mention précédemment, il a été impossible d'apparier parfaitement les collectivités dans les deux études. Il importera d'interpréter ces concentrations en lien avec la charge corporelle réelle des mères.

4.2.5 Tendances associées aux contaminants dans la région d'Inuvik et conséquences des habitudes alimentaires

Le tableau 4.2.1 présente les données sur les concentrations d'un certain nombre de contaminants dans le sang maternel obtenues dans le cadre de l'étude initiale (1998–1999) et l'étude de suivi (2005–2006). Il présente également les changements des concentrations de contaminants et les différences significatives entre ces deux périodes ($p < 0,05$). Il faut interpréter ces données avec prudence, puisque ces études incluaient des nombres relativement petits de mères qui ne pouvaient pas être choisies aléatoirement.

Il est possible de constater, chez tous les groupes ethniques, une diminution des concentrations de tous les contaminants organochlorés au cours de cette période (1998–2006). Les Inuvialuites présentaient la baisse absolue la plus importante des concentrations de pesticides tels que le *p,p'*-DDE et le trans-nonachlore (respectivement 125 à 76 et 33 à 14 µg/kg de lipides) ainsi qu'une nette diminution des concentrations de nombreux contaminants organochlorés. Le

changement absolu pour ce qui est des concentrations de contaminants tels que le *p,p'*-DDE était moins important chez les mères dénées/métisses et les mères non autochtones (respectivement 64 à 35 et 64 à 38 µg/kg de lipides); la diminution était toutefois significative pour les mères inuvialuites et dénées/métisses, alors qu'elle ne l'était pas pour les mères non autochtones. Les concentrations de BPC avaient tendance à diminuer considérablement, particulièrement chez les mères inuvialuites qui affichaient la plus forte diminution des taux de BPC 138 et 153.

Durant la période de 1998 à 2006, le plomb est, parmi les métaux, celui dont les concentrations ont le plus varié, la plus forte diminution des concentrations de plomb pouvant être observée chez les mères dénées/métisses (35 à 13 µg/L), ce qui représentait une réduction importante au cours des sept années. On a également noté une diminution de ces concentrations chez les Inuvialuites et les femmes non autochtones durant cette période. Dans d'autres régions où la chasse est fréquemment pratiquée comme moyen d'approvisionnement en aliments traditionnels, les chercheurs ont été en mesure d'utiliser les signatures isotopiques du plomb pour établir un lien entre la diminution de la charge corporelle des mères et une utilisation réduite des grenailles de plomb (Dewailly et coll., 2000). Bien qu'une telle diminution des concentrations de plomb dans le sang des mères vivant dans la région d'Inuvik puisse être liée à une utilisation plus réduite des grenailles de plomb pour la chasse du gibier à plumes et du gibier d'eau, on ne dispose d'aucune donnée pour valider une telle conclusion concernant cette région. Tous les groupes ethniques ont également présenté une diminution considérable des concentrations de mercure durant cette période, la variation la plus importante ayant été observée chez les mères inuvialuites (de 2,1 à 1,1 µg/L dans le sang total). Le cadmium montrait toutefois une tendance inverse, les concentrations dans le sang maternel ayant augmenté et la plus forte augmentation ayant été notée chez les mères dénées/métisses (de 0,56 à 1,4 µg/L dans le sang total). Comme on l'a fait remarquer précédemment, l'exposition élevée au cadmium n'a pas été associée à la consommation d'aliments traditionnels. Elle est, en fait, beaucoup plus étroitement liée au tabagisme. Du point de vue de la santé publique, il est décevant de constater que les taux de tabagisme chez les mères ont augmenté dans cette population, et l'augmentation des concentrations de cadmium valide cette conclusion.

La diminution des concentrations de divers organochlorés dans le sang maternel est confirmée par les renseignements sur les habitudes alimentaires, qui

indiquent que les mères inuvialuites consomment moins de mammifères marins, mais davantage d'aliments moins contaminés comme les poissons de même que le caribou et l'orignal. Ce constat est encourageant parce qu'une grande partie de l'information sur la communication des risques ayant été divulguée après la dernière évaluation réalisée en 2003 indiquait que les mères devaient continuer à consommer des aliments traditionnels et que, si elles étaient préoccupées par les contaminants, elles devraient consommer des aliments traditionnels qui contenaient des concentrations moins élevées de contaminants. Pour ce qui est des autres contaminants, les données relatives aux tendances des concentrations dans le sang maternel ne sont pas totalement confirmées par l'information disponible pour cette région en ce qui concerne l'exposition aux contaminants par voie alimentaire, comme on l'a fait remarquer précédemment. L'information sur l'exposition par voie alimentaire indique que l'exposition au mercure et au plomb a, en fait, augmenté, alors que les concentrations de contaminants dans le sang de ces mères ont considérablement diminué. Armstrong et coll. (2007) ont affirmé qu'un tel résultat pouvait s'expliquer par le fait que les concentrations de contaminants dans les aliments consommés n'avaient pas, en réalité, été mesurées, et par l'utilisation des moyennes régionales des concentrations de contaminants présents dans diverses espèces. Les auteurs de toutes les études sur les contaminants et les habitudes alimentaires doivent surmonter les mêmes obstacles (c.-à-d. budgets limités, grande quantité de contaminants et large éventail d'aliments).

4.3 Région de Qikiqtaaluk (Baffin) au Nunavut

4.3.1 Surveillance des tendances temporelles des contaminants environnementaux chez les personnes vivant dans la région de Baffin au Nunavut

Une étude de plusieurs années réalisée dans la région de Qikiqtaaluk (Baffin) au Nunavut a récemment pris fin. Cette étude a permis d'évaluer les changements des concentrations de contaminants et les charges corporelles de certains contaminants environnementaux chez les humains au moyen du sang maternel et des cheveux comme biomarqueurs. Cette étude faisait suite à une autre étude menée en 1997. On a déterminé que la surveillance de cette région était prioritaire, étant donné qu'on y avait enregistré dans le passé des taux élevés de nombreux contaminants comparativement à d'autres régions de l'Arctique canadien où avaient été réalisées des évaluations initiales de 1994 à 1999.

Le projet actuel mené dans la région de Baffin a pour but de : 1) fournir une mise à jour des profils spatiaux de l'exposition maternelle; 2) fournir des données afin d'évaluer les changements de l'exposition maternelle au fil du temps (c.-à-d. déterminer si les concentrations de contaminants de différentes classes augmentent, diminuent ou restent les mêmes); 3) recueillir des données sur les habitudes alimentaires des mères et décrire les liens entre l'exposition aux contaminants, la fréquence de consommation des aliments traditionnels et certains aspects du mode de vie. On a invité les Inuites ayant atteint leur neuvième mois de grossesse à participer à l'étude. On leur a posé une série de questions sur leurs habitudes alimentaires et leur mode de vie. On a prélevé des échantillons de sang et de cheveux chez les participantes, et on les a analysés.

La population de l'étude était formée de 100 Inuites enceintes recrutées entre décembre 2005 et janvier 2007. On a analysé les échantillons de sang pour y détecter la présence de POP, d'éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB) – qui constituent un groupe de produits chimiques ignifugeants couramment utilisés dans les mousses et les plastiques –, de métaux, de vitamines et d'éléments nutritifs (sélénium et acides gras). On a aussi mesuré l'exposition au mercure par trimestre à partir d'échantillons de cheveux. On a également recueilli de l'information sur les habitudes de consommation des aliments traditionnels, la population et les caractéristiques du mode de vie. Pour le moment, seul l'ensemble de données initiales sur la population et les concentrations de contaminants est accessible aux fins de la présente évaluation (tableau 4.3.1). Il faudra attendre d'avoir accès à l'ensemble complet de données et aux données sur les habitudes alimentaires avant d'effectuer des analyses plus approfondies. Il est encourageant de constater que l'âge moyen et la plage d'âge des mères durant les deux périodes sont très similaires.

Comme on l'a constaté chez les mères de la région d'Inuvik, les concentrations de tous les organochlorés ont diminué considérablement de 1997 à 2007 chez les mères inuites de la région de Baffin au Nunavut (tableau 4.3.1, figures 4.2.3 à 4.2.8). La plus forte diminution des taux de pesticides organochlorés a été notée pour ce qui est du *p,p'*-DDE et de l'oxychlordane (de 248 à 128 µg/kg de lipides et de 69 à 26 µg/kg de lipides). Les concentrations de BPC ont également diminué de façon importante au cours de cette période, la plus forte diminution ayant été associée au congénère prédominant, le BPC 153.

Parmi les métaux inclus dans ce programme de surveillance, le mercure et le plomb étaient ceux dont les concentrations ont diminué de façon marquée de



TABLEAU 4.3.1 Concentrations de contaminants chez les mères inuites de la région de Baffin au Nunavut (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)

Contaminants organochlorés	Étude initiale 1997 ^{1a, b} 24 (15-39) ³ n = 30 ⁴	Étude de suivi 2005-2007 ² 24 (15-39) ³ n = 99 ⁴	DS
Oxychlordane	69 (12-264)	26 (4,8-216)	< 0,0001
Trans-nonachlore	76 (21-275)	36 (4,3-262)	< 0,0001
p,p'-DDE	248 (70-719)	128 (17-672)	< 0,0001
Toxaphène-parlar 50	15 (3,9-73)	8,6 (0,93-97)	0,0008
BPC 138	61 (16-177)	15 (3,5-77)	< 0,0001
BPC 153	121 (33-355)	42 (6,2-276)	< 0,0001
BPC 180	48 (9,5-158)	18 (1,9-158)	< 0,0001
Aroclor 1260	950 (252-2 700)	301 (52-1 710)	< 0,0001
Métaux			
Hg total	6,7 (0,10-34)	4,0 (0,52-28)	0,0152
Hg organique	6,0 (0,8-29)	2,4 (0,20-23)	< 0,0001
Pb	42 (5,0-120)	14 (4,1-71)	< 0,0001
Cd	1,6 (0,03-6,2)	2,0 (0,27-7,3)	NS ⁶
Se	118 (99-152)	ND	ND

¹ a Butler Walker et coll., 2003,

b Butler Walker et coll., 2006

² Potyrala, 2008, communication personnelle

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ Nombre de personnes échantillonnées

⁵ DS = Différence significative (p < 0,05)

⁶ NS = Non significatif

1997 à 2007 (tableau 4.3.1, figure 4.2.2). On a observé le plus important changement absolu pour ce qui est du plomb, dont les concentrations ont nettement diminué, passant de 42 à 14 µg/L dans le sang total. Les concentrations de mercure total et de mercure organique ont considérablement diminué, le plus grand changement ayant été associé aux concentrations de mercure organique (6,0 à 2,4 µg/L dans le sang total). Une telle diminution est particulièrement encourageante, puisque la forme organique du mercure est la plus toxique pour les humains et les animaux. Durant cette période, les concentrations de cadmium dans le sang maternel ont augmenté, mais ce changement n'était pas statistiquement significatif. Les données de

TABLEAU 4.4.1 Résumé des études intégrées dans la base de données

Année	Nom de l'étude	POPULATION ÉTUDIÉE	RÉGION	ÂGE (INTERVALLE)
1992	Enquête Santé Québec auprès des Inuits du Nunavik, 1992	Femmes enceintes	Nunavik	24 (18-35)
1996	Étude sur le développement des nourrissons	Femmes enceintes	Nunavik	24 (17-34)
1997				25 (15-41)
1998				25 (15-37)
1999				26 (17-36)
2000				26 (17-39)
2001				27 (17-39)
2004	Qanuippitaa	Femmes enceintes	Nunavik	26 (19-37)
	Tendances temporelles (le présent projet)	Femmes enceintes	Nunavik	32 (18-42)
	Tous			27 (18-42)
2007	Tendances temporelles (le présent projet)	Femmes enceintes	Nunavik	24 (18-37)

questionnaires obtenues dans le cadre de cette étude ont révélé que les mères de cette région fumaient davantage; cette observation est confirmée par l'augmentation des concentrations de cadmium (Potyrala, données non publiées).

4.4 Région du Nunavik au Québec

4.4.1 Tendances temporelles des POP et des métaux chez les mères du Nunavik

Au cours des quinze dernières années, plusieurs études menées au Nunavik visaient à surveiller l'exposition des mères inuites aux POP et aux métaux lourds. Cette étude avait pour but de comparer le niveau d'exposition actuel aux POP avec le niveau d'exposition antérieur, et d'évaluer l'exposition aux nouveaux POP présents dans l'environnement. Les concentrations de contaminants dans le sang maternel ont fait l'objet d'un suivi, parce que l'on s'inquiétait de leurs effets possibles sur le développement des nouveau-nés et des nourrissons.

Une série de neuf études se sont penchées sur la présence de contaminants chez les mères du Nunavik. Ces études sont présentées dans le tableau 4.4.1.

Cette série d'études regroupait l'étude réalisée auprès de femmes enceintes qui avait pour titre l'Enquête Santé Québec auprès des Inuits du Nunavik de 1992, les études sur le développement des nourrissons menées

par Muckle et coll. (2001a; 2001b) et des études plus récentes axées sur la surveillance des tendances temporelles chez les mères du Nunavik (2004–2007). Dans le cadre de ces études, on a recruté chaque année de 11 à 53 mères dont l'âge moyen variait de 24 à 32 ans.

On a mesuré les concentrations des POP classiques et nouveaux et des métaux lourds (ce qui incluait 14 congénères des BPC, 11 pesticides chlorés, le méthylmercure, le plomb et le sélénium) à partir de tous les échantillons prélevés durant ce projet. Les données d'évaluation de l'exposition provenant d'études antérieures et actuelles ont été intégrées dans une base de données fonctionnelle aux fins de la présente évaluation. Les données sur les habitudes alimentaires n'étaient pas disponibles pour le présent rapport.

Le tableau 4.4.2 présente les données sur les tendances temporelles des POP classiques et des métaux durant

la période de 1992 à 2007 (voir également les figures 4.2.2 à 4.2.8). On a réalisé une analyse des tendances temporelles des concentrations plasmatiques des organochlorés chez les femmes enceintes à l'aide d'un modèle de régression multiple dont les variables dépendantes étaient les concentrations de contaminants (valeurs logarithmiques) et la principale variable indépendante, l'année d'échantillonnage. Les données ont été corrigées selon l'âge et la région d'échantillonnage (Hudson vs Ungava), puisque ces deux paramètres étaient liés à des effets importants. Les trois modèles utilisés expliquaient de 16 à 30 % de la variance observée dans les concentrations de contaminants.

La concentration de plomb dans le sang des mères vivant au Nunavik a diminué au cours de la période de 1992 à 2007, passant de 41 à 16 µg/L. Cette diminution était statistiquement significative, car la concentration maximale en 1997 atteignait 56 µg/L. La

TABEAU 4.4.2 Tendances temporelles des contaminants chez les Inuites enceintes vivant au Nunavik (Québec) (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)

Contaminants organochlorés	1992 ¹ 24 (18-35) ⁶ n = 11	1996 ² 24 (17-34) ⁶ n = 25	1997 ² 25 (15-41) ⁶ n = 53	1998 ² 25 (15-37) ⁶ n = 46	1999 ² 26 (17-36) ⁶ (n = 26)	2000 ² 26 (17-39) ⁶ (n = 36)	2001 ² 27(17-39) ⁶ n = 20	2004 ³ 27 (18-42) ⁶ n = 29	2007 ⁹ 24 (18-37) ⁶ n = 39	DS ^{4, 5}
Oxychlordan	77 (32-244)	41 (6,1-177)	48 (8,6-390)	34 (7,0-342)	47 (15-138)	40 (7,5-207)	36 (8,2-130)	35 (7,1-230)	22 (ND-182)	<0,0001
Trans-nonachlor	114 (50-322)	66 (15-246)	75 (14-332)	55 (12-578)	61 (21-169)	61 (13-304)	53 (12-204)	65 (14-412)	44 (2,5-255)	<0,0001
p,p'-DDE	636 (292-1567)	287 (71-1022)	369 (59-1444)	266 (67-2269)	287 (142-901)	274 (64-1328)	226 (54-1685)	231 (55-933)	150 (30-718)	<0,0001
Toxaphène-parlar 50	ND ⁷	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
BPC 138	114 (45-218)	58 (10-211)	69 (12-317)	46 (13-387)	62 (17-216)	56 (10-297)	53 (11-165)	37 (8,6-118)	22 (16-30)	<0,0001
BPC 153	172 (71-287)	105 (19-409)	125 (23-612)	83 (27-709)	115 (29-473)	97 (15-499)	82 (16-417)	72 (16-253)	40 (5-218)	<0,0001
BPC 180	90 (34-146)	44 (7,6-189)	51 (11-216)	35 (12-278)	53 (14-384)	42 (5,0-263)	44 (7,5-240)	31 (4,9-125)	16 (12-22)	<0,0001
Métaux	n = 11	n = 25	n = 53	n = 27	n = 16	n = 29	n = 19	n = 31	n = 42	
Hg total	12 (3,6-33)	13 (4,2-29)	11 (3,8-44)	7,2 (3,2-27)	8,5 (2,6-31)	9,0 (1,8-38)	9,9 (1,6-33)	7,6 (1,2-30)	4,0 (0,7-24)	<0,0001
Hg organique	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	41 (8,3-172)	48 (17-141)	56 (10-259)	54 (27-131)	53 (19-112)	44 (10-137)	33 (5,2-129)	19 (5,8-85)	16 (6,6-77)	<0,0001
Cd	3, 2 (0,36-7,6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,7 (,34-8,0)	1,9 (0,2-7,6)	NS ⁸
Se	ND	37 (19-62)	32 (19-98)	30 (19-47)	30 (15-58)	34 (19-123)	26 (19-39)	27 (13-70)	26 (13-71)	0,0002

¹ Santé Québec, 1994.

² Dallaire et coll., 2003

³ Dewailly et coll., 2007 a et b

⁴ Analyse spéciale – Pereg, sous presse

⁵ DS = Différence significative ($p < 0,05$) obtenue à l'aide de l'analyse de la variance (ANOVA) dont les résultats ont été corrigés en fonction de l'âge et de la région (Hudson ou Ungava) et de l'analyse de régression logistique dont les résultats ont été corrigés en fonction de l'âge, de la région (Hudson ou Ungava) et du tabagisme (fumeuse, ancien fumeuse et non-fumeuse)

⁶ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁷ ND = Non disponible

⁸ NS = Non significatif

⁹ Pereg et coll., 2008



concentration de mercure total a également diminué de façon considérable durant la même période; après avoir atteint un sommet de 12 µg/L en 1992, elle avait chuté à 4,0 µg/L en 2007. La concentration de cadmium dans le sang maternel semblait également avoir diminué, passant de 3,2 à 1,9 µg/L, mais cette différence n'était pas statistiquement significative. Les mesures du cadmium n'ont été prises qu'en 1992, 2004 et 2007.

Les concentrations des trois BPC ont considérablement diminué dans le sang des mères vivant au Nunavik durant la période de 1992 à 2007. Le plus important changement a été associé au congénère prédominant, soit le BPC 153, dont les concentrations sont passées de 172 à 40 µg/kg de lipides (tableau 4.4.2). Une forte diminution des concentrations des dérivés du chlordane, soit le trans-nonachlore et l'oxychlordane, a aussi été notée au cours de la même période. Le plus important changement a été associé au trans-nonachlore dont les concentrations atteignaient un maximum de 114 µg/kg de lipides en 1992 et un minimum de 44 µg/kg de lipides en 2007. En 1992, le *p,p'*-DDE était de tous les POP celui qui était présent aux concentrations les plus élevées (636 µg/kg de lipides); les concentrations de ce contaminant ont diminué pour atteindre 150 µg/kg de lipides, ce qui représente une réduction statistiquement significative.

4.4.2 Changements des concentrations de POP classiques et de métaux chez les adultes du Nunavik

Certains des résultats des données sur les contaminants environnementaux et les habitudes alimentaires ont été mentionnés précédemment dans le RECAC I (CACAR, 1997) et le RECAC II (CACAR, 2003). Une étude de suivi importante sur la santé a été réalisée au Nunavik en 2004 pour évaluer de nouveau l'état de santé de la population et déterminer les facteurs de risque de maladies chroniques. On a mesuré les concentrations de contaminants dans des échantillons de sang et déterminé les quantités d'aliments traditionnels consommés par la population. Les premiers résultats relatifs aux POP classiques et nouveaux et aux métaux sont indiqués dans le compte rendu de l'étude de Dewailly et coll. 2007a, b), mais les analyses détaillées des habitudes alimentaires ne sont pas disponibles aux fins du présent rapport.

L'analyse des contaminants a été effectuée par le laboratoire de toxicologie de l'Institut national de santé publique du Québec à l'aide d'une nouvelle méthode connue sous le nom d'« extraction automatisée en phase solide » (EAPS). Cette méthode permet de mesurer 86 contaminants en une seule analyse. On a ainsi été capable de mesurer les concentrations de POP classiques

et d'une grande variété de nouveaux POP présents dans un seul échantillon. La présente section ne présente que les résultats relatifs aux POP classiques, mais les données sur les nouveaux POP figurent dans la section 4.5. En 2004, on a prélevé des échantillons de sang chez 917 hommes et femmes de 18 ans et plus; le taux de participation était de 69 % (Dewailly et coll., 2007a,b). Des analyses spéciales ont été effectuées aux fins du présent rapport (Dewailly et coll., 2007a), et les résultats sont indiqués dans les tableaux 4.4.3 et 4.4.4. Au total, 498 femmes et 408 hommes ont accepté de fournir des échantillons de sang dans le cadre du programme de surveillance de suivi de 2004. Il est encourageant de constater que les intervalles d'âge sont très semblables dans les deux périodes d'échantillonnage (18 à 73 ou 74 ans) et que les âges moyens sont similaires (35, 36 ou 37 ans) dans les quatre groupes (tableaux 4.4.3 et 4.4.4). Des analyses approfondies de cet ensemble de données ont révélé l'augmentation prévue dépendante de l'âge des concentrations de POP à la fois chez les hommes et les femmes (Dewailly et coll., 2007 a, b).

Comme le montrent les tableaux 4.4.3 et 4.4.4, les concentrations de POP chez les adultes vivant au Nunavik ont considérablement diminué de 1992 à 2004 (voir aussi les figures 4.4.1 à 4.4.3). Les études antérieures de surveillance réalisées dans l'Arctique et ailleurs dans le monde ont montré que les BPC 138, 153 et 180 étaient les congénères qui étaient présents aux concentrations les plus élevées dans le sang. Ces études ont aussi indiqué que les concentrations de ces trois congénères avaient diminué durant la période de 1992 à 2004. Les concentrations de BPC 138 ont toutefois diminué plus rapidement à la fois chez les hommes et les femmes. Les concentrations de *p,p'*-DDE ont connu la plus forte diminution absolue, celles-ci étant passées de 1 195 à 461 µg/kg de lipides chez les hommes et de 1 001 à 467 µg/kg de lipides chez les femmes. Les concentrations des deux métabolites ou composants du chlordane, soit l'oxychlordane et le trans-nonachlore, ont aussi considérablement diminué.

Il est intéressant d'observer que, chez les adultes vivant au Nunavik, les concentrations de POP classiques étaient beaucoup plus élevées (de 10 à 20 %) chez les hommes que chez les femmes en 1992. Cette situation a changé en 2004, alors que l'oxychlordane, le trans-nonachlore, le *p,p'*-DDE et le BPC 138 étaient présents à des concentrations semblables chez les hommes et les femmes, et que seuls les BPC 153 et 180 se trouvaient toujours à des concentrations de 10 à 20 % plus élevées chez les hommes. Puisque l'information obtenue dans le cadre de l'enquête sur les habitudes alimentaires n'est pas actuellement disponible aux fins de la plus récente étude, on ne peut pas tirer de conclusions définitives.

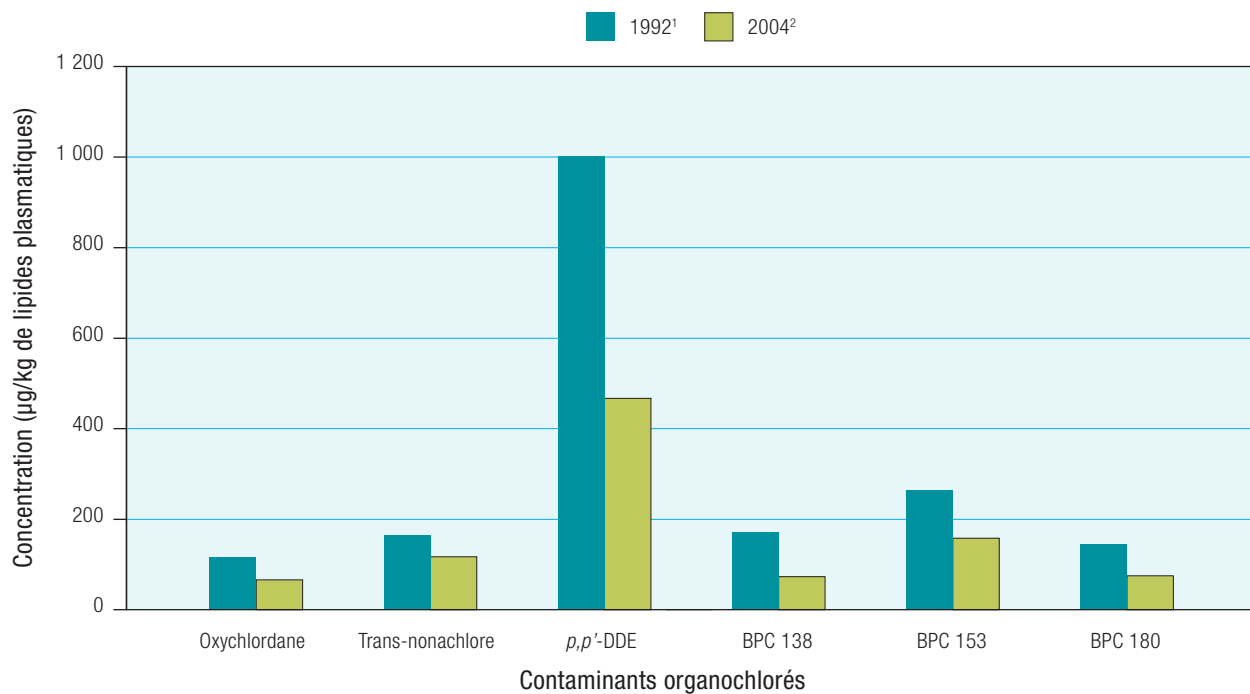


FIGURE 4.4.1

Concentrations de composés organochlorés chez les femmes inuites du Nunavik en 1992 et en 2004 (µg/kg de lipides plasmatiques)

¹ Santé Québec, 1994

² Dewailly et coll., 2007 a et b

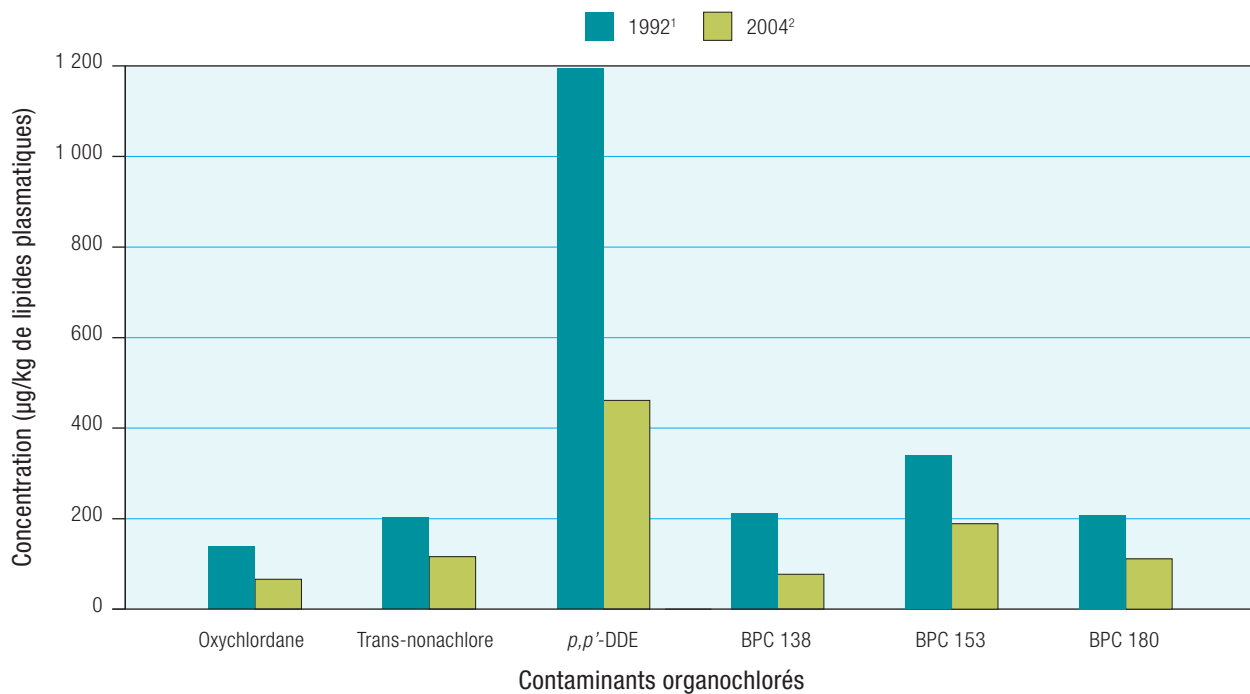


FIGURE 4.4.2

Concentrations de composés organochlorés chez les hommes inuits du Nunavik en 1992 et en 2004 (µg/kg de lipides plasmatiques)

¹ Santé Québec, 1994

² Dewailly et coll., 2007 a et b



TABLEAU 4.4.3 Concentrations de contaminants chez les hommes inuits du Nunavik en 1992¹ et en 2004² (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)

Contaminants organochlorés	Hommes inuits Nunavik 1992 ¹ 36 (18-74) ³ (n = 210)	Hommes inuits Nunavik 2004 ² 37 (18-74) ³ (n = 408)	DS ⁴
Oxychlordan	138 (1,9-2 849)	66 (0,93-1 608)	< 0,0001
Trans-nonachlore	202 (7,7-2 442)	116 (1,5-3 942)	< 0,0001
p,p'-DDE	1 195 (115-11 330)	461 (13-8 306)	< 0,0001
Toxaphène-parlar 50	ND ⁵	ND	ND
BPC 138	212 (9,7-1 960)	77 (3,0-1 388)	< 0,0001
BPC 153	340 (14-2 865)	189 (6,3-3 428)	< 0,0001
BPC 180	208 (7,7-3 094)	111 (6,2-1 851)	< 0,0001
Métaux			
Hg total	14 (0,8-97)	9,2 (0,08-241)	< 0,0001
Hg organique	ND	ND	ND
Pb	96 (17-346)	46 (9,1-497)	< 0,0001
Cd	5,1 (0,34-15)	4,1 (0,24-12)	< 0,0001
Se	ND	ND	ND

¹ Santé Québec, 1994

² Dewailly et coll., 2007 a et b

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ DS = Différence significative (p < 0,05), Dewailly 2007a

⁵ ND = Non disponible

Il semble que toutes les concentrations de métaux chez les adultes du Nunavik ont diminué durant la période de 1992 à 2004. On a observé le plus important changement pour ce qui est du plomb dont les concentrations sont passées, respectivement, de 96 à 46 µg/L et de 78 à 34 µg/L dans le sang total chez les hommes et les femmes. Les concentrations de mercure ont également beaucoup diminué chez les hommes et les femmes, tout comme les concentrations de cadmium. Des analyses de cet ensemble de données fournies par Dewailly et coll. (2007b), lesquelles ont été réalisées par groupe d'âge, ont montré que, en réalité, les concentrations de cadmium chez les adultes de 18 à 24 ans n'avaient jamais été aussi élevées qu'en 2004.

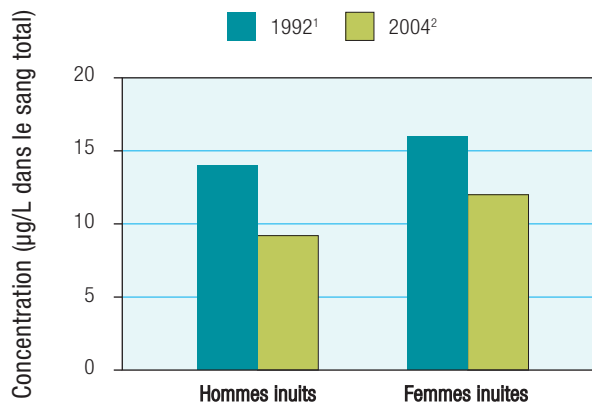


FIGURE 4.4.3

Concentrations de mercure total chez les hommes et les femmes inuits du Nunavik en 1992 et en 2004 (µg/L dans le sang total).

¹ Santé Québec, 1994

² Dewailly et coll., 2007 a and b

TABLEAU 4.4.4 Concentrations de contaminants chez les femmes inuites du Nunavik en 1992 et en 2004 (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/kg de lipides plasmatiques, et métaux : µg/L dans le sang total)

Contaminants organochlorés	Femmes inuites Nunavik 1992 ¹ 35 (18-73) ³ (n = 282)	Femmes inuites Nunavik 2004 ² 37 (18-74) ³ (n = 498)	DS ⁴
Oxychlordan	115 (5,0-1 957)	66 (2,3-2 692)	< 0,0001
Trans-nonachlore	164 (13-1 425)	117 (4,7-3 702)	< 0,0001
p,p'-DDE	1 001 (97-14 597)	467 (27-8 306)	< 0,0001
Toxaphène-parlar 50	ND ⁵	ND	ND
BPC 138	172 (17-1 616)	73 (3,7-2 549)	< 0,0001
BPC 153	263 (27-2 452)	158 (5,7-5 805)	< 0,0001
BPC 180	144 (10-2 203)	75 (3,3-3 510)	< 0,0001
Métaux			
Hg total	16 (2,0-112)	12 (0,20-164)	< 0,0001
Hg organique	ND	ND	ND
Pb	78 (8,3-472)	34 (5,8-311)	ND
Cd	5,0 (0,29-22)	4,1 (0,16-15)	< 0,0001
Se	ND	ND	ND

¹ Santé Québec, 1994

² Dewailly et coll., 2007 a et b

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ DS = Différence significative (p < 0,05), Dewailly 2007a

⁵ ND = Non disponible

4.5 Nouveaux contaminants

Au moment où de nombreux POP hérités tels que le DDT et les BPC sont présents en quantités plus faibles dans la faune marine de l'Arctique, on note l'apparition de nouveaux contaminants. On trouve maintenant les ÉDPB chez des espèces d'animaux sauvages qui sont des aliments traditionnels consommés par les habitants de l'Arctique canadien (Braune et coll., 2005). Braune et coll. (2005) ont déclaré que les concentrations des ÉDPB avaient augmenté de 4 à 9 fois de 1975 à 1998 chez certaines espèces d'oiseaux, mais on ne dispose pas de suffisamment d'information pour évaluer les différences entre les espèces ainsi que les tendances spatiales ou temporelles. On note également la présence dans l'Arctique d'un second groupe de produits chimiques, les composés perfluorés (PFC), qui étaient largement utilisés comme antitaches ainsi que dans la fabrication de surfaces non adhésives. Il était très difficile de mesurer les concentrations de PFC, et de nouvelles méthodes d'analyse n'ont été élaborées qu'au cours des dix dernières années. Une grande quantité de données sur les humains et la faune sont maintenant accessibles. L'un des principaux PFC, le sulfonate de perfluorooctane (SPFO), est l'halogène le plus fréquemment trouvé dans le foie des ours polaires à l'Est de la baie d'Hudson. Les concentrations du SPFO excèdent celles des congénères de BPC et du DDE (Braune et coll., 2005). Comme c'est le cas pour les ÉDPB, on ne dispose pas de données de surveillance suffisantes relativement aux PFC pour évaluer les différences entre les espèces ainsi que les tendances spatiales ou temporelles. Ce chapitre examinera certaines des données préliminaires sur les concentrations de ces ÉDPB et des PFC dans les tissus

humains et traitera de leur pertinence pour les études de surveillance futures.

4.5.1 Concentrations des nouveaux contaminants

■ ÉDPB

Les quatre études décrites dans les sections 4.2, 4.3 et 4.4 portant sur la surveillance des tendances des POP hérités et des métaux ont permis de mesurer les concentrations de certains nouveaux POP. Dans le cadre de ces quatre études, on a mesuré les concentrations d'un nombre limité d'ÉDPB (47, 99, 100 et 153), et les premiers résultats sont résumés dans les tableaux 4.5.1 et 4.5.2. Le tableau 4.5.1 présente les concentrations de quatre congénères d'ÉDPB relevées chez des mères appartenant aux trois groupes ethniques de la région d'Inuvik et des mères inuites de la région de Baffin. Les mères non autochtones présentaient les concentrations moyennes d'ÉDPB 47 les plus élevées par rapport aux mères dénées/métisses et inuites (11 vs 6,9 à 6,3 µg/kg de lipides plasmatiques), bien que les valeurs maximales aient été notées chez les mères inuites (Armstrong et coll., 2007; Potyrala, 2008, communication personnelle). En ce qui concerne la région de Baffin où l'on a enregistré les plus fortes concentrations de BPC, il faut faire remarquer que la concentration du BPC 153 était presque sept fois plus élevée que celle d'ÉDPB 47 (tableaux 4.4.2, 4.5.1 et 4.5.2). Malheureusement, les évaluations alimentaires réalisées dans le cadre des études menées dans les régions d'Inuvik ou de Baffin ne portaient pas sur ces contaminants. Une étude antérieure dans laquelle on a utilisé des échantillons composites recueillis durant le programme initial de surveillance

TABLE 4.5.1 Concentrations des éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB) chez les mères dénées/métisses, inuites et non autochtones des régions d'Inuvik et de Baffin (moyenne géométrique [intervalle], µg/kg de lipides plasmatiques)

Nouveaux contaminants	Non autochtones	Dénées/métisses	Inuites	
	Inuvik ¹ (2005-2006) 32 (23-40) ³ (n = 6)	Inuvik ¹ (2005-2006) 25 (16-36) ³ (n = 17)	Inuvik ¹ (2005-2006) 26 (17-38) ³ (n = 52)	Baffin ² (2007) 24 (15-39) ³ (n = 99)
ÉDPB 47	11 (3,6-102)	6,9 (1,8-30)	6,7 (1,8-468)	6,3 (1,1-174)
ÉDPB 99	2,2 (1,2-14)	1,6 (1,2-6,8)	2,2 (1,2-152)	1,9 (0,74-145)
ÉDPB 100	2,1 (1,2-12)	1,4 (1,2-4,2)	1,9 (1,2-90)	1,7 (0,74-30)
ÉDPB 153	1,3 (0,59-5,3)	1,8 (0,59-4,3)	2,5 (0,59-68)	2,1 (0,47-22)

¹ Armstrong et coll., 2007 (analyse spéciale pour le présent rapport)

² Potyrala, 2008, communication personnelle

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

TABLEAU 4.5.2 Concentrations plasmatiques des nouveaux contaminants chez la population du Nunavik (moyenne géométrique [intervalle], SPFO¹ : µg/L de plasma, ÉDPB² : µg/kg de lipides plasmatiques)

		Nunavik		
		Hommes (18-74) ³ n = 402	Femmes (18-74) ³ n = 494	FAP ⁴ (18-39) ³ n = 301
SPFO ⁵ (µg/L)		21 (2,8-470)	16 (0,5-200)	13 (2,3-97)
ÉDPB ⁵ (µg/kg)	47	6,0 (< ND ⁶ -101)	6,0 (< ND ⁶ -344)	6,7 (< ND ⁶ -344)
	99	< ND ⁶ (< ND ⁶ -97)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -82)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -82)
	100	< ND ⁶ (< ND ⁶ -78)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -83)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -83)
	153	4,0 (< ND ⁶ -135)	2,1 (< ND ⁶ -58)	4,0 (< ND ⁶ -58)

¹ Perfluorooctanesulfonate (SPFO)

² Éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB)

³ Âge du groupe échantillonné

⁴ Femmes en âge de procréer

⁵ Dewailly et coll., 2007c

⁶ Non détecté (ND)

mené dans les T.N.-O. et le Nunavut n'a pas permis de constater des différences entre les concentrations d'ÉDPB chez les mères inuites, dénées/métisses et de race blanche, et les concentrations notées étaient semblables à celles observées dans les études de suivi de 2006–2007 (Ryan et Van Oostdam, 2004).

Le tableau 4.5.2 présente les concentrations des ÉDPB 47, 99, 100 et 153 exprimées en fonction de la masse lipidique, qui ont été notées chez les hommes et les femmes inuits, notamment les femmes en âge de procréer, vivant au Nunavik. L'ÉDPB 47 est également le congénère dont les concentrations sont les plus élevées chez les hommes et les femmes, notamment celles en âge de procréer, vivant au Nunavik. On a noté chez ces personnes des concentrations très semblables à celles observées chez les Inuits, les Dénés/Métis et les personnes de race blanche des régions d'Inuvik et de Baffin. Les premières analyses des données portant sur la population du Nunavik indiquent que les concentrations de ÉDPB n'augmentent pas avec l'âge chez les hommes et les femmes, et seul l'ÉDPB 47 a été faiblement associé à la consommation de mammifères marins (Dewailly et coll., 2007c). En 1990, on a prélevé des échantillons de lait maternel chez des personnes vivant au Nunavik et dans le Sud du Québec (lesquels ont été conservés), puis, en 2002, on a effectué de nouveaux prélèvements (Pereg et coll., 2003). Tous les échantillons ont été analysés, en 2003, par le même laboratoire, qui a aussi réalisé les autres analyses sur les ÉDPB décrites dans le présent

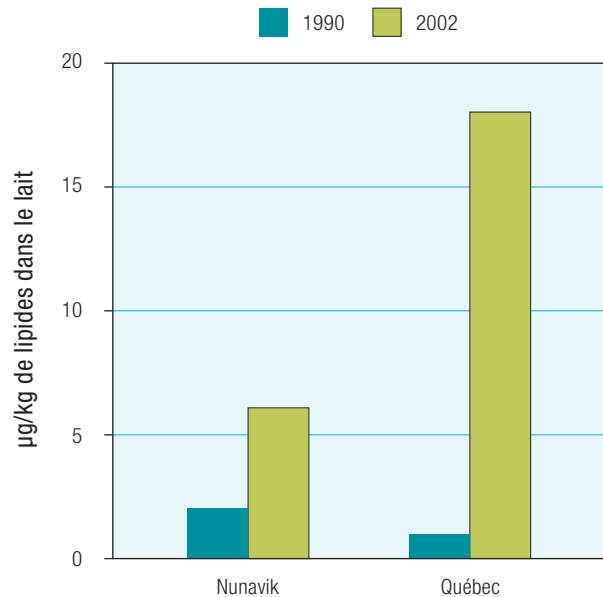


FIGURE 4.5.1

Changements des concentrations de tous les ÉDPB dans deux populations du Québec (Pereg et coll., 2003)

rapport. Les concentrations dans le lait maternel de tous les congénères des ÉDPB chez ces deux populations ont augmenté au cours de cette période, mais l'augmentation était nettement plus forte chez la population du Sud du Québec (figure 4.5.1).

Le tableau 4.5.3 présente des concentrations comparées d'ÉDPB exprimées en fonction de la masse lipidique, qui ont été observées chez des adultes vivant dans d'autres pays. On peut voir que l'ÉDPB 47 est le congénère présent aux concentrations les plus élevées. Comparativement aux concentrations d'ÉDPB 47 détectées chez les mères vivant dans les régions d'Inuvik et de Baffin, les concentrations de ce congénère sont plus fortes aux États-Unis, plus faibles au Royaume-Uni et semblables au Sud du Québec, en Corée et en Nouvelle-Zélande. Ces comparaisons doivent être analysées avec une grande prudence, puisque bon nombre de ces groupes constitués de mères n'ont pas été appariés selon l'âge ou le sexe avec les mères vivant dans les régions d'Inuvik et de Baffin. Il est fort probable que ces mères étaient beaucoup plus jeunes que les populations adultes mentionnées.

■ Composés perfluorés (PFC)

Seules quelques études réalisées dans l'Arctique canadien ont permis de mesurer les concentrations de PFC. Le tableau 4.5.2 montre que les hommes présentent des concentrations de SPFO plus élevées que les femmes.

TABLEAU 4.5.3 Concentrations des éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB) dans le sang d'hommes et de femmes adultes de différents pays

Région	Population	Période d'échantillonnage	Masse lipidique (µg/kg de lipides plasmatiques/sériques)				
			ÉDPB-47		ÉDPB-99	ÉDPB-100	ÉDPB-153
Québec, Canada ¹	Femmes ménopausées n = 110 58 (48-76) ⁶	2003-2004	8,17 ^a (0,81-1 780)	1,4 (< 0,40-716)	1,1 (< 0,40-366)	1,4 (< 0,40-198)	1,4 (<0.40-198)
É.-U. ²	Hommes et femmes n = 93 (ND) ⁸	2001-2003	13 ^{7a} (0,71-1 389)	3,2 (0,33-545)	2,7 (0,30-280)	3,2 (0,39-165)	3,2 (0.39-165)
Corée ³	Hommes n = 10 (ND) ⁸	2001	5,77 ^b (2,2-12)	2,68 (1,5-5,4)	1,4 (0,45-2,5)	4,7 (2,8-7,7)	4,7 (2,8-7,7)
	Femmes n = 12 (ND) ⁸	2001	4,57 ^b (1,8-7,7)	2,3 (1,1-4,9)	0,99 (0,33-1,9)	3,0 (1,6-7,5)	3,0 (1,6-7,5)
Nouvelle-Zélande ⁴	Hommes et femmes n = 23 ND ⁸ (20-64) ⁶	2001	3,57 ^b ND ⁸	0,91 ND ⁸	0,86 ND ⁸	1,2 ND ⁸	1,2 NA ⁸
R.-U. ⁵	Hommes et femmes n = 154 (ND) ⁸	2003	0,82 ^{7c} (< 0,30-180)	< 0,16 (< 0,16-150)	0,76 (< 0,17-390)	1,7 (< 0,26-87)	1,7 (<0.26-87)

¹ Sandanger et coll., 2007

² Morland et coll., 2005

³ Kim et coll., 2005

⁴ Harrad et Porter, 2006

⁵ Thomas et coll., 2006

⁶ Âge moyen du groupe échantillonné (plage)

^{7a} Moyenne géométrique

^{7b} Moyenne arithmétique

^{7c} Médiane

⁸ Données non disponibles (ND)

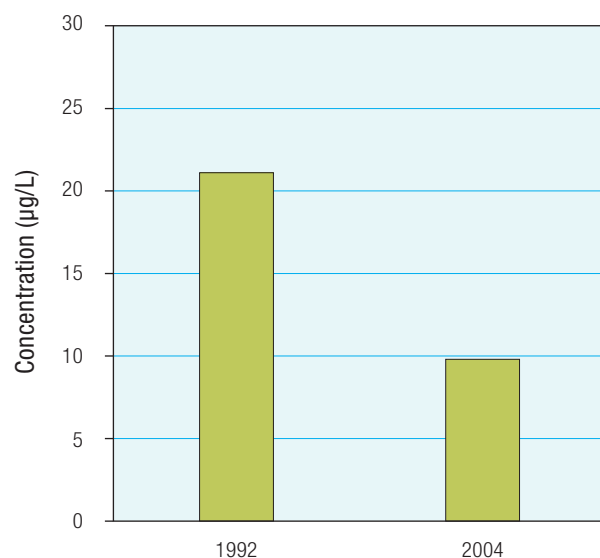


FIGURE 4.5.2

Concentrations de SPFO chez les femmes en âge de procréer et les femmes enceintes (Pereg, 2007) (1992 : n = 49; 2004 : n = 31)

Les concentrations les plus faibles ont été détectées chez les femmes en âge de procréer (Dewailly et coll., 2007c). On a récemment eu accès à des données de comparaison portant sur les concentrations de SPFO chez les mères et les femmes en âge de procréer vivant au Nunavik de 1992 à 2004 (figure 4.5.2). Ces données montrent que les concentrations de ce contaminant ont nettement diminué au cours de cette période (Pereg, 2007). Les concentrations de SPFO chez les Inuits du Nunavik en 2004 (tableau 4.5.2) peuvent être comparées à celles notées chez les adultes d'autres pays indiquées dans le tableau 4.5.4. On remarquera que bon nombre des valeurs des concentrations de SPFO chez les populations des États-Unis, du Sud du Canada, du Danemark, de l'Allemagne et du Japon sont très semblables ou légèrement supérieures à celles notées chez les adultes du Nunavik; cependant, les concentrations sont très variables. Une étude précédente dans laquelle on a utilisé des échantillons composites recueillis durant le programme initial de surveillance mené dans les T.N.-O. et le Nunavut n'a pas permis de constater de différences entre les concentrations de SPFO et d'autres PFC chez les mères inuites, dénées/métisses et de race blanche. Les concentrations observées étaient toutefois 50 % plus élevées que celles détectées durant les études de



TABLEAU 4.5.4 Concentrations sériques ou plasmatiques de perfluorooctanesulfonate (SPFO) chez des hommes et des femmes adultes de différents pays

Région		Population	Période d'échantillonnage	Poids humide (µg/L)
				SPFO
É.-U. ¹		Hommes n = 2 094 ⁷ (12–60+) ⁸	2003–2004	23 ^{9a} (21-26)
			1999–2000	33 ^{9a} (30-38)
		Femmes n = 2 094 ⁷ (12–60+) ⁸	2003–2004	18 ^{9a} (17-20)
			1999–2000	28 ^{9a} (25-32)
É.-U. ²		Hommes n = 332 (20-69) ⁸	2000–2001	38 ^{9a} ($< 4,3-1\ 656$)
				Femmes n = 313 (20-69) ⁸
Ottawa/Gatineau, Canada ³		Hommes n = 35 ND ¹⁰	2002	28 ^{9b} (3,7-65)
		Femmes n = 21 ND ¹⁰		30 ^{9b} (9,5-62)
Danemark ⁴		Femmes ¹¹ n = 1 400 ND ¹⁰	1996–2002	35 ^{9b} ND ¹⁰
Allemagne ⁵		Hommes et femmes ¹¹ n = 105 ND ¹⁰	2003–2004	22 ^{9c} (6,2-131)
Japon ⁶	Kyoto	Hommes n = 28 37 ⁸	2003	28 ^{9a} ND ¹⁰
		Femmes N = 26 37 ⁸		14 ^{9a} ND ¹⁰
	Miyagi	Hommes n = 32 40 ⁸		5,7 ^{9a} ND ¹⁰
		Femmes n = 23 42 ⁸		3,5 ^{9a} ND ¹⁰

¹ Calafat et coll., 2007a,b

² Kubwabo et coll., 2004

³ Olsen et coll., 2003

⁴ Fei et coll., 2007

⁵ Midasch et coll., 2006

⁶ Harada K. et coll., 2004

⁷ Le nombre de participants inclut les hommes et les femmes.

⁸ Âge moyen ou intervalle d'âge du groupe échantillonné

^{9a} Moyenne géométrique

^{9b} Moyenne arithmétique

^{9c} Médiane

¹⁰ Données non disponibles (ND)

¹¹ Échantillons plasmatiques; tous les autres échantillons sont des échantillons sériques.

suivi de 2006–2007, qui sont indiquées dans le présent rapport (Tittlemier et coll., 2004). L'analyse initiale des PFC dans les aliments traditionnels des habitants de l'Arctique canadien n'a pas montré que la consommation de mammifères marins ou terrestres était une importante source d'exposition aux contaminants (Tittlemier et coll., 2006).

On a récemment eu accès aux données sur les concentrations tissulaires de divers métabolites des BPC, tels les métabolites hydroxylés et méthyl-sulfonyles, chez les adultes du Nunavik. La littérature ne contient que peu de données comparatives, et on a recueilli peu de données de ce genre auprès des populations de l'Arctique. Le lecteur est donc renvoyé à l'étude de Dewailly et coll. (2007c) pour obtenir davantage d'information.

4.6 Concentrations de contaminants dans les tissus et valeurs maximales recommandées

On a établi des critères relatifs aux concentrations acceptables d'un certain nombre de contaminants chez les humains. Cette section compare les concentrations de BPC (comme l'Aroclor 1260), de mercure, de cadmium et de plomb dans les tissus de divers groupes ethniques vivant dans le Nord aux valeurs maximales recommandées présentées dans le tableau 4.6.1.

4.6.1 Concentrations de BPC dans les tissus et valeurs maximales recommandées

Santé Canada (1986), dans sa ligne directrice concernant les PCB, a indiqué un *seuil préoccupant* et un *seuil d'intervention* correspondant à des concentrations sanguines supérieures à 5 µg/L. Le tableau 4.6.1 résume les concentrations sanguines de BPC (comme l'Aroclor 1260) excédant les valeurs maximales recommandées chez les mères de la région d'Inuvik (T.N.-O.), du Nunavut et de la région du Nunavik (Nord du Québec). Les récents résultats des études de biosurveillance (c. à d. depuis 2003) menées dans la région d'Inuvik indiquent que 7,4 % des échantillons sanguins prélevés chez des Inuvialuits contenaient des PCB dont les concentrations excédaient 5 µg/L, et qu'aucun des échantillons sanguins prélevés chez les Dénés/Métis et les non autochtones ne présentait des concentrations de PCB dépassant ce seuil. Les résultats correspondants relatifs aux mères inuites du Nunavut et à celles du Nunavik indiquent que respectivement, 25 % et 52 % des échantillons de sang prélevés chez ces groupes contenaient des PCB à des concentrations excédant 5 µg/L. Le pourcentage d'Inuits du Nunavut et du Nunavik qui présentaient des concentrations de BPC

TABLEAU 4.6.1 Valeurs maximales recommandées de certains contaminants

Contaminant	Seuil préoccupant	Seuil d'intervention
Cadmium ¹	Non disponible	5 µg/L
Plomb ²	Non disponible	100 µg/L (seuil d'intervention)
Mercuré (sang) (É.-U.) ³	5,8 µg/L	
Mercuré (sang) ⁴	20 µg/L (plage de risque accru)	100 µg/L (plage « à risque »)
Mercuré (cheveux) ⁴	6 µg/g (plage de risque accru)	30 µg/g (plage « à risque »)
BPC (comme l'Aroclor 1260) ⁵	5 µg/L	5 µg/L

¹ Valeur maximale recommandée en milieu de travail, OSHA, 1992

² Valeur maximale recommandée dans le sang des adultes de la population générale, Santé Canada, 1994

³ Fondé sur la réévaluation faite par les É.-U. en 1999 à partir de laquelle on a déterminé une dose repère pour le mercure (58 µg/L) et recommandé l'application d'un facteur de sécurité de 10, ce qui a permis de définir une valeur maximale recommandée de 5,8 µg/L dans le sang maternel.

⁴ Valeur maximale recommandée chez les adultes de la population générale, Santé Canada, 1984

⁵ Valeur maximale recommandée dans le sang des femmes enceintes, Santé Canada, 1986

excédant la valeur maximale recommandée de 5 µg/L était le plus élevé comparativement à celui des autres groupes, étant donné qu'ils affichaient les concentrations moyennes de BPC les plus élevées.

Les études de biosurveillance ont été menées durant plusieurs années. En comparant les concentrations de BPC observées durant les récentes études de biosurveillance et celles notées durant les études antérieures de biosurveillance, il est possible d'avoir un aperçu des tendances. Le tableau 4.6.2 indique que le pourcentage d'échantillons dont les concentrations de PCB excédaient le seuil préoccupant/d'intervention a diminué de la fin des années 1990 à 2006-2007 chez les Inuvialuits et les Dénés/Métis de la région d'Inuvik. On a aussi constaté une forte diminution des concentrations de PCB chez les Inuits du Nunavut (c. à d. que 73 % des échantillons présentaient des concentrations excédant la valeur maximale recommandée de 5 µg/L en 1997 comparativement à 25 % des échantillons obtenus durant l'étude de biosurveillance de 2005 à 2007), de même qu'une diminution globale des concentrations de PCB chez les Inuits du Nunavik (c. à d. que 91 % des échantillons présentaient des concentrations dépassant la valeur maximale recommandée de 5 µg/L en 1992 comparativement à 52 % des échantillons prélevés durant l'étude de 2004). Dans l'ensemble, ces résultats montrent une diminution de la proportion de mères qui présentaient des concentrations de PCB excédant le seuil

préoccupant/d'intervention de 5 µg/L et confirment la réduction globale des concentrations de PBC chez ces mères (section 4.6.2).

4.6.2 Concentrations de métaux dans les tissus et valeurs maximales recommandées

Dans cette section, nous comparons les concentrations de mercure (total), de plomb et de cadmium excédant les valeurs maximales recommandées dans le sang chez les femmes en âge de procréer.

■ Mercure

Santé Canada a établi une valeur maximale recommandée de mercure dans le sang (Santé Canada, 1984). Santé Canada considère que les concentrations de mercure inférieures à 20 µg/L dans le sang humain se situent dans une plage acceptable. Lorsque des personnes présentent des concentrations de mercure variant de 20 à 100 µg/L, on considère qu'elles sont exposées à un « risque accru », alors que si elles présentent des concentrations de mercure supérieures à 100 µg/L, on considère qu'elles sont « à risque ». Les États-Unis ont réévalué leur ligne directrice concernant les concentrations de mercure dans les aliments. Dans le cadre de cette évaluation, on a déterminé une dose repère pour le mercure, soit 58 µg/L, et recommandé l'application d'un facteur de sécurité de 10 afin de déterminer un apport alimentaire (NRC, 2000). En se fondant sur cette dose repère, on a établi à 5,8 µg/L la valeur maximale recommandée non officiellement reconnue pour ce qui est des concentrations sanguines de mercure chez les femmes en âge de procréer.

Le tableau 4.6.2 montre que, parmi les mères de la région d'Inuvik, du Nunavut et du Nunavik, seulement 2 % des mères inuites du Nunavut et 2,1 % (2007) des mères inuites du Nunavik présentaient des concentrations de mercure dépassant la valeur maximale de 20 µg/L recommandée par Santé Canada. Aucune des mères inuvialuites, dénées/métisses ou non autochtones de la région d'Inuvik n'affichait des concentrations supérieures à la valeur maximale recommandée.

La proportion de mères qui présentaient des concentrations de mercure excédant la valeur maximale de 5,8 µg/L recommandée par les É.-U. était de 32 % chez les Inuites du Nunavut, de 31 % (2007) chez les Inuites du Nunavik et de 5,6 % chez les Inuvialuites de la région d'Inuvik.



La proportion de mères inuites ayant participé aux récentes études de biosurveillance qui affichaient des concentrations de mercure excédant la valeur maximale de 20 µg/L recommandée par Santé Canada, laquelle correspond à un « risque accru », ainsi que la valeur acceptable de 5,8 µg/L établie par les É.-U. a diminué de façon marquée par rapport à celle des mères ayant participé aux études précédentes de biosurveillance. On a noté les diminutions suivantes en ce qui a trait aux pourcentages d'échantillons dont les concentrations de mercure étaient supérieures à la valeur maximale de 20 µg/L recommandée par Santé Canada : de 3,2 % dans une étude de biosurveillance menée en 1998 et 1999 à 0 % dans une étude de biosurveillance réalisée en 2005 et 2006 auprès des Inuvialuits de la région d'Inuvik; de 9,7 % dans une étude de biosurveillance menée en 1997 à 2,0 % dans une étude de biosurveillance réalisée de 2005 à 2007 auprès des Inuits du Nunavut; et de 36 % dans une étude de biosurveillance menée en 1992 à 2,1 % dans une étude de biosurveillance réalisée en 2007 auprès des Inuits du Nunavik. On peut observer une tendance semblable en ce qui concerne les pourcentages d'échantillons dépassant la valeur de 5,8 µg/L fixée par les É.-U. pour les mêmes régions et les mêmes groupes ethniques (voir le tableau 4.6.2).

■ Plomb

La valeur maximale recommandée de plomb dans le sang qui a été fixée à 100 µg/L par le Canada correspond au seuil d'intervention (Santé Canada, 1994). Comme l'indique le tableau 4.6.2, aucune des mères de la région d'Inuvik, du Nunavut ou du Nunavik ne présentait des concentrations excédant la valeur maximale recommandée de 100 µg/L. Les résultats des études précédentes de biosurveillance (1998–1999) indiquent que 3,2 % des mères inuvialuites et 4,8 % des mères dénées/métisses de la région d'Inuvik présentaient des concentrations de plomb supérieures à la valeur maximale recommandée de 100 µg/L. Durant les études précédentes de biosurveillance, on a noté des concentrations de plomb dépassant la valeur maximale recommandée de 100 µg/L chez, respectivement, 5,3 % et 19 % des mères inuites du Nunavut et du Nunavik.

La diminution graduelle du pourcentage d'échantillons dont les concentrations excédaient la valeur maximale recommandée de plomb dans le sang pourrait être attribuable aux mesures de santé publique. Par exemple, les responsables de la santé publique du Nunavik ont fait des efforts pour réduire l'exposition humaine au plomb en informant activement la population des effets possibles sur la santé des enfants des fragments de grenaille de plomb présents dans les aliments (Levesque et coll., 2003).

TABEAU 4.6.2 Concentrations de mercure (total), de plomb, de cadmium et de PCB (comme l'Aroclor 1260) excédant la valeur maximale recommandée dans le sang chez les femmes enceintes selon la région et l'ethnicité (%)

Pays/région/ ethnicité	N	Année Year	Mercure (total)		Plomb	Cadmium	BPC comme L'Aroclor 1260
			% d'échantillons dont les concentrations > 5,8 µg/L	% d'échantillons dont les concentrations > 20 µg /L	% d'échantillons dont les concentrations > 100 µg/L	% d'échantillons dont les concentrations > 5 µg/L	% d'échantillons dont les concentrations > 5 µg/L
Canada (mères)							
Inuites du Nunavut	31	1997	68	9,7	9,7	13	73
	100	2005–2007	32	2,0	0	9,1	25
Inuvialuites d'Inuvik	31	1998–1999	16	3,2	3,2	6,4	13
	52	2005–2006	5,6	0	0	1,9	7,4
Dénées/Métisses d'Inuvik	42	1998–1999	2,4	0	4,8	4,8	2,4
	17	2005–2006	0	0	0	5,3	0
Non autochtones d'Inuvik	21	1998–1999	0	0	0	0	0
	6	2005–2006	0	0	0	0	0
Inuites du Nunavik							
	11	1992	55	36	9,1	n.d.	91
	25	1996	76	20	8	n.d.	68
	53	1997	72	19	13	n.d.	72
	27	1998	52	3,7	19	n.d.	44
	16	1999	56	13	13	n.d.	58
	29	2000	59	17	10	n.d.	57
	19	2001	47	26	5,3	n.d.	55
	31	2004	61	6,5	0	n.d.	52
	42	2007	31	2,1	0	n.d.	n.d.

■ Cadmium

La valeur maximale recommandée de cadmium dans le sang qui est utilisée dans le présent rapport est de 5 µg/L, ce qui correspond à la valeur maximale recommandée en milieu de travail (Occupational Safety and Health Administration, 1992). Les données d'une récente étude de biosurveillance menée dans la région d'Inuvik auprès de différents groupes ethniques sont disponibles (tableau 4.6.2). Dans la région d'Inuvik, 1,9 % des mères inuvialuites et 5,3 % des mères dénées/métisses présentaient des concentrations de cadmium excédant la valeur maximale recommandée de 5 µg/L dans le sang. Aucune mère du groupe non autochtone de la région d'Inuvik n'affichait des concentrations de cadmium supérieures à la valeur maximale recommandée de 5 µg/L.

Une comparaison des résultats des récentes études de biosurveillance à ceux des études antérieures de biosurveillance (voir les tableaux 4.2.1, 4.3.1, 4.4.2, 4.4.3, et 4.4.4), révèle que les concentrations de cadmium augmentent chez les mères de certaines régions (Inuvik et Baffin), mais qu'elles diminuent chez d'autres groupes (mères et adultes vivant au Nunavik). Le pourcentage d'échantillons dont les concentrations de cadmium dépassaient la valeur maximale recommandée de 5 µg/L est passé de 6,4 % (1998–1999) à 1,9 % (2005–2006) chez les mères inuvialuites de la région d'Inuvik et de 13 % (1997) à 9,1 % (2005–2007) chez les mères inuites de la région de Baffin. Cette diminution du pourcentage d'échantillons dont les concentrations de cadmium excédaient la valeur maximale recommandée contraste avec l'augmentation des concentrations de cadmium notées chez certains de ces groupes; ce phénomène est probablement attribuable au fait qu'un moins grand nombre de mères fument, mais que celles qui fument sont de plus grandes fumeuses (Potyrala, 2008, communication personnelle). L'augmentation des concentrations de cadmium est reflétée par le pourcentage plus élevé d'échantillons dont les concentrations de cadmium excèdent la valeur maximale recommandée de 5 µg/L, lesquels ont été prélevés chez des mères dénées/métisses de la région d'Inuvik (4,8 % en 1998–1999; 5,3 % en 2005–2006).

4.7 Assurance de la qualité/contrôle de la qualité

Le PLCN a pour objectif de fournir des résultats de grande qualité afin de permettre l'évaluation et l'interprétation adéquates des tendances spatiales et temporelles des contaminants chimiques. Pour garantir la qualité constante des résultats, des mesures d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) ont

été mises en place et sont examinées durant chaque phase du programme. Le PLCN exige un programme continu d'AQ qui démontre aux gestionnaires du PLCN et aux scientifiques la qualité, la fiabilité et la comparabilité des résultats mesurés provenant des études de biosurveillance. Cette section traite des aspects de l'assurance et du contrôle de la qualité des études sur la santé humaine menées dans le cadre du PLCN (pour obtenir des détails, veuillez consulter le chapitre 6 du RECAC de 2003).

Le Centre de toxicologie du Québec (CTQ) de l'Institut national de santé publique du Québec, les laboratoires de Santé Canada et le Centre for Indigenous Peoples Nutrition and Environment ont analysé les échantillons de tissus humains et d'aliments dont fait mention la présente évaluation sur la santé humaine.

Le CTQ a effectué l'analyse des données sur les tendances pour le PLCN. Le CTQ est un laboratoire accrédité par le Conseil canadien des normes (CCN, 2006) selon la norme ISO/CEI 17025 (un certificat d'accréditation est disponible au http://palcan.scc.ca/specs/pdf/304_f.pdf), qui participe au programme Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (PSEA) *Ring Test*, de même qu'à d'autres programmes externes internationaux d'assurance de la qualité. Ce laboratoire fournit une expertise dans les domaines de la toxicologie clinique, industrielle et environnementale. L'évaluation des concentrations de BPC et d'autres composés organochlorés et des métaux lourds chez les populations autochtones de l'Arctique canadien et d'autres pays circumpolaires est l'un des domaines d'expertise du CTQ.

Le CTQ, qui est accrédité à titre de fournisseur de services d'essais d'aptitude (CCN, 2007), offre un certain nombre de programmes de comparaisons interlaboratoires (programmes externes d'évaluation de la qualité). En 1979, le CTQ a d'abord mis en place un programme de comparaisons interlaboratoires pour les laboratoires mesurant les concentrations de métaux lourds dans le sang et l'urine. Ce programme appuie les besoins internes du CTQ en matière de contrôle de la qualité et permet de comparer la qualité des résultats avec celle d'autres laboratoires internationaux de toxicologie. Les échantillons témoins sont généralement préparés à partir de liquides biologiques humains surchargés en analytes présentant un intérêt. Ces échantillons satisfont aux exigences relatives à l'appariement de matrice, qui ne peut pas être effectué de façon optimale avec la plupart des substances de référence commerciales qui sont souvent lyophilisées.

En 1996, le CTQ a lancé un programme appelé « Programme d'assurance qualité externe multiélément »



(*Quebec MultiElement Assessment Scheme* ou QMEQAS), anciennement connu sous le nom de « Programme de comparaison ICP-MS », dont l'objectif était de permettre aux laboratoires qui réalisaient des analyses multiéléments simultanées sur des échantillons cliniques de comparer les résultats et d'améliorer le rendement. Plus de 200 laboratoires participent à ces programmes concernant un ou plusieurs métaux. Depuis 2002, le CTQ a fourni des programmes de comparaison interlaboratoires aux fins du PSEA. Weber (2002) a nommé ce programme « PSEA *Ring Test* ». Il s'agit d'un programme obligatoire pour les laboratoires qui fournissent des résultats d'analyse pour les BPC, les pesticides organochlorés et d'autres POP (p. ex. les ignifugeants polybromés, le SPFO) dans le cadre du PSEA. Les laboratoires qui participent au programme « PSEA *Ring Test* » reçoivent des échantillons congelés de plasma sanguin humain surchargés en diverses quantités d'analytes. Après chacun des trois envois annuels, les laboratoires reçoivent un rapport sommaire indiquant leur rendement.

Le CTQ fournit des données de qualité aux responsables du PLCN. Ses méthodes sont bien documentées et prennent adéquatement en considération les mesures de la qualité des données qui sont requises (Rhainds et coll., 1999; CCN, 2006; Sandanger et coll., 2007).

En plus de ses propres programmes, le CTQ participe avec succès à un certain nombre de programmes externes d'assurance de la qualité reconnus à l'échelle internationale portant sur des contaminants organiques et inorganiques, programmes qui ont été élaborés notamment par :

- *les Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, Géorgie;*
- *le College of American Pathologists, Chicago, Illinois;*
- *le Quasimeme, Wageningen, Pays-Bas;*
- *le Department of Health de l'État de New York, Albany, New York;*
- *le Finland Institute of Occupational Health, Helsinki, Finlande;*
- *la German Society of Occupational and Environmental Medicine, Université d'Erlangen-Nuremberg, Allemagne.*
- *Le CTQ participe également à l'étude interlaboratoire du Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord (Ottawa).*



Eric Loring

4.7.1 Comparabilité des données obtenues par différentes méthodes ou au fil du temps

La question de la comparabilité des méthodes ne concerne pas seulement le laboratoire du CTQ et l'équipe responsable de l'évaluation de la santé humaine, elle touche également tous les chercheurs qui analysent les tendances spatiales et temporelles ou les études longitudinales en utilisant et en comparant les données obtenues par différentes méthodes ou par la même méthode à différents moments.

Il importe d'abord de souligner que les méthodes de laboratoire ne sont pas statiques, mais qu'elles évoluent constamment à mesure que les laboratoires s'efforcent d'améliorer leur rendement, notamment ce qui concerne l'exactitude, la précision, la sélectivité et la sensibilité. Cela est rendu possible en particulier par l'amélioration des techniques d'analyse.

Dans les études antérieures, les laboratoires employant des techniques et des instruments anciens dans le cas des BPC et des composés organochlorés auraient utilisé des colonnes remplies et des détecteurs à capture d'électrons et déclaré des données agrégées (comme le présumé Aroclor 1260) plutôt que des données sur chaque congénère.

Le CTQ a joué un rôle actif dans la surveillance des POP chez les populations du Nord canadien au cours des vingt dernières années. Durant cette période, les méthodes d'analyse se sont inévitablement améliorées, en raison de l'acquisition de nouvelles connaissances et du perfectionnement des appareils d'analyse. Les deux principales percées sont le remplacement des détecteurs à capture d'électrons par des spectromètres de masse (dans les années 1990), ce qui a permis l'identification plus précise de chaque congénère, ainsi que

l'application récente (2006) d'une technique d'extraction en phase solide (Sandau et coll., 2003) visant à remplacer la technique classique d'extraction liquide-liquide. Dans les deux cas, il y avait une possibilité de biais systématique entre la nouvelle et l'ancienne méthode.

Les changements apportés aux techniques peuvent avoir une incidence sur la comparabilité des données actuelles et historiques. Par exemple, l'efficacité de séparation améliorée par une meilleure utilisation des colonnes chromatographiques réduira la fréquence de coélution des composés. Un exemple précis est celui du BPC 138 qui, jusqu'à récemment, subissait une coélution avec le BPC 163 dans la plupart des colonnes chromatographiques. Actuellement, ces deux congénères peuvent être séparés, ce qui a pour conséquence que les résultats relatifs au BPC 138 sont inférieurs à ceux qui auraient été obtenus avec les anciennes méthodes.

On a effectué une évaluation exhaustive des anciennes et des nouvelles méthodes afin de déterminer la présence éventuelle de biais importants. Le rapport subséquent (CTQ, 2006) a été remis aux responsables du PLCN. L'analyse statistique des données a montré que le biais présent était généralement inférieur au critère acceptable de 10 %. La figure 4.7.1 ci-dessous montre des exemples se rapportant à deux composés.

Dans quelques cas, on a décelé des biais et établi des facteurs de correction afin d'améliorer la comparabilité des données entre les anciennes et les nouvelles méthodes.

4.8 Mot de la fin

Bon nombre des conclusions précédentes sur la distribution des concentrations de contaminants chez les populations régionales sont très semblables à celles qui ont été formulées à la fin des années 1990 (Van Oostdam et coll., 2005). Parmi les groupes inuits, dénés/métis et non autochtones, ce sont les Inuits qui présentent les concentrations les plus élevées de presque tous les POP et les métaux. L'étude sur les contaminants dans le sang maternel menée dans la région d'Inuvik (section 4.2.1) illustre bien cette situation, même si le nombre de participants non autochtones était faible. Ces nouvelles données montrent également le gradient géographique Est-Ouest de l'augmentation des concentrations de mercure et de POP chez les Inuits. Cette tendance est reflétée par l'augmentation des concentrations de mercure total au cours de la période 2004–2006, lesquelles variaient de 1,1 µg/L chez les personnes vivant dans la partie Ouest de la région d'Inuvik dans les T.N.-O., à 4,0 µg/L chez les habitants de la région de Baffin au Nunavut et à 7,6 µg/L chez les résidents du Nunavik dans le Nouveau-Québec.

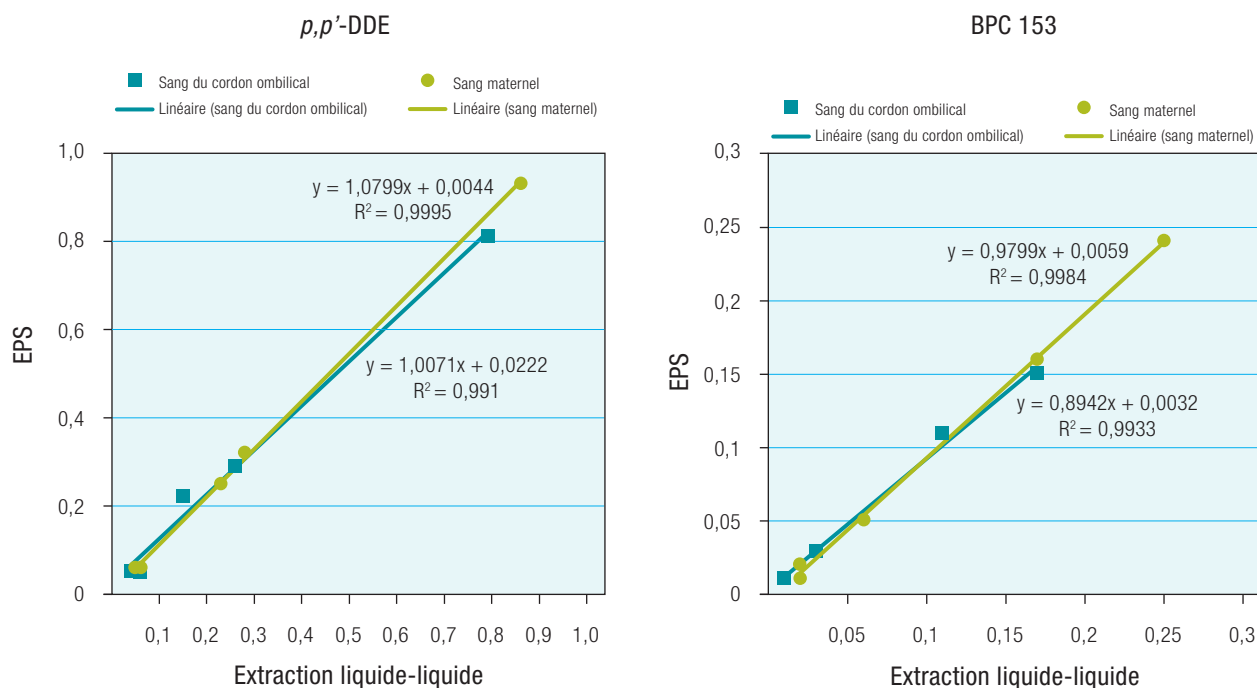


FIGURE 4.7.1

Comparaison des résultats obtenus par extraction liquide-liquide et extraction en phase solide (EPS) pour le p,p'-DDE et le BPC 153



Vers la fin des années 1990, c'est également au Nunavik que l'on a enregistré les concentrations les plus élevées de mercure total dans le sang maternel (Van Oostdam et coll., 2005). Durant cette même période, les concentrations les plus élevées de divers POP tels que les BPC ont été observées chez les mères vivant dans la région de Baffin. Selon les plus récentes données disponibles aux fins du présent rapport, on observe maintenant les concentrations les plus élevées de presque tous les POP chez les populations du Nunavik, comme en témoignent les concentrations de *p,p'*-DDE (76, 128 et 231 µg/kg) et de trans-nonachlore (14, 36 et 65 µg/kg) notées respectivement chez les populations d'Inuvik, de Baffin et du Nunavik (tableaux 4.2.1, 4.3.1 et 4.4.2).

Le nouvel ensemble de données sur les concentrations de contaminants chez les hommes et les femmes adultes du Nunavik est digne d'intérêt, puisque Dewailly et coll. (2007a, b) ont de nouveau montré que l'augmentation des concentrations de contaminants tels que les POP, le plomb et le mercure était proportionnelle à l'âge. Les données de 2004 obtenues sur le Nunavik montrent clairement cette augmentation proportionnelle à l'âge, les concentrations de contaminants chez les femmes adultes étant presque deux fois supérieures à celles présentes chez les mères de la même région (tableaux 4.4.2 et 4.4.4) (p. ex. en 2004, les concentrations de *p,p'*-DDE chez les

mères et les femmes plus âgées étaient, respectivement, de 226 et 467 µg/kg de lipides plasmatiques).

Il est encourageant de constater les fortes diminutions des concentrations de presque tous les contaminants (p. ex. BPC 138, 153 et 180, oxychlordan, trans-nonachlore, *p,p'*-DDE) dans le sang maternel durant les périodes de

1992–1996 à 2004–2006 et dans toutes les régions étudiées de l'Arctique canadien (T.N.-O., Nunavut et Nunavik). Dans le cas de plusieurs contaminants, les concentrations dans le sang maternel représentent maintenant moins de la moitié des concentrations enregistrées il y a 10 ans. On ne peut effectuer une véritable analyse des tendances relatives aux concentrations sanguines de contaminants qu'en ce qui concerne les mères vivant au Nunavik, puisqu'on dispose à leur sujet de neuf points d'échantillonnage répartis durant la période de 15 ans (1992–2007) pour ces mères. Il est très encourageant d'observer les mêmes diminutions dans d'autres régions et populations (populations générales d'Inuvik, de Baffin et du Nunavik), pour lesquelles on ne disposait que de deux points d'échantillonnage.

Les concentrations de plomb chez les mères et les adultes ont diminué dans toutes les régions et chez les deux



Paul Vecsei

sexes. Des recherches visant à étudier la cause possible n'ont été menées que dans une seule région. Lors de leurs recherches sur les isotopes de plomb menées au Nunavik, Dewailly et coll. (2000) ont découvert que les fragments de grenaille de plomb constituaient probablement une source importante d'exposition au plomb chez les mères. Après cette découverte, les autorités de santé publique du Nunavik ont interdit l'utilisation de grenaille de plomb. Au Nunavik, la diminution de la charge corporelle de plomb peut logiquement être liée à l'interdiction de l'utilisation de grenaille de plomb, et il serait très intéressant de réaliser une enquête sur l'utilisation de grenaille de plomb dans d'autres régions.

Les concentrations de cadmium n'ont pas diminué; elles ont, en fait, augmenté chez les jeunes femmes et les mères des régions d'Inuvik, de Baffin et du Nunavik. Une telle augmentation a été associée à l'usage croissant de la cigarette parmi les personnes de ce groupe d'âge, et les responsables régionaux de la santé publique considèrent qu'il s'agit d'un enjeu important.

Seule une des études régionales sur les contaminants comporte une analyse détaillée des habitudes alimentaires incluant des données correspondantes sur les contaminants. Au cours de leur interview, les femmes participant à l'étude de suivi menée dans la région d'Inuvik ont indiqué que les aînés et les membres de leur famille les avaient effectivement informées de l'importance de consommer des aliments traditionnels, surtout durant la grossesse. Les mères ayant participé à l'étude de suivi ont déclaré une consommation

d'aliments traditionnels supérieure à celle des mères ayant participé à l'étude initiale, même si les collectivités et les populations concernées différaient. La quantité d'aliments traditionnels consommée par les Dénés/Métis en 2006 était semblable à celle consommée en 2000, à l'exception de la quantité de poisson, laquelle a doublé. Les Inuvialuits ont triplé leur consommation de poisson. Les Inuvialuits ont aussi déclaré qu'ils consommaient davantage de viande de phoque, mais qu'ils consommaient trois fois moins de graisse de mammifères marins, particulièrement de béluga. Une telle réduction de la consommation de graisse de mammifères marins pourrait être le signe que ce peuple a compris le message lancé par les professionnels de la santé, lequel précisait que « les aliments traditionnels sont bons pour votre santé, mais si vous êtes préoccupés par la présence de contaminants, vous devriez consommer des aliments qui en contiennent moins comme l'omble ou le caribou/l'orignal. »







Toxicologie

5.1 Introduction

La toxicologie est la science qui étudie « les effets indésirables des agents chimiques, physiques ou biologiques sur les organismes vivants et l'écosystème, y compris la prévention et la réduction de tels effets indésirables » [traduction] (Society of Toxicology, 2005). On utilise des animaux de laboratoire pour effectuer des essais sur des composés dans des conditions contrôlées, de sorte que seul le traitement par le produit chimique à l'essai diffère entre les groupes expérimentaux. Par contre, l'épidémiologie repose sur des observations et vise à déterminer les facteurs associés à une maladie précise chez des groupes de sujets humains soigneusement choisis. Il existe des différences importantes entre la toxicologie et l'épidémiologie en ce qui a trait à la détermination des doses. Ritter et Arbuckle (2007) ont récemment soutenu que ces différences, lesquelles sont résumées dans le tableau 5.1.1, pouvaient être à

l'origine de la plupart des disparités relevées entre les études épidémiologiques et toxicologiques en ce qui concerne les effets néfastes de l'exposition aux contaminants environnementaux.

La toxicologie expérimentale joue un rôle important dans l'évaluation de l'innocuité de divers produits chimiques pouvant être présents dans les aliments soit par suite de l'ajout direct ou de l'utilisation de ces produits (additifs alimentaires, matériel d'emballage, agents de conservation, saveurs et pesticides), soit par suite d'une exposition à des sources environnementales (contaminants, toxines naturelles et radionucléides). La toxicologie expérimentale demeure l'un des principaux mécanismes permettant de déterminer les effets toxiques possibles pour les humains ainsi que les doses qui ne devraient pas en principe être associées à des effets indésirables au cours d'une exposition à vie.

TABEAU 5.1.1 Caractéristiques de l'évaluation de l'exposition dans les études toxicologiques et épidémiologiques (Ritter et Arbuckle, 2007)

Caractéristique	Toxicologie	Épidémiologie
Agent(s) à l'étude	Source, véhicule et voie connus et contrôlés.	Possibilité de multiples sources, véhicules et voies, aucun contrôle de la part du chercheur.
Moment et durée de l'exposition	Moment et durée connus, constants et contrôlés; probabilité plus faible d'erreur de mesure.	Moment et durée non contrôlés; la durée d'exposition peut être plus longue et varier durant la période d'observation; plusieurs générations peuvent même être exposées; plus forte probabilité d'erreur de mesure
Ampleur de l'exposition	La dose excède souvent l'intervalle défini pour les humains.	Reflète l'ampleur réelle de l'exposition chez les humains.
Catégorisation de l'exposition	La dose est choisie a priori selon un nombre limité et déterminé de doses administrées par le chercheur à des groupes d'animaux; habituellement, un composé à la fois.	Exposition estimative : habituellement fondée sur un échantillonnage ponctuel du chercheur (c.-à-d. exposition déterminée au gré de l'investigateur à de l'air, de l'eau potable ou des aliments contaminés) ou un échantillonnage biologique (p. ex. du sang, de l'urine); l'exposition peut ou non être catégorisée; évaluation des mélanges auxquels sont exposées les personnes (bien que la nature exacte des mélanges puisse ne pas être bien caractérisée).
Groupes à l'étude	Homogénéité (p. ex. facteurs génétiques, nutritionnels et environnementaux) à la fois au sein des groupes de doses et entre les groupes, excepté pour ce qui est de l'exposition étudiée.	Des efforts sont faits pour que les groupes soient le plus homogènes possible (au sein des groupes et entre les groupes) en ayant recours à des critères de sélection et de restriction s'appliquant à la population de l'étude ou à l'analyse des données.
Pertinence pour les humains	Les voies métaboliques des espèces et des souches choisies peuvent ne pas être représentatives pour les humains.	Pertinence directe en l'absence de biais de sélection.
Analyse statistique	Directe; quelques doses ordinales choisies et fixes pour un nombre déterminé d'animaux exposés à chaque dose; si la dose est choisie de manière appropriée, l'analyse se prête bien à l'établissement de courbes dose-réponse et à la détermination de valeurs seuils (le cas échéant).	Complicée; les concentrations sont des variables continues et, par conséquent, les problèmes suivants peuvent se poser : a) les données ne sont pas distribuées normalement; b) les proportions de concentrations non détectables peuvent être élevées; c) le choix des seuils pour catégoriser les données; la difficulté de déterminer des nombres suffisants de sujets réellement non exposés; le choix d'un modèle statistique pour les courbes dose-réponse.

5.2 Contaminants préoccupants

D'après les analyses des enquêtes alimentaires et des tissus humains, les contaminants préoccupants pour les consommateurs d'aliments traditionnels de l'Arctique canadien consistent encore en divers POP tels que les BPC, les pesticides organochlorés et trois métaux toxiques, soit le cadmium, le plomb et le mercure. Les nouveaux contaminants mondiaux dignes d'intérêt qui ont attiré l'attention des médias à l'échelle internationale et qui, selon les prévisions, devraient constituer une source d'exposition pour les populations de l'Arctique incluent les ignifugeants bromés (les ÉDPB et l'hexabromocyclododécane [HBCD]) ainsi que les composés perfluorés dont le SPFO et l'acide perfluorooctanoïque (APFO). Ces polluants nouveaux ou émergents partagent bon nombre des propriétés chimiques des POP classiques ou hérités, en ce sens qu'ils sont très persistants dans l'environnement, ne se dégradent pas, peuvent être transportés sur de longues distances et s'accumulent dans le biote, y compris les humains.

5.2.1 Éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB)

Les ÉDPB sont semblables aux BPC sur le plan structural, et ont été utilisés à l'échelle mondiale depuis les années 1960 comme ignifugeants dans divers produits de consommation (mousse de polyuréthane dans les meubles, plastiques dans les appareils électroniques grand public, enduits pour les tentures et le rembourrage) (Alaee et coll., 2003). Les ÉDPB sont principalement

utilisés comme ignifuges additifs et conviennent à certaines applications selon leurs propriétés physiques et chimiques; on a estimé que leur production totale en 2001 s'élevait à 70 000 tonnes (Gill et coll., 2004). D'un point de vue régional, le principal mélange commercial généralement utilisé en Amérique du Nord était l'éther pentabromodiphénylique, dont les principaux congénères sont les mêmes que ceux trouvés dans les échantillons environnementaux et humains (BDE 47, BDE 99, BDE 100 et BDE 153) (Hites, 2004). Les principales sources d'ÉDPB dans l'environnement incluent les émissions des usines de production et les rejets entraînés par la dégradation, le recyclage et l'élimination des produits de consommation traités par les ÉDPB.

Selon les estimations, jusqu'à 43 tonnes de penta-BDE par année sont rejetées dans l'environnement en Europe par volatilisation de la mousse de polyuréthane utilisée dans divers produits de consommation (Prevedouros et coll., 2004).

Des études de surveillance du biote menées au Svalbard durant les années 1980 ont fourni les premières indications selon lesquelles les ÉDPB pouvaient être transportés jusque dans les régions arctiques. Une analyse des échantillons d'air prélevés dans différents endroits de l'Arctique a confirmé que plusieurs ÉDPB étaient transportés dans des régions de latitude plus élevée. Une analyse subséquente des tendances effectuée à l'aide d'échantillons archivés prélevés sur des oiseaux marins, des bélugas et des phoques annelés de divers endroits de l'Arctique canadien a indiqué une augmentation des concentrations de ces contaminants depuis le début des



Paul Vecsei



années 1980 jusqu'à aujourd'hui (de Wit et coll., 2006). Par exemple, l'analyse des échantillons de lard prélevés sur des phoques de Holman Island a mis en évidence l'augmentation exponentielle des concentrations d'ÉDPB de 1981 à 2000, ce qui concorde avec les chiffres de production mondiale du mélange commercial d'éther pentabromodiphénylique (Ikonomou et coll., 2002). On a constaté une tendance semblable à l'augmentation dans les échantillons de lard prélevés sur des bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent, mais les concentrations d'ÉDPB étaient presque 100 fois plus élevées (Lebeuf et coll., 2004). En revanche, l'analyse des tendances temporelles réalisée à l'aide d'échantillons de lard prélevés sur des phoques annelés de la région Est du Groenland (1986-2004) n'a pas révélé une augmentation importante des concentrations d'ÉDPB totaux (Riget et coll., 2006).

Une étude menée dans certaines collectivités de l'Arctique a montré que celles-ci sont exposées aux ÉDPB (voir le chapitre 4 pour connaître les détails). Les études canadiennes sur le panier à provisions ont révélé que l'exposition moyenne aux ÉDPB par voie alimentaire est environ de 30 à 40 ng/personne/jour ou presque cinq fois inférieure à l'exposition moyenne aux BPC. De plus, on a constaté, dans les échantillons de lait maternel prélevés chez des mères du Nunavik, que les concentrations d'ÉDPB avaient presque triplé de 1990 à 2002 (concentration moyenne d'ÉDPB de 6 ng/g de lipides en 2001). En comparaison, les concentrations résiduelles d'ÉDPB détectées chez les populations du Sud du Canada étaient généralement plus élevées (concentration moyenne dans le lait maternel de 64 ng/g de lipides), ce qui est probablement attribuable à la fois à l'exposition par voie alimentaire, à l'air intérieur/la poussière et à l'exposition directe à ces contaminants présents dans les produits de consommation (Ryan et coll., 2002). En se fondant sur une combinaison des concentrations mesurées et des concentrations estimatives d'ÉDPB dans l'air, le sol, la poussière et les aliments, on a émis l'hypothèse que l'ingestion involontaire de la poussière domestique constitue la principale source d'exposition quotidienne chez les citoyens du Sud du Canada (Jones-Otazo et coll., 2005). Une récente étude américaine a confirmé ces résultats; celle-ci semblait indiquer que 82 % de l'exposition quotidienne aux ÉDPB était attribuable à la poussière domestique (Lorber, 2008).

En ce qui concerne les risques possibles pour la santé posés par les ÉDPB, il n'existe que des données limitées ou provisoires relatives à l'être humain; ces données portent à croire que l'exposition actuelle aux ÉDPB par voie alimentaire ou les concentrations résiduelles d'ÉDPB sont associées à un risque pour la santé humaine. Vu le manque de données relatives à l'être humain, plusieurs études toxicologiques expérimentales ont été menées



Eric Loring

à la fois sur des mélanges commerciaux contenant des ÉDPB et sur les principaux congénères des ÉDPB normalement détectés dans les aliments et chez les humains. Les principaux effets observés à ce jour incluent la perturbation endocrinienne (perturbation de l'hormone thyroïdienne), des effets neurocomportementaux (comportement spontané, apprentissage et processus de mémorisation), une toxicité hépatique et des effets possibles sur la reproduction (fertilité). Bien qu'une incertitude continue de planer sur la pertinence de certains paramètres pour les humains, un récent résumé porte à croire qu'il existe une marge de sécurité relativement importante lorsqu'on se fonde sur la dosimétrie interne, à tout le moins en ce qui a trait aux effets sur l'hormone thyroïdienne observés durant les expériences (Darnerud et coll., 2007). Cependant, si les concentrations dans les tissus humains continuent d'augmenter au rythme actuel, elles pourraient atteindre des niveaux semblables à ceux qui ont été associés à des effets indésirables chez des animaux de laboratoire.



Eric Loring

5.2.2 Produits chimiques perfluorés

Les acides perfluoroalkyliques (APFA) forment une famille de produits chimiques fluorés ayant un squelette constitué habituellement de quatre à quatorze carbones et un groupement fonctionnel chargé (principalement le carboxylate, le sulfonate ou le phosphonate). Les deux APFA les plus connus ont un squelette de huit carbones; il s'agit du SPFO et d'APFO.

En raison de leur résistance chimique et de leurs propriétés tensioactives, les produits chimiques perfluorés ont été utilisés, depuis les 50 dernières années, dans une grande variété d'applications industrielles et domestiques, incluant les adhésifs, les cosmétiques, les produits de nettoyage, les mousses extinctrices ainsi que les agents hydrophobes, oléophobes et antitaches pour les tissus et le papier (p. ex. Teflon et Scotchgard). Cependant, en 2002, on a cessé graduellement la production de SPFO en Amérique du Nord; la production mondiale est alors passée à 175 tonnes métriques en 2003. En revanche, la production mondiale d'APFO a grimpé à 1 200 tonnes métriques par année en 2004, alors qu'on estimait qu'en 2000 la production avait été de 500 tonnes métriques. On considère maintenant qu'il s'agit de l'un des APFO les plus fréquemment utilisés à des fins commerciales (Lau et coll., 2007).

Étant donné que ces composés sont largement utilisés, on les détecte à l'échelle mondiale dans les milieux environnementaux. Par conséquent, il existe diverses sources possibles d'exposition humaine aux perfluorocarbones,

notamment l'eau, les aliments, la poussière et les tissus apprêtés. Les enquêtes alimentaires réalisées sur des échantillons d'aliments qui se retrouvent dans le panier à provisions des personnes vivant dans le Sud du Canada portent à croire que l'exposition moyenne aux acides perfluorés par voie alimentaire est d'environ 250 ng/jour, alors que seulement de faibles concentrations (en ng/g) ont été détectées dans un nombre limité d'aliments (Tittlemier et coll., 2007).

Le SPFO, l'APFO et divers autres produits chimiques perfluorés ont également été détectés dans une grande variété d'organismes vivants de l'Arctique canadien. Comme dans le cas des aliments commercialisés, l'APFO prédominant semble être le SPFO. En effet, le foie des animaux sauvages contient les concentrations les plus élevées de ce contaminant (Martin et coll., 2004). Le SPFO était également le produit chimique perfluoré présent en concentrations les plus élevées dans les échantillons prélevés sur des phoques annelés du Groenland, et une tendance apparente à l'augmentation semblait se dessiner (augmentation annuelle estimée de 8,2 % de 1986 à 2003) (Bossi et coll., 2005). Bien que l'analyse des échantillons de foie prélevés sur des phoques annelés de Resolute Bay et d'Arviat ait également confirmé une augmentation temporelle des concentrations de SPFO jusqu'en 2000, une analyse récente porte à croire que les concentrations de ce contaminant dans les deux régions ont commencé à diminuer, les demi-vies d'élimination variant de 3,2 à 4,6 ans (Butt et coll., 2007). On suppose que cette situation s'explique par l'arrêt graduel de la production et de l'utilisation du SPFO.

On a détecté des PFC, du SPFO et d'APFO dans des échantillons sériques et plasmatiques prélevés chez des populations de l'Amérique du Nord, de l'Amérique du Sud, de l'Europe, de l'Asie et de l'Australie, ce qui prouve que les humains sont exposés aux PFC à l'échelle mondiale. Olsen et coll. (2007) ont signalé des concentrations de SPFO et d'APFO chez des habitants de Minneapolis-Saint Paul ayant donné du sang à l'American Red Cross. Pour les 100 échantillons sériques analysés afin de mesurer les concentrations du SPFO, la moyenne géométrique était de 33 ng/mL (IC à 95 % : 30-37) en 2000 comparativement à 15 ng/mL (IC à 95 % : 13-17) en 2005 pour les 40 échantillons plasmatiques des donneurs. La concentration moyenne géométrique d'APFO était de 4,5 ng/mL (IC à 95 % : 4,1-5,0) en 2000 comparativement à 2,2 ng/mL (IC à 95 % : 1,9-2,6) en 2005. Dans la plupart des cas, les travailleurs exposés au APFO et au SPFO dans leur milieu de travail présentent des concentrations sériques de ces contaminants d'environ un ordre de grandeur plus élevé que celles déclarées dans la population générale. Les autres APFA détectés dans les tissus humains à des concentra-

tions inférieures incluent le perfluorooctane sulfonamide, l'acide 2-(*N*-méthyléthylperfluorooctanesulfonamido) acétique, l'acide 2-(*N*-éthylperfluorooctanesulfonamido) acétique, l'acide perfluorooctanoïque, le perfluorononane, l'acide perfluoroundécanoïque, l'acide perfluorododécanoïque, l'acide perfluoropentanoïque et l'acide perfluorohexanoïque. Même si les analyses n'ont porté que sur un nombre limité d'échantillons prélevés dans l'Arctique canadien, les concentrations de SPFO variaient de 13 à 21 ng/mL (moyenne géométrique).

La plupart des études expérimentales menées à ce jour portaient sur les deux principaux PFC détectés chez les humains, soit le SPFO et l'APFO. Les études ont montré que ces deux composés sont bien absorbés par voie orale, mais qu'ils sont éliminés en faible quantité et ne sont pas largement métabolisés. Ils sont distribués principalement dans le sérum, les reins et le foie; les concentrations hépatiques sont plusieurs fois supérieures aux concentrations sériques. Les principaux effets ayant été observés chez les animaux de laboratoire incluent des changements histopathologiques dans le foie et la thyroïde, une perturbation de l'hormone thyroïdienne et des changements associés aux paramètres de chimie sérique, qui peuvent survenir en cas d'ingestion alimentaire de ces contaminants à des concentrations aussi faibles que 30 µg/kg p.c./jour (Covance Laboratories, Inc., 2002a, b). Certaines données semblent indiquer que l'exposition prolongée au SPFO peut être associée à un risque accru de cancer du foie. Cependant, des augmentations statistiquement significatives de l'incidence des tumeurs ont été constatées seulement à des doses supérieures à celles ayant été associées à l'apparition d'effets non néoplasiques. Dans une étude inédite réalisée par Santé Canada, les rats exposés par voie alimentaire à des concentrations de SPFO variant de 2 à 100 µg/kg pendant 28 jours n'ont pas présenté de symptômes d'immunosuppression. On a observé des effets toxiques semblables à ceux associés au SPFO chez des animaux de laboratoire exposés à l'APFO, mais des doses plus élevées étaient habituellement requises. Par exemple, l'exposition de rats mâles à 0,6 µg/kg p.c./jour d'APFO a été associée à des effets hépatiques (Butenhoff et coll., 2004).

En général, les données épidémiologiques disponibles n'ont pas permis d'établir une association constante entre les concentrations sériques de produits chimiques perfluorés et des effets indésirables sur la santé humaine. Bien qu'on ait fait état d'un déséquilibre thyroïdien dans des études menées sur des animaux de laboratoire, les résultats correspondants n'ont pas été signalés systématiquement chez les humains. Un risque nettement élevé de cancer de la vessie a été observé chez un groupe de travailleurs exposés au SPFO; cependant, on considère que les études épidémiologiques existantes

menées auprès de travailleurs exposés au SPFO dans leur milieu de travail ne permettent pas d'évaluer le potentiel cancérigène de cette substance chez les humains. Dans une étude récente, Apelberg et coll. (2003) ont examiné le lien entre les concentrations sériques de SPFO et d'APFO dans le sang de cordon chez une population de nouveau-nés des É.-U. et l'âge gestationnel, le poids à la naissance et des mesures de la taille à la naissance, y compris le périmètre crânien, la longueur et l'indice pondéral (une mesure de la masse corporelle à la naissance). Bien que les résultats aient montré des liens négatifs entre les concentrations de SPFO et d'APFO et le poids à la naissance, l'indice pondéral et le périmètre crânien après ajustement pour tenir compte des variables confusionnelles éventuelles, il est possible que d'autres facteurs non mesurés dans le cadre de cette étude – comme l'alimentation – puissent influencer les liens observés.

Bien que cette constatation ne soit fondée que sur des données de surveillance limitées, il semble que les concentrations de certains PFC, en particulier le SPFO, détectées dans le sang des habitants de l'Arctique ne diffèrent pas considérablement de celles détectées chez les habitants des pays industrialisés. Une telle constatation permettrait de mettre en évidence la présence de ces contaminants émergents à l'échelle mondiale.

5.3. Études sur des mélanges de contaminants

Les humains sont généralement exposés à divers mélanges de produits chimiques présents dans les aliments, mélanges dont la composition peut varier non seulement selon l'emplacement géographique, mais également selon le produit alimentaire. On doit prendre en considération plusieurs facteurs lorsqu'on tente d'estimer le risque potentiel posé par les mélanges complexes de produits chimiques, notamment les produits chimiques proprement dits qui sont présents dans le mélange et les interactions toxicologiques éventuelles entre les composants du mélange (Teuschler, 2007). C'est un fait largement reconnu que les évaluations des risques fondées sur les études toxicologiques animales portant sur un seul produit chimique peuvent ne pas permettre de caractériser adéquatement la toxicité chez les humains exposés à un ensemble de polluants chimiques (Yang et coll., 1989; Mumtaz et coll., 1994; Simmons, 1995; Carpenter et coll., 1998; Feron et Groten, 2002; Hertzberg et Teuschler, 2002; De Rosa et coll., 2004; Cory-Slechta, 2005).

Le PLCN a financé plusieurs études toxicologiques expérimentales visant à examiner la toxicité des mélanges complexes de produits chimiques. Plusieurs méthodes

ont été utilisées pour produire des mélanges de produits chimiques en fonction de différents paramètres : les concentrations dans le sang des mères inuites, la consommation estimative d'aliments contaminés et les sources précises d'aliments pour les populations du Nord.

Dans le but d'assurer le suivi des études dans lesquelles on avait administré par ingestion à des porcs un mélange complexe de contaminants organochlorés ressemblant à celui détecté dans le lard de phoque annelé avant d'évaluer leur capacité immunologique et reproductrice (recension dans Van Oostdam et coll., 2005), on a évalué le développement et la fonction reproductrice de rats mâles après les avoir exposés au même mélange pendant la période périnatale (Anas et coll., 2005) (voir aussi le tableau 5.3.1). Des rates gravides ont reçu par gavage de l'huile de maïs ou des doses variables du mélange de composés organochlorés pendant cinq semaines avant l'accouplement et tout au long de la gestation. On a surveillé les effets sur le développement de la progéniture mâle à compter du jour postnatal (JPN) 2 jusqu'au JPN 90. La dose la plus élevée du mélange (exposition aux principaux composants organochlorés, p. ex. le chlordane, le DDT et le toxaphène, dont les concentrations se situaient entre 0,1 et 3 µg/kg p.c./jour) a

été associée à une diminution de la taille de la portée, du nombre de petits vivants et du poids des petits. Les mesures de la séparation du prépuce (une phase du développement dépendante des androgènes) ont indiqué que le mélange avait également retardé l'apparition de la puberté, bien qu'on n'ait noté aucune diminution des concentrations de testostérone circulante. Alors que la dose moyenne a entraîné une augmentation du poids des testicules au JPN 21, une diminution du poids de la prostate ventrale a été notée au JPN 60 chez le groupe recevant la dose moyenne. Au JPN 90, on a constaté une diminution du poids de l'épididyme, de la prostate ventrale et de la vésicule séminale chez le groupe recevant la dose moyenne. De plus, on a constaté au JPN 90, mais non au JPN 60, que la mobilité des spermatozoïdes, évaluée au moyen d'une analyse des spermatozoïdes assistée par ordinateur, était réduite chez les groupes recevant la faible dose et la dose moyenne. La dose la plus élevée a gravement altéré la morphologie des testicules et de l'épididyme à compter du JPN 90. Aucune dose n'a entraîné des effets sur les concentrations sériques de l'hormone lutéinisante, de l'hormone folliculostimulante, de la prolactine et de la thyroxine totale. Les auteurs ont conclu que l'exposition à ce mélange de composés organochlorés durant la gestation et la lactation avait des effets sur l'appareil reproducteur des rats mâles, et que cette combinaison de produits chimiques pouvait constituer un risque pour la santé génésique des humains et d'autres



Eric Loring

TABLEAU 5.3.1 Composition du mélange de composés organochlorés (Birha et coll., 2004)

Composé	Numéro CAS	% du poids
Mélange de BPC ^a		33
Chlordane technique	57-74-9	21
p,p'-DDE	72-55-9	19
p,p'-DDT	50-29-3	6,8
Toxaphène technique	8001-35-2	6,5
α-HCH	319-84-6	6,2
Aldrine	309-00-2	2,5
Dieldrine	60-57-1	2,1
1,2,4,5-tétrachlorobenzène	95-94-3	0,86
p,p'-DDD	72-54-8	0,49
β-HCH	319-85-7	0,46
Hexachlorobenzène	118-74-1	0,35
Mirex	2385-85-5	0,23
γ-HCH	58-89-9	0,20
Pentachlorobenzène	608-93-5	0,18

^a Mélange contenant du 2,4,4'-tétrachlorobiphényle (320 mg), du 2,2',4,4'-tétrachlorobiphényle (256 mg), du 3,3',4,4'-tétrachlorobiphényle (1,4 mg), du 3,3',4,4',5-pentachlorobiphényle (6,7 mg), de l'Aroclor 1254 (12,8 g) et de l'Aroclor 1260 (19,2 g).





Eric Loring

espèces (Anas et coll., 2005). On pensait que les composés antiandrogènes présents dans le mélange pouvaient provoquer ces effets, bien que, comme on l'a mentionné, aucun effet important sur les concentrations de testostérone circulante n'ait été constaté du JPN 21 à 90 (Anas et coll., 2005).

On a aussi étudié les propriétés perturbatrices de ce mélange complexe de composés organochlorés sur le système endocrinien, au moyen de bioessais faisant appel à des gènes rapporteurs, afin d'évaluer l'activation du récepteur des œstrogènes, du récepteur des androgènes et du récepteur des hydrocarbures aryliques (RHA) (Ayotte, 2008, communication personnelle). Une activité œstrogénique a été détectée à des concentrations micromolaires d'aldrine, de dieldrine, de DDT et de DDE, de β HCH et de toxaphène lorsque ces substances ont été analysées séparément. On a également constaté des effets œstrogéniques dépendants de la concentration associés au mélange, la plupart étant liés à la présence de plusieurs xénoestrogènes présents en faibles quantités dans le mélange. Les BPC et les composés du DDT présents à des valeurs IC_{50} submicromolaires ont entraîné une forte activité antiandrogène, alors que le mélange a provoqué l'inhibition de la voie de signalisation du récepteur des androgènes, laquelle était fonction de la concentration des composés. Cet effet est probablement attribuable à la teneur en p,p' -DDE du mélange. On a détecté une activité de type dioxine liée aux BPC, et le mélange a produit une réaction de type dioxine dépendante de la concentration qui était semblable à la réaction produite par les BPC. Cependant, à la plus forte concentration testée,

le mélange a entraîné une plus faible réaction que celle produite seulement par les BPC. Ces résultats indiquent que ce mélange complexe de composés organochlorés peut perturber plusieurs voies de signalisation hormonale et qu'il est particulièrement puissant pour inhiber la voie de signalisation du récepteur des androgènes.

On a mené d'autres études sur des mélanges complexes dont les concentrations de contaminants ont été déterminées en fonction de la charge corporelle chez les mères inuites. Les études initiales étaient conçues afin d'évaluer la capacité du mélange et du schéma posologique de reproduire dans les tissus des rates mères et de leur progéniture des concentrations comparables à celles mesurées dans le sang des mères inuites (Bowers, communication personnelle). Dans le cadre de ces études, on a comparé les concentrations relatives de 25 contaminants chez des rongeurs gravides et leur progéniture après les avoir exposés pendant la période périnatale à un mélange de produits chimiques.

Le tableau 5.3.2. énumère les concentrations de tous les composants du mélange de produits chimiques d'après les concentrations dans le sang des mères inuites. Des rates Sprague-Dawley ont été croisées et réparties pour recevoir l'une des trois doses du mélange de produits chimiques (0,05, 0,5 et 5,0 μ g/kg p.c./jour) à compter du jour 1 de la gestation jusqu'au sevrage et au JPN 21. Les petits ont ingéré les doses seulement par voie indirecte (*in utero* et par le lait des mères).

Afin de déterminer la comparabilité du profil d'exposition des rongeurs et de celui des mères inuites, on a

prélevé des échantillons de tissus chez les rates mères après l'exposition (prélevés au JPN 21) ainsi que des échantillons de sang, de foie et de cerveau de leur progéniture. La figure 5.3.1 présente une analyse du profil (concentrations relatives) des produits chimiques organochlorés formant le mélange; on y trouve les concentrations détectées dans le sang maternel qui sont associées à la dose élevée du mélange (5,0 µg/kg p.c./jour). On observe une correspondance étroite entre les concentrations dans le sang maternel chez les rongeurs et les concentrations relatives du mélange, ce qui indique que le profil des produits chimiques présents dans le sang maternel des rongeurs est comparable à celui des contaminants présents dans le sang des mères inuites. L'analyse du profil des contaminants dans le sang de la progéniture a fourni des résultats semblables; les résultats concernant les concentrations relatives de contaminants dans le cerveau de la progéniture étaient également similaires. Ces résultats montrent que ce mélange de produits chimiques présentait des profils de contaminants présents dans les tissus chez les rongeurs exposés qui ressemblaient étroitement aux profils d'exposition observés chez les mères inuites.

TABEAU 5.3.2 Concentrations de tous les composants du mélange de produits chimiques^a administré aux rats

Congénère de BPC	Mg/ml huile de maïs	Composés organochlorés	Mg/ml huile de maïs
28	0,0072	Aldrine	0,0049
52	0,0154	β-HCH	0,0746
99	0,0973	Cis-nonachlore	0,0525
101	0,0145	p,p'-DDE	0.9187
105	0,0165	p,p'-DDT	0,0569
118	0,0727	Dieldrine	0,0223
128	0,0071	Hexachlorobenzène	0,2961
138	0,2146	Heptachlor époxyde	0,0232
153	0,3177	Mirex	0,0291
156	0,0290	Oxychlordane	0,1359
170	0,0562	Toxaphène	0,0699
180	0,1522	Trans-nonachlore	0,2203
183	0,0193	Chlorure de méthylmercure	1,9965
187	0,0795		
Total des BPC	1,0992	Total des composés autres que les BPC	3,9009
Dose totale			5,0001

^a Présence de constituants chimiques des congénères de BPC, de méthylmercure et de pesticides organochlorés dans la dose la plus élevée du mélange. Les valeurs représentent les quantités réelles par 5 µg du mélange/1 mL de solution d'huile de maïs. Tous les produits chimiques analysés étaient présents à des concentrations nominales variant de 85 à 124 %, à l'exception de l'aldrine (78 %), de l'oxychlordane (67 %), du toxaphène (65 %) et du mirex (67 %).

Le tableau 5.3.1 présente les concentrations des principaux contaminants dans le sang maternel chez les rongeurs. Les concentrations sanguines des principaux contaminants chez les rongeurs ayant reçu la dose la plus faible étaient comparables à celles détectées dans le sang des mères inuites (0,05 µg/kg p.c./jour), mais étaient 50 à 100 fois plus élevées chez les rongeurs ayant reçu la plus forte dose. Les concentrations de mercure dans le sang maternel chez les rongeurs constituaient une exception. La dose la plus élevée du mélange a entraîné une très forte augmentation des concentrations de mercure dans le sang maternel (environ 46 ppm), lesquelles étaient très supérieures aux concentrations sanguines de mercure détectées chez les humains. De même, la dose la plus faible du mélange a également été associée à des concentrations de mercure relativement élevées dans le sang maternel chez les rongeurs (environ 0,51 ppm). Par contre, on a observé chez la progéniture ayant reçu la dose la plus faible du mélange des concentrations sanguines de mercure au moment du sevrage (lorsque l'administration a cessé), qui étaient semblables à celles détectées dans le cordon ombilical humain (environ 18 parties par milliard; voir Muckle et coll., 2001). La dose la plus élevée a été associée à des concentrations sanguines de mercure chez la progéniture qui étaient environ 100 fois supérieures à celles observées avec la dose la plus faible (environ 200 à 240 parties par milliard), ce qui concorde avec le fait que la dose la plus élevée du mélange était 100 fois supérieure à la dose la plus faible. De plus, les concentrations sanguines de mercure chez la progéniture ont chuté d'environ 90 % entre le JPN 4 et le JPN 21 (lorsque le sevrage a eu lieu et que l'administration a cessé). Bien que toutes les doses du mélange aient été associées à des concentrations dans le sang maternel chez les rongeurs qui étaient nettement supérieures à celles détectées dans le sang maternel chez les humains, il y avait très peu de différence entre les concentrations sanguines de mercure chez la progéniture des rongeurs et celles chez les enfants inuits.

Il est intéressant de noter que, chez les humains, les concentrations de mercure dans le sang maternel sont généralement inférieures à celles détectées dans le cordon ombilical, tandis que, chez les rongeurs, les concentrations sanguines dans le sang maternel sont supérieures à celles observées chez la progéniture, et ce, pour tous les âges examinés, comme l'ont indiqué d'autres auteurs (Beyrouthy et Chan, 2006). Dans l'ensemble, il existe une bonne concordance entre les concentrations relatives des composés organochlorés du mélange et les concentrations relatives détectées dans le sang maternel humain. Bien que la concordance soit plus faible en ce qui concerne le mercure dans le sang maternel, cela est moins problématique pour ce qui est des concentrations



de mercure dans le sang de la progéniture, particulièrement parce que les effets sur la progéniture constituaient le centre d'intérêt de ces travaux.

■ Effets toxicologiques

L'exposition au mélange de produits chimiques n'a eu aucun effet sur la fonction de reproduction des rates mères exposées. Aucun effet n'a été constaté en ce qui concerne la taille de la portée, le gain pondéral durant la gestation et le nombre de petits vivants. Afin d'établir une caractérisation complète des effets du mélange, on a également évalué les effets neurochimiques, génomiques, thyroïdiens et généraux. L'exposition à la dose la plus élevée du mélange a entraîné une diminution du gain pondéral chez les mères durant la lactation ainsi que chez la progéniture, un effet qui, chez les petits, a persisté jusqu'à l'âge adulte. De plus, la dose la plus élevée du mélange a été associée à une hausse du taux de mortalité (environ 17 %) chez les jeunes animaux jusqu'au moment du sevrage, mais non par la suite. Bien que les données sur le gain pondéral concordent avec les résultats rapportés concernant des doses semblables de méthylmercure, les taux de mortalité chez la progéniture exposée au mélange étaient nettement inférieurs à ceux

mentionnés par d'autres chercheurs ayant utilisé des doses plus faibles de méthylmercure seulement (Beyrouty et Chan, 2006).

Chez la progéniture ayant reçu la dose la plus élevée du mélange, on a noté une diminution du développement neuromusculaire (force de préhension) avant le sevrage ainsi qu'une hyperactivité au JPN 16. Une perturbation de l'activité motrice semblait être transitoire, puisque les animaux traités par le mélange se sont rétablis au JPN 48. Les résultats indiquaient également, d'après le test de labyrinthe aquatique de Morris, que la dose la plus élevée du mélange produisait des effets sur l'apprentissage et la mémoire chez les adultes. L'évaluation des résultats du test de la planche à trous a révélé que toutes les doses du mélange avaient entraîné une altération de la performance motrice ou une diminution de la réactivité à un nouvel environnement. Étant donné que la littérature existante porte à croire que les BPC peuvent altérer la fonction dopaminergique du cerveau (Morse et coll., 1996; Seegal, 1998), des chercheurs ont également évalué l'activité motrice induite par l'amphétamine chez la progéniture à l'âge adulte. Rien ne permettait de croire que l'exposition au mélange entraînait des effets

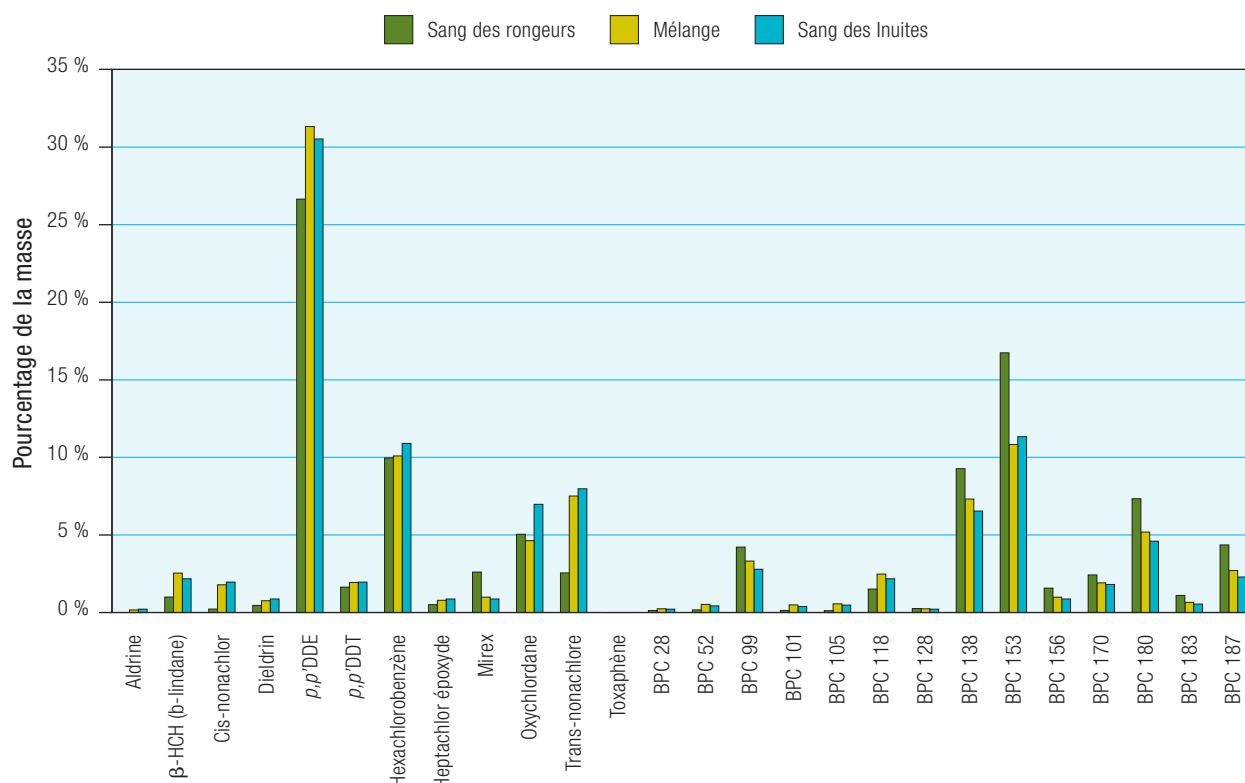


FIGURE 5.3.1

Comparaison du profil des contaminants présents dans le sang maternel chez les rongeurs, dans le mélange et dans le sang maternel des Inuites.

TABLEAU 5.3.3 Concentrations des principaux produits chimiques du mélange dans le sang maternel chez les rongeurs. Les chiffres en italique apparaissant après les concentrations de mercure dans le sang maternel chez les rongeurs indiquent les concentrations de mercure dans le sang de la progéniture au jour postnatal (JPN) 21. Les unités sont des µg/L. (adapté de Chu et coll., 2008)

Dose	BPC 118	BPC 138	BPC 153	BPC 180	HCB	p,p'-DDE	Hg total (progéniture)
Véhicule	0,56	0,35	0,36	0,15	0,10	0,58	31 (9,4)
0,05 µg (mélange)	0,83	0,78	1,1	0,40	0,37	1,4	511 (13)
0,5 µg (mélange)	1,1	2,9	5,1	2,2	2,1	6,3	5 820 (37)
5,0 µg (mélange)	4,6	28	50	22	30	80	46 370 (249)

sur l'activité induite par l'amphétamine, ce qui semble indiquer que le mélange n'altère pas la sensibilité du système dopaminergique à l'âge adulte. Fait intéressant, l'exposition à la plus forte dose du mélange a provoqué des changements proportionnels à la dose administrée dans les concentrations de substances neurochimiques, soit la dopamine et la sérotonine, dans le cerveau de la progéniture au JPN 35. Un tel résultat pourrait indiquer que l'altération de la fonction dopaminergique est transitoire et qu'elle disparaît tôt à l'âge adulte.

En plus des troubles neurocomportementaux, les animaux traités par le mélange présentaient divers effets généraux, incluant un poids peu élevé et des changements pathologiques dans le foie, la rate, la thyroïde et le thymus (Chu et coll., 2007). Ces résultats montrent que l'exposition à un mélange de produits chimiques semblable à celle à laquelle sont soumis les enfants des populations du Nord est à l'origine de diverses altérations neurocomportementales et entraîne une toxicité générale.

Les travaux en cours visent à évaluer les effets du mélange sur les concentrations de rétinoïdes chez les mères et leur progéniture exposées au mélange (Stern et coll., 2004). Les résultats préliminaires montrent une diminution des concentrations hépatiques de vitamine A aux JPN 35, 75 et 350 chez les mères et leur progéniture ayant été exposées à la dose la plus élevée du mélange. On a également observé 350 jours après la mise bas une diminution des concentrations rénales de vitamine A chez les mères et leur progéniture à la dose moyenne du mélange (0,5 µg/kg p.c./jour). L'évaluation de la structure et de la morphologie osseuses a également indiqué que la plus forte dose du mélange avait entraîné une diminution de la longueur du fémur à la fois chez la progéniture mâle et femelle, selon les mesures prises au JPN 35. De plus, la surface de la corticale osseuse ainsi que le contenu minéral osseux et la résistance osseuse ont diminué chez les petits des deux sexes exposés à la dose élevée du mélange. Par contre, la dose la plus faible du

mélange a entraîné une augmentation de la longueur du fémur et de l'épaisseur de la corticale osseuse, selon les mesures prises au JPN 35 chez la progéniture, mais ne semblait pas produire d'effets sur la résistance osseuse. Ces données révèlent que le mélange, même s'il est administré à la dose la plus faible, exerce des effets sur la formation des structures osseuses. On tente actuellement de déterminer si ces effets persistent jusqu'à l'âge adulte.

Des chercheurs de Santé Canada ont mené une seconde série d'études afin d'examiner les effets possibles de chacun des composants du mélange de produits chimiques décrit ci-dessus (BPC, pesticides organochlorés et mercure) (Bowers, communication personnelle). Des rates Sprague-Dawley gravides ont été exposées au mélange complet de produits chimiques décrit ci-dessus (tableau 5.3.2) ou aux principaux composants de ce mélange. Les composants choisis étaient : a) seulement les BPC contenus dans le mélange, b) les pesticides organochlorés présents dans le mélange c) le méthylmercure présent dans le mélange. Il est important de faire remarquer que la dose de chacun des composants distincts était identique à celle des composants contenus dans le mélange complet. Comme dans le cas des études précédentes, les animaux ont été exposés durant la gestation et la lactation, tandis que les petits ont été exposés uniquement par voie indirecte (voir le tableau 5.3.3). Cette étude est une reproduction exacte de l'étude précédente sur le mélange, et elle fournit des données permettant d'évaluer le rôle de certains composants du mélange dans les effets toxiques du mélange complet.

L'analyse des données sur le sang maternel ainsi que sur le cerveau et le sang des rates et de leur progéniture a confirmé les résultats relatifs aux résidus obtenus durant l'étude précédente, selon lesquels le profil des contaminants chez les groupes exposés seulement aux BPC et aux pesticides organochlorés correspondait au profil des produits chimiques chez le groupe exposé au mélange. De même, les concentrations sanguines des animaux exposés au mélange complet étaient comparables aux résultats de



l'étude précédente sur le mélange. Comme dans le cas de l'étude précédente, les profils des contaminants dans le sang des rates et de leur progéniture étaient semblables aux profils des contaminants présents dans le mélange.

Les résultats concernant le gain pondéral chez les mères et leur progéniture ainsi que les taux de mortalité chez les animaux exposés au mélange complet étaient comparables aux résultats de l'étude précédente sur le mélange. On a noté, seulement durant la lactation, une diminution du gain pondéral chez les mères ayant reçu la dose la plus élevée du mélange. Les données sur le gain pondéral de la progéniture ont également confirmé les résultats de l'étude précédente sur le mélange, qui avaient révélé, chez les petits, une diminution du gain pondéral persistant jusqu'à l'âge adulte. De plus, le mélange complet n'a entraîné aucun effet sur la fonction de reproduction et la taille de la portée. Les taux de mortalité étaient semblables à ceux notés durant l'étude précédente sur le mélange.

La comparaison des effets toxiques du mélange complet à ceux des composants du mélange a révélé que le méthylmercure entrant dans la composition du mélange était responsable de la même diminution de poids pondéral chez les mères que celle associée au mélange complet. De même, les taux de mortalité précoce chez

la progéniture (de la naissance jusqu'au moment du sevrage) étaient comparables entre la progéniture traitée par le mélange et celle traitée seulement par le méthylmercure. Les BPC ou les pesticides organochlorés n'ont eu aucun effet sur le gain pondéral des mères et de leur progéniture. Bien que l'on ait constaté des taux de mortalité accrus chez la progéniture exposée au mélange, ces taux étaient nettement inférieurs à ceux signalés relativement à une dose semblable de méthylmercure administré seul (Beyrouty et Chan, 2006), particulièrement durant la période suivant le sevrage. Étant donné que le mélange complet contient d'autres produits chimiques en plus du méthylmercure, l'une des possibilités serait que des changements quant à la mortalité attribuable au méthylmercure peuvent survenir lorsque ce composant est administré en concomitance avec les autres produits chimiques dans le mélange complet. Les résultats ont confirmé une telle hypothèse. Par exemple, bien que les doses les plus élevées du mélange complet et du méthylmercure administré seul aient été associées à des taux de mortalité de 15 à 18 % chez la progéniture durant la période précédant le sevrage, aucun décès n'a été constaté avec le mélange complet chez la progéniture après le sevrage, soit au JPN 21, alors que le méthylmercure administré seul a entraîné une forte augmentation du taux de mortalité après le sevrage. En



Ed Struzik



Ed Struzik

fait, l'augmentation du taux de mortalité attribuable au méthylmercure qui a été observée chez la progéniture s'est poursuivie jusqu'à l'âge adulte. Fait intéressant, 75 % de ces décès après le sevrage sont survenus chez la progéniture mâle.

Comme c'est le cas pour le mélange complet, le méthylmercure administré seul a entraîné une diminution du gain pondéral de la progéniture jusqu'à l'âge adulte. Comme dans le cas de la mortalité post-sevrage, on a constaté des différences entre les sexes dans les effets à long terme du méthylmercure administré seul. Bien que le mélange complet ait entraîné une diminution du gain pondéral chez la progéniture des deux sexes, laquelle a persisté jusqu'à l'âge adulte (JPN 75), le méthylmercure administré seul a entraîné une diminution du gain pondéral persistant jusqu'à l'âge adulte seulement chez la progéniture mâle. Les effets du méthylmercure sur le gain pondéral de la progéniture femelle n'étaient plus évidents une fois l'âge adulte atteint. L'exposition aux BPC ou aux pesticides organochlorés administrés seuls n'a eu que peu d'effets sur le gain pondéral ainsi que sur les taux de mortalité chez les mères et leur progéniture.

La comparaison des effets toxiques du mélange complet à ceux des composants du mélange a révélé que la plupart des effets du mélange complet sur les premiers stades du développement (développement neuromusculaire et activité motrice) pouvaient être attribués au méthylmercure présent dans le mélange. Le mélange complet a été associé, au JPN 16, à une diminution de la force de préhension avant le sevrage et à une augmentation de l'activité motrice, qui était comparables aux effets observés dans le cadre de l'étude précédente sur le mélange. Le méthylmercure présent dans le mélange

semblait principalement responsable de ces changements neurocomportementaux précoces, étant donné que le méthylmercure, lorsqu'il a été administré seul, a provoqué des changements identiques liés à la force de préhension et à l'activité motrice. Administrés seuls, les BPC ont entraîné une légère diminution de l'activité motrice et de la force de préhension, tandis que les pesticides organochlorés n'ont produit aucun effet.

On a mesuré les capacités d'apprentissage et de mémoire de la progéniture ayant atteint l'âge adulte au moyen du test du labyrinthe aquatique de Morris et on a découvert que la dose la plus élevée du mélange complet altérait la performance. Cet effet du mélange semble s'expliquer par les effets additifs du méthylmercure et des BPC présents dans le mélange, puisque les animaux traités par le méthylmercure et ceux traités par les BPC affichaient également une baisse de la performance, quoique à un moindre degré. Les mesures de la réactivité (réflexe stapédien) ont révélé que la dose la plus élevée du mélange augmentait l'intensité de la réaction de sursaut, ce qui semble indiquer une réactivité accrue. Aucun des composants isolés du mélange n'a produit de changements importants de la réaction de sursaut.

On a examiné, au JPN 14, le cervelet des animaux exposés au mélange complet ou aux différents composants du mélange afin de déceler des changements dans l'expression des gènes responsables de la différenciation, de la migration, de la myélinisation et de la transmission synaptique des neurones. Bien que tous les composants du mélange, soit les BPC, le méthylmercure et les pesticides organochlorés, aient altéré l'expression de plusieurs gènes, le mélange complet a provoqué des changements minimes de l'expression génétique. Dans un sous-groupe de gènes analysés par la technique de réaction en chaîne de la polymérase (*polymerase chain reaction technique* ou PCR), six des huit gènes altérés par les BPC, le méthylmercure et les pesticides organochlorés n'ont subi aucun changement chez les animaux exposés au mélange complet (Padhi et coll., 2008). Les données sur l'expression génétique portent à croire que, en ce qui concerne l'expression des gènes dans le cerveau, il n'est pas facile de prédire les effets d'une exposition globale aux produits chimiques présents dans ce mélange à partir des effets de chaque composant du mélange. En fait, le mélange complet a provoqué un plus petit nombre d'altérations de l'expression génétique que n'importe lequel des composants du mélange.

On a aussi comparé les concentrations tissulaires des contaminants chez les animaux exposés au mélange complet à celles observées chez les animaux exposés à chacun des composants du mélange. On a constaté chez les animaux exposés au mélange complet et à des doses

semblables de chacun des composants du mélange que les concentrations tissulaires des contaminants étaient modifiées par l'exposition concomitante aux produits chimiques dans le mélange. Par exemple, les concentrations sanguines de certains congénères des BPC chez la progéniture exposée au mélange complet étaient de 50 % à 300 % supérieures aux concentrations de BPC observées chez la progéniture exposée seulement aux BPC (figure 5.3.2). Bien qu'elles ne soient pas complètes, les données préliminaires montrent que les cerveaux des petits présentaient des différences semblables. Même si ces différences étaient évidentes dans le sang de la progéniture, et ce, à tous les âges évalués, les différences étaient plus grandes chez les plus jeunes animaux. Tout comme les résultats relatifs aux résidus de BPC, les concentrations sanguines de méthylmercure différaient également entre les animaux exposés seulement au méthylmercure et ceux exposés à la même dose de méthylmercure entrant dans la composition du mélange complet. Contrairement aux BPC, les concentrations sanguines de méthylmercure ont toutefois *diminué* d'environ 50 % chez les animaux exposés au mélange complet comparativement aux animaux exposés seulement au méthylmercure présent dans le mélange.

Les résultats concernant le méthylmercure doivent toutefois être interprétés avec prudence, étant donné la petite taille des échantillons.

Les recherches en cours ont confirmé les différences relatives entre les effets du méthylmercure administré seul et ceux du mélange complet sur la mortalité précoce, le gain pondéral chez les mères et leur progéniture et l'activité motrice avant le sevrage (Bowers, communication personnelle). Les taux de mortalité plus faibles chez les animaux traités par le mélange que chez les animaux traités seulement par le méthylmercure peuvent s'expliquer par le fait que ces derniers présentaient des concentrations sanguines de méthylmercure supérieures à celles des animaux traités par le mélange. En fait, les animaux exposés seulement au méthylmercure ont reçu une dose interne plus élevée que les animaux traités par le mélange qui ont été exposés à la même dose de méthylmercure. Les différences dans les concentrations tissulaires pourraient également expliquer les différences de toxicité selon le sexe entre la progéniture exposée au mélange complet et celle exposée seulement au méthylmercure. On ignore encore si les différences entre les effets toxiques du mélange et ceux du méthylmercure sont attribuables seulement aux différences dans les concentrations tissulaires ou si l'exposition globale à tous les produits chimiques du mélange modifie également la toxicité des composants chimiques.

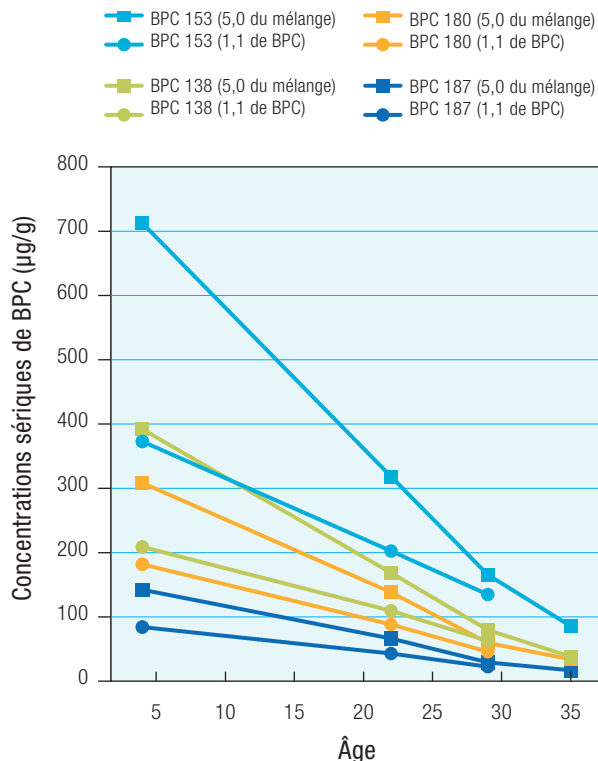


FIGURE 5.3.2

Comparaison des concentrations sanguines de certains congénères des BPC chez la progéniture exposée seulement aux BPC (1,1 de BPC) ou à la même dose de BPC entrant dans la composition du mélange de produits chimiques (5,0 du mélange).

Les variations des concentrations tissulaires de résidus, telles que celles mentionnées dans le présent rapport, jouent probablement un rôle dans la toxicité des mélanges de produits chimiques. Les données indiquent que l'exposition concomitante à des produits chimiques contenus dans un mélange semble modifier non seulement les concentrations tissulaires des contaminants, mais également la toxicité d'au moins certains contaminants. Les données semblent indiquer que les études réalisées sur un seul produit chimique peuvent fournir des estimations inexactes sur les concentrations tissulaires et la toxicité dans le cadre d'études sur les humains, puisque l'exposition concomitante à des produits chimiques (scénario normal de l'exposition humaine) peut avoir des effets à la fois sur la charge corporelle et sur les relations dose-toxicité. De plus, il est intéressant de supposer que certains des résultats apparemment divergents provenant des études épidémiologiques (p. ex. Faroe versus Seychelles) peuvent être attribuables au profil d'exposition globale, lequel peut modifier la toxicité estimative de produits chimiques distincts tels que le méthylmercure ou les BPC.

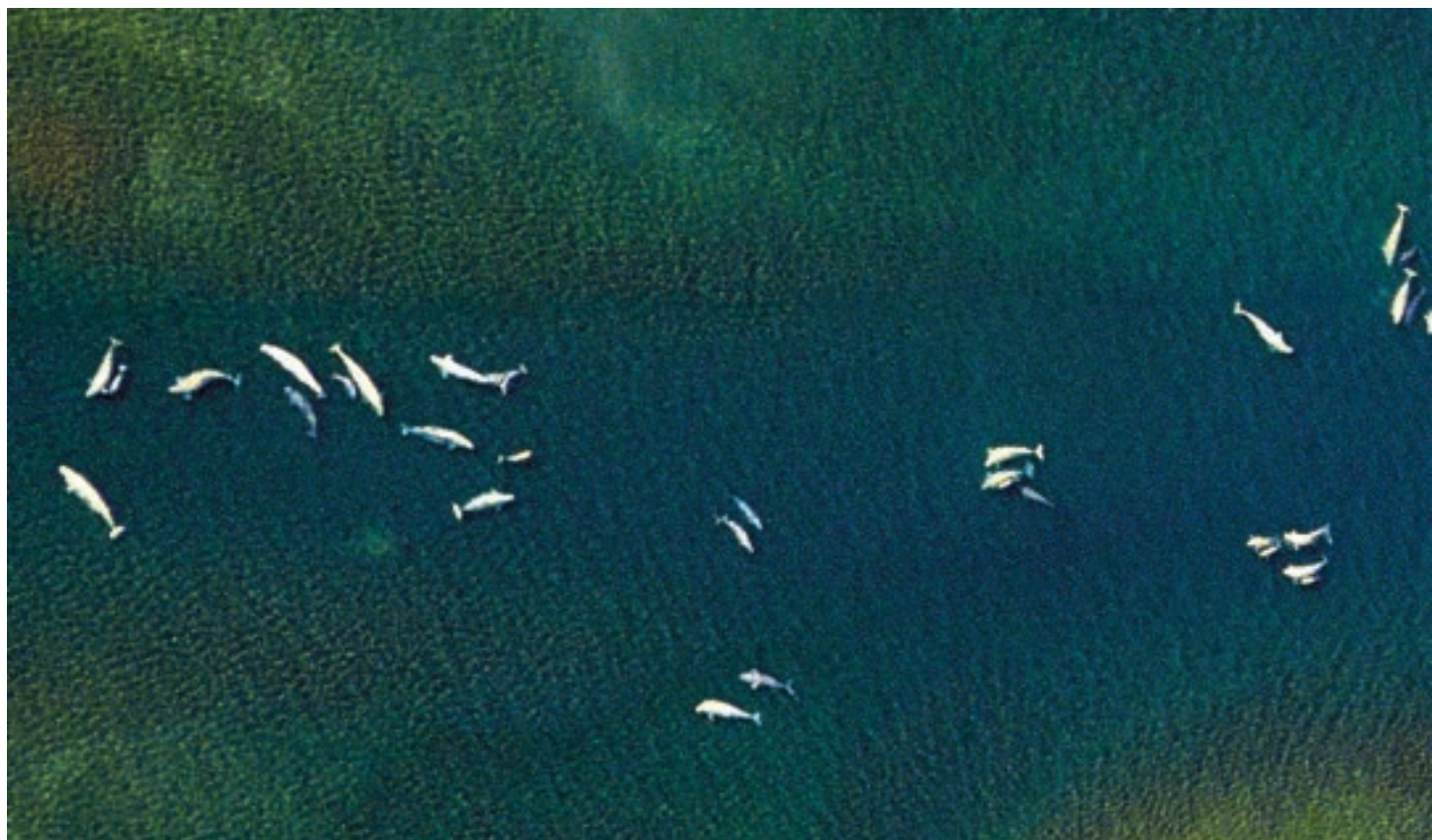
5.4 Interactions entre les nutriments et les contaminants

5.4.1 Modification de la toxicité du mercure par les aliments : données provenant de modèles rats

Le mercure (Hg) est un contaminant environnemental qui soulève des préoccupations, particulièrement pour les peuples des Premières nations et les Inuits, dont le régime alimentaire est constitué de poissons et de mammifères marins qui contiennent des concentrations élevées de méthylmercure.

Selon la littérature, certains nutriments présents dans les aliments, comme le sélénium, la vitamine E, les fibres et les acides gras polyinsaturés, peuvent modifier la toxicité du mercure. Le PLCN a financé plusieurs études expérimentales sur l'alimentation des animaux pour vérifier l'hypothèse selon laquelle la consommation concomitante de ces nutriments peut modifier la cinétique et la toxicité du mercure. Les résultats de ces études sont présentés ci-dessous.

Une dose élevée de sélénium augmente les concentrations de méthylmercure dans le foie, les reins et le lobe frontal du cerveau, tandis qu'une dose élevée de vitamine E augmente les concentrations de méthylmercure dans les reins, mais diminue ces concentrations dans le foie (Beyrouty et Chan, 2006). Une dose élevée de phytate entraîne une augmentation notable des concentrations de méthylmercure dans le lobe frontal. Cependant, aucun des traitements alimentaires (sélénium, vitamine E et phytate) n'a offert une protection évidente contre les effets neurotoxiques chez les rats adultes. Une étude réalisée sur deux générations de rats a montré que l'exposition au méthylmercure (1,25 µg/kg p.c./jour) causait des effets indésirables sur la fonction de reproduction des mères et réduisait la durée de survie de la progéniture. Cependant, on a constaté une nette amélioration du gain pondéral durant la lactation et du temps moyen de réaction de sursaut chez les mères lorsque leur alimentation était enrichie de sélénium (1 ppm) et de vitamine E (225 UI/kg) (Beyrouty et Chan, 2006). La combinaison de vitamine E et de sélénium a également entraîné une augmentation statistiquement significative de la survie postnatale de la progéniture. Par exemple, au cours de la période allant du JPN 4 au JPN 21, seulement 50 %



Ed Struzik



de la progéniture des mères traitées seulement par le méthylmercure a survécu comparativement à environ 90 % de la progéniture du groupe recevant le traitement d'association qui comprenait le méthylmercure, la vitamine E et le sélénium. Ces résultats portent à croire que les nutriments antioxydants dans les aliments peuvent modifier la toxicité du méthylmercure pour la reproduction et le développement. On a également constaté que les matières grasses alimentaires constituaient un facteur important. On a observé une augmentation notable du poids relatif de la rate chez des rats soumis à un régime alimentaire dans lequel le lard constituait la source de matières grasses (principalement de graisses saturées et d'acides gras monoinsaturés) après une exposition à 3 µg/kg p.c./jour de méthylmercure (administration de doses pendant 14 jours), alors que ce n'était pas le cas chez les rats soumis à un régime alimentaire contenant de l'huile de poisson, de l'huile de soya ou de l'huile de phoque (Jin et coll., 2007). Il existe également certaines données selon lesquelles le régime alimentaire enrichi d'huile de phoque pourrait offrir une protection contre les effets toxiques du méthylmercure sur le système immunitaire, comme le montre la production accrue d'immunoglobulines sériques.

D'autres données expérimentales portent à croire que le sélénium peut également offrir une protection contre la toxicité rénale associée à une exposition au cadmium. On a noté des diminutions importantes de l'activité des enzymes antioxydantes et des augmentations des produits finaux de la peroxydation des lipides dans les tissus rénaux des rats après une exposition de courte durée au chlorure de cadmium (injection intrapéritonéale pendant 10 jours à raison de 2 µg/kg p.c./jour) (El-Sharaky et coll., 2007). Un traitement préalable par le sélénite de sodium (2 µg/kg p.c./jour) administré à ces mêmes animaux avant de les exposer quotidiennement au cadmium a entraîné le rétablissement de l'activité des enzymes antioxydantes atteignant un niveau semblable à celui observé chez les rats témoins. Même si ces doses pourraient être considérées de beaucoup supérieures aux apports normaux en cadmium et en sélénium chez les consommateurs d'aliments traditionnels, les résultats semblent indiquer que le sélénium est capable d'exercer un effet sur l'un des principaux mécanismes de toxicité induite par le cadmium, soit le stress oxydatif.

On a constaté chez des rats exposés pendant 30 jours à des doses orales de cadmium (1,8 µg/kg p.c./jour)



une bioaccumulation importante de cadmium dont les concentrations les plus élevées ont été détectées, dans un ordre décroissant, dans le plasma, le foie et les reins (Borges et coll., 2008). On a aussi observé, après la période d'exposition au cadmium, une augmentation de divers indicateurs cliniques de lésions hépatiques (aspartate aminotransférase, gamma-glutamyl-transférase et alanine aminotransférase) ainsi que du nombre d'altérations histopathologiques. Lorsque l'administration de cadmium était suivie par une exposition équivalente au diséliniure de diphényle (composé organosélinié dont on envisage l'utilisation à des fins thérapeutiques), on notait une forte diminution de la bioaccumulation du cadmium (environ 50 % à 85 % dans les reins et le foie). On a également constaté une diminution des lésions des cellules hépatiques causées par le cadmium chez les rats recevant un traitement associant le cadmium et le sélénium. On a également avancé que le sélénium, en plus d'agir comme un antioxydant, était capable de former un complexe avec le cadmium, ce qui réduisait sa toxicité.

Le stress oxydatif est aussi l'un des mécanismes que l'on croit associés à la neurotoxicité du méthylmercure. L'exposition de souris gravides à des doses orales de méthylmercure (0,63 à 6,3 µg/kg p.c./jour) tout au long de la gestation et de la lactation a entraîné une inhibition proportionnelle à la dose du développement post-natal normal du système antioxydant du glutathion dans le cerveau de la progéniture (Stringari et coll., 2007). Même après la réduction des concentrations de mercure dans le cerveau aux concentrations observées chez les témoins au JPN 21, l'activité des enzymes antioxydantes était toujours inhibée, alors que les signes de lésions par oxydation des lipides (F2-isoprostanes) étaient nombreux.

Bien qu'il existe des preuves expérimentales montrant que divers composants alimentaires tels que les oligo-éléments essentiels, les vitamines et les acides gras sont capables d'atténuer la toxicité de certains contaminants présents dans les aliments, la confirmation de ces interactions dans les recherches effectuées auprès des humains est plutôt équivoque. Par exemple, lorsqu'on a examiné les anomalies neurocomportementales causées par le méthylmercure observées dans les cohortes de naissance de l'étude de Faroese en fonction de diverses concentrations de sélénium dans le sang du cordon ombilical, on n'a trouvé aucune preuve claire d'un effet protecteur, même lorsque le sélénium était présent en concentration molaire excédant dix fois celle du méthylmercure (Choi et coll., 2007). Les études toxicologiques expérimentales demeurent toutefois un outil pratique dans l'analyse des interactions nutriments-contaminants présentant des bienfaits potentiels et de leur intérêt pour la santé humaine.

5.5. Toxicologie et épidémiologie : comparaison des données

5.5.1 Introduction

Les projets de recherche financés par le PLCN incluent à la fois des études toxicologiques et des études épidémiologiques expérimentales de base menées auprès de populations humaines vivant dans l'Arctique. D'une part, les toxicologues ont analysé divers composés seuls ou en combinaison dans des modèles animaux pour déterminer leur capacité de diminuer la fonction immunitaire, de modifier les voies endocriniennes et de causer des effets indésirables sur la reproduction et le développement. D'autre part, les épidémiologistes ont examiné les liens entre l'exposition à des composés plus ou moins semblables et des paramètres également semblables à ceux analysés dans le cadre d'études expérimentales réalisées sur des animaux de laboratoire. Dans cette section du chapitre sur la toxicologie, nous comparons les résultats obtenus par les chercheurs des deux champs de recherche afin de mieux comprendre les effets de l'exposition aux contaminants dans les populations de l'Arctique.

5.5.2 Comparaison entre la toxicologie et l'épidémiologie en ce qui concerne certains paramètres de santé

■ 5.5.2.1 Fonction immunitaire

L'incidence élevée des maladies infectieuses – particulièrement la méningite, les infections bronchopulmonaires et les infections de l'oreille moyenne – chez les jeunes enfants du Nunavik est connue depuis de nombreuses années (Duval et Thérien, 1982; Dufour, 1988; Proulx, 1988). L'otite moyenne et les dommages auditifs connexes constituent un problème majeur chez les enfants et les adultes inuits. En fait, les Inuits du Nunavik indiquent que la perte auditive est leur problème de santé chronique le plus fréquent (Santé Québec, 1994). En 1984, on a constaté que 78 % des enfants inuits d'âge scolaire vivant à Kuujjuarapik étaient atteints ou avaient été atteints d'une otite et que 23 % des enfants présentaient une perte auditive importante à une oreille ou aux deux oreilles (Julien et coll., 1987). En 1988, la fréquence de la perte auditive chez 74 élèves d'Inukjuak ayant fait l'objet d'un test était de 24 % (Proulx, 1988). En 1995-1996, des tests de dépistage réalisés auprès de la population de la côte d'Ungava ont révélé un taux de perte auditive de 28 % chez les élèves (Proulx, communication personnelle). La perte auditive chez les enfants inuits est principalement attribuable à l'otite moyenne (Ayukawa et coll., 2004).



Étant donné les propriétés immunotoxiques de certains composés organochlorés, en particulier après une exposition périnatale, on a émis l'hypothèse que l'incidence élevée des infections chez les nourrissons inuits pouvait en partie être liée à la charge corporelle relativement élevée de ces contaminants chez les mères et à son transfert partiel aux nouveau-nés durant l'allaitement. Pour vérifier cette hypothèse, trois différentes études épidémiologiques ont été menées durant les 15 dernières années au Nouveau-Québec afin d'examiner le lien entre l'exposition prénatale ou postnatale aux composés organochlorés, l'état immunitaire et la survenue de maladies infectieuses chez les nourrissons inuits. De plus, une étude toxicologique a été réalisée sur des porcs afin d'examiner les effets de l'exposition à un mélange complexe de contaminants pendant le développement ainsi que d'autres paramètres (voir ci-dessous).

5.5.2.1.1 Études épidémiologiques

Durant la première étude (Dewailly et coll., 2000), les chercheurs ont compilé le nombre d'épisodes de maladies infectieuses survenus chez 98 nourrissons au sein et 73 nourrissons au biberon durant leur première année de vie. On a mesuré les concentrations de composés organochlorés dans le lait maternel, et on a déterminé des paramètres liés au système immunitaire dans les échantillons de sang veineux prélevés chez des nourrissons de 3, 7 et 12 mois. Pour estimer l'exposition cumulative aux composés organochlorés par l'allaitement, on a multiplié la concentration de ces composés dans le lait maternel par la durée de l'allaitement. Le risque d'otite moyenne chez les nourrissons au sein semblait inférieur à celui auquel étaient exposés les nourrissons au biberon durant les trois premiers mois de vie, mais non par la suite. Durant les deuxième et troisième périodes de suivi (respectivement 4 à 8 mois et 8 à 12 mois après l'accouchement), le risque d'otite moyenne a augmenté avec l'exposition cumulative au *p,p'*-DDE par l'allaitement



Eric Loring

(risque relatif pour les nourrissons de 9 à 12 mois dans le tertile d'exposition supérieur comparativement aux nourrissons dans le tertile inférieur [rapport de cotes : 2,4; IC à 95 %; intervalle : 1,1 à 5,3]). De plus, on a noté, durant la deuxième période de suivi, un lien négatif entre le rapport des sous-populations de lymphocytes T auxiliaires (CD4) et de lymphocytes T cytotoxiques (CD8) et l'exposition cumulative aux BPC (Spearman : $r = 0,27$; $p < 0,05$) ou la durée de l'allaitement (Spearman : $r = 0,29$; $p < 0,05$). On a conclu que l'exposition aux composés organochlorés par l'allaitement peut modifier la fonction immunitaire et constituer un facteur de risque d'otite moyenne aiguë chez les nourrissons inuits (Dewailly et coll., 2000).

L'hypothèse selon laquelle il existerait un lien entre l'exposition prénatale aux composés organochlorés et l'apparition de maladies infectieuses chez les nourrissons inuits a été étudiée par la suite dans le cadre de l'étude sur le développement des nourrissons menée au Nunavik. On a examiné les dossiers médicaux portant sur les 12 premiers mois de vie d'une cohorte de 199 nourrissons inuits, afin de déterminer les taux d'incidence des infections des voies respiratoires supérieures et inférieures (IVRS et IVRI), de l'otite moyenne et des infections gastrointestinales. On a prélevé des échantillons du plasma maternel durant l'accouchement et du plasma des nourrissons à l'âge de sept mois afin d'effectuer des analyses pour détecter la présence de BPC et du DDE. Comparativement aux taux mesurés chez les nourrissons

appartenant au premier quartile d'exposition aux BPC (les moins exposés), les rapports de taux ajustés d'IVRS, d'otite moyenne, d'infections gastrointestinales et d'IVRI chez les nourrissons des quartiles plus élevés variaient, respectivement, de 1,1 à 1,3, de 1,0 à 1,4, de 1,5 à 1,9 et de 1,2 à 1,7 durant les six premiers mois de suivi. En ce qui concernait toutes les infections combinées, les rapports de taux variaient de 1,2 à 1,3. L'ampleur de l'effet était semblable pour l'exposition au DDE, mais elle était plus faible durant toute la période de suivi de 12 mois. Dans l'ensemble, la plupart des rapports de taux étaient supérieurs à 1,0, mais peu étaient statistiquement significatifs ($p < 0,05$). On n'a noté aucune association lorsqu'on a pris en considération l'exposition postnatale. Ces résultats montrent une association possible entre l'exposition prénatale aux composés organochlorés et les infections aiguës survenant dès le plus jeune âge dans cette population inuite (Dallaire et coll., 2004).

La troisième étude (Dallaire et coll., 2006) visait à déterminer si l'exposition prénatale aux BPC dans l'environnement est associée à l'incidence des infections respiratoires aiguës chez les enfants inuits d'âge préscolaire. On a examiné les dossiers médicaux de 343 enfants de 0 à 5 ans à la recherche d'associations entre les concentrations de BPC 153 dans le plasma du cordon ombilical et les taux d'incidence de l'otite moyenne aiguë, des IVRS et des IVRI. Les chercheurs ont constaté que les taux d'incidence de l'otite moyenne aiguë et des IVRI étaient associés à l'exposition prénatale aux BPC.



Eric Loring

Comparativement aux enfants du premier quartile d'exposition (les moins exposés), les enfants du quatrième quartile (les plus exposés) présentaient des rapports de taux de 1,3 ($p < 0,001$) pour l'otite moyenne aiguë et de 1,4 ($p < 0,001$) pour les IVRI. Aucune association entre l'exposition prénatale aux BPC et les taux d'incidence des IVRS ou d'hospitalisation n'a été observée. Les chercheurs ont conclu que l'exposition prénatale aux BPC pouvait être à l'origine d'un nombre important d'infections respiratoires chez les enfants de cette population (Dallaire et coll., 2006).

5.5.2.1.2 Études toxicologiques

Reconnaissant que les contaminants environnementaux tels que les composés organochlorés dans les régimes alimentaires traditionnels sont présents sous forme de mélanges complexes et que ces contaminants peuvent interagir entre eux, ce qui peut provoquer des effets antagonistes, additifs ou synergiques, le premier Rapport de l'évaluation des contaminants dans l'Arctique canadien (CACAR, 1997) a conclu qu'il convenait de réaliser d'autres études sur les animaux pour explorer les effets interactifs possibles des contaminants. Comme on l'a mentionné précédemment, des composés uniques ou des mélanges techniques/commerciaux ont été administrés à des animaux de laboratoire dans la plupart des études toxicologiques qui ont porté sur les éventuels effets indésirables sur la santé associés à l'exposition aux POP (Giesy et Kannan, 1998). Seules quelques études toxicologiques ont été menées sur des mélanges de contaminants présents dans la chaîne alimentaire, qui étaient pertinents du point de vue de l'environnement arctique.

Bilrha et coll. (2004) ont étudié le potentiel immunotoxique d'un mélange complexe de POP pertinent du point de vue de l'environnement par rapport aux POP présents dans la chaîne alimentaire aquatique de l'Arctique. Ils ont surveillé des paramètres liés au système immunitaire chez des porcelets mâles exposés *in utero* et durant la lactation à un mélange d'organochlorés formé de 16 composés dont les principaux étaient les BPC et le DDT. Des truies prépubères ont reçu par voie orale de l'huile de maïs (groupe témoin) ou le mélange de composés organochlorés à des doses croissantes (faible, moyenne et élevée) entre l'âge de 4 mois et la puberté. Les truies ont été inséminées avec le sperme d'un verrat non traité, et le traitement par le mélange d'organochlorés s'est poursuivi pendant toute la durée de la gestation (112 à 115 jours) et de la lactation (21 jours). On a prélevé du sang chez les truies au moment de la parturition et chaque mois chez les porcelets jusqu'à ce qu'ils aient atteint l'âge de huit mois afin de déterminer les concentrations plasmatiques des composés organo-



Eric Loring

chlorés et les paramètres d'immunité innée, cellulaire et humorale. Tous les porcelets ont été sevrés à 21 jours afin de normaliser la période d'administration et d'éviter les effets associés à une alimentation différente par le lait maternel. Le traitement par le mélange d'organochlorés n'a entraîné aucun effet proportionnel à la dose sur la proportion des sous-populations de lymphocytes T CD4+ et CD8+, et n'a pas modifié l'activité fonctionnelle du composant C2 du complément. On a constaté une augmentation de la proportion de lymphocytes CD4+/CD8+ et de CD8+/DR+ ainsi que de la réponse lymphoproliférative aux mitogènes chez les porcelets de quatre mois traités par le mélange d'organochlorés. Après 6 mois, la réponse lymphoproliférative aux mitogènes et la proportion de lymphocytes CD4+/CD8+ étaient toujours élevées chez les porcelets traités par le mélange d'organochlorés, mais la proportion de lymphocytes CD8+/DR+ avait diminué comparativement aux valeurs observées chez les porcelets témoins. Les animaux



Ed Struzik

du groupe recevant la dose élevée présentaient également une légère augmentation de l'activité phagocytaire des granulocytes à l'âge de 8 mois. De plus, la dose élevée a entraîné une diminution de la production d'anticorps contre *Mycoplasma hyopneumoniae*. Ces résultats ont indiqué que l'exposition pendant le développement à un mélange d'organochlorés pertinent du point de vue de l'environnement peut altérer la fonction immunitaire chez le porc.

5.5.2.1.3 Différences et similitudes entre les deux méthodes

Les résultats des études épidémiologiques menées auprès de trois groupes différents d'enfants inuits ont montré que l'exposition prénatale aux composés organochlorés augmentait la prédisposition aux maladies infectieuses, en particulier à l'otite moyenne (Dewailly et coll., 2000; Dallaire et coll., 2004; 2006). Bien que les variables confusionnelles potentielles aient été prises en considération dans les analyses statistiques, un effet confusionnel résiduel demeure toujours possible. Par conséquent, pour vérifier la plausibilité de cette association, on a mené une étude toxicologique en se servant d'un modèle porcin et

d'un mélange d'organochlorés pertinent. On a constaté que plusieurs aspects liés à la fonction immunitaire étaient modifiés par l'exposition pendant le développement au mélange complexe de composés organochlorés (Bilrha et coll., 2004). La diminution de la réaction secondaire au vaccin observée durant l'étude dans le groupe recevant la dose élevée montre que le mélange d'organochlorés a altéré la production d'anticorps par les lymphocytes B et la réaction secondaire. Un tel effet augmente la plausibilité sur le plan biologique des associations notées dans le cadre des études épidémiologiques entre l'exposition aux composés organochlorés durant la période de développement et la diminution de l'immunité humorale. L'efficacité des programmes de vaccination à l'intention des nourrissons inuits doit être examinée en lien avec l'exposition aux composés organochlorés qu'ils subissent afin de confirmer l'hypothèse voulant que ces contaminants entraînent une diminution de l'immunité humorale.

Les concentrations plasmatiques des composés organochlorés chez les porcelets étaient semblables à celles observées dans les populations humaines du Québec

exposées à ces mêmes composés. En effet, Muckle et coll. (2001) ont signalé que les femmes inuites du Nunavik qui accouchaient présentaient une concentration moyenne de BPC (total des 14 congénères) dans les lipides plasmatiques de 397 µg/kg, les valeurs variant de 72 à 1 951 µg/kg. Dans l'étude réalisée par Bilrha et coll. (2004), les truies appartenant aux groupes recevant la faible dose, la dose moyenne et la dose élevée affichaient, au moment de la parturition, des concentrations moyennes de BPC dans les lipides plasmatiques se situant, respectivement, à 153, 1 425 et 11 485 µg/kg. La concentration moyenne de *p,p'*-DDE dans les lipides plasmatiques était de 386 µg/kg chez les femmes inuites (intervalle : 60 à 2 260 µg/kg). Les concentrations moyennes de *p,p'*-DDE dans les lipides plasmatiques étaient de 152, 1 538 et 13 756 µg/kg chez les truies au moment de la parturition. Les concentrations moyennes de ces principaux composés organochlorés chez les truies du groupe recevant la dose élevée étaient seulement cinq ou six fois supérieures aux concentrations maximales récemment déclarées chez les femmes inuites du Nunavik qui donnaient naissance à un enfant. Par conséquent, les charges corporelles des composés organochlorés atteintes dans l'étude de Bilrha et coll. (2004) sont pertinentes pour la population inuite du Nunavik.

■ 5.5.2.2 Densité osseuse et ostéoporose

L'ostéoporose est généralement définie par une diminution de la densité minérale osseuse et une détérioration microarchitecturale du tissu osseux (Genant et coll., 1999). Cette maladie chronique multifactorielle peut évoluer de façon asymptomatique pendant des décennies jusqu'à ce que les fractures caractéristiques de la maladie surviennent à un âge avancé.

Les facteurs de risque de l'ostéoporose chez les femmes comprennent l'âge avancé, une faible corpulence, le tabagisme, une carence hormonale, la génétique, le manque d'exercice physique, un faible apport en calcium et en vitamine D, la ménopause, la prise de certains médicaments (p. ex. les glucocorticoïdes) et plusieurs troubles médicaux (Lane, 2006; NAMS, 2006). L'exposition à des produits chimiques environnementaux capables de rompre l'équilibre hormonal peut constituer un autre facteur de risque de cette maladie (Holmes et coll., 2004). Plus précisément, en raison du rôle important de la carence en œstrogènes dans le processus ostéoporotique (Deroo et Korach, 2006), les composés pouvant interagir avec les récepteurs des œstrogènes ou modifier le métabolisme des œstrogènes pourraient être en cause dans la pathogenèse. Certains composés organochlorés peuvent modifier la voie de signalisation des œstrogènes, notamment les BPC (DeCastro

et coll., 2006), le β-HCH (Steinmetz et coll., 1996) et la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (TCDD) ainsi que les composés de structure voisine (Krishnan et Safe, 1993; Kharat et Saatcioglu, 1996; Abdelrahim et coll., 2006). Les résultats de deux études semblent indiquer un lien possible entre l'ostéoporose et l'exposition aux composés organochlorés (Beard et coll., 2000; Alveblom et coll., 2003).

Étant donné l'exposition à des composés organochlorés en concentrations exceptionnellement élevées au Groenland, une étude a été entamée afin d'examiner les associations possibles entre les concentrations plasmatiques de composés organochlorés et les mesures des os par ultrasons chez les femmes inuites ménopausées ou en période de pérимénopause vivant au Groenland.

5.5.2.2.1 Études épidémiologiques

On a examiné les associations entre les concentrations plasmatiques de composés organochlorés et les mesures des os par ultrasons chez des femmes inuites ménopausées ou en période de pérимénopause vivant au Groenland (Côté et coll., 2006). On a pris les mesures de paramètres ultrasonores quantitatifs (USQ) dans le calcaneum droit chez 153 femmes inuites ménopausées ou en période de pérимénopause (49 à 64 ans) vivant à Nuuk, au Groenland, et on a examiné le lien entre ces paramètres et les concentrations plasmatiques de composés organochlorés. On a utilisé la chromatographie en phase gazeuse à haute résolution avec détection à capture d'électrons pour analyser les échantillons plasmatiques de 14 congénères des BPC et de 11 pesticides chlorés de même que de leurs métabolites. On a analysé des échantillons d'urine recueillis le matin pour détecter la présence de cadmium (une variable confusionnelle éventuelle) par spectrométrie d'absorption atomique. On a utilisé un questionnaire validé pour documenter les habitudes alimentaires et celles liées au mode de vie ainsi que les antécédents médicaux et génésiques.

Les concentrations de BPC 153, un substitut de l'exposition à la plupart des composés organochlorés présents dans les échantillons plasmatiques, étaient inversement corrélées aux paramètres USQ dans les analyses univariées ($p < 0,001$). Les concentrations de BPC 153 n'ont toutefois pas été associées aux valeurs USQ dans les analyses multivariées qui comprenaient des variables confusionnelles éventuelles comme l'âge, le poids corporel, l'utilisation passée de contraceptifs oraux et une hormonothérapie substitutive en cours qui sont tous des facteurs prédictifs importants de la solidité osseuse (total – R au carré = 0,39; $p < 0,001$). Dans l'ensemble, il existait peu de preuves que l'exposition aux composés organochlorés était liée à l'ostéoporose chez les femmes

inuites du Groenland. Cependant, d'autres analyses exploratoires ont révélé des associations statistiquement significatives ($p < 0,05$) entre les mesures USQ des os et les concentrations de BPC 156, un congénère ayant des propriétés semblables à celles de la dioxine. Ces résultats laissent croire que les composés de type dioxine peuvent diminuer la densité osseuse et augmenter le risque d'ostéoporose chez les Groenlandaises.

5.5.2.2.2 Études toxicologiques

Des chercheurs finlandais ont déclaré que l'exposition à long terme à la 2,3,7,8-tétrachloro-*p*-dioxine interfère de manière proportionnelle à la dose avec la croissance osseuse, le remodelage osseux (processus durant lequel l'os est continuellement réabsorbé et renouvelé) et la résistance mécanique osseuse chez deux souches de rats présentant différentes structures du RHA (Jämsä et coll., 2001). Une diminution de la croissance du tibia a été associée à une altération de la géométrie osseuse, comme le montre la diminution des parties transversale et médullaire de la diaphyse. La densité minérale osseuse de la corticale n'a pas été modifiée, mais le test de flexion à trois points a indiqué une diminution de la contrainte de flexion à la rupture et de la solidité du tibia au niveau de la diaphyse. Ces changements ont été observés à des niveaux d'exposition qui n'étaient pas très supérieurs aux niveaux moyens actuels d'exposition à la dioxine auxquels sont soumis les humains. Fait intéressant, une souche de rats résistante à la dioxine qui présentait une mutation du RHA était plus résistante à ces effets que la souche de rats présentant une structure normale du même récepteur et une sensibilité élevée à la dioxine. Ces constatations confirment la théorie selon laquelle un mécanisme dans lequel intervient le RHA joue un rôle dans ces altérations osseuses. Des études animales ont également montré que les BPC semblables à la dioxine pouvaient perturber le métabolisme osseux normal et entraîner une plus grande fragilité osseuse (Lind et coll., 1999, 2000). Le BPC 126, un congénère de BPC non substitué en ortho et présentant une structure coplaire, a entravé le processus de minéralisation du tibia chez les rats (Lind et coll., 1999) et a aussi réduit la concentration en collagène ainsi que les concentrations sériques d'ostéocalcine, ce qui a entraîné une diminution de la résistance maximale à la torsion et de la solidité de l'humérus chez les rats (Lind et coll., 2000).

5.5.2.2.3 Différences et similitudes entre les deux méthodes

Dans une étude épidémiologique, les analyses exploratoires ont révélé que le BPC 156, un congénère possédant une activité de type dioxine limitée, pouvait réduire les paramètres USQ chez les femmes inuites du Groenland (Côté et coll., 2006). Les liens étaient plus étroits en

ce qui concernait l'indice de dureté (*stiffness index*), qui correspond à la solidité de la structure osseuse. Les évaluations toxicologiques ont montré que la dureté de l'humérus chez les rats était réduite à la suite d'une exposition à des contaminants de type dioxine. Bien qu'elle soit plausible sur le plan biologique, l'association observée entre les BPC et les paramètres USQ chez les femmes inuites pourrait être le fruit du hasard et doit être de nouveau établie dans le cadre d'une autre étude dans laquelle tous les composés organochlorés semblables à la dioxine seront mesurés et pris en considération dans les analyses statistiques. Le lien entre l'exposition aux contaminants organochlorés et les mesures USQ fait actuellement l'objet d'une étude menée auprès de femmes inuites du Nunavik. On mesurera la concentration plasmatique de tous les composés de type dioxine chez les participantes au moyen du dosage DR CALUX (*Dioxin Receptor Chemically-Activated Luciferase Expression*). Les femmes feront l'objet d'un suivi prospectif afin de définir avec précision le moment où survient la perte osseuse et la vitesse de la perte osseuse.

5.6 Mot de la fin

Les nouveaux contaminants qui constituent une source de préoccupations croissantes pour l'Arctique canadien, incluent les contaminants tels que les ÉDPB et les PFC. Cependant, il existe actuellement peu de données sur les effets toxicologiques de ces contaminants sur la santé humaine, particulièrement en rapport avec les contaminants existants tels que les BPC et le mercure. Bien qu'une incertitude continue de planer quant à la pertinence de certains paramètres expérimentaux pour les humains, un récent résumé porte à croire qu'il semble exister une marge de sécurité relativement importante entre les niveaux actuels d'exposition fondés sur la dosimétrie interne et les effets, à tout le moins en ce qui a trait aux effets sur l'hormone thyroïdienne et les ÉDPB. On pense que, si les concentrations de contaminants dans les tissus humains continuent d'augmenter au rythme actuel, elles pourraient atteindre des concentrations semblables à celles qui ont été associées à des effets indésirables chez des animaux de laboratoire.

Les données expérimentales indiquent également que l'exposition concomitante à des produits chimiques contenus dans un mélange semble modifier non seulement certaines concentrations tissulaires de contaminants, mais également la toxicité d'au moins certains contaminants, tels que le méthylmercure et les BPC. Les études de toxicité réalisées sur un seul produit chimique peuvent fournir des estimations moins pertinentes des concentrations tissulaires et de la toxicité aux fins d'évaluation des risques, puisqu'on a montré que l'exposition



concomitante à des contaminants chimiques présents dans les aliments a des effets sur la charge corporelle de ces contaminants et sur la relation dose-toxicité. Les nutriments peuvent également modifier la toxicité des contaminants; les effets des interactions nutriments-contaminants chez les humains demeurent toutefois obscurs.

Bien qu'en théorie les études épidémiologiques soient les plus appropriées pour déceler les expositions qui sont nocives pour la santé humaine, les études toxicologiques sont nécessaires pour confirmer la plausibilité sur le plan biologique des associations observées et acquérir des connaissances sur les mécanismes d'action. Ritter et Arbuckle (2007) ont conclu que les efforts de recherche devraient être axés sur l'inclusion de la biosurveillance dans les études menées chez les humains et les animaux afin de faciliter les comparaisons entre les modèles humains et animaux et d'améliorer l'évaluation de l'exposition dans les études épidémiologiques. Si les études réalisées chez les humains et les animaux mesuraient des biomarqueurs semblables, cela faciliterait l'évaluation des risques pour la santé humaine.



Épidémiologie des effets sur la santé humaine associés à la présence de contaminants dans l'Arctique canadien

6.1 Introduction

Au cours des dernières décennies, la plupart des efforts de recherche déployés dans l'Arctique canadien étaient axés sur la caractérisation de l'exposition des résidents du Nord. Au début des années 1990, les études épidémiologiques ont commencé à évaluer les effets possibles de l'exposition aux contaminants sur la santé de ces personnes.

Le deuxième RECAC (CACAR, 2003) contenait des recommandations précises concernant les études épidémiologiques :

- poursuivre l'étude réalisée au Nunavik auprès d'une cohorte de nourrissons pour évaluer les effets à long terme des BPC, du mercure et d'autres contaminants sur leur développement;
- terminer les études épidémiologiques sur les effets immunotoxiques, et réaliser des essais sur de nouveaux biomarqueurs du système immunitaire;
- réaliser des études à long terme dans le Nord circumpolaire pour évaluer le rôle de l'exposition aux contaminants dans l'émergence des maladies chroniques telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires;
- limiter les études épidémiologiques aux troubles et aux maladies qui présentent des taux élevés d'incidence et des gradients de gravité (de l'état normal aux anomalies patentées) et qui sont faciles à diagnostiquer.

Comme dans le cas du dernier RECAC (CACAR, 2003), ce chapitre porte essentiellement sur les métaux et les POP. Une grande partie de l'incertitude sur les risques pour la santé liée à la présence de contaminants dans la chaîne alimentaire arctique concerne le méthylmercure

et les POP. Ce chapitre est principalement consacré à l'exposition à ces substances pendant la période prénatale et aux effets indésirables de ces substances sur les premières phases du développement (c.-à-d. altération du fonctionnement du système nerveux et du système immunitaire). Cependant, on étudie actuellement les résultats cardiovasculaires liés à l'exposition au mercure chez les enfants et les adultes. La variabilité de la pression artérielle et du rythme cardiaque est possiblement associée à l'exposition au mercure. De nouvelles données relatives à l'endocrinologie semblent actuellement indiquer que l'exposition aux POP peut avoir des effets sur le système hormonal. Par exemple, la perturbation des hormones stéroïdes pourrait être associée à l'ostéoporose et à des anomalies de l'appareil reproducteur masculin. Les données préliminaires expérimentales sur la toxicité des nouveaux POP portent à croire que la modulation des hormones thyroïdiennes peut également être un effet connexe. Aucune étude épidémiologique n'a examiné les effets sur la santé des nouveaux POP tels que les composés bromés et fluorés.

Puisque les Inuits constituent le groupe le plus exposé dans l'Arctique canadien, la présente évaluation est également orientée vers cette sous-population de résidents de l'Arctique. Les références aux autres études épidémiologiques pertinentes menées dans l'Arctique se sont limitées à celles concernant le Groenland, les îles Féroé et l'Alaska.

Il est difficile de réaliser des études épidémiologiques dans l'Arctique; de plus, il faut prendre en considération des facteurs précis. Les interactions entre plusieurs produits chimiques formant des mélanges pertinents du point de vue écologique (à des concentrations pertinentes) peuvent provoquer des effets différents de la totalité des effets de chaque composant d'un mélange. On ignore le degré exact d'importance de ces différences.

Le profil des congénères de BPC que l'on observe dans les tissus des habitants de l'Arctique est semblable à celui des populations du Sud du Canada. On trouve maintenant certains nouveaux contaminants, tels que le SPFO ou les ÉDPB (un groupe d'ignifugeants), dans le biote de l'Arctique et chez les humains qui y vivent (voir le chapitre 4) en raison des concentrations croissantes de ces contaminants et des capacités accrues des méthodes d'analyse. Il existe différentes voies d'exposition aux contaminants, et la demi-vie des contaminants varie. Pour certains contaminants, une forte corrélation a été établie avec les POP hérités tels que les BPC, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres contaminants. La charge corporelle de certains nouveaux POP est quelquefois plus élevée chez les Inuits que chez les personnes de race blanche, tandis qu'on observe une tendance inverse pour d'autres contaminants (voir le chapitre 4). L'utilisation de nouvelles matrices complexes d'exposition soulève des défis méthodologiques pour les études épidémiologiques actuelles ou futures. Il importe de mieux comprendre les effets des mélanges afin d'évaluer adéquatement les risques pour les personnes et les populations. Le chapitre 5 du présent rapport traite des effets des mélanges de POP et de mercure chez des espèces de laboratoire, de même que des similitudes entre les concentrations détectées dans les tissus des animaux exposés en laboratoire et des populations de l'Arctique exposées de façon naturelle.

Il y a tout lieu de croire que les nutriments présents dans les fruits de mer peuvent modifier ou neutraliser la toxicité des contaminants, effet qui concerne en particulier les populations qui consomment du poisson. On doit mieux comprendre de telles interactions. Les études épidémiologiques qui se penchent sur les résultats en matière de santé qui sont associés à l'exposition au mercure ou aux POP sont très susceptibles d'être biaisées par des variables confusionnelles liées à la consommation d'aliments traditionnels. On sait que les aliments de la mer constituent la première source d'éléments nutritifs importants tels que les AGPI, l'iode et le sélénium.

Une autre difficulté réside dans la taille des populations vivant dans l'Arctique. Le nombre de cas de maladies est faible, et les études cas/témoins sont très difficiles à réaliser. Par conséquent, il n'est possible de mener que des études de cohortes ou des études transversales. Les résultats en matière de santé pouvant plus facilement faire l'objet d'études épidémiologiques dans l'Arctique sont ceux qui comportent diverses phases incluses entre un état normal et un état anormal, lesquelles peuvent être mesurées chez toutes les personnes, et qui ne sont pas fondés sur la présence de la maladie. Le Canada participe activement à de vastes études de cohorte prospectives menées dans le Nord circumpolaire auprès d'adultes et d'enfants, méthode qui pourrait permettre de surmonter le problème de la taille de l'échantillon.



Eric Loring

Il importe également d'être conscient que la variabilité génétique peut influencer la susceptibilité des personnes ou des populations aux effets des polluants. Les interactions entre les gènes et l'environnement pourraient aussi expliquer le fait que certaines personnes ou populations sont plus susceptibles que d'autres. Étant donné que les peuples autochtones ont un bagage génétique unique, il faut évaluer les conséquences des polymorphismes génétiques qui interviennent dans le métabolisme xénobiotique et la toxicité chez les populations de l'Arctique.

Finalement, de nombreux paramètres de santé, comme le développement neurologique des enfants et les maladies cardiovasculaires, sont associés à des causes multifactorielles et à des facteurs de stress environnementaux qui peuvent jouer un rôle, dans une mesure variable, dans l'étiologie de ces maladies. Comparativement au rôle majeur que jouent le mode de vie et la génétique dans l'étiologie de nombreuses maladies, les contaminants exercent probablement une faible influence. Cependant, les facteurs de risque associés aux contaminants peuvent très souvent être évités par des interventions locales, régionales ou internationales.

6.2 Fonction immunitaire et infections

Une étude épidémiologique menée au Nunavik visait à déterminer si l'exposition aux composés organochlorés était associée à l'incidence des maladies infectieuses et au dysfonctionnement du système immunitaire chez les nourrissons inuits (Dewailly et coll., 2000). On a mesuré les concentrations des composés organochlorés dans des échantillons de lait maternel quelques semaines après l'accouchement, et on a utilisé ces concentrations comme substituts des niveaux d'exposition prénatale. L'otite moyenne aiguë (infection de l'oreille moyenne) était la maladie infectieuse la plus souvent déclarée, 80 % des nourrissons ayant connu au moins un épisode durant leur première année de vie. Au cours de la seconde période de suivi, le risque d'otite moyenne aiguë a augmenté avec l'exposition prénatale au *p,p'*-DDE, au HCB et à la dieldrine. De plus, le risque relatif d'otite moyenne aiguë récidivante (plus de trois épisodes) a augmenté avec l'exposition prénatale à ces composés. Aucune différence pertinente sur le plan clinique n'a été constatée entre les nourrissons au sein et les nourrissons au biberon en ce qui concerne les biomarqueurs de la fonction immunitaire, et l'exposition prénatale aux composés organochlorés n'a pas été associée à ces biomarqueurs. Dans le cadre de cette étude, les variables confusionnelles éventuelles (c.-à-d. les acides gras oméga-3, la vitamine A et le tabagisme) n'ont pas toutes été prises en considération. Pour cette raison, d'autres



Eric Loring

études ont été conçues et menées afin de tenir compte de ces aspects (Dewailly et coll., 2000).

Les enfants inuits du Nunavik présentaient des taux élevés d'otite moyenne aiguë et d'IVRI. Ces taux étaient supérieurs à ceux d'autres populations nord-américaines non autochtones, qui ont été mentionnés dans des publications. Les résidents du Nunavik étaient 10 fois plus souvent admis à un hôpital en raison d'une IVRI que les membres d'autres populations canadiennes (Dallaire et coll., 2006b).

Deux autres études ont porté sur les effets des POP sur la fonction immunitaire et l'incidence des maladies infectieuses. La première étude constituait un volet de l'étude menée auprès d'une cohorte d'enfants dans laquelle on a surveillé la survenue de maladies infectieuses durant la première année de vie (Dallaire, 2004). Les résultats ont montré que l'exposition prénatale aux BPC et au DDE était associée à un taux d'incidence plus élevé des infections aiguës durant les six premiers mois de vie. Même si les associations n'étaient pas toujours statistiquement significatives en raison d'une puissance statistique limitée, les nourrissons classés



Simon Smith

dans les quartiles supérieurs d'exposition aux BPC et au DDE ont systématiquement connu davantage d'épisodes infectieux que leurs homologues appartenant au premier quartile d'exposition. On a fait cette observation surtout durant les six premiers mois de vie, et l'association était beaucoup plus faible lorsqu'on prenait en considération les infections survenues durant les 12 premiers mois de vie. Cette étude a confirmé l'hypothèse selon laquelle la forte incidence des infections observée chez les enfants inuits (principalement des infections respiratoires) est en partie attribuable à un niveau élevé d'exposition aux POP durant la période prénatale (Dallaire et coll., 2004; 2006a; 2006b).

Dans le cadre de la seconde étude, on a examiné les dossiers médicaux de 343 enfants d'âge préscolaire qui avaient participé au programme de surveillance axé sur les concentrations des contaminants dans le sang du cordon ombilical, lequel avait été mené au Nunavik de 1993 à 1996 (Dallaire, 2006a). Les résultats ont montré que, durant les cinq premières années de vie, les enfants classés dans les quartiles supérieurs d'exposition prénatale aux BPC présentaient des taux nettement plus élevés de consultations externes pour une otite moyenne aiguë ou une IVRI, mais pas pour une IVRS.

L'association entre l'exposition aux BPC et l'otite moyenne aiguë révélait une tendance dose-réponse évidente. Cette étude confirme les associations observées précédemment dans cette même population. De plus, elle montre que la relation entre les composés organochlorés et les infections respiratoires semble persister après les premiers mois de vie.

6.2.1 Production d'anticorps après la vaccination

Une étude réalisée aux îles Féroé visait à déterminer si l'exposition prénatale et postnatale aux BPC entraînait des effets sur la production d'anticorps en réponse à la vaccination chez les enfants. Les résultats portent à croire que l'exposition périnatale aux BPC peut avoir des effets indésirables sur la réponse immunitaire aux vaccins chez les enfants (Heilmann et coll., 2006).

6.2.2 Biomarqueurs immunitaires

Durant une étude de cohorte menée au Nunavik, en 1990, on a déterminé les concentrations des biomarqueurs de la fonction immunitaire (sous-populations de lymphocytes, immunoglobulines plasmatiques) dans des échantillons de sang veineux prélevés chez des nourrissons au sein et au biberon âgés de 3, 7 et 12 mois. Les résultats ont montré que, à l'âge de 3 mois, les concentrations de leucocytes (lymphocytes, plus particulièrement ceux de la sous-population CD4) dans les échantillons sanguins des bébés nourris au sein étaient inférieures ($p < 0,05$) à celles du groupe de bébés nourris à la bouteille. À l'âge de 7 et de 12 mois, les concentrations d'immunoglobuline A étaient plus faibles ($p < 0,05$) chez les nourrissons au sein que chez les nourrissons à la bouteille. Cela semblait également le cas pour les rapports des lymphocytes CD4/CD8, bien que les différences n'aient pas été statistiquement significatives. Aucun des paramètres immunologiques n'a été associé

à une exposition prénatale aux composés organochlorés (Dewailly et coll., 2000).

Une carence en vitamine A pourrait augmenter la fréquence, la gravité et la durée des infections. Une incidence accrue des maladies respiratoires a été associée à une carence en vitamine A dans bon nombre d'études cliniques transversales et d'études en population. De plus, l'otite moyenne aiguë comptait parmi les premières infections à être associées à une carence en vitamine A chez les humains (West et coll., 1989).

Il n'a jamais été établi que les populations de l'Arctique canadien présentaient une carence clinique en vitamine A; cependant, de nombreuses études ont fait ressortir un apport insuffisant en vitamine A chez ces populations (Receveur et Kuhnlein, 1998). Un rapport récent semble indiquer que seulement 24 % de la population du Nunavik reçoit l'ANREF en vitamine A recommandé par Santé Canada (Blanchet et Rochette, 2008). De plus, on a montré que les POP, tels les composés organochlorés, modifient l'homéostasie de la vitamine A chez de nombreuses espèces, notamment les primates (Novak et coll., 2008). Par conséquent, il importe de mieux comprendre les liens entre la vitamine A, les concentrations de composés organochlorés et l'incidence des maladies infectieuses chez les populations de l'Arctique.

Dans une étude récente, on a mesuré les concentrations plasmatiques de rétinol dans des échantillons de

sang ombilical pour évaluer le bilan en vitamine A chez 135 nouveau-nés inuits du Nouveau-Québec et 22 nouveau-nés de la population générale du Sud du Québec. Les concentrations moyennes de rétinol étaient respectivement de 148 ng/mL et de 242 ng/mL. On a estimé que les concentrations de vitamine A excédant 200 ng/mL correspondaient à un bilan normal en vitamine A, que les concentrations comprises entre 100 et 200 ng/mL étaient faibles et que les concentrations inférieures à 100 ng/mL correspondaient à une carence. La difficulté d'utiliser la vitamine A comme biomarqueur d'effet de l'exposition aux BPC réside dans la variabilité de l'apport en vitamine A d'une personne à l'autre et la mise en place non systématique des programmes de suppléments nutritionnels à l'intention des nourrissons (Dallaire et coll., 2003).

Après avoir examiné les dossiers médicaux de 305 enfants depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 5 ans, on a associé les concentrations de vitamine A dans le sang du cordon ombilical à l'incidence et à la gravité des infections respiratoires chez les enfants inuits d'âge préscolaire du Nunavik. Comparativement aux enfants qui présentaient une concentration de vitamine A supérieure à 200 ng/mL, les rapports de taux ajustés d'otite moyenne aiguë, d'IVRI et d'hospitalisation attribuable à une IVRI étaient, respectivement, de 1,1 à 1,6, de 1,1 à 1,3 et de 1,1 à 1,4 chez les enfants dont les concentrations étaient inférieures à 200 ng/mL. La



Eric Loring

plupart des rapports de taux d'otite moyenne aiguë et d'IVRI étaient statistiquement significatifs, mais pas ceux des taux d'hospitalisation attribuable à une IVRI. On a conclu qu'une carence en vitamine A pendant la période néonatale semblait constituer un facteur de risque important pour l'otite moyenne aiguë et les IVRI dans cette population (Cameron et coll., 2008).

6.3 Développement neurologique

Bon nombre de personnes s'inquiètent des effets potentiellement indésirables des produits chimiques environnementaux sur la santé des enfants. Les nourrissons exposés *in utero* et durant le début de la période néonatale sont particulièrement vulnérables en raison de leur croissance rapide, de la différenciation cellulaire, de l'immaturité des voies métaboliques et du développement des systèmes organiques vitaux, y compris le système nerveux central

6.3.1 Plomb (Pb)

Bien que les concentrations variant de 100 à 150 µg/L aient longtemps été considérées comme étant le seuil inférieur de neurotoxicité du plomb chez les enfants (Centers for Disease Control and Prevention, 2003), des améliorations apportées au plan expérimental

ont permis d'obtenir des données empiriques selon lesquelles il n'existe peut-être pas de niveau d'exposition sans danger au plomb (Finkelstein et coll., 1998; Wigg, 2001; Chiodo et coll., 2004). Les résultats des études de cohorte prospectives ont fourni des preuves selon lesquelles une faible exposition *in utero* au plomb peut nuire à la croissance et au développement des nourrissons. Des concentrations de plomb dans le sang du cordon ombilical inférieures à 100 µg/L ont été associées à une diminution du poids à la naissance (Dietrich et coll., 1989), du gain pondéral (Sanin et coll., 2001) et de l'IMC (Odland et coll., 1999).

Peu d'études se sont penchées sur le comportement des nourrissons et des enfants en lien avec l'exposition prénatale au plomb, à l'exception des recherches menées par Tang et coll. (1999). Ces derniers ont signalé des effets neurotoxiques sur le système sérotoninergique en développement chez les nourrissons.

Les études menées auprès d'enfants d'âge préscolaire et scolaire n'ont fait état d'aucun effet sur le comportement associé à une exposition prénatale (Padich et coll., 1985; Wasserman et coll., 1998). En revanche, les effets de l'exposition postnatale au plomb ont été établis pour divers aspects du comportement des enfants, notamment l'activité, l'attention, l'anxiété, les troubles du sommeil et les troubles des conduites (Padich et coll., 1985; Hansen et coll., 1989; Sciarillo et coll., 1992; Wasserman et coll., 1998; Wasserman et coll., 2001; Chiodo et coll., 2004; Davis et coll., 2004). Cependant, la plupart de ces études n'ont pas tenu compte de l'exposition prénatale ou de l'exposition durant la petite enfance.

Récemment, les résultats d'une étude de cohorte menée auprès d'enfants inuits d'âge préscolaire du Nunavik ont indiqué que les concentrations sanguines de plomb chez les enfants de 5 ans étaient associées à des changements du fonctionnement neuromoteur (c.-à-d. temps de réaction, oscillations posturales, mouvements alternatifs des bras et tremblement d'action) (Despres et coll., 2005). Des effets sur le comportement (impulsivité et activité accrues durant les tests neuropsychologiques) ont également été observés, et évalués chez les enfants au moyen de tests (Fraser et coll., 2006). On a établi une corrélation entre ces effets et les concentrations sanguines de plomb déterminées au moment où les tests ont été effectués, mais aucune corrélation n'a été observée avec les concentrations de plomb dans le sang du cordon. Cependant, une analyse récente des données d'une autre étude de cohorte réalisée au Nunavik auprès de nourrissons qui ont fait l'objet d'un suivi à 11 mois a révélé que les concentrations de plomb dans le sang du cordon étaient liées aux mesures de l'inattention par observation directe (Plusquellec et coll., 2007).



Eric Loring

Cette association est demeurée significative même après suppression des données concernant les enfants dont les concentrations de plomb dans le sang du cordon étaient supérieures à 100 µg/L. Un tel résultat met en évidence la probabilité d'observer des effets comportementaux associés à une faible exposition prénatale au plomb lorsque les protocoles de tests incluent des mesures sensibles du comportement.

6.3.2 Diphényles polychlorés (BPC)

Plusieurs études longitudinales prospectives ont été réalisées depuis le milieu des années 1980 pour examiner les effets de l'exposition prénatale à des concentrations de fond de BPC et d'autres composés organochlorés provenant de sources environnementales. La première série d'études incluait une cohorte issue de la population générale de la Caroline du Nord (Rogan et coll., 1986), des cohortes de consommateurs de poissons du Michigan (Jacobson et Jacobson, 1993), de l'Allemagne (Winneke et coll., 1998) et d'Oswego (Stewart et coll., 1999) et la cohorte des Pays-Bas où l'exposition aux POP était liée à la consommation de produits laitiers (Koopman-Esseboom et coll., 1994). Longnecker et coll. (2003) ont publié des comparaisons des données relatives à l'exposition aux BPC entre ces cohortes.

D'autres études de cohorte plus récentes auprès de consommateurs de poissons ont été menées aux îles Féroé (Grandjean et coll., 2001a), au Nunavik (Muckle et coll., 2001a, b), dans la région Ouest du Groenland (Bjerregaard et Hansen, 2000) et à Hokkaido, au Japon (Nakajima et coll., 2006).

De plus, plusieurs études ont été menées auprès de la population générale des États-Unis (c.-à-d. le *National Collaborative Perinatal Project* [NCP] [Daniels et coll., 2003], la *Children's Environmental Health Study* dans la ville de New York [Wolff et coll., 2007] et la *Child Health and Development Study* dans la région de la baie de San Francisco [Hertz-Picciotto et coll., 2005]). Dans l'ensemble, les études réalisées à Hokkaido, à Oswego et en Caroline du Nord ont fourni des données sur les cohortes les moins exposées aux BPC, tandis que l'étude menée aux îles Féroé a fourni des données sur la cohorte la plus exposée. Les cohortes participant aux études menées en Allemagne, au Michigan et au Nunavik ainsi qu'au NCP étaient soumises à des niveaux moyens d'exposition.

On a évalué la croissance fœtale et la croissance durant la période néonatale chez plusieurs des cohortes exposées mentionnées ci-dessus. Dans l'étude réalisée au Michigan, on a associé les concentrations plus élevées de BPC dans le plasma du cordon à une diminution du poids à la naissance et du périmètre crânien chez les



Paul Vecsei

nouveau-nés et à une plus courte durée de la grossesse (Fein et coll., 1984; Jacobson et coll., 1990). Dans l'étude menée aux Pays-Bas, l'exposition *in utero* aux BPC a été associée à une diminution du poids à la naissance et de la croissance jusqu'à l'âge de 3 mois (Patandin et coll., 1998). En revanche, dans le cadre des deux études de cohorte soumises aux niveaux les plus élevés d'exposition aux BPC, lesquelles ont été menées aux îles Féroé et dans la région Ouest du Groenland, la croissance fœtale et la durée de la grossesse n'ont pas été modifiées par l'exposition prénatale aux BPC (Grandjean et coll., 2001a). Cependant, dans la cohorte du Nunavik (soumise à des niveaux d'exposition aux BPC qui étaient semblables à ceux détectés dans les études menées au Michigan et aux Pays-Bas, mais qui étaient deux ou trois fois inférieurs à ceux des études réalisées au Groenland et aux îles Féroé), les concentrations de BPC dans le plasma du cordon ombilical ont été associées à un retard de croissance à la naissance et à une plus courte durée de la grossesse (Muckle et coll., 2004).

Comme on s'y attendait en raison des faibles niveaux d'exposition aux BPC, la plupart des études réalisées auprès de la population générale des États-Unis n'ont pas fait ressortir une association entre l'exposition prénatale aux BPC et la croissance des fœtus et des nourrissons et la durée de la grossesse (voir Gladen et coll., 2000, 2003 et Rogan et coll., 1986 au sujet des études menées



Eric Loring

en Caroline du Nord; Stewart et coll., 1999 au sujet de l'étude menée à Oswego; et Wolff et coll., 2007 au sujet de la *Children's Environmental Health Study* menée à New York).

Neuf études de cohortes prospectives portant sur les BPC ont fourni des données empiriques sur la fonction neurocomportementale durant la petite enfance et l'enfance. Trois des six études, soit celles réalisées en Caroline du Nord (Gladen et coll., 1988; Gladen et Rogan, 1991), aux Pays-Bas (Koopman-Esseboom et coll., 1996) et en Allemagne (Winneke et coll., 1998; Walkowiak et coll., 2001), semblaient indiquer que l'exposition prénatale aux BPC entraînait des effets sur le développement général (mental ou psychomoteur) durant la petite enfance. On n'a observé aucun effet négatif associé aux BPC sur le développement de la motricité fine et globale chez les enfants des trois cohortes qui consommaient du poisson et étaient soumises à des niveaux très élevés d'exposition (c.-à-d. dans les études menées au Michigan [Jacobson et coll., 1990], au Nunavik [Despres et coll., 2005] et aux îles Féroé [Grandjean et coll., 2001b]). Toutefois, on a signalé de tels effets dans l'étude menée aux Pays-Bas dans laquelle l'exposition était liée à la consommation de produits laitiers et de viande (Vreugdenhil et coll., 2002).

Dans le cadre de ces études de cohortes exposées aux BPC, on a évalué plusieurs aspects de la mémoire humaine à différents âges en se servant de différentes méthodes; il est donc difficile de comparer les résultats des études. Bien qu'il semble qu'on ait observé des effets constants sur la mémoire de reconnaissance visuelle durant la petite enfance dans les cohortes d'Oswego (Darvill et coll., 2000), du Nunavik (Jacobson et coll., 2008) et du Michigan (Jacobson et coll., 1985), on n'a pas constaté d'effets semblables dans la cohorte

de l'Allemagne fortement exposée (Winneke et coll., 1998). Lorsque la mémoire de reconnaissance visuelle a été évaluée chez les enfants de 4 ans dans l'étude du Michigan, on a observé des effets négatifs de l'exposition prénatale aux BPC, ce qui porte à croire que les BPC ont des effets de longue durée sur cet aspect de la cognition (Jacobson et coll., 1992).

Une hypothèse permettant de comprendre les effets neurocomportementaux associés à l'exposition *in utero* aux POP veut que ces effets soient causés par la perturbation du système thyroïdien durant le développement du cerveau. Tout d'abord, dans l'étude menée aux Pays-Bas qui incluait 418 paires de mères et de nourrissons, on a constaté que les concentrations d'hormones thyroïdiennes se situaient dans les valeurs normales, mais on a établi une corrélation significative entre les concentrations supérieures de dioxine et de l'équivalent toxique en BPC dans le lait maternel et les concentrations inférieures de triiodothyronine (T3) et de thyroxine (T4) ainsi que les concentrations supérieures de thyroïdostimuline (TSH) dans le plasma des nourrissons de 2 semaines et de 3 mois. Dans le cadre de cette étude, on a toutefois décelé des différences dans les concentrations d'hormones thyroïdiennes qui n'ont pas été directement associées à un dysfonctionnement neurologique (Koopman-Esseboom et coll., 1994). Sandau et coll. (2002) ont examiné les concentrations des composés phénoliques chlorés dans le plasma du cordon ombilical des nouveau-nés de trois populations soumises à des niveaux différents d'exposition aux BPC, y compris la population inuite du Nunavik. On a déterminé les concentrations de rétinol et d'hormones thyroïdiennes (T3, T4, TSH et globuline fixant la thyroxine) dans la plupart des échantillons. On a noté une association inverse ($r = -0,47$; $p = 0,01$) entre les concentrations de thyroxine libre et celles de tous

les composés phénoliques après une normalisation logarithmique (totalité des BPC et des BPC hydroxylés). Tous les composés phénoliques chlorés ont été associés négativement à la T3 ($r = -0,48$, $p = 0,03$). Finalement, dans le cas des 182 naissances uniques à terme survenues aux îles Féroé, on a analysé le sérum, les cheveux et le lait des mères ainsi que le sang du cordon ombilical des nouveau-nés pour déterminer les concentrations de contaminants. On a déterminé les concentrations d'acides gras essentiels (AGE), de sélénium et d'hormones thyroïdiennes présentes dans le sang de cordon. La fonction thyroïdienne des sujets de cette cohorte était normale et n'a pas été associée aux niveaux d'exposition aux BPC (Steuerwald et coll., 2000).

En conclusion, les résultats concernant la croissance des fœtus et des nourrissons humains et l'exposition aux BPC obtenus dans les études sur la population générale – dans lesquelles la consommation de poisson ou de mammifères marins ne constitue pas une source d'exposition – sont contradictoires. Lorsque l'on compare les données provenant des cohortes plus fortement exposées aux BPC, par le biais de la consommation de poisson et de mammifères marins, les résultats des études sont également contradictoires, mais on ne peut pas écarter l'hypothèse voulant que l'exposition *in utero* aux BPC soit associée à des effets sur la croissance. De récents résultats fournis par Wolff et coll. (2007) semblent indiquer que la susceptibilité individuelle attribuable à la présence ou à l'absence de polymorphismes génétiques particuliers dans les populations étudiées pourrait expliquer les divergences entre les résultats des études, et font ressortir la nécessité de prendre en considération les caractéristiques génétiques propres aux populations étudiées dans les études à venir.

6.3.3 Méthylmercure (MeHg)

Depuis les années 1970, neuf études de cohortes de naissance et études rétrospectives d'envergure ont eu pour but d'examiner les effets sur la croissance et le développement associés à l'exposition prénatale de méthylmercure. Trois études longitudinales et prospectives bien conçues menées auprès d'enfants ont également évalué les effets neurocomportementaux de l'exposition au mercure. L'exposition au mercure était attribuable à la consommation de poissons et de globicéphales aux îles Féroé (Grandjean et coll., 1992), à la consommation de poissons de grands fonds et de poissons de récifs aux Seychelles (Myers et coll., 1995b) et à la consommation de poissons en Nouvelle-Zélande (Kjellstrom et coll., 1982). D'autres études de cohortes ont été menées au Michigan, à Madère, au Brésil, en Guyane française, aux Philippines et au Groenland ainsi

que chez les Cris et les Inuits du Nouveau-Québec. Les poissons contaminés par le mercure constituaient également la principale source d'exposition dans ces cohortes.

Dans l'étude réalisée aux Seychelles, les concentrations de mercure dans les cheveux des mères étaient liées à une augmentation du poids à la naissance (Myers et coll., 2000a). L'interaction selon le sexe entre le poids à la naissance et l'exposition prénatale au méthylmercure était statistiquement significative (0,05), et les deux pentes étaient positives. Cette association n'était significative que pour les garçons. Dans l'étude menée aux îles Féroé, les concentrations de mercure dans



Eric Loring

le sang du cordon n'ont pas été associées au poids à la naissance (Grandjean et coll., 2001a); cependant, lorsque les concentrations de mercure dans le sang du cordon étaient doublées, on observait une diminution du poids des nourrissons à 18 mois, effet qui persistait jusqu'à l'âge de 42 mois (Grandjean et coll., 2003). Dans l'étude menée aux Philippines, dans laquelle les niveaux d'exposition au méthylmercure étaient deux fois plus élevés que ceux notés dans l'étude des îles Féroé, l'exposition prénatale au mercure n'a pas été associée au poids à la naissance, mais a été liée à une diminution du périmètre crânien au moment de la naissance (Ramirez et coll., 2000). Dans l'étude du Michigan, dans laquelle les concentrations de mercure dans les cheveux des mères correspondaient à la moitié de celles détectées chez les cohortes des Seychelles, l'exposition au mercure a été associée à une fréquence accrue des accouchements prématurés (c. à d. moins de 35 semaines) (Xue et coll., 2007). Chez les Groenlandais, on avait montré précédemment l'existence d'une association négative entre les concentrations sanguines de mercure et le poids à la naissance (Foldspang et Hansen, 1990); cependant, à la suite d'une nouvelle analyse de l'ensemble des données finales, ce résultat initial s'est révélé inexact. Finalement, le poids à la naissance n'a pas été associé aux concentrations de mercure dans le sang du cordon dans la première étude réalisée au Nunavik de 1993 à 1996 (Lucas et coll., 2004), ce qui a été corroboré par une autre étude menée auprès de la même population (Muckle et coll., 2004).

Dans l'étude des îles Féroé, on a observé plusieurs associations entre les concentrations de mercure dans

les cheveux ou le sang du cordon et les résultats sur le plan neurocomportemental. Ces résultats comprennent une diminution du score d'optimalité neurologique chez les nouveau-nés, une diminution de la performance dans les domaines du langage, de l'attention et de la mémoire et une réduction de la capacité de traitement des informations auditives et visuelles par le cerveau chez les enfants de 7 ans (Grandjean et coll., 1997; Grandjean et coll., 1998; Murata et coll., 1999a, b); tous ces effets ont persisté jusqu'à l'âge de 14 ans (Murata et coll., 2004; Debes et coll., 2006). On a observé des effets neurocomportementaux semblables chez des enfants de 6 ou 7 ans dans l'étude réalisée en Nouvelle-Zélande (Crump et coll., 1998). En revanche, dans le cadre des études menées aux Seychelles, on n'a pas établi de lien entre l'exposition prénatale au mercure et le développement durant la petite enfance et l'enfance, bien qu'on ait examiné de nombreux paramètres neurocomportementaux (c.-à-d. la fonction neurocognitive, le langage, la mémoire, l'activité motrice et perceptivo-motrice et le comportement) chez des enfants de 6 mois à 9 ans (Davidson et coll., 1995; Myers et coll., 1995a, b; Myers et coll., 1997; Davidson et coll., 1998; Axtell et coll., 2000; Davidson et coll., 2000; Myers et coll., 2000b). Les auteurs de l'étude de cohorte réalisée aux îles Féroé ont fait observer que la neurotoxicité du méthylmercure pouvait être potentialisée par l'exposition concomitante aux BPC, le niveau d'exposition étant 3 ou 4 fois plus élevé chez cette population que chez la plupart des autres cohortes étudiées (Grandjean et coll., 2001b). De plus, lorsqu'on examine minutieusement les résultats des études selon les domaines d'effets neurocomportementaux, les principaux résultats observés dans au moins deux cohortes étaient la fonction verbale (l'étude pilote réalisée aux Seychelles [Myers et coll., 1995a]; l'étude menée en Nouvelle-Zélande [Kjellstrom et coll., 1982; Crump et coll., 1998]; l'étude menée aux îles Féroé [Grandjean et coll., 1997; Debes et coll., 2006]), l'intégration visuo-motrice (l'étude menée aux îles Féroé [Grandjean et coll., 1997]; l'étude réalisée au Brésil [Grandjean et coll., 1999]; l'étude menée en Guyane française [Cordier et coll., 2002]) ainsi que la mémoire verbale et l'attention (l'étude menée aux îles Féroé [Grandjean et coll., 1997; Debes et coll., 2006]; l'étude réalisée au Brésil [Grandjean et coll., 1999]). Les résultats contradictoires portent à croire que les différences quant au régime alimentaire des mères durant leur grossesse pouvaient influencer sur la susceptibilité du fœtus à l'exposition au méthylmercure et que les effets neurocomportementaux potentiels de l'exposition au méthylmercure pouvaient être observés dans les domaines de la fonction verbale, de l'intégration visuo-motrice et de l'attention.



AINC



Eric Loring

On a constamment fait état d'une altération des potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral en tant qu'effet néfaste de l'exposition prénatale au méthylmercure (Murata et coll., 2007). On a examiné cette mesure neurophysiologique du traitement des informations auditives chez des enfants de 7 et de 14 ans vivant à Madère, en Espagne (Murata et coll., 1999b) et aux îles Féroé (Grandjean et coll., 1997; Murata et coll., 2004) et chez des enfants vivant au Groenland (Weihe et coll., 2002). Les études réalisées aux îles Féroé et à Madère ont révélé l'existence d'une association positive entre l'exposition au méthylmercure et la latence des potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral. Les résultats provenant de la cohorte du Groenland confirment quelque peu ces observations, malgré l'absence de puissance statistique attribuable à la petite taille de l'échantillon. Ces résultats sont également conformes à ceux obtenus en Équateur chez des enfants d'âge scolaire de parents travaillant dans des mines d'or, lesquels étaient exposés à des vapeurs de mercure et à du méthylmercure dans des aliments (Counter, 2003). Bien qu'il semble que le marqueur de l'exposition prénatale au méthylmercure le plus constamment observé soit le traitement tardif des informations auditives, évalué au

moyen des potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral, il demeure important de dissiper les incertitudes. Par conséquent, il faut mener d'autres études prospectives bien conçues afin de déterminer les effets précis du méthylmercure sur la croissance ainsi que ses effets neurocomportementaux.

6.3.4 Nutriments ayant des effets sur la neurotoxicité des contaminants environnementaux

■ 6.3.4.1 Sélénium (Se)

Au cours de la dernière décennie, on a avancé que la neurotoxicité des contaminants environnementaux pouvait être partiellement ou totalement réduite par certains nutriments et antioxydants présents dans les fruits de mer, mais cette hypothèse n'a pas été vérifiée adéquatement au moyen d'études empiriques chez des humains.

Afin d'étudier cette hypothèse auprès de la cohorte d'enfants d'âge préscolaire du Nunavik, Saint-Amour et coll. (2006) ont inclus les concentrations sanguines de mercure et de sélénium détectées chez les enfants

dans une analyse multivariée. Ces variables d'interaction n'ont pas été associées à des latences ni à des amplitudes des potentiels évoqués visuels. Par contre, un apport élevé en sélénium durant l'enfance provenant de la consommation de fruits de mer par la mère a entraîné un effet négatif sur le système visuel plutôt qu'un effet bénéfique ou protecteur contre la neurotoxicité du mercure. Même si on ne s'attendait pas à l'existence de tels liens avec le sélénium, on sait qu'un apport très élevé en éléments essentiels peut avoir des effets indésirables sur le développement du cerveau, comme on l'a récemment démontré pour ce qui est de la vitamine E (Miller et coll., 2005). La toxicité du sélénium est établie chez les adultes (Yang et Xia, 1995; Hansen et coll., 2004), mais on ne dispose pas de données scientifiques fiables concernant les seuils de toxicité chez les nourrissons et les enfants. Le Food and Nutrition Board du National Research Council (É.-U.) recommande un « apport maximal tolérable » en sélénium de 150 µg/jour chez les enfants de 4 à 8 ans, ce qui correspond à une concentration sanguine moyenne de 2,8 µmol/L (National Academy of Sciences, 2000). La concentration sanguine moyenne de sélénium observée chez les résidents du Nunavik était environ deux fois supérieure à cette limite (c.-à-d. 5,6 µmol/L). De plus, près de 20 % des enfants examinés présentaient des concentrations sanguines de sélénium excédant la valeur maximale sécuritaire recommandée chez les adultes, laquelle se situe entre 8 et 10 µmol/L. Par conséquent, il est probable que le protocole de potentiels évoqués visuels soit suffisamment sensible dans la cohorte du Nunavik pour révéler les effets infracliniques associés à un apport élevé en sélénium. D'autres recherches sont nécessaires pour examiner la question du seuil de toxicité du sélénium dans les populations pédiatriques. De plus, ces résultats confirment la possibilité que des facteurs nutritionnels expliquent les différences entre les résultats des deux principales études sur le mercure (c.-à-d. l'étude réalisée aux Seychelles sur le développement des enfants et celle menée aux îles Féroé).

■ 6.3.4.2 Acides gras polyinsaturés (AGPI)

Un corpus de plus en plus important de données de recherche indique que les déséquilibres ou les carences en certains AGPI des séries oméga-3 et oméga-6 peuvent jouer un rôle dans la diminution de la durée de la grossesse et l'apparition de nombreuses difficultés pendant l'enfance, notamment l'hyperactivité avec déficit de l'attention ou des symptômes connexes, les comportements perturbateurs et les troubles d'apprentissage (Richardson, 2003; Hibbeln et coll., 2006; Richardson, 2006). Deux AGPI, l'acide arachidonique (AA) et l'acide docosahexanoïque (ADH), jouent un rôle structurel majeur dans le cerveau et



AINC

le système visuel, représentant 20 % du poids sec du cerveau et plus de 30 % de celui de la rétine (Helland et coll., 2001; Innis, 2004). Deux autres AGPI, l'acide dihomogamma-linolénique (ADGL) et l'acide eicosapentanoïque (AEP) jouent un rôle structurel moins important, mais sont essentiels au maintien d'une fonction cérébrale normale (Marszalek et Lodish, 2005). Ces AGPI sont synthétisés à partir des AGE par le biais de processus de désaturation et d'élongation (Richardson, 2003). Les AGE des séries oméga-6 et oméga-3 sont respectivement l'acide linoléique et l'acide alpha linoléique. Les AGPI ne peuvent pas être synthétisés *de novo* par les mammifères; les AGPI (ou leurs précurseurs, les AGE) doivent être ingérés (obtenus de sources alimentaires) puis acheminés au cerveau (Marszalek et coll., 2005). Comme la synthèse de l'ADH à partir de l'acide alpha linoléique dans les aliments est limitée chez les humains (Gerster, 1998; Pawlosky et coll., 2001; Burdge et Calder, 2005), l'ADH et l'AEP préformés doivent provenir principalement de l'alimentation (Gerster, 1998; Burdge et Calder, 2005; McNamara et Carlson, 2006). Dans l'alimentation actuelle, les huiles végétales, les noix, les graines et les céréales constituent les principales sources d'acide linoléique, tandis que les légumes-feuilles, les algues et certaines noix et graines (comme le lin et les noix) sont des sources alimentaires d'acide alpha linoléique.

La consommation de viande et de produits laitiers fournit un apport en d'autres AGPI (ADGL et AA) des séries oméga-6, tandis que le poisson et les fruits de mer représentent des sources alimentaires d'AGPI (AEP et ADH) des séries oméga-3 (Richardson, 2003; McNamara et Carlson, 2006). L'apport en AGPI pendant la période prénatale est, par conséquent, digne d'intérêt chez les populations des régions circumpolaires, puisqu'il est possible que les AGPI soient des facteurs de protection contre la neurotoxicité des contaminants environnementaux. La consommation de poisson et de fruits de mer constitue la principale source d'AGPI de même qu'une source importante d'exposition aux contaminants environnementaux.

Dans l'étude menée aux îles Féroé, on a associé l'augmentation du poids et de la taille à la naissance à une plus grande consommation de fruits de mer durant la grossesse, et ce, malgré l'exposition au méthylmercure (Olsen et coll., 1993). Par contre, on n'a pas établi de lien entre le rapport des concentrations plasmatiques d'AGPI n-6 et n-3, en tant que marqueur d'une grande consommation de mammifères marins de la région, et le poids des nouveau-nés du Groenland (Deutch

et coll., 2007). Dans le programme de surveillance des concentrations de contaminants dans le sang du cordon ombilical, lequel a été mené au Nunavik de 1993 à 1996, on a associé les AGPI n-3 à une plus longue durée de la grossesse et à une augmentation du poids à la naissance (Lucas et coll., 2004). Les effets bénéfiques considérables des acides gras oméga-3 sur la croissance et la durée de la grossesse ont été confirmés dans une autre cohorte de nouveau-nés du Nunavik, mais les effets négatifs de l'exposition prénatale aux BPC sur la croissance humaine et la grossesse sont demeurés importants en dépit de ces effets bénéfiques (Muckle et coll., 2004). On a récemment constitué une cohorte d'enfants vivant aux Seychelles afin de déterminer si les nutriments (p. ex. l'ADH, l'iode et le fer) présents dans les poissons peuvent expliquer l'absence d'association entre l'exposition *in utero* au méthylmercure et le développement neurocomportemental (Clarkson et Strain, 2003); les résultats ne sont toutefois pas encore disponibles. Dans l'étude du Nunavik, la concentration d'ADH la plus élevée dans le plasma du cordon ombilical a été associée à une plus longue durée de grossesse, à une meilleure acuité visuelle et à



0080_© Martin Fortier-ArcticNet



Eric Loring

une meilleure mémoire de reconnaissance à 6 mois, de même qu'à une performance psychomotrice et mentale accrue à 11 mois selon l'échelle de Bayley (Jacobson et coll., 2008). En revanche, l'apport en ADH fourni par l'allaitement n'a été associé à aucun indicateur de ces paramètres. Chez les enfants d'âge préscolaire du Nunavik, on a associé les concentrations d'AGPI n-3 à un traitement plus rapide des informations visuelles (Saint-Amour et coll., 2006). En revanche, Saint-Amour et coll. (2006) n'ont fait état d'aucune interaction importante entre les nutriments et les contaminants, ce qui réfute l'hypothèse voulant que ces nutriments protègent contre les produits neurotoxiques présents dans l'environnement. Ces résultats concernant le sélénium et les AGPI ont mis en évidence l'importance de prendre en considération les nutriments qui peuvent être présents en même temps que les contaminants environnementaux lorsqu'il s'agit d'étudier les liens complexes entre les polluants et la croissance et le développement humains chez les populations qui consomment du poisson.

6.4 Perturbation des hormones sexuelles

Le développement et le maintien des tissus reproducteurs dépendent en grande partie des hormones stéroïdes. Dans le cadre d'essais réalisés *in vitro* ou sur des modèles animaux entiers, certains produits chimiques environnementaux simulaient l'activité des hormones naturelles, alors que d'autres avaient un effet antagoniste sur celle-ci. Des études datant de la fin des années 1960 ont permis d'établir que l'*o,p'*-DDT, un composant mineur du DDT technique, est un composé exerçant un léger effet œstrogénique, qui est capable de provoquer l'augmentation du poids de l'utérus chez les rats dans le modèle classique de rats femelles immatures (Bitman et Cecil, 1970). Ce composé ainsi que d'autres composés ayant des propriétés œstrogéniques ont été mis en cause dans le développement sexuel anormal des oiseaux et la féminisation des poissons mâles.

On a fait état de l'augmentation de certains troubles de l'appareil reproducteur masculin (p. ex. cryptorchidie, hypospadias et cancer des testicules) en lien avec l'introduction de xœstrogènes, tel le DDT, dans l'environnement. On a aussi signalé une diminution de la qualité du sperme dans certaines régions du monde durant la dernière moitié du vingtième siècle, bien que les observations quant à l'influence des contaminants sur la qualité du sperme chez les humains aient été divergentes (Bonde et coll., 2008). Même si l'on croit que ces altérations sont médiées par le récepteur des œstrogènes, elles sont également compatibles avec l'inhibition des événements médiés par le récepteur des androgènes. Kelce et coll. (1995) ont établi que le principal métabolite persistant du DDT, soit le *p,p'*-DDE, est un puissant agent anti-androgène chez les rats mâles. En plus d'inhiber la fixation des androgènes sur leur récepteur, ce composé, lorsqu'il a été administré à des femelles gravides, a provoqué des effets anti-androgènes caractéristiques chez la progéniture mâle (c.-à-d. plus courte distance ano-génitale, présence de mamelons thoraciques). Le traitement par le *p,p'*-DDE au moment du sevrage a retardé l'apparition de la puberté, tandis que le traitement des rats adultes a entraîné une réduction du poids des vésicules séminales et de la prostate ventrale.

On a montré également que la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (TCDD), un autre composé organochloré, altérerait le développement sexuel chez les rats mâles. Lorsqu'on a administré une dose aussi faible que 64 ng/kg à des femelles le jour 15 de la gestation, on a observé chez les rats mâles une diminution du poids de l'épididyme et de l'épididyme caudal, de la production quotidienne de sperme et de la quantité de sperme dans



Eric Loring

l'épididyme caudal du jour 120 et avant cette date. Plusieurs composés de structure voisine à la TCDD, incluant d'autres dibenzo-*p*-dioxines 2,3,7,8-chloro substituées et dibenzofuranes, ainsi que des congénères des BPC non-ortho et mono-ortho substitués, se lient au RHA et présentent des propriétés toxicologiques semblables.

Les mélanges habituels de composés organochlorés détectés dans les populations humaines fortement exposées contiennent de nombreux composés organochlorés, y compris des substances ayant des effets œstrogéniques, anti-œstrogéniques ou anti-androgènes. Par conséquent, on peut supposer que les mélanges complexes présents dans la nature, lesquels sont formés de nombreux composés pouvant interagir avec différents récepteurs participant à la différenciation et à la croissance cellulaire, peuvent avoir des effets sur la reproduction et le développement, et jouer un rôle dans la pathogenèse des cancers hormonosensibles.

6.4.1 Résultats cliniques

■ 6.4.1.1 Maturation sexuelle des nouveau-nés mâles

Le développement normal de l'appareil génital masculin chez les mammifères dépend de l'action des androgènes. Dans le cadre d'une étude cas-témoins

nichée réalisée récemment auprès d'un groupe témoin ($n = 552$), Longnecker et coll. (2002) ont analysé des échantillons sériques conservés pour examiner le lien entre les concentrations de DDE chez les mères durant la grossesse et les rapports de cotes ajustés pour la cryptorchidie ($n = 219$), l'hypospadias ($n = 199$) et la polythélie (mamelons surnuméraires) ($n = 167$) chez la progéniture mâle. On a choisi les sujets parmi ceux ayant participé à l'étude de cohorte de naissance réalisée aux États-Unis de 1959 à 1966; les concentrations de DDE étaient nettement plus élevées durant cette période que celles actuellement observées. Comparativement aux garçons dont les mères présentaient des concentrations sériques de DDE ajustées pour la récupération inférieures à $21 \mu\text{g/L}$, les rapports de cotes ajustés pour la cryptorchidie, l'hypospadias et la polythélie étaient, respectivement, de 1,3 (IC à 95 % : 0,7-2,4), de 1,2 (IC à 95 % : 0,6 à 2,4) et de 1,9 (IC à 95 % : 0,9-4,0) chez les garçons des mères présentant des concentrations sériques de DDE ajustées pour la récupération supérieures ou égales à $86 \mu\text{g/L}$. Dans le cas de la cryptorchidie et de la polythélie, les résultats étaient compatibles avec l'existence d'une association faible à modérée, mais, dans tous les cas, les estimations n'étaient pas très précises. Les résultats n'étaient pas concluants. Les concentrations de DDE détectées dans le sérum ombilical chez les sujets de cette cohorte étaient beaucoup plus élevées que celles observées au Nunavik.

On étudie la maturation sexuelle des nouveau-nés de sexe masculin dans le cadre d'une étude de cohorte en cours menée au Nunavik, et on consigne les données relatives à la distance ano-génitale et à la longueur du pénis. Chez les adultes, aucune étude portant sur les maladies hormonosensibles (cancer du sein, endométriose et fertilité masculine) n'a été menée dans l'Arctique canadien.

■ 6.4.1.2 Facteurs de risque environnementaux de l'ostéoporose

Les POP ont récemment été associés à un risque accru d'ostéoporose chez les humains. On a récemment examiné le lien entre le DDE et la densité minérale osseuse chez 68 femmes sédentaires de l'Australie ayant fait état d'un apport alimentaire suffisant en calcium. On a établi une corrélation significative entre la diminution de la densité minérale osseuse et l'âge ($r = -0,36$, $p = 0,004$) et l'augmentation du log des concentrations sériques de DDE ($r = -0,27$, $p = 0,03$). Les auteurs ont également eu recours à une analyse de régression multiple pour examiner l'influence d'autres variables prédictives sur le lien entre le log des concentrations de DDE et la densité minérale osseuse. Le modèle le plus solide ($p = 0,002$) a inclus le log des concentrations de DDE ($p = 0,02$), l'âge ($p = 0,002$)

et la durée de l'hormonothérapie substitutive (en années) ($p = 0,10$) en tant que variables explicatives. Ce modèle a permis de prédire 21 % de la variation de la densité minérale osseuse. Ces résultats portent à croire que l'exposition antérieure de la population au DDT peut être associée à une diminution de la densité minérale osseuse chez les femmes. En tant que puissant antagoniste du récepteur des androgènes, le DDE peut réduire l'effet inhibiteur sur les cytokines et entraîner un renouvellement inapproprié des ostéoclastes ou une production inadéquate d'ostéoblastes dans la moelle osseuse, ce qui entraîne une diminution de la densité osseuse. Bien que ces résultats soient intéressants, ils ne doivent pas être surinterprétés, puisqu'ils proviennent d'une petite étude dans laquelle deux déterminants importants de l'ostéoporose – état ménopausique et temps écoulé depuis la ménopause – n'ont pas été inclus dans les analyses.

Une étude a été réalisée à Nuuk, au Groenland, en 2000, pour évaluer la prévalence des facteurs de risque de fractures ostéoporotiques et, plus particulièrement, des facteurs environnementaux ainsi que leur association avec la masse osseuse chez les femmes ménopausées. Le risque de fractures ostéoporotiques a été évalué au moyen d'un ostéodensitomètre à ultrasons. Les trois paramètres ultrasonores étaient inférieurs chez cette

population inuite par rapport à ceux des femmes du Sud du Québec, une fois les résultats ajustés pour l'âge (Côté et coll., 2006).

L'étude a révélé que 19 % des femmes inuites présentaient un risque élevé de fractures ostéoporotiques comparativement à 7,2 % des femmes du Sud du Québec. Pour déterminer les facteurs de risque associés aux paramètres ultrasonores, on a utilisé un modèle de régression linéaire multiple permettant l'élimination séquentielle des variables explicatives non significatives. Les concentrations de BPC 153, un substitut de l'exposition à la plupart des composés organochlorés présents dans les échantillons plasmatiques, étaient inversement corrélées aux paramètres USQ dans les analyses univariées ($p < 0,001$). Les concentrations de BPC 153 n'ont toutefois pas été associées aux valeurs USQ dans les analyses multivariées qui comprenaient des variables confusionnelles éventuelles, tels l'âge, le poids corporel, l'utilisation passée de contraceptifs oraux et une hormonothérapie substitutive en cours, qui étaient toutes des facteurs prédictifs importants de la dureté de l'os (total – R au carré = 0,39; $p < 0,001$). Dans l'ensemble, on a trouvé peu de données montrant que l'exposition aux composés organochlorés est liée à l'ostéoporose chez les femmes inuites du Groenland, mais l'hypothèse selon laquelle l'exposition aux composés de type dioxine



Simon Smith

pourrait être associée à une diminution de la qualité osseuse et à l'ostéoporose mérite qu'on s'y attarde (Côté et coll., 2006).

L'enquête Qanuippitaa réalisée en 2004 incluait des mesures de la densité osseuse prises chez 207 femmes en période de périménopause. On effectue actuellement des analyses de régression pour déterminer si l'exposition aux composés de type dioxine (telle qu'elle a été mesurée par le dosage CALUX [*Chemically Activated Luciferase Expression*]) constitue un facteur de risque de l'ostéoporose comme on l'a constaté chez les Groenlandaises.

■ 6.4.1.3 Fertilité masculine au Groenland et contaminants environnementaux

Plusieurs articles portant sur les paramètres de fertilité masculine ont été publiés depuis le RECAC II (CACAR, 2003). Une étude importante de ces paramètres a été réalisée auprès des populations européennes suivantes : 178 pêcheurs suédois, 141 hommes de Varsovie (Pologne), 195 hommes de Kharkiv (Ukraine) et 193 Groenlandais. Dans la plupart des articles concernant cette étude, on a fait état de l'utilisation de deux marqueurs indirects d'exposition, le DDE et le BPC 153. Les principaux résultats de cette étude épidémiologique internationale sur les effets des POP sur la fonction de reproduction chez les humains comprennent la création d'une base de données contenant des données biologiques et des données d'entrevue recueillies auprès de 2 269 femmes et leur conjoint, et la publication de 18 articles de fond. L'étude n'a pas fourni de preuves directes montrant que l'un des congénères des BPC, le BPC 153, et le principal métabolite du DDT, le *p,p'*-DDE, ont une activité de type hormonal, puisque les concentrations sériques de ces composés n'ont pas été uniformément liées à l'activité hormonale endogène ou exogène dans le sérum. Néanmoins, plusieurs liens ont été établis entre l'exposition aux POP et des biomarqueurs de la fonction reproductrice masculine. Premièrement, on a constaté l'existence d'un lien entre des concentrations sériques élevées de BPC 153 et une faible numération des spermatozoïdes chez un sous-groupe d'hommes présentant une diminution de la longueur des séquences répétitives du récepteur des androgènes. Deuxièmement, on a signalé un lien entre des concentrations sériques élevées de BPC 153 et la mobilité réduite des spermatozoïdes dans les quatre régions étudiées; les signes d'une diminution de l'activité de l'alpha-glucosidase neutre (un marqueur de la fonction épидидymaire dans le plasma séminal) évoquent un effet post-testiculaire. Troisièmement, l'altération de l'intégrité de la chromatine spermatique était beaucoup moins fréquente chez les Inuits du Groenland que



AINC

chez les groupes européens, et une telle altération n'a été associée aux POP que chez les groupes européens. Malgré ces effets, la fertilité évaluée en fonction du temps de conception n'a pas été liée aux POP, sauf chez les Inuits. On n'a pas trouvé d'explication probable à ce dernier effet, bien que les POP puissent altérer la fonction de reproduction masculine sans entraîner d'effets importants sur la fertilité. Cependant, les données ne fournissent pas de preuves directes d'une perturbation endocrinienne; d'autres mécanismes doivent également être pris en considération (Bonde et coll., 2008).

6.5 Stress oxydatif

Les études réalisées auprès des Inuits du Nunavik semblent indiquer que la consommation de produits de la mer, source importante d'AGPI n-3, est bénéfique pour la santé cardiovasculaire. Dewailly et coll. (2001) ont conclu que l'alimentation traditionnelle des Inuits expliquait probablement le faible taux de mortalité attribuable à la cardiopathie ischémique dans cette population. Cependant, les poissons et les mammifères marins consommés par les Inuits sont également très contaminés par le méthylmercure (Wagemann et coll., 1996) et d'autres contaminants ayant des effets potentiellement pro-oxydants, tels les BPC (Dewailly et coll., 1993; Muckle et coll., 2001a). Le méthylmercure (LeBel et coll., 1990; Sarafian et Verity, 1991; Lund et coll., 1993; Yee et Choi, 1994) et les BPC (Slim et coll., 1999; Slim et coll., 2000; Ryu et coll., 2003) sont des sources reconnues de stress oxydatif. Par exemple, on a signalé que le BPC 153, le principal congénère de

BPC détecté chez les Inuits, entraînait la formation, proportionnelle à la concentration, d'espèces réactives de l'oxygène ainsi que la mort des cellules granulaires du cervelet (Mariussen et coll., 2002). Les concentrations moyennes de BPC, de méthylmercure et de sélénium chez les Inuits de Salluit étaient, respectivement, de 16 à 18 fois, de 10 à 14 fois et de 8 à 15 fois supérieures à celles signalées chez les populations de race blanche témoins qui consommaient de petites quantités de poissons (Bélanger et coll., 2006). Le faible risque de maladies cardiovasculaires observé dans une population inuite fortement exposée au méthylmercure contraste vivement avec le risque accru de maladies cardiovasculaires et d'infarctus aigu du myocarde que l'on a associé à l'exposition au mercure chez les hommes finlandais (Salonen et coll., 1995; Virtanen et coll., 2005). Les possibles effets néfastes du méthylmercure sur la santé cardiovasculaire ont été au centre de débats animés (Salonen et coll., 2000; Guallar et coll., 2002; Yoshizawa et coll., 2002; Seppanen et coll., 2004; Virtanen et coll., 2005), et il serait particulièrement intéressant de déterminer les facteurs pouvant expliquer les résultats divergents obtenus dans différentes populations.

Les Inuits sont fortement exposés à des contaminants ayant des effets potentiellement pro-oxydants, comme le méthylmercure et les BPC, par le biais de la

consommation d'aliments traditionnels. Ces aliments constituent également une source abondante d'AGPI n-3, de sélénium et d'antioxydants, qui peuvent réduire le risque de maladies cardiovasculaires. Bien que les Inuits du Nunavik présentent de faibles concentrations plasmatiques de lipoprotéines de basse densité oxydées (LDLox) et des niveaux élevés de défenses antioxydantes médiées par le glutathion, il était possible de prédire la variance des LDLox par les concentrations de BPC et de glutathion dans le sang, laissant ainsi sans réponse la question du stress oxydatif associé aux contaminants (Belanger et coll., 2006).

Aucun signe de modification des concentrations plasmatiques et d'altération de l'état rédox de l' α -tocophérol (α -TOH) et de la coenzyme Q10 (CoQ10) n'a été lié à l'exposition au méthylmercure dans la population du Nunavik. On a évalué le stress oxydatif en mesurant les concentrations plasmatiques et l'état rédox de l' α -TOH et de la CoQ10, deux biomarqueurs sensibles du stress oxydatif, en rapport avec l'exposition. Les concentrations d'ubiquinol-10 et d'ubiquinone-10 de même que le rapport entre l'ubiquinone-10 et la CoQ10 étaient élevés comparativement à ceux notés chez les populations de race blanche, mais aucun lien n'a été établi avec les BPC, le méthylmercure et les AGPI n-3. On a estimé les concentrations d'ubiquinol-0 ($1\beta = 0,23$,



Alexandre Forest/ArcticNet

$p = 0,007$) et de CoQ10 ($1\beta = 0,27$, $p = 0,009$) selon les concentrations sanguines de sélénium, et celles d' α -tocophérol par les concentrations de BPC ($1\beta = 4,1$, $p = 0,0002$), d'AGPI n-3 ($1\beta = 9,2$, $p = 0,02$) et de LDLox ($1\beta = 3,0$, $p = 0,05$). Étonnamment, le rapport entre l' α -tocophéryle-quinone et l' α -tocophérol, lorsque les concentrations se situaient dans les valeurs normales, était prédit négativement par les concentrations de BPC ($1\beta = -0,41$, $p = 0,02$). L'utilisation de biomarqueurs sensibles de l'altération de l'état rédox n'a pas permis de déceler des signes de stress oxydatif associés à l'exposition au méthylmercure ou aux BPC chez ce groupe d'Inuits. Cependant, malgré la présence de solides défenses antioxydantes dans le sang, le rapport inhabituellement élevé entre l'ubiquinone-10 et la CoQ10 ($0,21 \pm 0,11$) porte à croire qu'il existe une certaine forme de stress oxydatif d'origine inconnue (Belanger et coll., 2008).

En plus du terrain génétique intrinsèque, la susceptibilité à la toxicité du méthylmercure dépend probablement de nombreux facteurs environnementaux, y compris l'alimentation. L'alimentation inuite traditionnelle est exceptionnellement riche en sélénium (Blanchet et coll., 2000), en CoQ10 (Bliznakov, 1976) et en vitamine E (Blanchet et coll., 2000), éléments qui pourraient être bénéfiques pour la santé cardiovasculaire. On a constaté l'existence d'un lien inverse entre les concentrations sériques de sélénium et le risque de coronaropathie ou d'infarctus du myocarde chez les hommes finlandais (Salonen et coll., 1982), une population présentant des concentrations relativement faibles de sélénium. Le sélénium est essentiel pour la santé humaine (Rayman, 2000); il s'agit d'un composant important de plusieurs protéines antioxydantes, notamment la sélénoprotéine P, et de la famille des enzymes glutathion-péroxydase (GSH-Px) et thiorédoxine réductase, qui possèdent un groupement sélénocystéine critique dans leur site actif. On a noté que le niveau élevé d'activité de la GSH-Px dans le sang chez les Inuits du Nunavik (Bélanger et coll., 2006) correspondait aux valeurs ayant été associées à un risque réduit de maladies cardiovasculaires chez les personnes de race blanche (Blankenberg et coll., 2003). Ces Inuits présentaient également des profils lipidiques favorables et de faibles concentrations de LDLox (Bélanger et coll., 2006), un facteur intervenant dans la physiopathologie de l'athérogenèse (Stocker et Keaney, 2004).

Les observations faites chez des populations côtières consommant du poisson, tels les Inuits vivant dans les régions arctiques, laissent croire également que le mercure et le sélénium pourraient modifier le risque de maladies cardiovasculaires. Les Inuits consomment de grandes quantités de poisson et de mammifères marins et, par conséquent, ingèrent de fortes doses de mercure.



Eric Loring

Cependant, contrairement à la situation observée dans l'Est de la Finlande, le taux de mortalité associée aux maladies cardiovasculaires est faible chez les Inuits. Bien que l'on ait indiqué que les acides gras oméga-3 sont des facteurs de protection efficaces contre les maladies cardiovasculaires chez les Inuits (Dewailly et coll., 2001), la protection pourrait également être attribuable à l'apport élevé en sélénium (Bélanger et coll., 2003) provenant de la consommation d'aliments traditionnels tels que le muktuk (peau de béluga et de narval) et le foie de mammifères marins, tous deux riches en sélénium.

Le méthylmercure est une neurotoxine environnementale très toxique, capable de causer des lésions irréparables au système nerveux central. Bien qu'on ne comprenne pas bien les mécanismes biochimiques et moléculaires sous-jacents responsables de l'altération de la fonction cellulaire et de la dégénérescence neuronale, il existe une grande quantité de données confirmant l'hypothèse selon laquelle un mécanisme majeur de la neurotoxicité du méthylmercure met en cause le stress oxydatif (Sarafian et Verity, 1991). Le mercure augmente la production d'espèces réactives de l'oxygène par le dérèglement du transport des électrons dans les mitochondries ainsi que par la déplétion du glutathion (Lund et coll., 1993). L'hypothèse du stress oxydatif est clairement renforcée par le constat que la neurotoxicité du méthylmercure peut être inhibée par divers antioxydants, y compris le sélénium (Park et coll., 1996) et la N-acétyl-L-cystéine, un précurseur du glutathion.

On a mesuré l'activité de la GSH-Px et de la glutathion-réductase (GSH-rd) dans des échantillons de sang de 142 résidents de Salluit, au Nunavik (Dewailly, 2001). L'activité des enzymes participant à la détoxification des radicaux libres a été mesurée pour étudier les liens entre le mercure, le sélénium et le stress oxydatif. On a constaté qu'il existait une corrélation négative entre le mercure et l'activité de la GSH-rd, une enzyme dépendante de la nicotinamide-adenine-dinucléotide-phosphate, qui permet la régénération du glutathion à partir du disulfure de glutathion. En revanche, on a observé une corrélation positive entre les concentrations plasmatiques de sélénium et l'activité de la GSH-Px, une séléno-enzyme qui catalyse la conversion du peroxyde d'hydrogène en eau. L'exposition au mercure peut, par conséquent, réduire l'efficacité des mécanismes de défense contre le stress oxydatif en limitant la disponibilité du glutathion, alors que le sélénium peut offrir une protection en favorisant la destruction du peroxyde d'hydrogène.

L'évaluation biochimique du stress oxydatif chez les résidents adultes du Nunavik devrait se poursuivre. Durant l'enquête Qanuippitaa, on a mesuré le degré d'oxydation des LDL plasmatiques en tant que marqueur potentiel du stress oxydatif. Les résultats préliminaires indiquent que les concentrations de LDLox étaient considérablement inférieures (1,6 fois, $p < 0,0001$) chez les sujets inuits comparativement à celles chez la population de race blanche, ce qui confirme l'observation précédente selon laquelle les acides gras oméga-3 et le sélénium pourraient être des facteurs de protection efficaces contre les maladies cardiovasculaires chez les Inuits (Bélanger et coll., 2003).

6.5.1 Pression artérielle

L'ingestion de mercure attribuable à la consommation de poissons et de mammifères marins joue possiblement un rôle dans l'apparition des maladies cardiovasculaires, mais on ne s'est jamais penché sur le lien entre les concentrations sanguines de mercure et les mesures ambulatoires de la pression artérielle sur 24 heures. On a mesuré les concentrations sanguines de mercure et la pression artérielle sur 24 heures chez quatre groupes de sujets en santé : le groupe 1 était composé de Danois vivant au Danemark et consommant des aliments européens; le groupe 2 était formé de Groenlandais vivant au Danemark et consommant des aliments européens; le groupe 3 était constitué de Groenlandais vivant au Groenland et consommant des aliments européens; et le groupe 4 incluait des Groenlandais vivant au Groenland et consommant principalement des aliments traditionnels de ce territoire. Les concentrations sanguines de mercure étaient supérieures chez les Groenlandais, et augmentaient chez les sujets vivant au Groenland et consommant des aliments traditionnels de ce territoire (groupe 1 : 2,2 µg/L [médiane]; groupe 2 : 4,8 µg/L; groupe 3 : 11 µg/L; groupe 4 : 25 µg/L). Les mesures de la pression artérielle sur 24 heures étaient les mêmes dans les trois groupes de Groenlandais. Cependant, la pression artérielle diastolique (PAD) sur 24 heures était moins élevée chez les Groenlandais que chez les Danois (71 versus 76 mmHg, $p < 0,001$), tandis que la pression différentielle (PD) sur 24 heures était plus élevée (54 versus 50 mmHg, $p < 0,001$). On a établi une corrélation significative et positive entre les concentrations sanguines de mercure et la PD ($r = 0,27$, $p < 0,01$). La PD était supérieure et la PAD était inférieure chez les Groenlandais par rapport aux Danois. La PD augmentait avec la concentration de mercure dans le sang. Bien que les facteurs génétiques soient, dans une certaine mesure, responsables des écarts de la PD entre les Groenlandais et les Danois, les résultats actuels tendent à confirmer en partie l'hypothèse voulant que l'ingestion de mercure présent dans les aliments de la mer joue un rôle dans l'apparition des maladies cardiovasculaires (Pedersen et coll., 2005).

La pression artérielle durant l'enfance est un déterminant important du risque d'hypertension à l'âge adulte, et l'exposition au méthylmercure constitue un éventuel facteur de risque environnemental. Une étude a été menée auprès d'une cohorte de naissance composée de 1 000 enfants vivant aux îles Féroé afin d'évaluer l'exposition prénatale au méthylmercure; on a mesuré la pression artérielle, la fréquence cardiaque et la variabilité de la fréquence cardiaque chez les enfants de 7 ans (Sorensen et coll., 1999). Après avoir corrigé les données en fonction du poids corporel, la PAD et la pression



artérielle systolique (PAS) ont augmenté, respectivement, de 14 mmHg (limite de confiance [LC] à 95 % = 7,4, 20) et de 15 mmHg (LC à 95 % = 8,3, 21) lorsque les concentrations de mercure dans le sang du cordon ombilical passaient de 1 à 10 µg/L. Aucune autre augmentation n'a été observée lorsque les concentrations se situaient au-dessus de cette valeur, laquelle correspond à la limite d'exposition actuelle. Le poids à la naissance agissait en tant que modificateur, l'effet du mercure étant plus important chez les enfants ayant un plus petit poids à la naissance. Ces résultats semblaient indiquer que l'exposition prénatale au méthylmercure pouvait influencer le maintien de l'homéostasie cardiovasculaire.

On a récemment étudié l'effet des concentrations de mercure sur la pression artérielle chez des Inuits adultes du Nunavik en prenant en considération des variables confusionnelles possibles. On a mesuré la PAS et la PAD durant une consultation clinique, et on a calculé la PD. On a utilisé la corrélation de Pearson pour étudier les relations simples entre les concentrations de mercure et les paramètres de la pression artérielle, et l'on a effectué des régressions multiples pour tenir compte des variables confusionnelles. On a établi une corrélation entre les concentrations de mercure et la PAS ($r = 0,15$; $p < 0,0001$) et la PD ($r = 0,17$; $p < 0,0001$), mais la corrélation avec la PAD n'était pas statistiquement significative. Après l'ajustement des données pour tenir compte des variables confusionnelles, l'association entre la PAS ($b = 2,4$; $p = 0,0004$) et la PD ($b = 1,2$; $p = 0,02$) était toujours statistiquement significative, alors que l'association avec la PAD devenait significative ($b = 1,0$; $p = 0,04$). Après avoir neutralisé l'effet des variables confusionnelles, les résultats de cette étude indiquent que le mercure exerce un effet négatif sur la pression artérielle (Valera et coll., 2008).

Les paramètres de santé liés à l'exposition aux contaminants et aux maladies cardiovasculaires pourraient être plus pertinents pour la santé publique que ceux liés, par exemple, à la neurotoxicité aux niveaux actuels d'exposition. Par exemple, la faible incidence des maladies cardiovasculaires chez les Inuits du Groenland, possiblement attribuable à la composition en acides gras de leur régime alimentaire, pourrait être accrue par un niveau d'exposition élevé au mercure, puisque de récentes études montrent que le mercure peut avoir un effet négatif sur le système cardiovasculaire. On ignore encore pourquoi, mais le mercure peut inhiber d'importants mécanismes antioxydants chez les humains et pourrait favoriser la peroxydation des acides gras non saturés tels que l'ADH et l'AEP. En ce qui concerne la toxicité cardiovasculaire associée à un faible niveau d'exposition au méthylmercure, on a noté chez la première cohorte de sujets des îles Féroé que la

pression artérielle avait tendance à augmenter et que la variabilité de la fréquence cardiaque avait tendance à diminuer lorsque les niveaux d'exposition au mercure augmentaient pendant la période prénatale tout en demeurant dans la fourchette des faibles valeurs (Sorensen et coll., 1999). L'intoxication par le mercure alkyle est associée à une augmentation de la pression artérielle, et l'intoxication par le mercure a souvent entraîné, chez les enfants, une augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. Des données expérimentales montrent que la toxicité du méthylmercure provoque une hypertension qui persiste durant de nombreux mois après l'arrêt de l'exposition. Bien qu'il s'agisse d'une preuve insuffisante aux fins de l'évaluation des risques, celle-ci semble indiquer que le système cardiovasculaire devrait être considéré comme une cible potentielle du méthylmercure. Même un léger effet négatif sur l'appareil cardiovasculaire pourrait présenter un plus grand intérêt sur le plan de la santé publique qu'un léger effet sur le système nerveux central.

6.5.2 Mercure et variabilité de la fréquence cardiaque

Le méthylmercure est bien connu pour son activité toxique sur le système nerveux central, mais on a récemment formulé l'hypothèse qu'il agisse également sur le fonctionnement normal de l'appareil cardiovasculaire (Sorensen et coll., 1999; Guallar et coll., 2002; Oka et coll., 2002; Grandjean et coll., 2004; Pedersen et coll., 2005). Certaines études ont fait état d'une association entre le mercure et l'infarctus du myocarde (Guallar et coll., 2002), une pression artérielle élevée (Sorensen et coll., 1999; Pedersen et coll., 2005) et une variabilité réduite de la fréquence cardiaque (Sorensen et coll., 1999; Oka et coll., 2002; Grandjean et coll., 2004). Ce dernier effet est lié à l'activité sympathique et parasympathique cardiaque du système nerveux autonome, mais l'information concernant l'influence du méthylmercure sur la variabilité de la fréquence cardiaque est rare. Une diminution de la variabilité de la fréquence cardiaque peut causer une fibrillation ventriculaire, laquelle peut entraîner la mort subite cardiaque (Galinier et coll., 2000; Makikallio et coll., 2001; Kruger et coll., 2002; La Rovere et coll., 2003; Kataoka et coll., 2004). Une diminution de la variabilité de la fréquence cardiaque a aussi été associée à la mortalité cardiaque et à la mortalité toutes causes confondues (Tsuji et coll., 1996; Tsuji et coll., 1994; Seccareccia et coll., 2001).

L'effet du méthylmercure sur la variabilité de la fréquence cardiaque n'a été étudié que chez des sujets exposés *in utero* (Sorensen et coll., 1999; Oka et coll., 2002; Grandjean et coll., 2004). Dans une

étude de cohorte réalisée chez des enfants de 7 ans aux îles Féroé, la variabilité de la fréquence cardiaque diminuait lorsque le niveau d'exposition au mercure augmentait, particulièrement lorsque les concentrations dans le sang du cordon ombilical passaient de 1 à 10 µg/L; à un tel niveau d'exposition, la variabilité de la fréquence cardiaque était réduite de 47 % (LC à 95 % = 14 %, 68 %). Un tel résultat a été décrit comme un signe du dysfonctionnement du système nerveux parasympathique chez les enfants exposés à de faibles doses de méthylmercure durant la période prénatale (Sorensen et coll., 1999). À 14 ans, les enfants de cette cohorte présentaient une diminution de 2,7 % du coefficient de variation de la fréquence cardiaque ainsi qu'une diminution de 6,7 % des activités sympathique et parasympathique (Grandjean et coll., 2004).

En revanche, Oka et coll. (2002) ont réalisé une étude cas-témoins pour évaluer l'effet à long terme de l'exposition à des doses élevées de méthylmercure sur la variabilité de la fréquence cardiaque chez des sujets souffrant de la maladie congénitale de Minamata (MCM). Certains des indices de la variabilité de la fréquence cardiaque, tels l'intervalle RR et la fréquence élevée de variabilité, étaient inférieurs chez les patients atteints de la MCM. L'écart-type de tous les intervalles RR normaux était généralement inférieur dans le groupe atteint de la MCM, mais cette différence n'était pas statistiquement significative.

Jusqu'à récemment, aucune étude n'a porté sur l'influence des concentrations de fond de mercure sur la variabilité de la fréquence cardiaque chez des adultes exposés à de telles concentrations dans l'environnement. Valera et coll. (2008) ont mené une étude auprès d'une population adulte du Nunavik pour évaluer l'effet des concentrations de mercure sur la variabilité de la fréquence cardiaque; ils ont pris en considération l'influence de possibles variables confusionnelles telles que les acides gras n-3, l'âge, le sexe, le cholestérol, le diabète, l'obésité, le tabagisme et la consommation d'alcool. Plusieurs indices de la variabilité de la fréquence cardiaque selon les domaines temporel et fréquentiel provenaient d'une évaluation de 2 heures effectuée à l'aide de l'appareil portable de surveillance Holter. On a réalisé une analyse de régression linéaire simple pour examiner le lien entre les concentrations de mercure et les paramètres obtenus avec l'appareil Holter, tandis qu'on a effectué des régressions multiples pour tenir compte des variables confusionnelles. On a établi une corrélation simple indiquant l'existence d'un faible lien entre le méthylmercure et une basse fréquence de la variabilité de la fréquence cardiaque, mais ces associations sont devenues non significatives après l'ajustement des données en fonction des variables

confusionnelles. Les résultats de cette étude semblent indiquer que le méthylmercure exerce un effet néfaste sur la pression artérielle et la variabilité de la fréquence cardiaque chez les adultes. Les concentrations sanguines de mercure ont été associées à une augmentation de la PAS et de la PD, mais à une diminution de la variabilité de la fréquence cardiaque.

6.6 Conclusions

1. Les études épidémiologiques sont difficiles à réaliser dans l'Arctique canadien en raison de nombreux facteurs limitatifs, notamment : l'exposition à des mélanges complexes de contaminants, la faible population, les interactions contaminants-nutriments, les facteurs génétiques, les facteurs confusionnels liés au mode de vie et à la collectivité de même que les priorités dans le domaine de la santé. Pour cette raison, on devrait utiliser le plus souvent possible les études épidémiologiques sur la neurotoxicité causée par les BPC, le plomb et le méthylmercure, qui ont été menées dans d'autres parties du monde, aux fins de l'évaluation des risques. Cependant, étant donné que différents facteurs peuvent limiter la validité externe de ces études, il est essentiel de poursuivre les études dans l'Arctique canadien.
2. Les études en cours menées auprès de cohortes d'enfants et d'adultes du Nunavik fourniront de l'information utile aux habitants de l'Arctique canadien dans un proche avenir.
3. Les études réalisées dans l'Arctique portent à croire que l'exposition prénatale au méthylmercure, au plomb et aux BPC entraîne des effets différents sur le développement du cerveau chez les enfants. Ces effets sont semblables à ceux observés dans d'autres parties du monde.
4. On considère que la perturbation des hormones thyroïdiennes est un mécanisme d'action possible des POP sur le développement du cerveau. Cette hypothèse devra être étudiée pour ce qui est des POP hérités et être élargie à leurs métabolites et aux nouveaux POP.
5. Les nouvelles données confirment également les effets bénéfiques importants des nutriments présents dans les aliments traditionnels, particulièrement les acides gras oméga-3, sur le développement du cerveau. Ces effets positifs sont constatés dans des domaines qui diffèrent de ceux qui sont attribuables à l'exposition aux contaminants.



6. Les bienfaits pour la santé des acides gras oméga-3 sur le développement des enfants mettent en évidence l'importance d'analyser les interactions et la nécessité d'étudier plus en profondeur les liens complexes entre les nutriments et les contaminants chez les populations qui consomment du poisson.
7. Trois études successives réalisées au Nunavik ont indiqué que les IVRI et les otites moyennes aiguës survenues pendant l'enfance étaient associées à une exposition prénatale aux POP. Ces résultats sont également confirmés par les données de l'étude menée aux îles Féroé, laquelle a fait état d'un lien entre l'immunodéficience et l'exposition aux POP. Une carence en vitamine A, qui était également liée à une exposition aux POP, constitue un autre facteur de risque de ces infections.
8. Les mélanges habituels de composés organochlorés détectés dans l'Arctique contiennent de nombreux POP, y compris des substances ayant des effets œstrogéniques, anti-œstrogéniques ou anti-androgènes. Ces composés organochlorés peuvent interagir avec les différents récepteurs participant à la différenciation et à la croissance cellulaires, entraîner des effets sur la reproduction et le développement et jouer un rôle dans la pathogenèse des cancers hormonosensibles. Peu d'études à ce jour ont porté sur les taux de cancer et les contaminants dans l'Arctique en raison de la faible population dans cette région.
9. Les études axées sur le rôle de l'exposition au méthylmercure et aux POP dans l'apparition du syndrome métabolique, des maladies cardiovasculaires et du diabète viennent à peine de commencer. Par conséquent, ces études prêtent encore à controverse. Il est possible que le méthylmercure inhibe les mécanismes de défense contre le stress oxydatif (et finalement provoque l'apparition de l'athérosclérose), diminue la variabilité de la fréquence cardiaque et augmente la pression artérielle. L'exposition aux POP peut également agir comme facteur de risque dans la survenue du syndrome métabolique et du diabète. Il y a lieu de mener des recherches expérimentales et épidémiologiques additionnelles dans ce domaine.



Eric Loring

Caractérisation et communication des risques et des bienfaits

7.1 Introduction

La bioaccumulation des contaminants environnementaux dans les aliments traditionnels de l'Arctique canadien et l'absence de produits de remplacement pour les aliments traditionnels qui soient abordables, accessibles et culturellement acceptables soulèvent des questions complexes sur le plan de la santé publique. Les professionnels de la santé publique et d'autres personnes concernées dans le Nord doivent avoir accès à la meilleure information disponible afin de transmettre des messages efficaces et facilement compréhensibles à la population. Ces personnes font toutefois face à un défi important. Les données concernant les risques et les bienfaits associés aux aliments traditionnels comportent de nombreuses incertitudes. Il peut également y avoir des divergences entre les sujets participant aux études quant aux mélanges de contaminants auxquels ils sont exposés et à leur régime alimentaire. De plus, on adopte différentes démarches pour étudier les méthodes et les types de champs d'étude (études animales, études auprès de populations humaines, analyses de tissus et d'aliments, etc.) afin d'obtenir des données, et on exprime les résultats en faisant appel à des unités et à des formes de mesures différentes. Il est difficile de comprendre les risques et les bienfaits de la consommation régulière d'aliments traditionnels et de mettre en balance ces risques et bienfaits en vue de la formulation ultérieure de conseils efficaces en matière d'alimentation.

En dépit de ces défis, on a réalisé des progrès considérables en ce qui concerne le renforcement du processus de caractérisation et de communication des risques dans le cadre du PLCN. Ce chapitre décrit l'état de connaissances quant à la caractérisation et à la communication des risques. Le chapitre présente d'abord un résumé des processus élaborés pour évaluer, gérer et communiquer les risques et les bienfaits associés à la consommation des aliments traditionnels. Il traite également de la perception des risques, décrit une étude de cas sur la caractérisation des risques et des bienfaits et présente un progiciel récemment mis au point pour faciliter le processus de caractérisation et de communication des risques.

7.2 Processus de caractérisation des risques

Le processus d'élaboration de conseils de santé nécessite la participation et la coopération de tous les intervenants et le leadership des autorités sanitaires locales. Puisqu'on a déjà fourni une description détaillée du processus d'évaluation et de gestion des risques aux termes du PLCN (CACAR, 1997; CACAR, 2003; Furgal et coll., 2003), on ne la présente pas de nouveau ici.

7.3 Communication des risques

Le processus de communication des risques et des bienfaits associés aux aliments traditionnels constitue un aspect central des stratégies de gestion des risques. Il est peu probable que la communication uniquement axée sur les risques donne les résultats attendus; elle risque plutôt d'avoir des conséquences néfastes pour les personnes et les collectivités. En fait, l'une des principales leçons apprises dans l'Arctique canadien est que la communication de certains risques peut engendrer inutilement de la peur, de l'anxiété et de la confusion. Comme Loring (2007a) l'a indiqué, plusieurs conséquences négatives potentielles peuvent découler d'une mauvaise communication au sujet des contaminants :

- des effets indésirables pour la santé et le comportement (sur les plans physique, mental et social);
- une augmentation du degré de stress et d'anxiété;
- une pratique moins fréquente des activités de chasse et de pêche;
- une diminution de la consommation des aliments traditionnels;
- les conséquences socioéconomiques des changements liés aux habitudes de consommation;
- une plus grande exposition à de nouveaux risques.

Les aliments traditionnels constituent un pilier culturel déterminant et jouent un rôle nutritionnel primordial dans la santé et le bien-être des peuples autochtones



Eric Loring

(voir le chapitre 2 pour avoir plus de précisions). Pour compliquer davantage la question, il est possible que les produits alimentaires de remplacement ne soient pas aisément disponibles, et rien ne garantit qu'ils seront abordables ou culturellement acceptables. Les enjeux entourant l'exposition humaine aux contaminants environnementaux présents dans les aliments traditionnels de l'Arctique canadien (c.-à-d. son influence sur la santé, la culture, la société et l'économie) doivent être pris en considération afin d'élaborer des messages qui informent les résidents du Nord tout en réduisant au minimum les conséquences potentiellement négatives sur leur mode de vie et le bien-être collectif. La communication des risques doit placer le message dans le contexte plus large de la santé publique, d'une manière qui soit appropriée sur le plan culturel (Furgal et coll., 2003; Loring, 2007b).

Dans le cadre du PLCN, la communication des risques liés aux contaminants menée par les agences de santé territoriales et régionales suppose de prendre en considération les résultats quantitatifs des calculs des risques, les avantages qualitatifs de la consommation d'aliments traditionnels et la façon dont les risques sont perçus par la population.

D'ordinaire, les efforts de communication déployés dans l'Arctique canadien visaient principalement à répondre aux questions fondamentales de la population telles que « Est-ce que je peux consommer un tel aliment en toute sécurité? » On formule une réponse efficace à cette question en intégrant l'information technique sur les risques

liés aux contaminants à un message qui est compris par le groupe cible (Loring, 2007a). Les stratégies de communication doivent être adaptables et refléter le caractère unique de chaque groupe cible. Par conséquent, les messages efficaces de communication des risques sont généralement ceux qui sont adaptés aux groupes culturels précis vivant dans le Nord.

La communication des risques est un processus en constante évolution (Powell et Leiss, 1997). À la lumière de ce constat, plusieurs changements importants ont été apportés au PLCN. En général, la quantité de documents de communication et de messages transmis aux collectivités du Nord a diminué. Il s'agit d'un changement important, puisque la transmission fréquente de messages sur les contaminants pourrait submerger d'information les collectivités. La communication à ce sujet pourrait être plus efficace si elle est intégrée aux messages existants de santé publique. Un autre changement notable s'est produit : alors qu'auparavant on se concentrait uniquement sur les contaminants, on se soucie maintenant de placer les préoccupations relatives aux contaminants dans un contexte plus large de santé publique (Furgal et coll., 2003).

Le PLCN, ses comités régionaux de surveillance des contaminants et les organismes partenaires comme l'Inuit Tapiriit Kanatami (ITK), le Conseil circumpolaire inuit, la nation dénée, le Conseil des Premières nations du Yukon (CPNY) et le Centre Nasivvik à l'Université Laval déploient des efforts considérables

pour améliorer les capacités des peuples du Nord à comprendre la question des contaminants et à prendre des décisions et des mesures à ce sujet. Afin de permettre aux représentants des milieux de la santé et de l'environnement dans l'Arctique canadien de réaliser efficacement des activités de gestion et de communication des risques, on a cherché principalement à accroître leur compréhension, leurs compétences et leur formation relativement aux contaminants, ainsi que leur accès à l'information dans ce domaine. L'éducation et la formation des travailleurs de première ligne permettront de continuer à renforcer les capacités des collectivités du Nord. Les activités particulières encouragées à ce jour par le PLCN incluent les cours à l'intention des coordonnateurs régionaux de surveillance des contaminants, les cours de formation à l'intention des travailleurs de première ligne, les visites des collectivités, des journées de réflexion réunissant des aînés autochtones et des scientifiques et la production de matériel didactique pour les programmes d'enseignement élémentaire et secondaire. Depuis 1997, on a organisé quatre journées de réflexion durant lesquelles des aînés et des jeunes autochtones ainsi que des scientifiques ont pu établir des relations. De plus, on a élaboré du matériel didactique aux fins d'utilisation dans les écoles élémentaires et secondaires des T.N.-O. et du Yukon. Ces efforts permettent de réaliser des progrès importants en vue de la participation judicieuse des peuples du Nord dans les activités de communication des risques (Furgal et coll., 2003).

La communication des risques pour la santé liés aux contaminants qui vise les peuples de l'Arctique canadien doit évoluer de plusieurs manières importantes. Afin que la communication des risques évolue au sein du PLCN, le programme doit évaluer les communications précédentes des risques liés aux contaminants en collaboration avec les autorités de santé publique pertinentes pour mettre en évidence les facteurs ayant influencé la réussite et l'efficacité de ces communications et déterminer le contexte approprié pour présenter de telles communications. De plus, on devrait élaborer une stratégie prospective favorisant et élargissant les stratégies de communication qui se sont révélées efficaces. Une telle stratégie viendrait en aide aux responsables des communications et aux professionnels régionaux de la promotion de la santé dans leurs efforts de formuler des messages culturellement appropriés et d'assurer une présentation efficace des communications ultérieures. La meilleure stratégie consiste sans doute à améliorer les interventions futures en matière de communication et de promotion de la santé avec les collectivités, plutôt que de simplement élaborer une plus grande quantité de matériel didactique (Loring, 1997b). Le PLCN joue un rôle important, soit celui de favoriser les relations et

d'encourager les chercheurs à mettre sur pied des initiatives de développement des capacités dans le cadre de leurs recherches. Le développement des capacités locales sera capital dans le futur, non seulement pour faire face aux défis liés aux contaminants, mais également pour fournir aux collectivités les ressources voulues pour prendre part à un plus grand nombre d'activités de recherche et s'adapter aux changements constants sur le plan environnemental, social, politique et économique.

7.4 Recherche éthique et PLCN

Dans le cadre du PLCN, on a déployé de grands efforts pour s'assurer que les recherches satisfont aux normes éthiques les plus strictes possible. On a donc élaboré des documents visant à guider les recherches menées dans le Nord, formé des comités pour surveiller l'approbation des projets de recherche et assuré l'amélioration constante des processus tels que ceux relatifs à l'obtention du consentement éclairé et à la communication des résultats de recherche.

De nombreux aspects doivent être pris en considération lorsqu'il s'agit d'évaluer l'éthique des recherches menées chez les humains. Bien que ces aspects puissent être complexes dans tout projet de recherche, il existe un autre degré de complexité – et aussi de nécessité – lorsqu'on travaille dans les collectivités autochtones ou du Nord et avec celles-ci.

Par exemple, un aspect fondamental de la recherche



Eric Loring



Eric Loring

éthique est le consentement éclairé. Tout participant à un projet, qu'il fournisse un échantillon de sang ou qu'il réponde à un questionnaire, doit comprendre ce qu'on attend de lui avant de consentir à participer au projet. La participation doit également être volontaire, ce qui signifie que le participant ne doit pas se sentir menacé ni forcé de participer. Lorsqu'il existe des barrières culturelles ou linguistiques entre les chercheurs et les collectivités, comme c'est souvent le cas pour les recherches menées dans l'Arctique, le risque de mauvaise communication augmente. Il faut accorder plus de temps et d'attention et avoir recours à des méthodes novatrices pour s'assurer que les participants ont la compréhension la plus complète possible des attentes liées à leur participation.

Une autre question éthique importante qui doit être prise en compte est celle des préjudices et des avantages potentiels associés à la recherche; tout préjudice possible pour les participants ou leur collectivité devrait être réduit au minimum. On devrait se soucier davantage du respect des valeurs culturelles que de la contribution potentielle de la recherche aux connaissances. Le rapport global préjudices-avantages de la recherche doit être positif pour les participants, les collectivités et les chercheurs, mais la répartition des avantages est également essentielle. Tous les avantages obtenus doivent être partagés

plutôt que cumulés seulement par les chercheurs. Si un chercheur obtient des données auprès d'une collectivité, mais qu'il ne lui transmet pas adéquatement les résultats, les avantages de la recherche ne sont pas partagés de manière appropriée.

Le PLCN utilise plusieurs stratégies (dont certaines figurent ci-dessous) afin de garantir le respect de ces exigences et d'autres exigences en matière d'éthique.

- Afin de s'assurer que les opinions et les préoccupations des peuples du Nord sont prises en considération dans la gestion globale du programme, le comité de gestion du PLCN inclut des représentants de plusieurs organisations autochtones du Nord. Ce comité de gestion n'est pas un organisme consultatif; il est chargé de définir la politique et les priorités de recherche du PLCN ainsi que de prendre les décisions définitives concernant l'affectation des ressources.
- Cinq comités régionaux de surveillance des contaminants couvrant les territoires et le Nouveau-Québec ont été formés et chargés de veiller à la circulation de l'information entre le comité de gestion, les chercheurs et les collectivités. Chacun de ces comités est coprésidé par un partenaire autochtone conformément à la philosophie du comité de gestion voulant que les peuples autochtones participent aux principaux organismes décisionnaires.
- Ces comités veillent à ce que les collectivités reçoivent l'information appropriée et que les scientifiques soient informés des besoins et des problèmes des collectivités. Ils participent également à l'examen socioculturel des projets de recherche dans leur territoire. Les coordonnateurs régionaux de surveillance des contaminants sont des travailleurs de première ligne œuvrant dans les collectivités; ils sont formés pour assurer la liaison avec les chercheurs et les collectivités et fournir de l'information sur les contaminants aux membres des collectivités.
- Le PLCN a fait en sorte que son processus d'examen des propositions soit ouvert et transparent. Des pairs examinateurs externes évaluent les propositions avec l'aide des équipes d'examen technique pour garantir la rigueur scientifique. Les mêmes propositions sont soumises à un examen socioculturel par les comités régionaux de surveillance des contaminants; ces derniers examinent les questions éthiques du point de vue des collectivités.
- Le PLCN a élaboré plusieurs documents et mis sur pied plusieurs activités pour favoriser une communication appropriée avec les collectivités et renforcer la capacité de ces dernières de prendre des décisions éclairées au sujet de leur santé, de leur consomma-

tion alimentaire et de la faune en regard des contaminants.

> **Sommaire des projets menés dans le cadre du PLCN** et financés par le programme – Ce livret rédigé dans un langage clair et simple, décrit les projets et fournit les coordonnées des personnes-ressources; il est un outil précieux pour les collectivités.

> **Lignes directrices sur la recherche responsable dans le cadre du PLCN.** Ce document contient les exigences en matière de consultation. Les lignes directrices fournissent une orientation et établissent un cadre pour les collectivités et les chercheurs afin de définir d'un commun accord les obligations mutuelles et de favoriser l'établissement d'une relation équitable et bénéfique. Les exigences en matière de consultation garantissent que les collectivités sont bien au fait des recherches menées dans leur collectivité ou à proximité de celle-ci et qu'elles les approuvent au cas par cas. On utilise ces lignes directrices et les exigences en matière de consultation, en plus de l'examen socioculturel dans le cadre du PLCN, pour faire participer efficacement les collectivités du Nord en tant que partenaires aux activités de recherche dès l'étape de l'élaboration d'un projet et pour intégrer la communication à toutes les étapes de la recherche. Les lignes directrices sur la recherche responsable sont accessibles sur le site Web du PLCN à l'adresse <http://www.aainc.gc.ca/nth/ct/ncp/index-fra.asp>.

> Cours de formation du PLCN à l'intention des professionnels communautaires de première ligne sur leur rôle en tant que responsables des communications relatives aux contaminants et professionnels de liaison en recherche – Le cours de formation destiné aux professionnels de première ligne travaillant dans le Nord vise à développer les capacités des collectivités. Les participants au cours acquièrent des connaissances pour répondre aux questions et aux préoccupations des résidents locaux au sujet des contaminants et accéder à l'information connexe. Il s'agit d'un programme pédagogique bien conçu et mis à l'essai qui comprend un cours de trois jours sur les contaminants.

> **Communication au sujet des contaminants aux collectivités inuites – Communication au sujet des contaminants dans les aliments traditionnels : l'expérience dans les collectivités autochtones** – Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet constituent une étape cruciale dans l'atteinte des principaux objectifs à long terme liés

à la communication au sujet des contaminants aux collectivités inuites. On compte deux objectifs :

- Obtenir de l'information pertinente, complète, à jour et accessible pour les Inuits afin d'accroître leurs moyens d'action en ce qui a trait aux questions et aux problèmes concernant les contaminants, et de les aider à prendre des décisions éclairées concernant leur mode de vie. Les moyens d'action pourraient inclure, par exemple, le fait d'exercer, au niveau local, une plus grande pression sur le gouvernement et l'industrie pour prévenir la production de contaminants à la source, de faire des choix concernant la préparation et la consommation d'aliments traditionnels et de sensibiliser les autres au sujet des contaminants.
- Développer les capacités des responsables de première ligne des communications dans les collectivités inuites afin qu'ils répondent aux questions et agissent comme sources d'information et experts en ce qui a trait aux contaminants.

> **Guide pour faire des présentations aux collectivités autochtones du Nord dans le cadre du PLCN** – Ce guide a été rédigé à l'intention des scientifiques environnementaux et des professionnels de la santé qui, dans le contexte de leur travail sur les contaminants, doivent présenter de l'information à des groupes d'Autochtones des collectivités du Nord.

Le dialogue entre les gestionnaires, les chercheurs, les membres des collectivités et les organisations se poursuivra pour s'assurer que les principes de l'éthique en recherche continuent d'être respectés et améliorés lorsque cela est possible ou nécessaire.

7.5 Perception des risques

Les différences de perception des risques entre les membres de la population et les experts scientifiques ou autres experts techniques ont largement été étudiées (Rowe et Wright, 2001; Sjöberg, 2002; Verbeke et coll., 2005). Il arrive souvent que, pour un risque donné, même les experts ne s'entendent pas sur le danger auquel font face les personnes ou les collectivités (Sjöberg, 2002). Il a été établi que la perception des risques est influencée par divers facteurs, y compris l'âge, le sexe, le niveau d'instruction, le travail, la langue, la vision du monde et la culture (Slovic et Peters, 1995; Jardine et Furgal, 2006; Myers et Furgal, 2006). La perception n'est toutefois pas seulement influencée par les caractéristiques personnelles; il est donc important de prendre en considération

plusieurs facteurs liés au risque en soi. Ceux-ci incluent la nature volontaire ou involontaire de l'exposition, l'incertitude quant à la probabilité ou aux conséquences de l'exposition, le manque d'expérience personnelle liée au risque (peur de l'inconnu, refus de reconnaître l'importance du risque), les effets tardifs de l'exposition, les effets génétiques (effets sur la prochaine génération), les accidents attribuables à l'activité humaine (anthropique; causes non « naturelles »), la répartition inégale des risques et des avantages et la facilité de perception des avantages connexes. La perception des risques est une combinaison de facteurs personnels et collectifs qui influencent la façon dont une personne comprend les problèmes, réagit et prend des mesures sur le plan personnel (c.-à-d. comportements personnels).

La compréhension et la perception des risques chez les personnes sont beaucoup plus importantes et complexes qu'on l'a cru au départ, et elles reflètent des préoccupations légitimes souvent omises dans les processus d'évaluation officielle des risques.

Les évaluations des réactions à la communication des risques (p. ex. avis sanitaires) montrent que les personnes qui s'adaptent et réagissent aux avis environnementaux ou autres avis sanitaires dans un contexte de ressources socioéconomiques limitées adoptent des stratégies plus

passives et sont moins enclines à se conformer aux avis (Vaughan, 1995). Diana et coll. (1993) ont déclaré que le respect des avis concernant la consommation de poissons dans la région des Grands Lacs est souvent corrélé négativement avec les traditions de pêche (Diana, 1993; Burger, 2000; Burger et coll., 2005). Une telle observation est probablement très importante dans le contexte de la conformité ou de la réaction aux avis concernant la présence de contaminants dans les aliments traditionnels de l'Arctique, où l'on dispose parfois de ressources ou de solutions de rechange limitées pour réduire les risques au minimum. Par conséquent, il importe de comprendre non seulement les perceptions individuelles ou collectives des risques liés aux contaminants dans le Nord, mais également leur lien avec les opinions concernant les aliments traditionnels et un certain nombre de facteurs sociodémographiques pouvant influencer la capacité des membres des collectivités à réagir ou à prendre des mesures (Burger, 2004). Pour ces raisons, les perceptions des personnes concernées et touchées par un risque doivent être prises en compte, car elles influencent directement l'efficacité de toutes les décisions de gestion des risques et les mesures (incluant les communications) prises pour réduire les risques au minimum et maximiser les avantages qui, dans le cas présent, sont associés à la consommation d'aliments traditionnels dans le Nord.



Eric Loring

7.5.1 Perception des risques liés aux contaminants dans le Nord

Les RECAC I et II (CACAR, 1997; 2003) ont décrit en détail les efforts faits pour évaluer et recueillir des données qualitatives et quantitatives sur les perceptions des résidents des collectivités du Nord en ce qui concerne les contaminants environnementaux de même que sur les activités menées durant les phases I et II du PLCN (1992–2003). L'analyse qui suit fait état de cette information et prend appui sur celle-ci; elle présente les connaissances plus approfondies acquises dans ce domaine depuis 2003 ou n'ayant jamais été examinées. Durant la phase II du PLCN, peu d'études ont porté sur l'évaluation de la perception des risques. Au cours de la phase II, on a réalisé dans le cadre de certains projets (Bruneau et coll., 2001; Furgal et coll., 2001) des études d'évaluation sommaire sur la perception des risques associés aux aliments traditionnels, les connaissances relatives aux contaminants et la sensibilisation aux messages de base régulièrement diffusés grâce aux initiatives de recherche et d'éducation du programme. Furgal et coll. (2005) ont examiné et analysé ces efforts et formulé des recommandations en ce qui a trait à l'orientation future des recherches et des mesures dans ce domaine.

Dans le cadre de certaines études, les analyses réalisées durant les premières phases du programme ont été réexaminées pour évaluer les données sur la perception des risques qui avaient été recueillies, mais qui n'avaient pas été analysées au départ. Par exemple, dans une analyse détaillée de l'enquête régionale sur la santé réalisée par Santé Québec en 1992 auprès des Inuits du Nunavik (Nunavimmiut), Furgal et coll. (2001) ont découvert des preuves qui confirment certaines des hypothèses avancées concernant le lien entre la perception des risques associés aux aliments traditionnels, les facteurs sociodémographiques et la consommation de certains aliments traditionnels (Vaughan, 1995; Burger et coll., 1999). Les résultats semblent indiquer que les communications au sujet des contaminants environnementaux diffusées dans la région n'ont eu que des effets modérés sur la perception de la qualité des aliments chez les résidents de Nunavimmiut. Étant donné que 69 % des Inuits étaient au fait de la contamination des aliments traditionnels et que seulement 22 % des Inuits ont indiqué qu'ils avaient modifié leurs habitudes de vie après l'annonce de la présence de contaminants, Furgal et coll. (2001) ont fait valoir que la connaissance de la contamination des aliments traditionnels n'a pas eu pour effet de modifier considérablement ou d'influencer négativement la perception de la plupart des résidents de Nunavimmiut en ce qui concerne les aliments traditionnels. En fait, les auteurs ont déclaré que 62 % de la population de Nunavimmiut avait toujours une perception très favorable concernant les aliments



Eric Loring

traditionnels. Comme il en a été fait mention précédemment, les perceptions des humains à l'égard des risques et leurs réactions à ces risques sont complexes.

Après avoir effectué un examen détaillé de 13 études de cas, Usher et coll. (1995) ont conclu que les facteurs politiques, économiques, culturels et psychologiques façonnent les perceptions des collectivités autochtones du Nord à l'égard des contaminants environnementaux. Par conséquent, la grande valeur sociale, économique, culturelle et symbolique attribuée aux aliments traditionnels pourrait expliquer le fait que la plupart des Inuits du Nunavik avaient une perception très favorable des aliments traditionnels (estimant qu'ils étaient sécuritaires et contribuaient à maintenir une bonne santé) au moment où l'enquête régionale sur la santé des Inuits a été menée, même si la plupart de ces personnes étaient également au fait de la contamination de l'environnement et de la chaîne alimentaire traditionnelle. Cette nouvelle analyse de la base de données de Santé Québec a révélé que les Inuits plus âgés avaient une perception plus positive des aliments traditionnels, ce qui pourrait expliquer en partie la consommation accrue régulière des aliments traditionnels que l'on observe de nos jours principalement chez les Inuits plus âgés de ces collectivités. Dans une étude anthropologique menée auprès des collectivités inuites de l'île de Baffin, Borré (1991) a rapporté certains commentaires d'Inuits plus âgés selon lesquels ceux qui avaient consommé des aliments traditionnels tout au long de leur vie croyaient qu'ils devaient continuer à en consommer régulièrement pour survivre.

De plus, l'enquête sur la santé réalisée par Santé Québec a révélé que les Inuits plus jeunes étaient moins au fait que leurs aînés du lien entre la consommation d'aliments traditionnels et la santé (Furgal et coll., 2001).

Furgal et coll. (2001) n'ont observé aucune différence importante entre les degrés de perception associés au sexe, au lieu de résidence ou au niveau d'instruction des participants. Cependant, les perceptions à l'égard des aliments traditionnels variaient selon l'emploi, en ce sens que les Inuits dont l'emploi déclaré était les « travaux domestiques » avaient une perception moins favorable de la salubrité des aliments traditionnels que les autres Inuits. Les perceptions concernant les aliments traditionnels semblaient également liées à l'état matrimonial et au nombre de personnes vivant dans la maison. On a noté les perceptions les plus favorables, lesquelles sont énumérées ici dans un ordre décroissant, chez les Inuits vivant en couple, les Inuits divorcés et veufs et les Inuits célibataires. Une autre étude menée par les mêmes auteurs a révélé que les Inuits vivant en couple étaient davantage enclins à consommer plus souvent des aliments traditionnels, ce qui porte à croire que les Inuits célibataires, séparés ou veufs ont peut-être moins accès aux aliments traditionnels ou aux ressources (équipement, etc.) nécessaires pour se procurer ces aliments (Furgal et coll., 2002).

Duhaime et coll. (2004) ont indiqué que la présence d'un homme en tant que chef de famille et, dans une moindre mesure, l'accès à un revenu salarial augmentaient considérablement la proportion d'aliments traditionnels des femmes du Nunavik dans leur régime alimentaire total. Wein et Sabry (1998) de même que Wein et coll. (1991) ont aussi affirmé que la disponibilité des aliments traditionnels dépendait largement de la présence dans une famille d'un chasseur possédant les compétences et les ressources adéquates (y compris les moyens de transport). Une étude plus récente réalisée auprès de femmes en âge de procréer du Nunavik a révélé que les consommateurs de poisson avaient généralement un niveau d'instruction inférieur, partageaient leur résidence avec un plus grand nombre d'adultes et avaient des conditions de vie plus traditionnelles (Muckle et coll., 2001). Les auteurs ont établi que ces associations étaient attribuables au fait que le poisson, qui est habituellement pêché par un membre de la famille et qui est disponible gratuitement dans un congélateur communautaire, est moins cher que de nombreux aliments du marché. Par conséquent, à la lumière des observations ci-dessus, on peut conclure que plus l'accès physique aux aliments traditionnels est facile, plus ces aliments sont jugés favorablement.

Selon l'enquête sur la santé des Inuits du Nunavik réalisée en 1992 (Santé Québec, 1994), près de 70 % de la population de Nunavimmiut a entendu parler de la présence de contaminants dans la chaîne alimentaire, et une grande partie (87 %) de la population a fait part de son désir de recevoir davantage d'information sur le sujet. Les conclusions d'Usher et coll. (1995), de Furgal et Rochette (2007) et de Furgal (données non publiées) ont corroboré cette observation. Selon Usher et coll. (1995) de même que Furgal et coll. (2005), les résidents du Nord souhaitent recevoir de l'information précise et directement applicable (source, effets, apports alimentaires sécuritaires, etc.) afin de mieux comprendre les risques associés à l'exposition aux contaminants et de juger eux-mêmes de l'importance de cette question. Les résultats obtenus par Furgal et coll. (2001) ont révélé également que la plupart des personnes qui avaient changé leurs habitudes de vie après l'annonce de la présence de BPC dans le lait maternel étaient réparties de façon semblable en fonction des facteurs sociodémographiques. Une plus grande proportion de femmes inuites semblaient avoir modifié leurs habitudes de vie, et cette observation semblait concorder avec le type de communications transmises à la population du Nunavik (p. ex. l'avis de la présence de BPC dans le lait maternel chez les femmes inuites).

Finalement, Furgal et coll. (2005) ont examiné les liens entre les niveaux d'exposition aux contaminants (apports alimentaires et concentrations sanguines), les perceptions individuelles, les connaissances sur la contamination des aliments traditionnels, les modifications des habitudes alimentaires et le degré de participation aux activités terrestres (c.-à-d. chasse et pêche). Les résultats ont montré qu'il n'existait aucune différence relativement à l'exposition aux contaminants chez les personnes qui avaient une opinion ou une perception plus ou moins positive à l'égard des aliments traditionnels. Dans le même ordre d'idées, aucune différence quant à l'exposition aux contaminants n'a été observée entre les personnes qui avaient ou n'avaient pas été informées de la présence de contaminants dans la chaîne alimentaire traditionnelle de la région. Par contre, les concentrations sanguines réelles de certains contaminants variaient considérablement en fonction de ces variables. Les concentrations de BPC (mesurées sous forme d'Arochlor 1260) et de plomb étaient plus élevées chez les personnes qui avaient une perception moins favorable de la salubrité des aliments traditionnels, alors que les concentrations de mercure étaient plus élevées chez celles ayant une perception plus favorable à l'égard de cette question. Ces différences peuvent s'expliquer par la source de contaminants consommée. De plus, il est possible que l'utilisation des rappels alimentaires de 24 heures comporte





Eric Loring

certaines limites lorsqu'il s'agit de comparer les apports alimentaires (par l'évaluation des rappels alimentaires) et les concentrations sanguines de contaminants comme on l'a fait dans cette étude (c.-à-d. que les comportements alimentaires remémorés peuvent ne pas être les meilleurs indicateurs de l'exposition réelle aux contaminants basée sur les aliments consommés à d'autres périodes de l'année). Finalement, et c'est ce qui est probablement le plus important, les résultats de cette étude ne montraient aucune différence quant aux concentrations sanguines de contaminants entre les personnes ayant indiqué qu'elles avaient changé leurs habitudes en matière de santé après avoir entendu parler de la présence de contaminants dans la chaîne alimentaire de leur région et les personnes qui n'avaient pas changé leurs habitudes. Une telle observation peut révéler l'effet à court terme des messages ayant trait aux contaminants sur le comportement alimentaire et les autres comportements en matière de santé ou mettre en évidence les limites des outils d'analyse permettant d'évaluer directement les effets des communications concernant ces sujets chez les populations du Nord. À ce jour, peu de travaux comparables de cette nature ont été réalisés dans le reste de l'Arctique canadien.

Douze ans plus tard, dans le cadre de la deuxième enquête régionale sur la santé des Inuits du Nunavik,

on a de nouveau évalué la nature des perceptions et des préoccupations à l'égard des risques pour la santé ainsi que les activités liées aux aliments traditionnels (Furgal et Rochette, 2007). L'enquête a montré que les aliments traditionnels tout comme les activités de chasse et de pêche étaient toujours des aspects importants de la vie quotidienne des collectivités du Nunavik. Malgré les changements sociaux, culturels, économiques et politiques qui se sont produits au Nunavik et les préoccupations évidentes à l'égard des contaminants dans la chaîne alimentaire, la pratique de la chasse et de la pêche, la cueillette de ressources sauvages et le partage des récoltes dans la collectivité sont encore fréquents. Près de la moitié (45 %) de la population du Nunavik chasse fréquemment tout au long de l'année; un tiers (33 %) de celle-ci pêche régulièrement, soit une fois ou plus par semaine pendant au moins deux saisons; la moitié (48 %) de celle-ci participe à la cueillette de baies au moins une fois par mois durant la saison de cueillette; et plus de la moitié (57 %) de celle-ci partage régulièrement sa récolte avec d'autres membres de la collectivité. De plus, près d'un tiers (28 %) de la population a indiqué qu'elle utilisait encore des aliments traditionnels pour leurs propriétés médicinales. Comme dans le cas des résultats déclarés en 1992, la plupart (62 %) des personnes ont indiqué qu'elles avaient entendu parler de

la présence de contaminants dans l'environnement dans le questionnaire de 2004 (Furgal et Rochette, 2007). En ce qui concerne la présence de certains contaminants (mercure, BPC et plomb), respectivement 57 %, 47 % et 38 % des participants ont indiqué en être informés, le taux le plus faible ayant été noté chez les jeunes femmes. Depuis que la population a été informée de la présence de contaminants chimiques dans les aliments traditionnels, un quart (25 %) de celle-ci a déclaré avoir changé certains aspects de son alimentation; cependant, seul un très petit nombre de personnes ont affirmé avoir cessé de consommer tout type d'aliment traditionnel (Furgal et Rochette, 2007). Moins d'un quart (23 %) des chasseurs ont affirmé avoir jeté une prise ou s'en être débarrassés dans les 12 mois précédents pour des raisons de sécurité. Cependant, le rejet a été plus étroitement associé à la présence d'anomalies visibles, tels des parasites, plutôt qu'à des préoccupations liées à la présence de contaminants chimiques dans la faune. Ces mesures sont souvent liées à la connaissance des anomalies visibles chez la faune et à l'expérience personnelle de problèmes comme les parasites dans les aliments traditionnels (p. ex. *Trichinella* dans le morse), qui peuvent être transmis aux humains et les rendre malades (Bruneau et coll., 2001; Proulx et coll., 2002). Cette mise à jour met en évidence l'importance constante des ressources alimentaires traditionnelles dans la région et possiblement l'incidence limitée des préoccupations concernant les contaminants sur les activités de pêche et de chasse et la consommation des aliments chez la population de Nunavimmiut (Furgal et Rochette, 2007).

Myers et Furgal (2006) ont réalisé une enquête auprès de deux collectivités du Nunavut et de deux collectivités du Labrador pour évaluer le degré de réception et de compréhension de l'information sur la présence de contaminants dans les aliments traditionnels chez les résidents. De plus, l'enquête a servi à évaluer les perceptions des résidents à l'égard des questions relatives aux aliments traditionnels et aux contaminants. En moyenne, 69 % des participants des quatre collectivités ont entendu parler du terme « contaminants ». Cependant, lorsqu'ils ont été interrogés, plus de 40 % des participants ont inclus des substances autres que des composés chimiques ou naturels dans leur définition d'un contaminant, et 15 % des participants ne pouvaient pas fournir une description de ce qu'ils croyaient être un contaminant. Ce constat met en évidence un problème possible lié à la compréhension des messages précédemment communiqués dans ces régions et probablement dans d'autres régions. Les participants à l'enquête ont désigné le plus souvent les sources locales (p. ex. les déchets, les anciens sites militaires, les barils à pétrole, etc.) comme étant les causes de contamination de la chaîne alimentaire traditionnelle

dans leur région, bien que des pourcentages élevés de personnes aient répondu qu'elles n'étaient pas certaines de la présence de contaminants dans les aliments traditionnels de leur région. Cette incertitude était plus grande chez les répondants des collectivités du Nunavut que chez ceux des collectivités du Labrador, et, en général, la plus forte incertitude entourant cette question était exprimée par les personnes âgées et les femmes participant à l'enquête. La plupart des participants (61 %) de l'enquête réalisée par Myers et Furgal (2006) ont déclaré qu'ils n'étaient pas préoccupés par la salubrité de leurs aliments traditionnels; cependant, parmi ceux qui ont exprimé une telle préoccupation, on comptait un plus grand nombre de chasseurs (55 %) que de femmes (30 %). Parmi ceux qui se disaient préoccupés, les principaux sujets de préoccupation étaient la santé de la faune, les anomalies physiques et les contaminants. Les réponses révélaient que les personnes se fiaient avant tout aux indices visibles pour déterminer la présence ou l'absence de contaminants dans les aliments traditionnels et la salubrité de ces aliments. Finalement, la perception la plus répandue était que les personnes elles-mêmes n'avaient pas été exposées aux contaminants (73 %). La plupart des répondants du Nunavut (65 %) ont déclaré qu'ils ne modifieraient jamais leur alimentation en raison des préoccupations à l'égard des contaminants, alors que la plupart des participants du Labrador (60 %) ont affirmé qu'ils feraient de tels changements.

Même s'ils sont fortement convaincus de l'innocuité et de la salubrité des aliments traditionnels, des résidents de nombreuses régions ont fait part de leurs préoccupations concernant la présence des contaminants et leurs effets potentiels sur la santé animale et humaine. Les études menées par O'Neil et coll. (1997) et d'autres chercheurs (Furgal, 1999; Myers et Furgal, 2006) ont permis de confirmer les résultats obtenus par Furgal et Rochette (2007) ainsi que Furgal (sous presse) dans le cadre d'enquêtes plus récentes réalisées partout dans le Nord. Dans les enquêtes régionales effectuées en 2003 au Yukon, dans la région désignée des Inuvialuits, au Nunavut et au Labrador, auxquelles ont participé au total 700 personnes, les résidents du Yukon étaient davantage préoccupés par la santé et la faune (66 %) que les résidents inuits (44 % pour toutes les régions inuites combinées). Cependant, dans toutes les régions, les préoccupations les plus souvent exprimées se rapportaient aux maladies chroniques chez les humains, à la qualité générale des aliments, aux déchets sur les terres et à la qualité de l'eau. Environ 10 % (ou moins dans certaines régions) de participants ont indiqué que les contaminants environnementaux dans les aliments traditionnels constituaient l'une de ces préoccupations. Cependant, parmi ceux qui ont fait part de leurs préoccupations



relatives aux aliments traditionnels, la préoccupation majeure dans chaque région était « les contaminants et la pollution industrielle », suivie par « les anomalies et la santé animale ». On a noté chez les participants de toutes les régions un degré élevé de sensibilisation aux messages de base sur les contaminants qui avaient été transmis précédemment dans le cadre du PLCN. Les femmes en âge de procréer de presque toutes les régions présentaient le degré le plus faible de rappel et de sensibilisation à ces messages. La compréhension de nombreux participants en ce qui concerne les « contaminants environnementaux » reflétait la même confusion entre les phénomènes chimiques et les anomalies visibles chez la faune, confusion qui avait été mentionnée dans d'autres études (voir ci-dessus). De tels résultats confirment l'argument de Furgal et coll. (2005) ainsi que de Myers et Furgal (2006) selon lequel le phénomène invisible de la contamination chimique de la chaîne alimentaire traditionnelle pose un défi important pour les systèmes de connaissances traditionnels et sur le plan de la compréhension de la salubrité des aliments, qui reposaient dans le passé sur les observations et l'expérience personnelle de la maladie. Ces résultats montrent que, bien que les résidents du Nord aient indiqué que la pollution industrielle et les contaminants dans la chaîne alimentaire traditionnelle constituaient un problème, ces aspects se situaient relativement plus bas que prévu dans la liste de toutes les préoccupations environnementales et sanitaires.

Les résultats d'une autre enquête générale sur les perceptions à l'égard de la santé et de l'environnement réalisée par Jardine et Furgal (2006) auprès des Dénés de la région de Yellowknife et des Inuits de deux collectivités de Nunatsiavut (Inuits du Labrador) ont également confirmé ce constat. Les auteurs ont effectué leur enquête en ayant recours à un sondage et à une technique de recherche qualitative connue sous le nom de « Photovoice », dans le cadre de laquelle les résidents ont pris des photos de certains aspects de leur environnement qu'ils considéraient comme étant des risques pour leur santé et en ont discuté durant une entrevue. Cette méthode a permis d'évaluer la compréhension et la connaissance, par les collectivités autochtones du Nord, des risques environnementaux connus et théoriques ou potentiels pour la santé. Les deux méthodes de collecte de données ont montré l'importance des variables socio-culturelles et sa place dans la détermination des risques qui préoccupent les résidents des collectivités. Bon nombre des préoccupations sanitaires mentionnées par les participants étaient davantage liées à des aspects de leur environnement social et à des comportements personnels qu'à leur environnement physique.

Dans une activité de classement des risques réalisée dans la cadre de cette étude, les contaminants et le risque



Marc Tawil/ArcticNet

associé à la contamination environnementale se situaient très bas dans la liste de tous les risques reconnus par les participants. Les participants ont indiqué, en répondant à diverses questions, que les préoccupations ou les risques les plus importants pour la santé incluaient les activités liées à l'alcool, aux drogues et au tabagisme (Jardine et Furgal, 2006). Les participants se sont toutefois dits préoccupés par la contamination de leurs terres par des sources anthropiques, même s'ils s'inquiétaient davantage des risques liés au mode de vie. La compréhension de ces risques variait. En général, les participants comprenaient et reconnaissaient les changements visibles qui se produisaient dans leur environnement local, mais ils comprenaient moins bien les phénomènes plus invisibles, comme la présence de concentrations d'arsenic et de BPC dans la terre, l'eau et les animaux. Selon Jardine et Furgal (2006), les résidents des quatre collectivités participant à l'étude semblaient comprendre la nature et l'importance des risques associés au mode de vie ainsi que des risques environnementaux et physiques fondamentaux pouvant avoir des effets sur la santé. Les participants ont indiqué qu'ils avaient reçu, compris et accepté l'information concernant ces risques, mais ils n'ont pas modifié leurs comportements aussi souvent qu'on l'aurait attendu dans le but de réduire au

minimum les risques pour leur santé. Jardine et Furgal ont affirmé que ce résultat pouvait s'expliquer par la forte influence des normes sociales dans ces collectivités, qui considèrent encore certains de ces comportements risqués comme étant acceptables, ou par l'insuffisance perçue (ou, bien souvent, réelle) des options disponibles pour réduire au minimum l'exposition (p. ex. changer les types d'aliments traditionnels consommés pour réduire autant que possible l'exposition aux contaminants). Ce résultat pouvait également être lié au manque d'acceptation des stratégies actuelles de communication.

7.6 Études sur les choix alimentaires

Depuis des décennies, les chercheurs relèvent les changements dans la consommation des aliments traditionnels chez les populations inuites. Ils ont mis en évidence une tendance selon laquelle les Inuits et les autres habitants de l'Arctique remplacent ou complètent leur régime alimentaire traditionnel par certains aliments du marché importés faibles en nutriments (CACAR, 2003). Une meilleure connaissance des facteurs influençant les choix alimentaires aide les professionnels de la santé et les décideurs du Nord à mieux comprendre les tendances alimentaires et à renforcer leurs activités de protection et de promotion de la santé et du bien-être nutritionnels relativement à la présence de contaminants environnementaux dans la chaîne alimentaire traditionnelle.

On a relevé des facteurs économiques, sociaux et autres relatifs aux contaminants permettant d'expliquer les changements dans la consommation d'aliments traditionnels, mais peu d'études avant 2003 ont porté sur les connaissances nutritionnelles, les préférences alimentaires et les facteurs influençant les choix alimentaires personnels des résidents du Nord. Certaines études mentionnent des facteurs sociaux et culturels liés aux changements dans la consommation d'aliments traditionnels (en particulier la disponibilité des aliments, le moment de la récolte, le coût de l'équipement de chasse et de pêche, etc.). Cependant, à ce jour, relativement peu d'études ont été menées pour évaluer les conséquences réelles de ces facteurs sur les comportements individuels de consommation et sur l'influence relative de la modernité, de l'information concernant les contaminants ou des préférences alimentaires individuelles ou collectives sur ces changements alimentaires.

Dans le contexte de l'Arctique canadien, la consommation alimentaire est un comportement particulièrement complexe, en ce sens que les populations vivent dans un environnement unique où les contraintes socioculturelles (par exemple la valeur sociale des aliments traditionnels) et environnementales liées à l'accès aux aliments traditionnels doivent être prises en compte dans l'étude des

choix alimentaires. Il est nécessaire de procéder de façon plutôt large au recensement des déterminants personnels des choix alimentaires en examinant une grande quantité de facteurs potentiels. À cette fin, plusieurs théories peuvent s'appliquer au contexte du comportement des Autochtones du Nord en matière de choix alimentaires (voir l'encadré 1).

Peu d'études sur les choix alimentaires ont été réalisées à ce jour dans l'Arctique canadien. Par exemple, Kuhnlein et coll. (2003) ont examiné les facteurs qui influencent les choix alimentaires chez des femmes et des enfants de trois collectivités dénéés/métisses (Fort McPherson, Tulita et Fort Resolution) et de deux collectivités des Premières nations du Yukon (Old Crow et Carcross). Ils ont constaté que les principaux facteurs qui influencent les choix alimentaires d'une famille étaient le coût des aliments du marché et la disponibilité des aliments traditionnels. Furgal et coll. (2001; 2003) ont mené une étude sur les choix alimentaires au Nunavik et au Labrador. Ils ont constaté que la facilité ou la difficulté perçue à obtenir des aliments traditionnels, les croyances liées aux effets de la consommation d'aliments traditionnels et les valeurs personnelles étaient les déterminants les plus importants qui influençaient l'intention de consommer des aliments traditionnels. On a aussi noté des résultats semblables pour ce qui est des facteurs influençant la consommation des aliments du marché. Plus récemment, Donaldson et coll. (2006) ont constaté que les déterminants les plus importants de la consommation d'aliments traditionnels chez les Inuits vivant à Cape Dorset étaient l'accessibilité ainsi que les préférences et les valeurs personnelles. Les résultats concernant l'intention de consommer des aliments du marché montraient que les déterminants majeurs étaient l'accessibilité, la commodité et les valeurs personnelles.

Les facteurs environnementaux peuvent influencer les choix alimentaires dans l'Arctique (Newton et coll., 2005; Nuttall et coll., 2005; Van Oostdam et coll., 2005). Furgal et coll. (2003) ont découvert que les contaminants n'étaient pas un facteur important pour les peuples du Nunavik et du Labrador lorsqu'ils devaient faire des choix quant aux aliments traditionnels. Entre-temps, Donaldson et coll. (2006) ont constaté que les contaminants environnementaux n'avaient qu'une influence indirecte sur les choix alimentaires des résidents de Cape Dorset, au Nunavut. Ils ont appris, dans le cadre de leur étude, que de nombreux chasseurs qui étaient préoccupés par la sécurité de la chaîne alimentaire de l'Arctique se fiaient au savoir inuit pour déterminer si l'animal pouvait être consommé sans danger par les humains. Si un chasseur examinait un animal et considérait qu'il était contaminé, celui-ci n'était pas consommé.



Théories du comportement en matière de choix alimentaires (adapté de Bernier, 2003).

La théorie du comportement axé sur un objectif (TCAO) est l'un des principaux modèles utilisés pour comprendre les intentions et les comportements en matière de santé (p. ex. Armitage et Conner, 2001). La TCAO prend en compte la façon dont différentes forces agissent sur une personne pour déterminer la décision d'adopter un comportement donné. Cette théorie est un prolongement de la théorie de l'action raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1975; Ajzen et Fishbein, 1980). La TCAO affirme que le premier déterminant du comportement d'une personne est son intention. Selon le modèle, l'intention est fonction de l'attitude, des normes subjectives et du contrôle perçu du comportement. Les attitudes sont considérées comme des évaluations personnelles de l'action. Les normes subjectives sont considérées comme les pressions sociales exercées en faveur du comportement. Le contrôle comportemental perçu peut contribuer à prédire le comportement lorsque des personnes ont peu de contrôle sur l'adoption du comportement en question. Selon Armitage et Conner (2001) et d'autres auteurs (p. ex. Godin et Kok, 1996; Sheeran et Taylor, 1999), le contrôle comportemental perçu explique entre 5 et 13 % de la variance dans l'intention, une fois que les variables incluses dans le modèle de la théorie de l'action raisonnée sont prises en compte.

Même si cette théorie peut aider à comprendre les comportements alimentaires ou d'autres comportements liés à la santé, il a été établi que d'autres construits en dehors de la TCAO étaient responsables de la variance de l'intention comportementale (Godin et Kok, 1996; Armitage et Conner, 2000). Plus particulièrement, on a montré que les variables de la théorie de Triandis (Triandis, 1980), comme les croyances normatives personnelles (normes morales) et les croyances relatives aux rôles, augmentaient considérablement la variabilité de l'intention et, par conséquent, expliquaient ce phénomène mieux que tout autre modèle de comportement lié à la santé (Godin et Kok, 1996). Triandis (1980) a avancé que l'intention était influencée par la dimension cognitive de l'attitude, l'affect, les déterminants sociaux et, finalement, les croyances normatives personnelles.

Dans le modèle de Triandis, l'aspect cognitif de l'attitude est également considéré comme le résultat

d'une analyse personnelle et subjective des avantages et des inconvénients qui résulteraient de l'adoption d'un comportement en particulier. Le deuxième déterminant dans le modèle de Triandis (c.-à-d. l'affect) représente la réaction émotionnelle d'une personne à l'idée d'adopter un comportement donné (c.-à-d. les émotions que le comportement suscite chez la personne). Selon Triandis, les facteurs sociaux sont le troisième élément qui influence l'intention. Les croyances normatives et la croyance en l'existence de rôles sociaux précis étaient les deux déterminants ayant été utilisés dans le plus vaste éventail d'études. Les croyances normatives correspondent à la perception d'une personne en ce qui concerne l'importance d'un comportement donné dans un groupe de référence. La croyance en l'existence de rôles sociaux précis renvoie à la perception d'une personne concernant le comportement accepté des personnes qui assument certaines fonctions dans la société. La croyance normative personnelle ou la norme morale est le dernier facteur qui, croit-on, influence l'intention comportementale. La croyance normative personnelle d'une personne repose sur l'évaluation de l'importance de ce comportement pour soi-même – en d'autres mots, le sentiment d'obligation que ressent la personne lorsqu'elle doit prendre la décision d'adopter ou non le comportement en question (p. ex. consommer ou non des aliments traditionnels). Les normes morales diffèrent des normes sociales, en ce sens que le choix final de la personne (c.-à-d. l'intention de faire ou non quelque chose) ne dépend pas de l'opinion des autres personnes.

On trouve quelques exemples de l'application de ces théories dans la littérature sur les comportements relatifs à la pratique de l'activité physique (Godin et coll., 1989), au recours à la mammographie (Montano et Taplin, 1991; Baumann et coll., 1993), à la vaccination antigrippale (Montano, 1986), à l'usage du tabac en milieu de travail (Boissonneault et Godin, 1990), à l'utilisation de condoms (Boyd et Wandersman, 1991; Godin et coll., 1996) et au recours à l'hormonothérapie substitutive (Légaré et coll., 2000). À ce jour, un seul projet a appliqué ces construits théoriques à l'analyse des facteurs influençant les choix alimentaires chez les populations du Nord (Furgal et coll., 2001 et 2003).



Eric Loring

On peut savoir si un animal est contaminé. On note habituellement la présence de taches vertes sur le foie. De plus, on note parfois l'absence de touffes de poils. Lorsque je trouve un animal malade, je le laisse sur place ou je l'apporte à l'Association des chasseurs et des trappeurs. Nous ne mangeons pas ces animaux. Nous prenons de telles décisions au cas par cas. Chaque animal est inspecté. [traduction]

*Participant anonyme
(Donaldson et coll., 2006)*

L'influence directe et indirecte des contaminants sur les choix d'aliments traditionnels soulève des préoccupations en raison des avantages connus sur le plan nutritionnel (Kuhnlein et Dickson, 2001; Kuhnlein et coll., 2001; 2004), social, économique et culturel associés à la consommation de ces aliments (Wenzel, 1995; Collings et coll., 1998; Donaldson et coll., 2003; Donaldson et coll., 2005; Myers et coll., 2005; Van Oostdam et coll., 2005).

Les résultats des études sur les choix alimentaires menées dans l'Arctique mettent en évidence le fait que l'accès perçu ou réel est un déterminant majeur du choix d'aliments traditionnels ou d'aliments du marché. À ce jour,

les études portent à croire que le choix d'aliments traditionnels ou d'aliments du marché est étroitement associé à la disponibilité des aliments (c.-à-d. à ce que les participants peuvent obtenir) au sein du réseau social des participants de même qu'au degré de partage des aliments traditionnels et des aliments du marché. Dans ce cas, les apports alimentaires des participants étaient habituellement révélateurs des types d'aliments choisis par d'autres personnes de leur réseau social.

Étant donné que de nombreuses personnes vivant dans l'Arctique disposent de moyens financiers très limités et que leurs choix alimentaires dépendent largement des types d'aliments auxquels elles ont accès, les stratégies de promotion de la santé visant à réduire l'exposition aux contaminants environnementaux présents dans certains aliments traditionnels et à changer les choix alimentaires des gens (c.-à-d. en modifiant les croyances, en diffusant des connaissances ou en changeant les habitudes) ont peu de chance de réussir. Cependant, les stratégies qui mettent l'accent sur la modification de la disponibilité des choix alimentaires risquent davantage de porter fruit. Comme Furgal et coll. (2003) l'affirment :

La transmission d'information sur la santé, employée seule, n'aurait que peu de chances de changer le comportement si cet aliment traditionnel ou sauvage était disponible gratuitement par le biais des réseaux de partage ou d'autres sources dans la collectivité (c.-à-d. que les personnes ne choisissent pas leurs aliments seulement en fonction de leur valeur nutritive). [TRADUCTION]

La probabilité de réduire efficacement l'exposition aux contaminants environnementaux provenant des aliments traditionnels augmenterait considérablement si des aliments de rechange acceptables sur le plan culturel étaient proposés en même temps que la prestation de conseils nutritionnels. Durant l'élaboration initiale d'une stratégie de gestion des risques au Nunavik, on a pris en considération cette notion d'accès en tant que facteur limitatif ainsi que la nécessité d'offrir des solutions de rechange viables et appropriées sur le plan culturel. La régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik a proposé de donner aux femmes enceintes un accès gratuit à l'omble de l'Arctique, tout en encourageant celles-ci à réduire leur exposition aux contaminants en diminuant leur consommation d'aliments traditionnels à forte teneur en contaminants (p. ex. les graisses de mammifères marins) et en augmentant leur consommation d'aliments traditionnels faibles en contaminants et riches en nutriments (p. ex. l'omble de l'Arctique et le caribou).

7.7 Études de cas sur la communication et la mise en balance des bienfaits et des risques

Au fur et à mesure que les connaissances relatives aux bienfaits et aux risques associés à la consommation d'aliments traditionnels augmentent, l'élaboration de messages clairs et facilement compréhensibles se complexifie. Prenons par exemple l'évolution des messages publics transmis durant les 12 dernières années. En 1995, le message public transmis par l'Inuit Tapirisat of Canada (maintenant l'ITK) était le suivant : « ...À notre connaissance, les risques pour la santé publique inhérents à la consommation régulière de lard de béluga et de phoque sont très faibles, et les avantages connexes l'emportent sur ces risques. » [TRADUCTION] (Usher, 1995) Huit ans plus tard, soit en 2003, le Comité de la nutrition et de la santé du Nunavik (CNSN) a diffusé le message suivant pour donner suite à la publication des résultats des études de cohortes de nourrissons inuits réalisées au Nunavik :

« (...) les résultats des études sont intéressants et très utiles pour comprendre l'effet que les contaminants peuvent avoir sur le développement des nourrissons au Nunavik, mais, fait plus important, nous devons placer ces résultats dans un contexte plus large de santé publique en rapport avec d'autres éléments qui, selon nos connaissances, influencent la santé des jeunes mères et de leur bébé. »

Le service de santé publique suggère que les femmes en âge de procréer (13 à 45 ans) s'assurent avant tout de consommer divers aliments nutritifs en quantité suffisante. Lorsque cela est possible, nous proposons aux femmes de choisir des aliments traditionnels riches en acides gras et contenant des concentrations moins élevées de BPC (omble de l'Arctique, misirag fait à partir de lard de phoque plutôt que de béluga). »
[TRADUCTION]

Le Comité poursuit en disant :

« Le CNSN et le directeur du service de santé publique sont fortement convaincus que les aliments traditionnels sont en général les meilleurs aliments qui soient pour la population de Nunavimmiut. Ces aliments sont nutritifs, soutiennent les collectivités et réduisent le risque de plusieurs maladies comme les maladies cardiaques et le diabète. Alors oui, bien sûr, ces aliments peuvent encore être consommés sans danger. » [TRADUCTION]

(Comité de la nutrition et de la santé du Nunavik, 2003)

La complexité du message augmente donc au fur et à mesure que l'on obtient davantage d'information sur les particularités des risques et des bienfaits associés à la consommation d'aliments traditionnels ainsi que sur leurs interactions potentielles. Pourtant, il est essentiel de donner aux résidents du Nord de l'information et des conseils précis, accessibles et faciles à appliquer sur les comportements alimentaires, en intégrant ces nombreux éléments. On ne dispose actuellement d'aucun calcul ou méthode permettant d'avoir l'heure juste concernant les bienfaits et les risques dans le Nord canadien (CACAR, 1997; 2003). Cependant, les leçons apprises ailleurs peuvent être utiles en aidant les décideurs du Nord à surmonter ces difficultés.

Un grand nombre de publications officielles sur les méthodes d'analyse comparative des risques et des bienfaits ont vu le jour au cours des dernières décennies. L'élaboration des méthodes est continuellement actualisée et élargie, notamment dans les plus récentes parutions de la revue *Risk Analysis*. La plupart des méthodes élaborées à ce jour tenaient compte de la réforme réglementaire américaine fondée sur les risques, laquelle était axée sur le mandat de l'*Environmental Protection Agency* des États-Unis (US EPA). Bien qu'il existe différentes publications sur les questions et les techniques d'évaluation comparative des risques (ou de classement des risques), un nombre relativement limité d'articles ont porté sur un cadre commun permettant d'examiner les divers effets négatifs et positifs sur la santé d'un régime alimentaire complet. On a fait une tentative pertinente pour évaluer les risques et les bienfaits associés à la consommation de poisson (Anderson et coll., 2002). Ces éléments nouveaux fournissent une base suffisante pour faire appel à des outils pertinents du point de vue des politiques qui permettent de comparer les risques et les bienfaits et de guider les décisions.

Jusqu'à récemment, peu d'évaluations ont porté sur l'information disponible concernant la communication des risques, les méthodes utilisées ainsi que les réussites et les défis liés à la diffusion de l'information. Les enquêtes menées dans les régions du Nord ont révélé des divergences dans l'information sur les contaminants transmise aux résidents et dans leur compréhension du sujet, bien que peu d'études aient examiné les raisons de ces divergences. Dans le cadre d'un projet récent, Furgal (sous presse) a mené quatre études de cas régionales sur les événements antérieurs de communication des risques pour déterminer les meilleures pratiques et les leçons apprises dans le Nord. On travaille actuellement à élargir ces études de cas afin d'examiner les facteurs qui influencent à la fois les processus d'évaluation et de communication des risques associés aux contaminants et aux aliments traditionnels dans le Nord circumpolaire. Le



0158_© Isabelle Dubois-ArcticNet

volet canadien de cette étude visait à examiner un cas de communication des risques dans chaque région participante (Nunatsiavut [Nordlabrador], Nunavik, Nunavut et la région désignée des Inuvialuits) en rapport avec les contaminants dans les aliments traditionnels afin de déterminer les principaux facteurs qui influencent le processus et l'impact des stratégies et des efforts de communication. Dans chaque cas, l'étude a permis d'examiner le matériel provenant d'entrevues avec des informateurs clés et, dans certains cas, de réaliser une petite enquête auprès de la population.

Parmi les cas canadiens examinés dans le cadre du projet, on notait la diffusion, en 2003, d'un avis de santé publique recommandant de réduire la consommation de certains aliments traditionnels à proximité d'une station radar abandonnée au Nunatsiavut; la publication, en 2003, par la régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, des résultats de l'étude sur le développement des enfants; la visite de la collectivité d'Iqaluit dans la région de Baffin et les messages de santé publique diffusés à cette collectivité plus tard au cours de 2003; les résultats de l'étude initiale de surveillance des concentrations de contaminants dans le sang maternel réalisée en 1998 dans les T.N.-O., lesquels ont été communiqués aux professionnels de la santé publique (Furgal et coll., 2006).

Les conclusions préliminaires des études de cas montrent que les processus de communication des risques les plus fructueux sont ceux qui font appel à divers experts

régionaux et au public durant le processus officiel de communication. Les membres du public participent aux processus d'évaluation et de communication des risques dès le début de la phase de détermination des risques. Celle-ci comprend la prise en compte explicite des perceptions locales ainsi que des bienfaits et des risques qualitatifs dans la détermination des messages et des stratégies de réduction maximale des risques, de même que la planification structurée et proactive du processus de communication. Les quatre études de cas ont également permis de cerner plusieurs difficultés courantes en matière de communication des risques liés aux contaminants, aux aliments traditionnels et à la santé. Au nombre de ces difficultés figurent : le fait que les messages sont rarement mis à l'essai à l'avance malgré les données montrant qu'un test préalable réduit considérablement les réactions excessives ou négatives à l'égard des messages diffusés; le fait que les messages sont rarement adaptés précisément au public cible, comme l'indique le nombre limité de messages destinés et transmis directement aux femmes en âge de procréer (un segment de la population ayant particulièrement besoin de cette information); le fait que la réussite des communications (atteinte des objectifs fixés en matière de diffusion, de réception et de réaction) est rarement soumise à une évaluation en bonne et due forme. Une évaluation structurée peut permettre de corriger les interprétations erronées des messages initiaux et accroître le degré de réception, de compréhension et de conformité à l'égard des conseils. Bien que ces conclusions soient préliminaires

res, elles confirment l'utilité de réaliser des évaluations structurées des cas précédents et actuels pour élaborer un corpus de connaissances en matière de communication des risques pour la santé dans le Nord circumpolaire, de meilleures pratiques et de défis communs. Ces conclusions mettent en évidence l'approche régionale unique requise ainsi que les forces et les faiblesses courantes des efforts de communication déployés dans le Nord en ce qui concerne ces questions.

D'autres processus de consultation auxquels ont participé des professionnels des milieux de l'environnement et de la santé, qui se sont déroulés dans le Nord canadien, ont permis de cerner de nombreux défis communs à relever et des besoins constants à combler afin d'appuyer au mieux les régions dans l'élaboration et la diffusion de cette information. Un atelier réunissant des professionnels de la santé dans le Nord, des représentants du ministère de la Santé et des Affaires sociales et d'autres chercheurs a permis de cerner les principaux enjeux liés aux processus d'évaluation, de gestion et de communication des risques et des bienfaits associés aux contaminants environnementaux, aux aliments traditionnels et à la santé dans l'Arctique canadien (Roach, 2007). Cet atelier, tenu en 2006, a fait ressortir les grands enjeux suivants :

- la nécessité de clarifier davantage les rôles et les responsabilités dans le processus d'évaluation, de gestion et de communication;
- la responsabilité et les obligations légales liées à la communication des résultats d'études (et à la façon de les transmettre) qui pourraient ne pas fournir de données probantes pour l'élaboration de conseils de santé clairs sur le sujet;
- la nécessité d'une plus grande clarté et d'une meilleure compréhension des lignes directrices et des termes utilisés dans les évaluations techniques des risques (p. ex. dose journalière admissible, dose journalière acceptable, apport hebdomadaire minimal recommandé, seuil préoccupant, seuil d'intervention);
- l'existence ou l'absence de données adéquates (sur le plan spatial et temporel) permettant d'évaluer les risques et les bienfaits dans la région et de donner des conseils de santé clairs;
- la nécessité de continuer à surveiller les comportements de consommation chez les populations du Nord et à en assurer le suivi, au fur et à mesure que les processus sociaux, économiques et culturels changent et influencent l'exposition aux risques et aux bienfaits associés aux aliments;

- la nécessité de mieux comprendre les aspects complexes du processus d'évaluation (p. ex. les interactions contaminants-contaminants et contaminants-nutriments et les variables confusionnelles) et la façon de les prendre en compte dans le processus de mise en balance;
- la nécessité et l'utilité des petits exercices d'évaluation pour examiner l'applicabilité des données existantes et la compréhension de ces questions;
- la nature des avis précédents et leur effet durable sur les conseils actuels et futurs concernant la salubrité des aliments et les habitudes de consommation;
- la nécessité de mettre davantage l'accent sur la formation et le développement des capacités des résidents du Nord (incluant la remise d'outils et de matériel d'aide aux décisions et aux communications) dans ce domaine.

Conjugués aux résultats des études de cas et des enquêtes, les points de vue des professionnels de la santé du Nord et des chercheurs peuvent aider les services de santé, les organisations de chasseurs et de trappeurs et d'autres personnes du Nord à diriger ces processus d'évaluation ou à y prendre part, à mener des stratégies de communication efficaces et à favoriser la prise de décisions éclairées au sein de leur population.

7.8 Nouveaux outils de caractérisation des risques et des bienfaits et de communication

On doit tenir compte d'une multitude de facteurs lorsqu'il s'agit de gérer et de communiquer les risques et les bienfaits associés à la consommation d'aliments traditionnels. Les gestionnaires en matière de santé et d'environnement ainsi que les professionnels de la santé assument la tâche exigeante de prendre des décisions à ce sujet et de les communiquer. Il est essentiel que l'information la plus récente et pertinente concernant les aliments traditionnels soit facilement accessible de sorte que les décideurs en matière de santé ainsi que les résidents des collectivités dans le Nord soient capables de prendre des décisions éclairées au sujet de la consommation de ces aliments. Un outil d'aide à la décision, qui pourrait faciliter le processus de prise de décisions et l'élaboration de politiques, serait très utile pour les professionnels de la santé et les résidents du Nord. Un outil informatisé d'aide à la décision, récemment élaboré en coopération avec le CNSN et financé par le PLCN et Santé Canada, a été décrit dans le *Synopsis of Research conducted under the Northern Contaminant Program* en 2005 et 2006 et est présenté en détail dans le rapport de Hartnett et coll. (2008). Des professionnels de la santé

et des experts techniques de Santé Canada, du CNSN et d'autres organismes ont examiné le modèle.

7.8.1 Description du modèle

L'outil d'aide à la décision vise à aider les professionnels de la santé et d'autres personnes du Nord qui participent aux processus d'examen et de prise de décisions concernant la question de la consommation des aliments traditionnels. Ce modèle informatisé de simulation applique une approche fondée sur le régime alimentaire complet et la mesure courante des années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI) afin d'évaluer les risques et les bienfaits pour la santé associés aux choix alimentaires. Ce modèle permet de réaliser une évaluation comparative des risques et des bienfaits associés à la consommation des aliments traditionnels et des aliments du marché en combinant les données et l'information sur la consommation alimentaire, les apports en nutriments et en minéraux et l'exposition aux contaminants. On a déjà utilisé les AVCI comme mesure permettant de mettre en balance les risques et les effets concurrents pour la santé (voir par exemple Havelaar et coll., 2000; Crettaz et coll., 2002a; Crettaz et coll., 2002b). Cependant, l'utilisation des AVCI dans le but précis d'examiner les bienfaits des changements alimentaires est relativement récente, mais grandissante (voir par exemple Stein et coll., 2007).

7.8.2 Estimation des risques

Le processus d'estimation des risques vise à estimer la charge de morbidité en tenant compte de l'exposition aux contaminants ainsi que de l'apport suffisant ou excessif en nutriments résultant du régime alimentaire total. Pour chaque contaminant, vitamine et minéral pris explicitement en considération dans le modèle, l'apport quotidien probable est estimé d'après la combinaison de la quantité prévue de chaque contaminant, vitamine et minéral dans chaque aliment et l'apport alimentaire quotidien total de chaque aliment. On utilise ensuite ces apports (ou niveaux d'exposition) pour estimer le risque d'effets défavorables sur la santé et, subséquemment, la charge de morbidité. Veuillez noter que les effets des suppléments alimentaires (p. ex. suppléments de vitamines ou de minéraux) ne sont pas inclus dans l'évaluation. Pour estimer la charge de morbidité, il faut déterminer des troubles précis et indiquer les AVCI connexes par cas. Pour chaque contaminant, vitamine et minéral pris explicitement en considération, on choisit un trouble indicateur associé à des AVCI. Par exemple, un apport insuffisant en calcium est associé à un risque accru d'ostéoporose. Pour cette maladie, on estime l'AVCI connexe à environ 0,2 année par cas. Par conséquent, pour chaque cas d'apport insuffisant en calcium prédit par le modèle, on fixe l'AVCI à 0,2 année. Pour chaque

Années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI)

L'AVCI est une mesure qui a été élaborée afin d'évaluer la charge mondiale de morbidité en comparant la vaste gamme de maladies et de troubles qui altèrent l'état de santé (Murray et Lopez, 1996; Ezzatti et coll., 2002). La mesure AVCI permet notamment de quantifier de façon uniforme les conséquences de différents paramètres liés à la santé sur une seule échelle selon leur gravité respective. À cette fin, on doit tenir compte des années de vie « en bonne santé » perdues du fait de vivre dans un état autre que « en pleine santé » par suite d'un trouble particulier, généralement appelé *incapacité*. Pour ce faire, on définit et utilise des coefficients de pondération de l'incapacité afin de pondérer les années de vie vécues avec une incapacité résultant d'une cause précise, l'incapacité étant définie comme une réduction de la capacité d'accomplir les activités de la vie quotidienne. Ces coefficients de pondération sont choisis selon une échelle de 0 à 1 dans laquelle 0 représente une santé parfaite et

1 représente un état de santé équivalant au décès; l'effet de la morbidité et de la mortalité prématurée peut donc être mesuré au moyen d'unités communes. La charge de morbidité totale correspond à la somme des « années de vie perdues » (AVP) en raison de la mortalité attribuable à une cause précise et des « années vécues avec une incapacité » (AVI) pondérées. La charge de morbidité se mesure donc ainsi : $AVCI = AVP + AVI$. Une AVCI représente l'équivalent d'une année perdue de vie en parfaite santé. Pour estimer les AVCI, on applique un taux de réduction en fonction du temps de 3 % pour chaque année de vie perdue et année de vie vécue avec une incapacité. Le taux de réduction en fonction du temps réduit la pondération des années vécues à un âge plus avancé (et plus jeune). Cette méthode est conforme à celle que l'OMS utilise pour estimer la charge mondiale de morbidité (pour un exposé complet sur les AVCI, consulter le rapport de Murray et Lopez, 1996).



trouble indicateur, on estime le risque d'effets défavorables sur la santé et on le convertit en nombre de cas prévus dans la population inuite. On convertit ensuite ce nombre en AVCI dans la population et on additionne les valeurs de tous les troubles indicateurs afin de fournir une estimation de la charge de morbidité attribuable aux contaminants, aux vitamines et aux minéraux dans les aliments ainsi que des troubles indicateurs connexes qui ont été choisis. Les contaminants, les vitamines et les minéraux inclus dans l'outil ainsi que les troubles indicateurs connexes qui ont été choisis sont présentés dans le tableau 7.8.1. Bon nombre de contaminants, vitamines et minéraux sont associés à de multiples paramètres de santé possibles. Même si l'idéal est de préciser tous les paramètres de santé possibles et leur probabilité relative de survenue, nous voulons ici montrer la capacité de l'outil à fournir de l'information pour appuyer les politiques fondées sur les risques. Par conséquent, il n'est pas nécessaire à cette fin de procéder à l'évaluation exhaustive de tous les paramètres de santé possibles. Cependant, les utilisateurs de l'outil peuvent élargir la liste des paramètres pour répondre à leurs propres besoins.

La définition du régime alimentaire de la population inuite constitue la base du modèle. Les comparaisons des changements alimentaires se font par rapport à l'alimentation actuelle (ou de référence). Le modèle est conçu de façon à permettre à un décideur d'y entrer facilement l'information la plus pertinente et à jour possible. Pour montrer le fonctionnement de l'outil, le régime alimentaire de référence indiqué ici est fondé sur les données disponibles sur les choix alimentaires actuels de la population inuite obtenues durant l'enquête postale sur l'alimentation (Lawn et Harvey, 2004). Le régime alimentaire comprend 92 aliments ou catégories d'aliments traditionnels et d'aliments du marché, par exemple la viande de béluga, la viande de phoque, le lait, le fromage, le bœuf, les frites, la pizza et les boissons gazeuses. Pour chaque aliment, on incluait l'apport quotidien moyen dans le modèle. Cette information constitue la base de l'estimation, ou du régime alimentaire de référence, qui est le fondement des analyses comparatives. Il est possible d'apporter des modifications pour tenir compte des changements éventuels liés aux apports alimentaires, par exemple à la suite de la diffusion d'un avis particulier ou d'un changement social dans les habitudes alimentaires, changements qui sont définis en rapport avec le régime alimentaire de référence en fonction de la variation des AVCI.

Le modèle doit également inclure les concentrations de contaminants, de vitamines et de minéraux dans les aliments qui forment le régime alimentaire. Les concentrations de contaminants dans les animaux constituant



AINC

des aliments traditionnels qui sont consommés par les Inuits proviennent du RECAC (CACAR, 2003). Le tableau 7.8.2 présente les combinaisons de catégories contaminants-aliments provenant du régime alimentaire. Les concentrations en vitamines et en minéraux des 92 aliments indiqués proviennent du Fichier canadien sur les éléments nutritifs (Santé Canada, 2007).

Voici un résumé de la méthode mathématique utilisée pour estimer le risque en fonction de l'information sur les aliments. Les calculs mathématiques complets apparaissent ailleurs (p. ex. Hartnett et coll., 2008).

TABLE 7.8.1 Indicator conditions selected to estimate the burden of disease from each health end point.

Contaminants	Trouble indicateur autre que le cancer	Cancer indicateur
BPC	Diminution du poids à la naissance et difficultés d'apprentissage	Carcinome hépatocellulaire
DDT	Lésions hépatiques	Tumeurs hépatiques
Toxaphène	Altération de la fonction rénale	Carcinome hépatocellulaire
Chlordane	Nécrose hépatique	Carcinome hépatocellulaire
HCH	Altération de la fonction rénale	Carcinome hépatocellulaire
Mercure	Altération de la fonction rénale	Non considéré comme cancérigène
Méthylmercure	Altération du développement neuropsychologique	Non considéré comme cancérigène
Cadmium	Protéinurie importante	Non considéré comme cancérigène
Plomb	Saturnisme	Carcinome hépatocellulaire
Arsenic	Hyperpigmentation et kératose	Carcinome hépatocellulaire
Dieldrine	Lésions hépatiques	Carcinome hépatocellulaire
Mirex	Hépatocytomégalie	Non considéré comme cancérigène
Vitamine/Nutriment	Trouble indicateur d'un apport insuffisant	Trouble indicateur d'une toxicité
Calcium	Ostéoporose	Altération de la fonction rénale
Fer	Carence en fer/anémie	ND
Zinc	Diarrhée (cas)	ND
Sodium	Fatigue, faiblesse musculaire	Cardiopathie hypertensive
Potassium	Carence en potassium (hypokaliémie)	ND
Vit. A	Xérophtalmie	Risque accru d'anomalies congénitales
Vit. C	Saignement des gencives et fatigue	Diarrhée (cas)
Vit. B6	Dermatite	ND
Acide folique	Accouchement prématuré et faible poids à la naissance	ND
Thiamine	Carence en thiamine	ND
Vit. B2	Carence en vitamine B2	ND
Niacine	Pellagre	ND

ND – Bien que les AMT aient été définis pour de nombreux nutriments et minéraux, on n'a jamais constaté d'effets indésirables pour la santé résultant d'un apport alimentaire excessif; à ce jour, de tels effets n'ont été associés qu'aux suppléments alimentaires (IOM, 1998; IOM, 2000a; IOM, 2000b).

TABLEAU 7.8.2 Combinaisons contaminants-aliments incluses dans le modèle. L'information et les données sur les contaminants utilisées dans le modèle proviennent principalement du RECAC (CACAR, 2003).

Contaminant	Aliment								
	Béluga (viande et muktuk)	Viande, lard et foie de phoque	Viande et foie de caribou	Ombre	Autres poissons	Viande d'oiseaux de mer	Œufs d'oiseaux de mer	Viande de morse	Viande d'ours polaire
BPC	✓	✓		✓	✓	✓			✓
DDT	✓	✓		✓	✓	✓			✓
Toxaphène	✓	✓		✓	✓	✓			
Chlordane	✓	✓		✓	✓	✓			✓
HCH		✓		✓	✓	✓			✓
Mercure		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Méthylmercure		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Cadmium		✓	✓			✓		✓	
Plomb		✓	✓	✓		✓		✓	
Arsenic		✓		✓	✓	✓		✓	
Dieldrine		✓		✓	✓	✓			
Mirex		✓		✓	✓	✓			

■ 7.8.2.1 Estimation des risques associés aux contaminants

Pour examiner les risques associés à l'exposition aux contaminants chimiques, les paramètres de santé sont classés en deux catégories distinctes, les effets cancérogènes et les effets non cancérogènes. Pour estimer le risque d'effets cancérogènes, on utilise les techniques classiques d'évaluation du risque de cancer, plus précisément le calcul de l'excès de risque de cancer à vie (voir par exemple EPA des États-Unis, 1996). Les coefficients de cancérogénicité (CC) ont été tirés de sources publiques (EPA des États-Unis, 2007).

Depuis toujours, l'évaluation du risque d'effets non cancérogènes consistait à comparer l'apport à la dose qui est considérée comme étant une valeur seuil absolue en dessous de laquelle on estime que le risque est négligeable (zéro) et au-dessus de laquelle il existe un certain degré de risque (non défini) d'effets indésirables pour la santé. Ce seuil correspond à la dose journalière admissible (DJA) qui est définie comme étant la quantité totale qu'une personne pourrait ingérer quotidiennement durant sa vie entière sans subir d'effets néfastes. Exprimée en fonction du poids corporel (p. ex. $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{jour}$), la DJA se rapporte précisément aux effets non cancérogènes. Bien que cette méthode fournisse une indication du risque éventuel de certains effets indésirables posés par les contaminants, elle n'indique pas précisément le degré de risque de survenue d'effets indésirables à différents apports. Pour être en mesure de comparer les risques et les bienfaits concurrents associés aux changements apportés à l'alimentation des Inuits, il faut prendre en considération la probabilité de survenue d'effets non cancérogènes de manière à pouvoir estimer les AVCI connexes. Par conséquent, on a adopté un modèle linéaire dose-réponse pour évaluer le risque d'effets indésirables associé à l'apport quotidien. La méthode utilise le risque lié à la dose sans effet nocif observé et la DJA pour chaque contaminant afin de définir le modèle linéaire de la relation dose-réponse.

■ 7.8.2.2 Estimation des risques associés aux nutriments

Pour examiner les effets sur la santé d'un apport nutritif suffisant ou excessif, les mesures de choix sont le besoin moyen estimatif (BME) et l'apport maximal tolérable (AMT). Le BME est défini comme étant la « valeur moyenne estimée de l'apport quotidien en nutriments permettant de combler les besoins de la moitié des sujets en bonne santé appartenant à un groupe donné établi en fonction de l'étape de la vie et du sexe ». L'AMT est défini comme étant la « valeur moyenne de l'apport quotidien le plus élevé en nutriments qui n'entraîne vraisemblablement pas de risques d'effets indésirables

pour la santé chez la plupart des membres de la population générale. Plus l'apport est supérieur à l'AMT, plus le risque d'effets indésirables est élevé » (Institute of Medicine, 2005). Le BME et l'AMT peuvent servir à évaluer la qualité nutritive du régime alimentaire d'un groupe de personnes participant à une enquête alimentaire (Institute Of Medicine, 2000b). Par conséquent, à l'aide de l'apport alimentaire prévu inclus dans le modèle de même que du BME et de l'AMT, on a évalué le risque d'avoir des apports alimentaires qui seraient considérés insuffisants ou excessifs (c.-à-d. toxiques) pour 12 nutriments et minéraux nécessaires aux femmes en âge de procréer; les données sont présentées dans le tableau 7.8.3. Veuillez noter que, dans certains cas, le BME n'a pas encore été déterminé. Dans ces cas, on a utilisé l'apport suffisant (AS) comme substitut. Bien que ce ne soit pas la raison d'être de l'AS, c'est la seule option dont on dispose lorsqu'aucun BME n'est actuellement défini. Le risque associé à l'ingestion de quantités insuffisantes ou toxiques de vitamines ou de minéraux est défini en fonction du risque de survenue des troubles indicateurs choisis associés à chaque vitamine ou minéral. Le risque est défini en comparant l'apport prévu aux besoins réels. Pour ce qui est des apports insuffisants, on utilise une méthode de probabilité comparant l'apport prévu aux apports nécessaires, en supposant un modèle normal avec un coefficient de variation de 10 % (Renwick et coll., 2004). Quant aux apports toxiques, on utilise un modèle linéaire de la même manière qu'on le fait pour l'analyse des effets non cancérogènes.

Le CC, la DJA, le BME et l'AS sont tirés de l'information et des lignes directrices actuelles. Cependant, ces éléments du modèle peuvent être facilement mis à jour dans l'outil si on préfère utiliser d'autres valeurs ou si on doit ultérieurement redéfinir les valeurs actuelles.

■ 7.8.2.3 Estimation de la charge de morbidité

Pour convertir l'apport (degré d'exposition) en une mesure des AVCI, on détermine des troubles indicateurs pour chaque contaminant, vitamine et minéral et des catégories d'effets sur la santé qui s'appliquent, soit : effets cancérogènes ou non cancérogènes, apport nutritionnel insuffisant ou toxicité nutritionnelle (tableau 7.8.1). On estime que l'incidence de chaque trouble indicateur correspond au produit du risque de survenue de chaque trouble indicateur et de la taille de la population; selon AINC (2002), la taille de la population des femmes inuites du Nunavik est de 4 778. On calcule ensuite les AVCI en combinant le poids de la gravité et la durée. On convertit ensuite ce nombre en AVCI totales dans la population en additionnant les valeurs de tous les troubles indicateurs afin d'obtenir une estimation de la charge de morbidité attribuable aux contaminants, aux vitamines et aux minéraux dans les

TABLEAU 7.8.3 The data used in the estimation of the risk of adverse health outcomes and the associated DALYs for intake levels of the nutrients/minerals in the diet.

Vitamine/ nutriment	BME	AMT	Unités	Apport insuffisant				Toxicité					
				Poids de la gravité	Durée (années)	Durée réduite (années, morbidité)	AVCI (par cas)	Poids de la gravité	Durée (années)	Durée réduite (années, morbidité)	Taux de mortalité	Durée réduite (années, décès)	AVCI (par cas)
Calcium	200***	2 500	µg	0,01	40	23	0,21	0,29	1	0,99	0	0	0,29
Fer	8,1	45	µg	0,08	1	0,99	0,08	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0
Zinc	6,8	40	µg	0,09	0,01	0,008	7.1E-04	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0
Sodium	1 500**	2 300	µg	0,01	0,02	0,02	2.1E-04	0,35	2	1,9	0,71	23	17
Potassium	4 700**	ND	µg	0,01	0,02	0,02	2.1E-04	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0
Vit. A	500	3 000	µg	0,001	1	0,99	0,001	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0
Vit. C	60	2 000	µg	0,001	0,01	0,01	1.4E-05	0,09	0,01	0,01	0	0	0,001
Vit. B6	1,1	100	µg	0,01	0,3	0,29	0,003	0,33	2	1,9	0	0	0,64
Acide folique	320	1 000	µg	0,15	70	29	4,4	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0
Thiamine	0,9	ND	µg	0,08	1	0,99	0,08	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0
Vit. B2	0,9	ND	µg	0,08	1	0,99	0,08	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0
Niacine	11	35	µg/EN	0,08	1	0,99	0,08	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0

Références : IOM (1997, 1998, 2000a, 2000b, 2004); Les diététistes du Canada (2001); Charge mondiale de morbidité de l'OMS; Department of Human Services du gouvernement de l'État de Victoria (1999)

ND – Non défini

ND* Non disponible : Bien que les AMT aient été définis pour de nombreux nutriments et minéraux, on n'a jamais constaté d'effets indésirables pour la santé résultant d'un apport alimentaire excessif; à ce jour, de tels effets n'ont été associés qu'aux suppléments alimentaires (IOM 1997, 1998, 2000a, 2000b, 2004).

** Il s'agit d'un AS. Aucun BME n'est actuellement défini.

***Pour le calcium, cette valeur correspond à une réduction de l'AS de 1 000 mg (puisque aucun BME n'est défini). L'AS a été réduit en se fondant sur Sellers et coll. (2003), qui ont fait état d'une possible adaptation génétique à un faible apport alimentaire en calcium.

TABLEAU 7.8.4 Données utilisées pour l'estimation du risque d'effets indésirables pour la santé et des AVCI connexes pour ce qui est de l'exposition aux contaminants présents dans les aliments

Contaminants	DJA (mg/kg)	CSF (mg/kg)	Autres que le cancer				Cancer			
			Gravité	Durée (années)	Durée réduite (années, morbidité)	AVCI* (par cas)	AVI** (par cas)	Taux de mortalité	Durée réduite (années, décès)	AVCI (par cas)
BPC	0,001	1	0,15	70	29	4,4	1,0	0,75	23	18
DDT	0,02	0,34	0,29	1	0,99	0,29	1,0	0,75	23	18
Toxaphène	0,0002	1,1	0,29	1	0,99	0,29	1,0	0,75	23	18
Chlordane	0,00005	0,35	0,29	1	0,99	0,29	1,0	0,75	23	18
HCH	0,0003	6,3	0,29	1	0,99	0,29	1,0	0,75	23	18
Mercur	0,0007	'ND'	0,29	1	0,99	0,29	0	0	0	0
Méthylmercure	1.0E-04	'ND'	0,15	70	29	4,4	0	0	0	0
Cadmium	1.0E-03	'ND'	0,29	1	0,99	0,29	0	0	0	0
Plomb	3.6E-03	0,11	0,29	1	0,99	0,29	1,0	0,75	23	18
Arsenic	0,002	1,5	0,01	0,3	0,30	0,00	1,0	0,75	23	18
Dieldrine	5.0E-05	16	0,29	1	0,99	0,29	1,0	0,75	23	18
Mirex	2.0E-04	'ND'	0,29	1	0,99	0,29	0	0	0	0

* Résultats arrondis à deux décimales près; pour effectuer les calculs, on a déterminé que les AVCI = gravité x durée, laquelle a été réduite en utilisant la formule suivante : $1 - \exp(0,03 \times \text{durée}) / 0,03$.

** AVI – années vécues avec une incapacité; pour ce qui est du cancer, il s'agit de résultats estimatifs comme le fait le *Department of Human Services* du gouvernement de l'État de Victoria (1999), qui prend en considération le temps de traitement du cancer et le temps écoulé après le traitement pour les survivants.

Références : CACAR (2003); EPA (2007); Murray et Lopez (1996); *Department of Human Services* du gouvernement de l'État de Victoria (1999).



aliments ainsi que des troubles indicateurs connexes qui ont été choisis. Les composantes utilisées dans l'estimation du risque et de la charge de morbidité sont présentées dans le tableau 7.8.3 pour ce qui est des nutriments et des minéraux et dans le tableau 7.8.4 pour ce qui est des contaminants. Veuillez noter que les données actuellement utilisées dans le modèle pour le calcul des AVCI ne sont pas propres à la population inuite. Bon nombre des composantes peuvent vraisemblablement être appliquées à des populations générales. Par exemple, les poids de la gravité provenant de l'étude sur la charge mondiale de morbidité (réalisée par l'OMS en 1990) sont appliqués à l'échelle internationale et ont été conçus à cette fin. D'autres composantes comme les taux de mortalité attribuable à des troubles indicateurs particuliers pourraient, dans le futur, être précisées pour la population à l'étude, si de telles données étaient disponibles.

7.8.3 Analyse de scénarios

Pour montrer la façon dont l'outil permet d'explorer les choix alimentaires, on a défini deux séries de scénarios en fonction des changements alimentaires en se fondant sur les modifications de la composition du régime alimentaire; ces scénarios visent à éviter l'exposition aux contaminants présents dans les aliments traditionnels. La première série de scénarios est axée sur l'utilisation des composantes du régime alimentaire qui peuvent être classées comme étant des aliments traditionnels. Dans le présent rapport, on désigne ces scénarios par l'expression « scénarios de régime alimentaire traditionnel ». Dans ces scénarios, on suppose que la quantité d'aliments du marché consommée ne change pas. La seconde série de scénarios est axée sur l'utilisation des composantes d'un régime alimentaire équilibré, que l'on appelle ici « scénarios de régime alimentaire équilibré »; dans ces scénarios, la non-consommation d'un aliment entraîne une consommation accrue d'un autre aliment qui n'entre pas dans la catégorie des aliments traditionnels. Les scénarios, qui sont présentés dans le tableau 7.8.5, ne

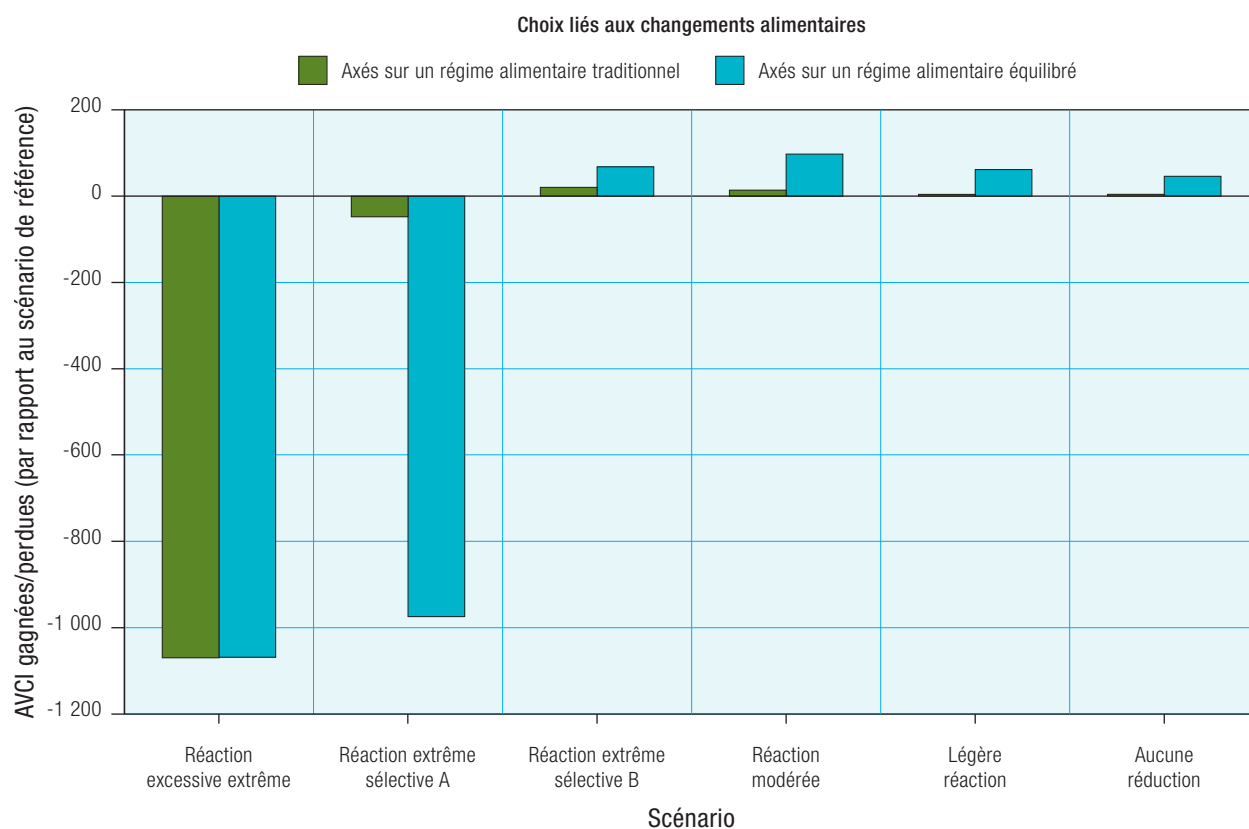


FIGURE 7.8.1

AVCI gagnées ou perdues comparativement aux AVCI relatives au régime alimentaire de référence pour chaque scénario de régime alimentaire examiné. Veuillez noter qu'une valeur positive indique des AVCI ayant été gagnées (et, par conséquent, une amélioration par rapport à l'état obtenu avec le régime alimentaire de référence) et qu'une valeur négative indique des AVCI perdues en raison d'une mauvaise santé.

constituent nullement un exemple des scénarios de remplacement les plus appropriés ou les plus réalistes susceptibles d'être choisis. Ils visent plutôt à montrer les types de données que l'outil peut fournir pour appuyer la prise de décisions fondées sur les risques en ce qui concerne les choix alimentaires et à déterminer si le fait d'éviter complètement de consommer les aliments contenant ces contaminants se traduit par l'absence d'effets indésirables sur la santé.

La figure 7.8.1 présente les résultats des scénarios en ce qui concerne les AVCI gagnées ou perdues selon chaque scénario de régime alimentaire. Dans cette figure, les AVCI gagnées sont présentées en nombres positifs, tandis que les AVCI perdues sont indiquées en nombres négatifs. Chaque AVCI gagnée correspond à un bienfait d'un changement alimentaire, ce qui indique une réduction de la charge de morbidité par rapport au régime alimentaire de référence. Inversement, les AVCI perdues sont le signe qu'un changement apporté au régime alimentaire a entraîné une augmentation de la charge de morbidité chez la population comparativement à la charge de morbidité en lien avec le régime alimentaire de référence. Les résultats montrent que les scénarios de « réaction excessive extrême » et de « réaction extrême sélective A » sont associés à une augmentation de la charge de morbidité chez la population, alors que les autres scénarios sont associés à une diminution de la charge de morbidité en lien avec le régime alimentaire (c.-à-d. AVCI gagnées comparativement aux AVCI relatives au régime alimentaire de référence).

Pour comprendre le rôle du régime alimentaire dans la charge de morbidité, la figure 7.8.2 présente les AVCI totales pour chaque scénario, réparties selon les catégories de paramètres de santé. Les résultats montrent que les principaux facteurs de risque sont les effets sur la santé dans les catégories d'effets cancérogènes et d'apport nutritionnel insuffisant; cette dernière catégorie constitue le principal risque dans les scénarios de réaction excessive extrême et de réaction extrême sélective A (dans les cas où les scénarios sont semblables à ceux présentés dans le tableau 7.8.5), car elle correspond à une perte additionnelle d'AVCI en plus des 1 000 AVCI en excès par rapport aux AVCI en lien avec le régime alimentaire de référence dans la population. Dans les autres scénarios, l'état nutritionnel est amélioré, ce qui entraîne un gain global d'AVCI comparativement aux AVCI en lien avec le régime alimentaire de référence. La figure 7.8.3 présente la répartition des risques estimatifs pour chaque scénario de régime alimentaire selon la contribution en pourcentage, de chaque contaminant à l'estimation globale des risques. Dans le cas des risques estimatifs de cancer, les principaux facteurs sont le plomb et l'arsenic.

Pour ce qui est des effets non cancérogènes, les principaux facteurs sont le méthylmercure et le cadmium.

La figure 7.8.4 présente la contribution en pourcentage de chaque nutriment aux AVCI totales estimatives attribuées aux nutriments pour chaque scénario de régime alimentaire. Les résultats présentés pour la série de scénarios de régime alimentaire équilibré montrent que le plus important facteur de risque est l'apport insuffisant en acide folique. Les données sont semblables pour les scénarios basés sur le régime alimentaire traditionnel, et s'expliquent par la combinaison d'un apport insuffisant en acide folique dans l'alimentation (comparativement aux apports nécessaires prédits par les BME) et la lourde charge de morbidité (soit les AVCI par cas) associée au trouble indicateur choisi pour ce qui est de l'apport insuffisant en acide folique qui, dans le cas présent, correspond aux anomalies congénitales. Bien que le résultat se rapporte aux enfants de la population étudiée, l'apport insuffisant en acide folique a été inclus dans le processus d'estimation de la charge de morbidité pour s'assurer de prendre en considération l'apport insuffisant en ce nutriment important; le trouble indicateur est essentiellement appliqué à la population adulte en tant que paramètre de substitution de la charge de morbidité attribuable à un apport insuffisant en acide folique qui pourrait, dans le futur, peser sur les femmes en âge de procréer. Comparativement aux autres effets nutritionnels, le nombre d'AVCI par cas d'apport insuffisant en acide folique est élevé. Par conséquent, un nombre élevé de cas d'apport insuffisant en acide folique constituera le principal facteur de risque. Compte tenu de la prépondérance de l'apport insuffisant en acide folique dans les estimations de la charge globale de morbidité pour les scénarios de réaction excessive extrême et de réaction extrême sélective A et afin d'examiner plus en profondeur les effets d'un apport insuffisant en acide folique sur les résultats du modèle, on a fixé la charge de morbidité liée à un apport insuffisant en acide folique à zéro (en supposant essentiellement que l'apport insuffisant en acide folique n'est nullement responsable de la charge globale de morbidité). Cela correspond à une situation où un supplément en acide folique a été recommandé afin de garantir un apport suffisant. Les résultats sont présentés dans la figure 7.8.5. La tendance globale des effets des choix alimentaires demeure la même parce que la contribution de l'acide folique à la charge de morbidité a été éliminée de tous les scénarios, y compris le scénario de référence. Cela montre que si les calculs ne tiennent pas compte de la charge de morbidité attribuable à un apport insuffisant en acide folique, le risque de réaction excessive extrême (pour les deux séries de scénarios) et de réaction extrême sélective A (pour les scénarios de régime alimentaire équilibré) résulte toujours



TABEAU 7.8.5 Changements dans la quantité de chaque catégorie d'aliments consommés selon les deux séries de scénarios intitulés « scénarios de régime alimentaire traditionnel » et « scénarios de régime alimentaire équilibré ». Les changements présentés dans ce tableau sont des multiplicateurs de la quantité de chaque aliment appliqués pour le scénario à la quantité consommée dans le régime alimentaire de référence. Par conséquent, un multiplicateur de 1 indique qu'aucun changement n'a été apporté par rapport au régime alimentaire de référence. Les changements sont présentés comme suit : [changement pour les scénarios de régime alimentaire traditionnel]/[changement pour les scénarios de régime alimentaire équilibré]. Par exemple, 0,75/0,5 est indiqué pour le muktuk sous le scénario de légère réaction. Ceci indique que, pour les scénarios de régime alimentaire traditionnel, la quantité de référence est multipliée par 0,75 et que, pour les scénarios de régime alimentaire équilibré, la quantité de référence consommée est multipliée par 0,5 (c.-à-d. que, dans ces derniers scénarios, la moitié de la quantité de muktuk est consommée). (Veuillez noter que les composantes du régime alimentaire non incluses dans le tableau sont les mêmes dans les scénarios que celles du régime alimentaire de référence. Le tableau inclut 43 différents aliments ou catégories d'aliments.

Aliments	Scénarios						
	De référence	Réaction excessive extrême	Réaction extrême sélective A	Réaction extrême sélective B	Réaction modérée	Légère réaction	Aucune réduction
Viande de caribou fraîche, surgelée ou vieillie	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Viande de caribou séchée	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Boeuf musqué	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Ours polaire	1/1	0/0	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1
Lapin	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Viande de phoque fraîche, surgelée ou vieillie	1/1	0/0	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1
Viande de phoque séchée	1/1	0/0	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1
Viande de morse fraîche ou vieillie	1/1	0/0	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1
Muktuk (tout)	1/1	0/0	0/0	0/0	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Lagopède	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Viande d'outarde séchée	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Viande d'outarde et de canard fraîche ou fumée	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Chair d'omble de l'Arctique fraîche, surgelée ou vieillie	1/1	0/0	1/0	1/1	1,3/1	1,1/1	1,1/1
Chair d'omble de l'Arctique séchée	1/1	0/0	1/0	1/1	1,3/1	1,1/1	1,1/1
Flétan pêché	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Chair de truite pêchée fraîche et fumée	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Corégone pêché	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Yeux de caribou, de phoque et de poissons	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Foie de béluga	1/1	0/0	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1
Foie de caribou	1/1	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1	1/1
Foie de phoque	1/1	0/0	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1
Foie de morse	1/1	0/0	0/0	1/0	1/1	1/1	1/1
Graisse et lard de béluga	1/1	0/0	0/0	0/0	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Graisse de caribou	1/1	0/0	1/0	0/1	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Misirag	1/1	0/0	0/0	0/0	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Graisse et lard de narval vieillies	1/1	0/0	0/0	0/0	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Graisse d'ours polaire	1/1	0/0	0/0	0/0	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Graisse et lard de phoque	1/1	0/0	0/0	0/0	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Graisse de morse	1/1	0/0	0/0	0/0	0,5/0	0,75/0,5	1/0,9
Poulet/dinde	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Boeuf haché ou galettes de boeuf surgelées	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Bloc d'épaule, croupe et côtes croisées de boeuf	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Bifteck d'aloyau	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Côtelette de porc	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Côtes levées	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Saucisses de Francfort	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Viande froide emballée	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Bâtonnets de poisson surgelés	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Poulet frit pané surgelé	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Poisson en conserve	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1
Viande froide en conserve	1/1	1/1	1/1,3	1/1,2	1/1,1	1/1,1	1/1,1

principalement d'un apport insuffisant en vitamines et en minéraux. Cependant, dans tous les scénarios, on a réduit le nombre estimatif de 20 000+ AVCI lorsque l'apport insuffisant en acide folique était pris en compte à moins de 5 000 AVCI lorsque l'apport insuffisant en acide folique n'était plus considéré comme étant responsable de la charge de morbidité. Cela montre que, dans les hypothèses actuelles du modèle, les risques posés par un apport insuffisant en acide folique expliquent en très grande partie les risques globaux estimatifs qui sont associés aux aliments. Lorsque l'acide folique n'est pas

pris en considération, les risques associés à une carence en vitamine B6 constituent le principal facteur de risque nutritionnel, mais la charge globale de morbidité estimative est considérablement réduite. Que l'apport insuffisant en acide folique soit inclus ou non dans les estimations de la charge de morbidité, les scénarios de réaction extrême sélective B, de réaction modérée, de légère réaction et d'aucune réduction sont associés à des AVCI gagnées par rapport aux AVCI dans le scénario de régime alimentaire de référence.



Simon Smith

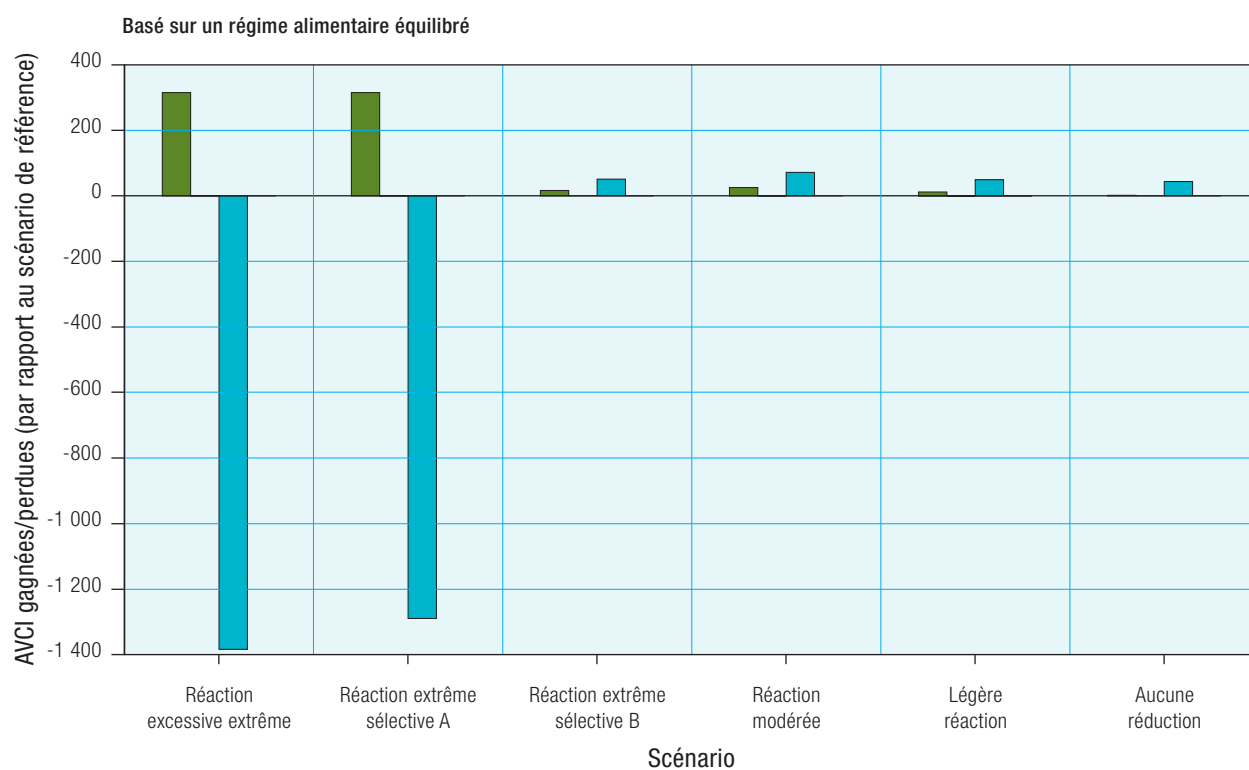
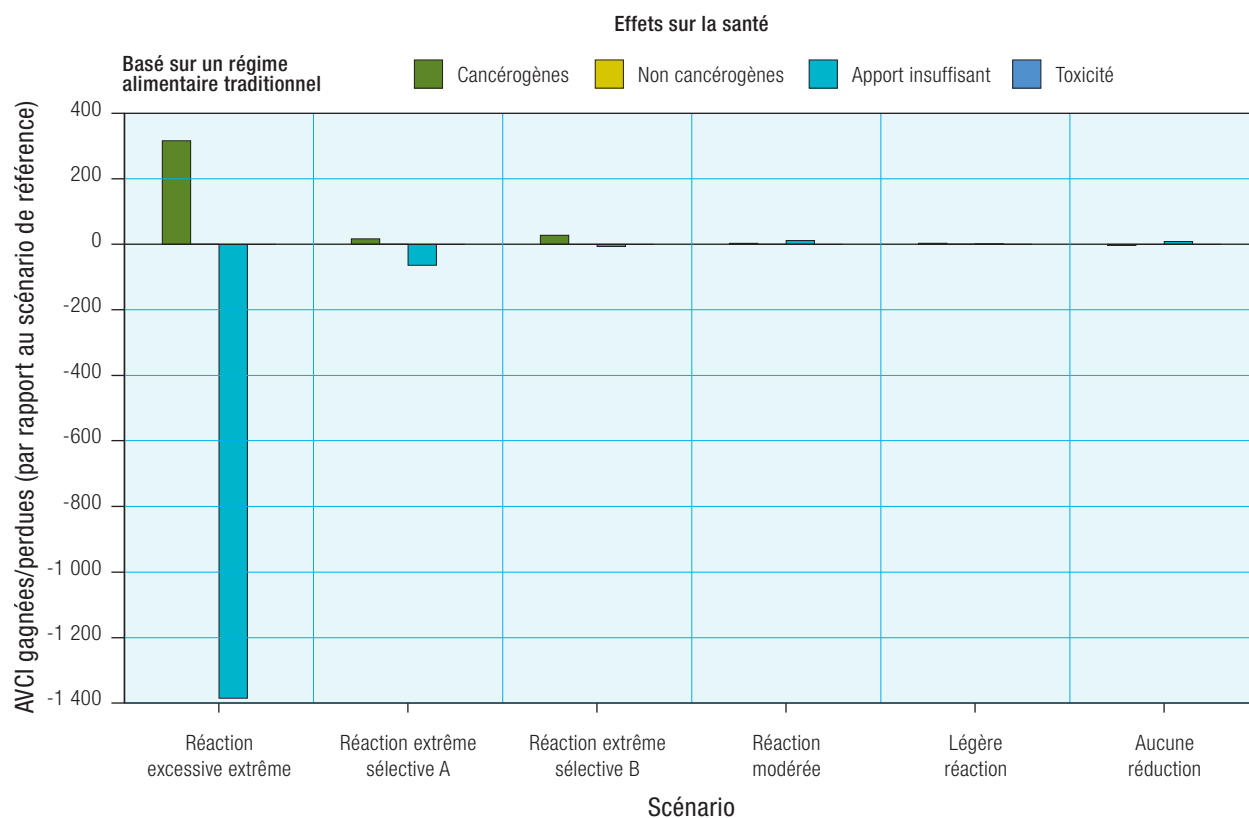


FIGURE 7.8.2

Répartition des AVCI gagnées ou perdues selon les facteurs responsables. Veuillez noter qu'une valeur positive indique des AVCI gagnées (et, par conséquent, une amélioration par rapport à l'état obtenu avec le régime alimentaire de référence) et qu'une valeur négative indique des AVCI perdues en raison d'une mauvaise santé. a) Basé sur un régime alimentaire traditionnel; b) Basé sur un régime alimentaire équilibré.

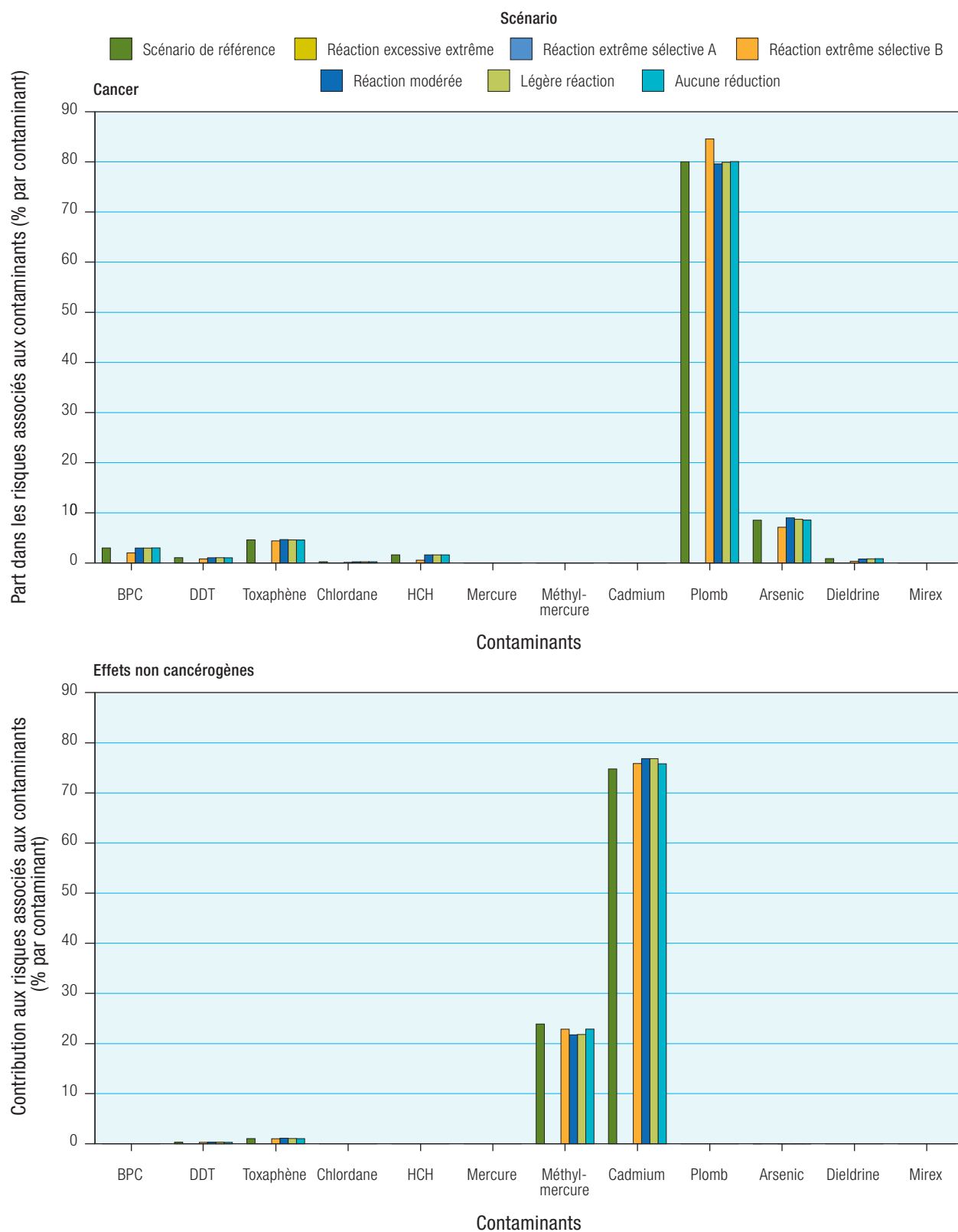


FIGURE 7.8.3

Contribution, en pourcentage, de chaque contaminant à la charge de morbidité estimative selon chaque scénario de régime alimentaire pour ce qui est des effets cancérogènes (en haut) et non cancérogènes (en bas) associés aux scénarios de régime alimentaire équilibré.

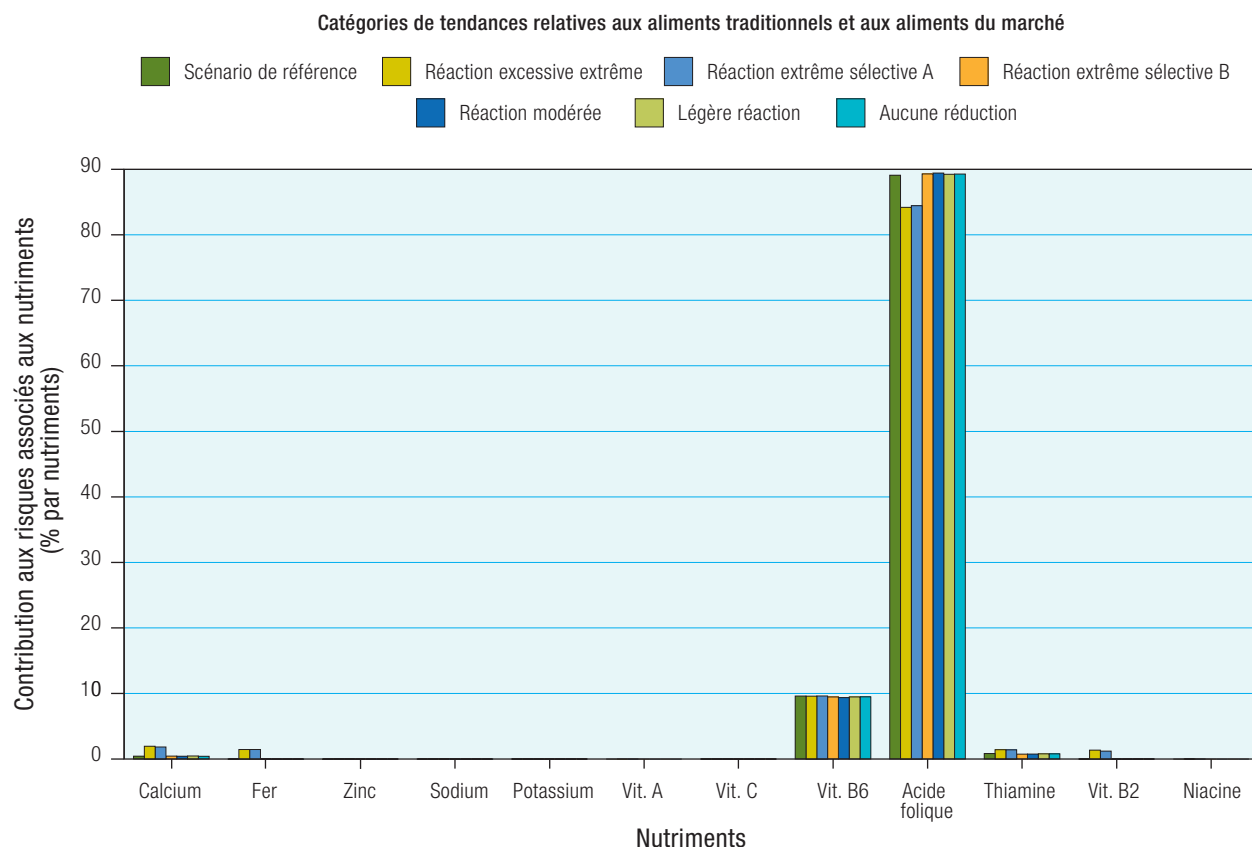


FIGURE 7.8.4

Contribution, en pourcentage, de chaque nutriment à la charge de morbidité estimative selon chaque scénario de régime alimentaire équilibré.

7.8.4 Utilité du modèle

Les résultats indiqués dans le présent rapport montrent à la fois les risques et les bienfaits associés aux choix alimentaires. Les scénarios de réaction excessive extrême et de réaction extrême sélective A sont associés à une augmentation de la charge de morbidité dans la population (laquelle est indiquée par une perte d'AVCI comparativement aux AVCI en lien avec le régime alimentaire de référence), tandis que les scénarios de réaction extrême sélective B, de réaction modérée, de légère réaction et d'aucune réduction ont tous été associés à une amélioration du niveau de santé de la population, selon une comparaison des AVCI avec le régime alimentaire de référence. Ces résultats montrent clairement que les choix consistant à éviter la consommation d'aliments contenant des contaminants peuvent avoir à la fois des conséquences bénéfiques et néfastes sur la santé de la population.

On a créé le cadre du modèle à l'aide des données propres au Nunavik, lesquelles se rapportaient à la consommation d'aliments traditionnels et d'aliments du marché, aux apports en nutriments et en minéraux et à l'exposition aux contaminants. Bien qu'elle fournisse de l'information détaillée sur les effets des composantes alimentaires qui étaient absentes auparavant, cette analyse ne donne toujours pas un tableau complet des conséquences des changements alimentaires sur la santé de la population inuite. Le lien entre les choix alimentaires et la santé et le bien-être d'une collectivité est complexe. Par exemple, l'analyse présentée dans ce rapport n'inclut pas deux éléments importants. Premièrement, il s'agit d'une analyse des conséquences des choix alimentaires sur les apports en macronutriments (calories, matières grasses, protéines, etc.). Il existe de nombreux liens entre la santé et un apport accru en graisses ou un apport calorique excessif. Par exemple, un apport accru en matières grasses est lié aux taux de cardiopathie, et

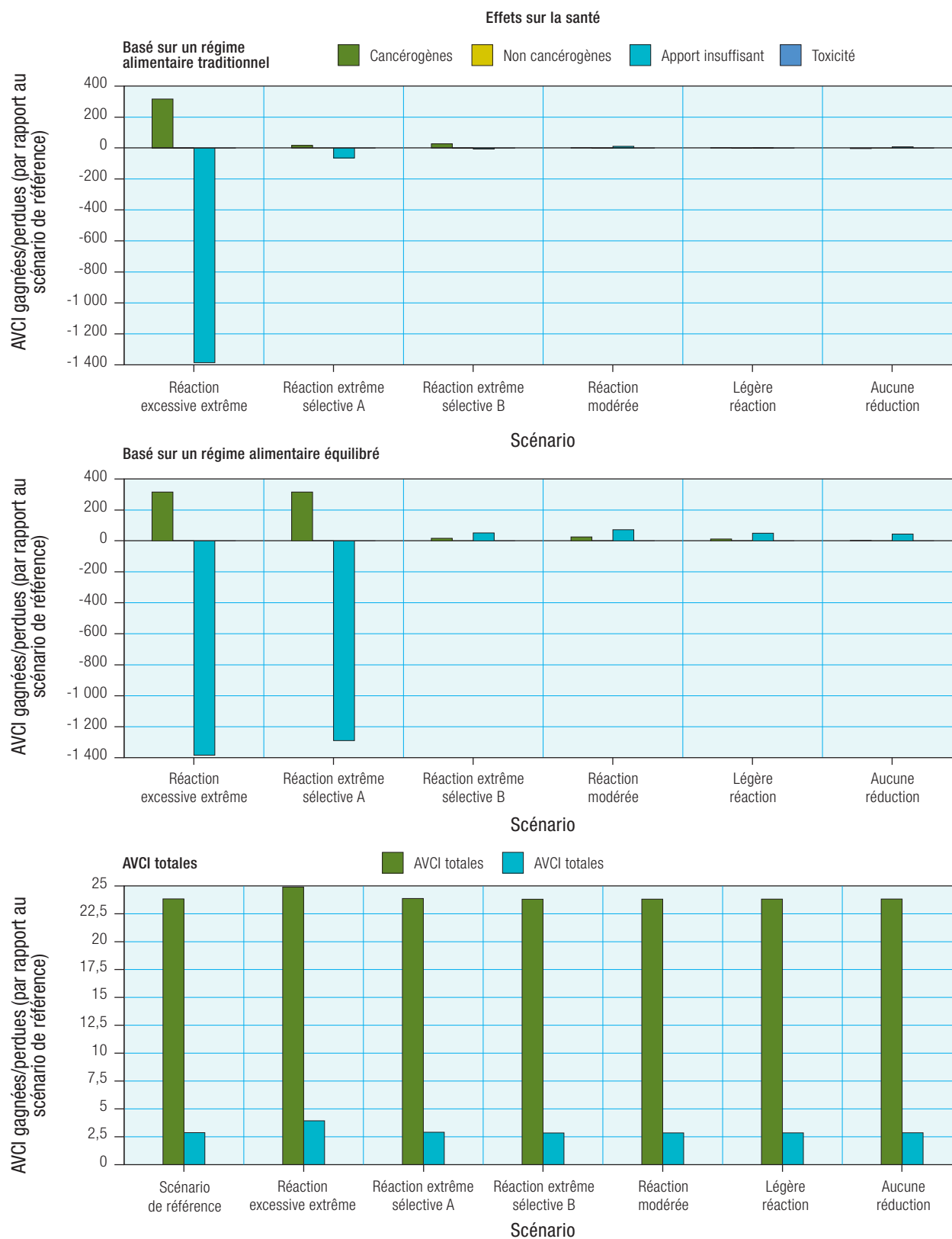


FIGURE 7.8.5

Conséquences de la suppression de la charge de morbidité liée à l'acide folique dans les estimations du modèle pour les scénarios axés sur un régime alimentaire traditionnel (en haut à gauche), les scénarios axés sur un régime alimentaire équilibré (en haut à droite) et les changements quant aux AVCI totales (en bas).

l'augmentation de l'IMC attribuable à un apport calorique excessif a plusieurs effets indésirables sur la santé, comme la cardiopathie, l'accident vasculaire cérébral, le diabète, etc. (voir p. ex. Law et Wald, 2002). Les choix alimentaires influencent le risque de survenue d'effets sur la santé comme le diabète, l'accident vasculaire cérébral et la cardiopathie ischémique, effets associés à une morbidité importante et, par conséquent, à une lourde charge de morbidité dans la population. Deuxièmement, l'outil ne tient actuellement pas compte des effets socioculturels des changements alimentaires. De tels changements peuvent influencer de nombreuses façons la santé socioculturelle de la population, par exemple en modifiant les liens culturels entre la collectivité et l'alimentation. Ces facteurs ne devaient pas être exclus lorsqu'il s'agit d'examiner les bienfaits et les risques des choix alimentaires. À ce jour, le modèle était centré sur l'évaluation quantitative des apports en nutriments et en contaminants. Les autres aspects de l'outil sont encore en cours d'élaboration. Le modèle final permettra aux utilisateurs d'observer les effets possibles d'un régime alimentaire recommandé en intégrant à la fois de l'information quantitative (p. ex. les niveaux d'exposition réels aux contaminants) et des paramètres qualitatifs (p. ex. les quantités consommées définies par les utilisateurs ou les changements quant au degré de certains effets sur la santé chez la population). La mesure des résultats liés au fardeau sanitaire peut être comparée pour l'ensemble des choix alimentaires possibles.

On a trouvé plusieurs applications à ce modèle. Ce dernier pourrait notamment servir à l'examen des politiques et des cas, à la planification et au classement par ordre de priorité des recherches ou être intégré aux processus de décision en matière d'élaboration et de communication des avis sanitaires concernant les contaminants et les aliments traditionnels. Une autre application possible consiste à utiliser les décisions antérieures relatives aux avis sanitaires comme fondement pour intégrer des populations d'animaux sauvages ou des unités économiques dans le modèle; les résultats pourront être transférables à d'autres populations, étant donné l'approche générale en ce qui a trait aux composantes analytiques. L'outil se révélera probablement un atout précieux pour la prise de décisions impliquant la mise en balance des risques et des bienfaits associés à la consommation d'aliments traditionnels pour les populations du Nord et d'autres populations autochtones.

7.9 Analyse et conclusions

On a acquis une quantité considérable de nouvelles connaissances relatives à l'exposition aux contaminants environnementaux (chapitre 4) et aux effets connexes potentiels pour la santé (chapitres 5 et 6) depuis la dernière évaluation. Les études épidémiologiques sont difficiles à réaliser dans l'Arctique canadien en raison de nombreux facteurs limitatifs, notamment : l'exposition à des mélanges complexes de contaminants, la faible population, les interactions contaminants-nutriments, les facteurs génétiques, les variables confusionnelles et les priorités dans le domaine de la santé (voir l'analyse du chapitre 6). Compte tenu de ces facteurs, on devrait utiliser le plus souvent possible les études épidémiologiques sur les BPC, le plomb et le méthylmercure, qui ont été menées dans d'autres parties du monde, aux fins d'évaluation des risques. Cependant, étant donné que différents facteurs peuvent limiter la validité externe de ces études, il est essentiel de poursuivre les études dans l'Arctique canadien.

Durant l'évaluation des effets des contaminants sur la santé et le bien-être des résidents du Nord, il est nécessaire de prendre en considération des déterminants plus larges de la santé. Les contaminants environnementaux ne sont que l'un des facteurs qui déterminent l'état de santé d'une personne. Comme il en a été fait mention dans le chapitre 3, de nombreux déterminants de la santé, tels le bien-être physique, le niveau d'instruction, le sexe, les réseaux de soutien social et l'accès aux services de santé, influencent la santé et le bien-être des résidents du Nord. Étant donné les nombreux facteurs qui influencent l'état de santé, il est difficile de déterminer les possibles effets indésirables pour la santé humaine résultant de l'exposition aux contaminants présents dans les aliments traditionnels.

La nutrition est un déterminant important de la santé. Dans l'Arctique canadien, les choix alimentaires ont considérablement changé au fil du temps (voir le chapitre 2). La quantité d'aliments du marché entrant dans la composition du régime alimentaire des résidents du Nord n'est plus la même. Néanmoins, les aliments traditionnels constituent toujours une part importante du régime alimentaire global. Dans presque toutes les études, la consommation d'aliments traditionnels a été associée à des apports plus élevés en nutriments, y compris les vitamines A, D, E, B6 et B12, les protéines, le fer et les acides gras oméga-3. Les études qui ont comparé la consommation actuelle d'aliments traditionnels à la consommation antérieure ont confirmé une diminution de la consommation de ces aliments, à l'exception d'une

étude réalisée auprès de femmes enceintes de la région d'Inuvialuit au Canada, qui a révélé une augmentation de la consommation de poissons, mais une baisse de la consommation de graisse de mammifères marins. Trois études ont indiqué que les générations plus jeunes consommaient beaucoup moins d'aliments traditionnels que les générations plus âgées (chapitre 2).

La modification actuelle des habitudes alimentaires dans l'Arctique canadien est à l'origine des changements observés en ce qui concerne l'apport en vitamines A, C, D et E ainsi qu'en fer, en calcium, en acide folique, en acides gras oméga-3 et en fibres. Le degré de changement des habitudes alimentaires dépend du rapport entre les aliments du marché et les aliments traditionnels ainsi que des aliments consommés. Les recherches semblent indiquer que si les collectivités inuites consomment moins d'aliments traditionnels et plus d'aliments du marché très énergétiques (à base de glucides), mais faibles en nutriments, elles présenteront un risque de carence en micronutriments (Kuhnlein et coll., 2004) et de diabète. Une consommation réduite d'aliments traditionnels augmente également le risque d'obésité, pro-

blème associé à un risque accru de maladies chroniques (Receveur et Kuhnlein, 2000).

Les programmes de biosurveillance ont fourni de l'information cruciale sur les concentrations et les tendances des contaminants chez les mères et leur nourrisson. Les données concernant les tendances des contaminants et les concentrations de contaminants excédant les valeurs maximales recommandées dans le sang des mères de la région d'Inuvik, du Nunavut et du Nunavik, qui ont été présentées au chapitre 4, semblent indiquer que les concentrations des principaux contaminants environnementaux diminuent dans la plupart des cas. On a constaté une diminution marquée des concentrations de mercure chez les mères de toutes les régions. Cependant, on constate encore que certaines mères affichent des concentrations excédant la valeur de « risque accru » établie à 20 µg/L par Santé Canada, et qu'un plus fort pourcentage de personnes présentent des concentrations dépassant la « dose de référence » de 5,8 µg/L établie par les É.-U. Ces résultats portent à croire qu'il faudrait poursuivre les stratégies d'intervention en matière de santé (p. ex. promouvoir la consommation d'espèces de



0199_© Catherine-Alexandra Gagnon/ArcticNet

poissons présentant des concentrations moins élevées de contaminants), particulièrement auprès des femmes enceintes ou en âge de procréer.

Aucun des échantillons prélevés chez des mères de la région d'Inuvik, du Nunavut ou du Nunavik ne présentait des concentrations de plomb excédant la valeur maximale recommandée de 100 µg/L dans le sang. L'interdiction d'utiliser la grenaille de plomb a réduit l'exposition humaine au plomb et aux possibles effets sur la santé (particulièrement chez les enfants). Même si les concentrations de cadmium sont relativement faibles chez la plupart des groupes, les efforts en matière de santé publique pour réduire le tabagisme pourraient permettre de diminuer davantage l'exposition au cadmium et, par le fait même, de prévenir les risques pour la santé tels que certains types de cancer et les maladies cardiovasculaires.

Étant donné que de nombreuses personnes vivant dans l'Arctique disposent de moyens financiers très limités et que leurs choix alimentaires dépendent largement des types d'aliments auxquels elles ont accès, les stratégies de promotion de la santé visant à réduire l'exposition aux contaminants environnementaux présents dans les aliments traditionnels par la modification des habitudes de ces personnes (c.-à-d. croyances, connaissances et habitudes) ont peu de chance de réussir. Comme il en a été fait mention dans la section 7.6 du présent chapitre, les stratégies qui mettent l'accent sur la modification de la disponibilité des choix alimentaires ont de meilleures chances de porter fruit.

À la lumière de l'information contenue dans le présent chapitre, on peut tirer les conclusions suivantes en ce qui concerne la gestion et la communication des risques :

- La réussite des processus de communication des risques dépend de la prise en compte, d'une quelconque manière, des bienfaits associés à la consommation des aliments traditionnels ainsi que des résultats des évaluations techniques des risques pour appuyer la diffusion d'information qui aidera les résidents de ces régions à prendre des décisions éclairées concernant les aliments et la santé.
- La prise en compte de divers points de vue, incluant ceux de la population exposée aux risques et aux bienfaits de la consommation d'aliments traditionnels, s'est révélée être l'un des aspects les plus importants de la réussite des stratégies de gestion des risques à ce sujet.
- Les études sur la perception des risques ont permis de mettre en évidence les opinions et le degré de compréhension des résidents de ces régions à l'égard de cette question; les enquêtes et autres évaluations

qualitatives ont révélé que, bien que la majorité de la population ait entendu parler des contaminants, il régnait une certaine confusion quant au sens donné au mot contaminants par les chercheurs (produits chimiques seulement), ce qui pouvait faire obstacle à la compréhension des messages.

- Dans l'Arctique canadien, il semble que les femmes en âge de procréer représentent la population la plus exposée aux effets néfastes des contaminants en raison de la sensibilité du fœtus en développement à ces produits ou aux carences nutritionnelles.
- Les recherches réalisées auprès des résidents du Nord canadien montrent que les contaminants n'influent pas directement sur leurs choix alimentaires.
- Tant les résidents du Nord que les professionnels de la santé publique ont besoin d'obtenir et réclament plus d'information et de soutien pour aborder la question des contaminants. Les professionnels de la santé dans le Nord demandent plus d'information pour être en mesure d'interpréter les répercussions de mesures telles que les lignes directrices en matière d'évaluation technique des risques, les stratégies viables de réduction maximale des risques, les processus de communication des risques et les nouveaux enjeux de la recherche sur l'hygiène du milieu et la toxicologie.
- On élabore de nouveaux outils informatisés pour appuyer la prise de décisions concernant ces questions. Ces outils se révèlent utiles pour aider à faire la synthèse et à obtenir une vision intégrée des bienfaits et des risques, mais il reste beaucoup à faire afin de démontrer leur utilité pour les professionnels de la santé dans le Nord et les autres travailleurs des milieux de la santé et de l'environnement.
- En raison des changements rapides (économiques, politiques et sociaux) qui se produisent dans de nombreuses collectivités du Nord et de leur influence sur l'exposition aux risques et aux bienfaits par le biais des aliments, la surveillance régulière des comportements alimentaires, des opinions en matière de salubrité des aliments ainsi que des déterminants et des préoccupations concernant les choix alimentaires devrait continuer à guider l'élaboration et la diffusion d'information qui aide les résidents du Nord à prendre des décisions éclairées.



Conclusions

Dans ce chapitre, nous présentons les principales conclusions de chaque chapitre et leurs répercussions potentielles dans l'évaluation des questions de santé entourant les contaminants présents dans l'Arctique canadien.

8.1 Introduction

- De nombreux bienfaits sont associés à un régime alimentaire traditionnel. La récolte, la transformation et la consommation d'aliments traditionnels présentent de nombreux avantages sur les plans culturel, social, économique, nutritionnel, spirituel et psychologique pour les résidents de l'Arctique canadien.
- Parallèlement, les aliments traditionnels sont une importante source d'exposition aux contaminants environnementaux. Bon nombre de personnes vivant dans l'Arctique consomment régulièrement des aliments traditionnels. Leur exposition aux organochlorés et aux métaux lourds est plus élevée par rapport à celle de nombreuses populations vivant dans le Sud du Canada.
- Par conséquent, les professionnels de la santé publique ont de la difficulté à mettre en balance les risques liés à l'exposition aux contaminants environnementaux dans les aliments traditionnels et les bienfaits de ces aliments lorsqu'ils doivent gérer et communiquer de tels risques. La question ne peut pas être réglée simplement par la prestation de conseils sur la nutrition ou la substitution d'aliments.

8.2 Études sur les aliments et les habitudes alimentaires

Consommation d'aliments traditionnels et changement des habitudes alimentaires

- Les aliments traditionnels contribuent considérablement à la qualité globale du régime alimentaire des personnes vivant dans l'Arctique canadien. Cependant, les aliments traditionnels sont propres à la culture de ces peuples, et leur consommation ainsi que leur diversité dépendent de nombreux facteurs

comme l'emplacement géographique, l'âge d'une personne, son statut socio-économique et sa culture.

- Des renseignements sur l'apport alimentaire des membres de 44 collectivités vivant dans l'Arctique canadien, lesquels sont fondés sur les bases de données disponibles sur les nutriments les plus complètes, ont maintenant été publiés. Une corrélation a été établie entre l'augmentation de la consommation d'aliments traditionnels et un apport accru en protéines, en vitamines D, E, B2 et B6, en fer, en zinc, en cuivre, en magnésium, en manganèse et en potassium.
- Selon une enquête sur les aliments du marché réalisée en 2006, le coût hebdomadaire du panier à provisions pour les résidents du Nord qui habitaient des collectivités éloignées était considérablement plus élevé que dans les villes canadiennes du Sud du pays ou dans les collectivités du Nord plus accessibles. Au Yukon, le coût hebdomadaire d'un panier à provisions était aussi élevé que 388 \$ dans le village éloigné d'Old Crow comparativement à 163 \$ à Whitehorse, tandis que dans la plupart des collectivités éloignées des T.N.-O. et du Nunavut ayant participé à l'enquête, le coût hebdomadaire était supérieur à 300 \$. Par contre, le coût hebdomadaire d'un panier à provisions était de 173 \$ à Edmonton, de 159 \$ à Yellowknife et de 144 \$ à Montréal. Ainsi, le coût des aliments dans les collectivités plus éloignées était au moins deux fois plus élevé que dans les villes plus accessibles du Sud du pays.
- Les études qui ont comparé la consommation actuelle d'aliments traditionnels à la consommation antérieure ont confirmé une diminution de la consommation de ces aliments, à l'exception d'une étude réalisée auprès de femmes enceintes de la région d'Inuvialuit dans les T.N.-O., qui a révélé une augmentation de la consommation de poissons, mais une baisse de la consommation de graisse de mammifères marins. Trois études ont indiqué que les générations plus jeunes consommaient beaucoup moins d'aliments traditionnels que les générations plus âgées.

- Plusieurs récentes études sur les aliments et les habitudes alimentaires ont été réalisées dans l'Arctique canadien. Chaque étude avait pour but d'évaluer l'ampleur de la consommation d'aliments traditionnels et de clarifier les liens entre la consommation d'aliments traditionnels et les contaminants, les changements climatiques, les données autodéclarées sur la récolte, l'évaluation des risques et des bienfaits et l'apport en nutriments chez les adultes et les enfants. La consommation d'aliments traditionnels est propre à la culture et varie considérablement selon la collectivité et la région de l'Arctique canadien. La diversité des aliments traditionnels dépend de nombreux facteurs. La viande et la graisse de gibier, les poissons, les mammifères marins, les plantes et les baies comestibles étaient consommés en différentes quantités selon l'âge, la culture, la latitude de même que la proximité d'une ville centre et de l'eau. Les résultats de huit études ont indiqué que les aliments traditionnels fournissaient de 4,3 à 89 % (valeur médiane : 18 %) de l'apport énergétique alimentaire total.

Répercussions sur la santé associées aux changements des habitudes alimentaires

- La modification actuelle des habitudes alimentaires chez les peuples de l'Arctique canadien, qui consiste à remplacer les aliments traditionnels par les aliments du marché, a entraîné une diminution de l'apport en vitamines A, C, D et E ainsi qu'en fer, en calcium, en acide folique, en acides gras oméga-3 et en fibres. Les recherches semblent indiquer que si les collectivités autochtones consomment moins d'aliments traditionnels et plus d'aliments du marché très énergétiques (à forte teneur en glucides), mais faibles en nutriments, elles présenteront un risque de carence en micronutriments et de diabète. Une consommation réduite d'aliments traditionnels augmente également le risque d'obésité et, partant, le risque de maladies chroniques.



Eric Loring

8.3 Exposition humaine aux contaminants environnementaux

Conclusions générales

- Bon nombre des conclusions précédentes sur la distribution des concentrations de contaminants chez les populations régionales sont très semblables à celles qui ont été formulées à la fin des années 1990. Parmi les groupes inuits, dénés/métis et non autochtones, ce sont les Inuits qui présentent les concentrations les plus élevées de presque tous les POP et les métaux.
- On observe de fortes diminutions des concentrations de presque tous les contaminants dans le sang maternel depuis les 10 dernières années (comparaisons entre les échantillons prélevés de 1992 à 1996 et ceux prélevés de 2004 à 2006), et ce, dans toutes les régions étudiées de l'Arctique canadien (T.N.-O., Nunavut et Nunavik). Dans le cas de plusieurs contaminants, les concentrations dans le sang maternel représentent maintenant moins de la moitié des concentrations enregistrées il y a 10 ans.
- Les concentrations de cadmium n'ont pas diminué; elles ont, en fait, augmenté chez les jeunes femmes et les mères des régions d'Inuvik, et de Baffin. Une telle augmentation a été associée à l'usage croissant de la cigarette parmi les personnes de ce groupe d'âge, et les responsables régionaux de la santé publique considèrent qu'il s'agit d'un enjeu important.

Concentrations des contaminants dans les tissus et valeurs maximales recommandées

■ Diphényles polychlorés (BPC)

- Lorsqu'on compare les valeurs maximales recommandées par Santé Canada et les récents résultats des études de biosurveillance, on constate que 52 % des Inuits du Nunavik et 25 % des Inuits du Nunavut présentaient des concentrations de BPC (mesurées sous forme d'Arochlor 1260) excédant le *seuil préoccupant/intervention* de 5 µg/L. Aucune mère dénée/métisse ou non autochtone ne présentait des concentrations dépassant le *seuil préoccupant* de 5 µg/L.
- Comme l'indiquent les études de biosurveillance réalisées dans les régions d'Inuvik et de Baffin et au Nunavut, lesquelles révèlent une diminution globale des concentrations de BPC dans le sang maternel, un nombre plus faible de mères présentent des concentrations supérieures au *seuil préoccupant/intervention* établi par Santé Canada.



Eric Loring

■ Mercure

- Seules les mères inuites du Nunavut et du Nunavik affichaient des concentrations de mercure excédant la valeur maximale de 20 µg/L recommandée par Santé Canada (c.-à-d. la *plage de risque accru*), alors que respectivement 32 % et 31 % des mères vivant au Nunavut et au Nunavik présentaient des concentrations de mercure dépassant la valeur maximale de 5,8 µg/L récemment recommandée par les É.-U.
- Les concentrations de mercure diminuent chez les mères des régions d'Inuvik et de Baffin et du Nunavik, et le pourcentage de mères qui présentent des concentrations supérieures à diverses valeurs maximales recommandées dans le sang diminue.

■ Plomb

- On observe une diminution globale des concentrations de plomb chez les mères de la région d'Inuvik, du Nunavut et du Nunavik.
- Les résultats des récentes études de biosurveillance montrent que toutes les mères présentent des concentrations de plomb inférieures au *seuil d'intervention* fixé à 100 µg/L par Santé Canada.

■ Cadmium

- Le pourcentage de mères qui présentent des concentrations de cadmium excédant la valeur maximale recommandée dans le sang, qui a été établie à 5 µg/L, est relativement faible. On a noté les concentrations les plus élevées excédant la valeur maximale recommandée chez les Inuits du Nunavut.
- Le pourcentage d'échantillons dont les concentrations de cadmium dépassaient la valeur maximale recommandée de 5 µg/L en milieu de travail est passé de 6,4 % (1998–1999) à 1,9 % (2005–2006) chez les mères inuvialuites de la région d'Inuvik et de 13 % (1997) à 9,1 % (2005–2007) chez les mères inuites de la région de Baffin. Cette diminution du pourcentage de mères dont les concentrations de cadmium excédaient la valeur maximale recommandée contraste avec l'augmentation des concentrations de cadmium notées chez certains de ces groupes. Puisque le tabagisme est la principale source de cadmium, une telle augmentation est probablement attribuable au fait qu'un moins grand nombre de mères fument, mais que celles qui fument sont de plus grandes fumeuses.

Nouveaux contaminants

- On a noté chez les hommes et les femmes inuits, notamment celles en âge de procréer vivant au Nunavik, des concentrations d'ÉDPB qui étaient très semblables à celles observées chez les Inuits, les Dénés/Métis et les personnes de race blanche des régions d'Inuvik et de Baffin, mais nettement inférieures à celles détectées chez les mères du Sud du Québec. Les premières analyses des données portant sur la population du Nunavik indiquent que les concentrations d'ÉDPB n'augmentent pas avec l'âge chez les hommes et les femmes, et seul l'ÉDPB 47 a été faiblement associé à la consommation de mammifères marins. Les concentrations d'ÉDPB 47 chez les mères inuites des régions d'Inuvik et de Baffin et du Nunavik sont plus faibles que celles notées aux États-Unis, mais plus élevées que celles observées chez des groupes comparables du Royaume-Uni.
- Les comparaisons des concentrations de SPFO dans le sang des mères et des femmes en âge de procréer du Nunavik détectées en 1992 et en 2004 montrent une diminution importante de ces concentrations durant cette période. L'analyse initiale des CPF dans les aliments traditionnels des habitants de l'Arctique canadien n'a pas montré que la consommation de mammifères marins ou terrestres était une importante source d'exposition aux contaminants.



AINC

AQ/CQ

- Le Centre de toxicologie du Québec (CTQ) produit des données qui satisfont aux exigences du CCN conformément à la norme ISO/CEI 17025. Les procédures internes de contrôle de la qualité permettent de s'assurer que les données obtenues sont reproductibles à long terme (pendant de nombreuses années).
- Pour ce qui est de la plupart des comparaisons de données sur l'assurance de la qualité obtenues au moyen de techniques anciennes ou plus récentes, aucun biais important n'influait l'interprétation des échantillons analysés dans le passé. Dans les rares cas contraires, on a établi des facteurs de correction pour permettre la comparaison des données actuelles et antérieures.

8.4 Toxicologie

Contaminants préoccupants

■ ÉDPB

- Bien qu'une incertitude continue de planer sur la pertinence de certains paramètres pour les humains, un récent résumé porte à croire qu'il existe une marge de sécurité relativement importante entre les niveaux actuels d'exposition lorsqu'on se fonde sur la dosimétrie interne et les effets, à tout le moins en ce qui a trait aux effets sur l'hormone thyroïdienne observés durant les expériences. Cependant, si les concentrations dans les tissus humains continuent d'augmenter au rythme actuel, elles pourraient atteindre des niveaux semblables à ceux qui ont été associés à des effets indésirables chez des animaux de laboratoire.



■ Études sur les mélanges de contaminants

- Des données indiquent que l'exposition concomitante à des produits chimiques contenus dans un mélange semble modifier non seulement certaines concentrations tissulaires de contaminants, mais également la toxicité d'au moins certains contaminants, tels que le méthylmercure et les BPC.
- Les études de toxicité réalisées sur un seul produit chimique peuvent fournir des estimations moins pertinentes sur les concentrations tissulaires et la toxicité aux fins d'évaluation des risques, puisque l'exposition concomitante à des contaminants chimiques (fréquente chez les humains) peut avoir des effets à la fois sur la charge corporelle et sur les relations dose-toxicité.
- Il est possible que certains des résultats apparemment divergents provenant des études épidémiologiques (p. ex. Faroe versus Seychelles) peuvent être attribuables au profil d'exposition globale, lequel peut modifier la toxicité estimative des produits chimiques distincts tels que le méthylmercure ou les BPC.

■ Interactions entre les nutriments et les contaminants

- Les données expérimentales portent à croire que le sélénium peut offrir une certaine protection contre la toxicité rénale associée à l'exposition au cadmium en inhibant le stress oxydatif et en se liant au cadmium, réduisant ainsi sa disponibilité.

■ Toxicologie et épidémiologie : comparaison des données

- Bien qu'en théorie les études épidémiologiques soient les plus appropriées pour déceler les expositions qui sont nocives pour la santé humaine, les études toxicologiques sont nécessaires pour confirmer la plausibilité sur le plan biologique des associations observées, acquérir des connaissances sur les mécanismes d'action et préciser les relations dose-effet.
- Les examens des récentes publications montrent que les efforts de recherche devraient viser à améliorer la faisabilité d'inclure la biosurveillance dans les études menées chez les humains et les animaux afin de faciliter les comparaisons entre ces deux types d'études. Les études menées chez les humains et les animaux devraient, lorsque cela est possible, mesurer des biomarqueurs semblables afin de faciliter l'évaluation des risques pour la santé humaine.



Eric Loring



0077_© Isabelle Dubois-ArcticNet

- Les résultats de deux études menées chez des animaux semblent indiquer que certains POP capables d'imiter l'activité des hormones peuvent aggraver l'ostéoporose. Des études réalisées auprès de femmes inuites du Groenland ont révélé des associations statistiquement significatives ($p < 0,05$) entre les mesures de la résistance osseuse et les concentrations de BPC 156, un congénère possédant des propriétés semblables à celles de la dioxine. Ces résultats laissent croire que les composés de type dioxine peuvent diminuer la densité osseuse et augmenter le risque d'ostéoporose chez les Groenlandaises.

8.5 Épidémiologie

- Les études épidémiologiques sont difficiles à réaliser dans l'Arctique canadien en raison de nombreux facteurs limitatifs, notamment : l'exposition à des mélanges complexes de contaminants, la faible population, les interactions contaminants-nutriments, les

facteurs génétiques, les facteurs confusionnels et les priorités dans le domaine de la santé. Pour cette raison, on devrait utiliser le plus souvent possible les études épidémiologiques sur la neurotoxicité causée par les BPC, le plomb et le méthylmercure, qui ont été menées dans d'autres parties du monde, aux fins d'évaluation des risques. Cependant, étant donné que différents facteurs uniques peuvent limiter la validité externe de ces études, il est essentiel de poursuivre les études dans l'Arctique canadien.

- Grâce à l'élaboration de nouvelles techniques d'analyse et méthodes d'étude, les scientifiques peuvent maintenant quantifier l'exposition humaine aux nouveaux POP et aux métabolites des POP, et en étudier les conséquences sur la santé. On mène actuellement des études de cohortes auprès d'enfants et d'adultes au Nunavik, et les données seront accessibles aux populations du Nunavut, des T.N.-O. et du Nunatsiavut au cours des prochaines années.

Fonction immunitaire

- Trois études successives réalisées au Nunavik ont indiqué que l'augmentation des cas d'IVRI et d'otite moyenne pendant l'enfance était associée à une exposition prénatale aux POP. Ces résultats sont également confirmés par les données de l'étude menée aux îles Féroé, laquelle a fait état d'un lien entre l'immunodéficience et l'exposition aux POP.

Développement neurologique

- Les études réalisées dans l'Arctique portent à croire que l'exposition prénatale au méthylmercure, au plomb et aux BPC ont des effets distincts sur le développement du cerveau chez les enfants. Ces effets sont semblables à ceux observés dans d'autres parties du monde.
- On considère encore que la perturbation des hormones thyroïdiennes est un mécanisme d'action possible des POP sur le développement du cerveau. Cette hypothèse devra être étudiée pour ce qui est

des POP hérités et être élargie à leurs métabolites et aux nouveaux POP.

Acides gras polyinsaturés (AGPI)

- De nouvelles données semblent indiquer que des nutriments présents dans les aliments traditionnels, tels les acides gras oméga-3, ont des effets bénéfiques importants sur le développement du cerveau des nourrissons inuits. Ces effets sont constatés dans des domaines différents de ceux qui sont attribuables à l'exposition aux contaminants.

Perturbation des hormones sexuelles

- Les mélanges habituels de composés organochlorés détectés dans l'Arctique contiennent de nombreux POP, y compris des substances ayant des effets œstrogéniques, anti-œstrogéniques ou anti-androgènes. Ces composés organochlorés peuvent interagir avec les différents récepteurs participant à la différenciation et à la croissance cellulaire, entraîner



Ed Struzik

des effets sur la reproduction et le développement et jouer un rôle dans la pathogenèse des cancers hormonosensibles.

Stress oxydatif

- Les études axées sur le rôle de l'exposition au méthylmercure et aux POP dans l'apparition du syndrome métabolique, des maladies cardiovasculaires et du diabète viennent à peine de commencer; par conséquent, les résultats sont encore préliminaires et équivoques. Il est possible que le méthylmercure inhibe les mécanismes de défense contre le stress oxydatif (et finalement provoque l'apparition de l'athérosclérose), diminue la variabilité de la fréquence cardiaque et augmente la pression artérielle. L'exposition aux POP peut également agir comme facteur de risque dans la survenue du syndrome métabolique et du diabète.

8.6 Caractérisation et communication des risques et des bienfaits

Processus de caractérisation des risques

- Les autorités sanitaires locales et un certain nombre d'intervenants doivent participer et collaborer au processus d'élaboration et de prestation de conseils de santé, et le diriger. De ce fait, le PLCN adopte un processus de prise de décisions multipartite. Il collabore notamment avec divers groupes tels que les groupes communautaires et les organisations autochtones qui pourraient être concernés par toute décision en matière de gestion des risques.

Communication des risques

- La communication des risques est un processus en constante évolution. Plusieurs changements importants ont été apportés au processus de communication des risques du PLCN au cours des 16 dernières années. En général, la quantité de documents de communication et la fréquence des messages transmis aux collectivités du Nord ont diminué. Il s'agit d'un changement important, puisque la transmission fréquente de messages sur les contaminants pourrait submerger d'information les collectivités. La communication à ce sujet pourrait être plus efficace si elle est intégrée aux messages existants de santé publique. Un autre changement notable s'est produit : alors qu'auparavant les messages portaient uniquement sur les contaminants, on se soucie maintenant de placer les préoccupations relatives aux contaminants dans un contexte plus large de santé publique.

Recherche éthique et PLCN

- L'éthique de la recherche est un aspect important à prendre en considération dans le cadre de tout projet – y compris les recherches médicales ou les recherches en sciences sociales – qui porte sur des sujets humains. Dans le cadre du PLCN, on a déployé de grands efforts pour s'assurer que les recherches satisfont aux normes éthiques les plus strictes possible. On a notamment élaboré des documents visant à guider les recherches menées dans le Nord, formé des comités pour surveiller l'approbation des projets de recherche et assuré l'amélioration constante des processus tels que ceux relatifs à l'obtention du consentement éclairé et à la communication des résultats de recherche.

Perception des risques

- On a mené plusieurs études sur la perception des risques. Selon l'enquête sur la santé des Inuits du Nunavik réalisée en 1992, qui analysait la perception des risques, près de 70 % de la population de Nunavimmiut a entendu parler de la présence de contaminants dans la chaîne alimentaire, et une grande partie (87 %) de la population a fait part de son désir de recevoir davantage d'information sur le sujet. D'autres auteurs ont constaté que les résidents du Nord souhaitent recevoir de l'information précise et directement applicable (p. ex. sources de contaminants et leurs effets, apports alimentaires sécuritaires) afin de mieux comprendre les risques associés à l'exposition aux contaminants et de juger eux-mêmes de l'importance de cette question.

Études sur les choix alimentaires

- Les résultats des études sur les choix alimentaires menées dans l'Arctique semblent indiquer que les contaminants ne sont pas un facteur direct qui influence les choix alimentaires chez les résidents du Nord, mais mettent en évidence le fait que l'accès aux aliments est un déterminant majeur du choix d'aliments traditionnels ou d'aliments du marché.

À ce jour, les études portent à croire que le choix d'aliments est habituellement étroitement associé à la disponibilité des aliments (c.-à-d. à ce que les participants peuvent obtenir) au sein du réseau social des participants de même qu'au degré de partage des aliments. Dans ce cas, les apports alimentaires des participants étaient habituellement révélateurs des types d'aliments choisis par d'autres personnes de leur réseau social.

- De nombreuses personnes vivant dans l'Arctique disposent de moyens financiers très limités, et leurs



choix alimentaires dépendent largement des types d'aliments auxquels elles ont facilement accès. Les stratégies de promotion de la santé visant à réduire l'exposition aux contaminants environnementaux présents dans les aliments traditionnels en influant sur les gens (c.-à-d. en modifiant les croyances, les connaissances et les habitudes) ont peu de chance de réussir. Cependant, les stratégies qui mettent l'accent sur la modification de la disponibilité des aliments nutritifs ont de meilleures chances de porter fruit.

Études de cas sur la gestion et la communication des risques

- Les conclusions préliminaires de certaines études de cas réalisées dans l'Arctique montrent que les processus de communication des risques les plus fructueux sont ceux qui font appel à divers experts régionaux et au public durant le processus officiel de communication. Les membres du public participent aux processus d'évaluation et de communication des risques dès le début de la phase de détermination des risques jusqu'à la dernière communication publique. La prise en compte explicite des perceptions locales ainsi que des bienfaits et des risques qualitatifs dans la détermination des messages et des stratégies de réduction maximale des risques est effectuée par les experts locaux et autochtones durant le processus de communication des risques.

Logiciel de gestion des risques

- Un outil informatisé d'aide à la décision a été récemment élaboré en coopération avec le CNSN, grâce au financement fourni par le PLCN et Santé Canada. L'outil se révélera un atout précieux pour la prise de décisions impliquant la mise en balance des risques et des bienfaits associés à la consommation d'aliments traditionnels pour les populations du Nord et d'autres populations autochtones. On a trouvé plusieurs applications à cet outil. Ce dernier pourrait notamment servir à l'examen des politiques et des cas, à la planification et au classement par ordre de priorité des recherches, ou être intégré aux processus de décision en matière d'élaboration et de communication des avis sanitaires concernant les contaminants et les aliments traditionnels.



Lacunes en matière de connaissances

9.1 Études sur les aliments et les habitudes alimentaires

Consommation d'aliments traditionnels et changement des habitudes alimentaires

- Les recherches sur la disponibilité des aliments traditionnels ainsi que sur la salubrité des aliments et la sécurité alimentaire doivent être terminées. Il est important de poursuivre les recherches relatives aux activités de gestion des risques.
- Il est nécessaire de réaliser d'autres études pour déterminer les sources régionales particulières de contaminants dans les aliments traditionnels.
- Les études supplémentaires dans ce domaine doivent prendre en considération les répercussions des changements climatiques et socioéconomiques sur la salubrité et la disponibilité des aliments traditionnels ainsi que sur la sécurité alimentaire en général.

Répercussions sur la santé associées aux changements des habitudes alimentaires

- On doit effectuer d'autres analyses des changements alimentaires chez les populations de l'Arctique pour connaître et examiner tout lien et corrélation entre la fréquence accrue des maladies chroniques (comme les maladies cardiovasculaires) et ces changements. De plus, il est nécessaire de terminer les recherches sur la disponibilité actuelle des aliments traditionnels afin d'examiner les liens entre la composition du régime alimentaire actuel et le risque de maladies chroniques.

9.2 Exposition humaine aux contaminants environnementaux

- Il faut réaliser d'autres analyses des données sur les habitudes alimentaires et des récents projets de bio-surveillance chez les humains réalisés dans les régions inuites de l'Arctique canadien afin de mieux comprendre la façon dont les changements alimentaires

influencent les concentrations de contaminants chez les peuples du Nord.

- D'autres recherches sont requises pour surveiller les concentrations d'organochlorés et de métaux dans les aliments traditionnels afin de mieux comprendre l'évolution de ces contaminants dans l'Arctique canadien. Cette information est importante pour comprendre les effets des concentrations des contaminants dans les tissus humains, et l'efficacité des protocoles internationaux en matière de lutte contre les contaminants en dépend.
- D'autres travaux doivent être menés afin d'évaluer l'exposition humaine aux contaminants par voie alimentaire au sein d'un petit échantillon représentatif vivant dans des régions où les niveaux d'exposition sont très élevés ou modérés. Une telle évaluation fournira une autre période de référence avec laquelle il sera possible de comparer les données recueillies au cours des étapes précédentes du programme. Les résultats permettront de mettre à jour les profils spatiaux de l'exposition et fourniront des données supplémentaires pour confirmer les études sur les tendances temporelles des contaminants dans diverses populations du Nord. Une attention doit être accordée au prélèvement d'échantillons biologiques d'un sous-groupe de participants à des enquêtes alimentaires dans le cadre du processus de vérification reliant les apports alimentaires aux concentrations détectées dans le sang, le lait et des tissus.
- Il faut poursuivre la surveillance d'une série de contaminants classiques (POP et métaux) dans le but d'exercer une surveillance des tendances afin de confirmer la diminution observée des concentrations de ces contaminants au cours des 5-10 dernières années, et aux fins de divers programmes nationaux et internationaux de surveillance. La surveillance annuelle des contaminants chez des populations choisies devrait peut-être être envisagée pour permettre des évaluations plus définitives des tendances.
- Il faudra exercer une surveillance continue des nouveaux contaminants (p. ex. les ÉDPB et le SPFO)



Joëlle Tessier Gagné

chez les peuples de l'Arctique ainsi que dans leur régime alimentaire, étant donné que les concentrations de certains contaminants sont en hausse chez les animaux sauvages de l'Arctique. À ce jour, toutes les tendances observées chez les peuples de l'Arctique sont très incertaines. Les données sur ces nouveaux produits chimiques sont également cruciales pour les décideurs qui doivent déterminer s'il convient d'exercer un contrôle de ces substances au moyen de diverses mesures nationales et internationales.

AQ/CQ

- Les programmes externes d'évaluation de la qualité doivent garantir la comparabilité des concentrations de contaminants obtenues durant de longues périodes, ainsi que des résultats produits par plusieurs laboratoires. Il est impératif que tous les laboratoires qui fournissent des données pour toute étude à long terme s'inscrivent au programme approprié et y participent activement.

9.3 Toxicologie

- Il est nécessaire de réaliser un plus grand nombre d'études visant à déterminer et à mieux comprendre les effets sur la santé des mélanges de contaminants analogues au profil d'exposition des peuples de l'Arctique fortement exposés. Le profil d'exposition utilisé devrait correspondre au profil d'exposition aux contaminants dans le sang maternel ou le sang du cordon ombilical (pour le développement des nour-

rissons et des enfants) ou au profil d'exposition habituellement associé à la consommation de mammifères marins (pour d'autres études), et devrait concorder avec les autres études toxicologiques axées sur les mélanges de contaminants, qui sont financées par le PLCN.

ÉDPB

- Les résultats des études en cours de biosurveillance chez les humains qui portent sur les ÉDPB dans l'Arctique doivent être comparés aux données de toxicologie plus récentes afin de définir avec plus de précision la mesure dans laquelle les niveaux actuels d'exposition par voie alimentaire ou les résidus de contaminants chez les humains sont associés à un risque pour la santé.

Interactions nutriments-contaminants

- Bien qu'il existe des preuves expérimentales montrant que divers composants alimentaires tels que les oligo-éléments essentiels, les vitamines et les acides gras sont capables d'atténuer la toxicité de certains contaminants présents dans les aliments, la confirmation de ces interactions dans les recherches effectuées auprès des humains est plutôt équivoque. Il est nécessaire de mener d'autres études sur les mécanismes d'interaction en utilisant des quantités pertinentes de contaminants et de divers nutriments pour élucider complètement les bienfaits pour la santé associés à la consommation d'aliments traditionnels.



Données toxicologiques et épidémiologiques

- L'efficacité des programmes de vaccination à l'intention des nourrissons inuits doit être examinée en lien avec l'exposition aux composés organochlorés qu'ils subissent afin de confirmer l'hypothèse voulant que ces contaminants entraînent une diminution de l'immunité humorale.
- L'association observée entre les BPC et les paramètres de solidité osseuse chez les Inuites n'est pas claire. D'autres études pourraient viser à améliorer cette compréhension en incluant les composés organochlorés de type dioxine. Les études doivent également prendre en considération les effets possibles des contaminants de type dioxine sur la formation et la minéralisation des dents.

9.4 Épidémiologie

- Il est nécessaire de mener davantage d'études visant à déterminer et à caractériser les effets possibles sur la santé des nourrissons et des enfants, qui sont associés à l'exposition prénatale aux contaminants dans les régions nordiques caractérisées par des niveaux d'exposition préoccupants pour les autorités sanitaires.
- Il existe une forte probabilité que les nutriments présents dans les fruits de mer puissent modifier ou neutraliser la toxicité des contaminants; cet effet concerne en particulier les populations qui consomment du poisson. Il faut également étudier plus en profondeur les interactions entre les nutriments présents dans les fruits de mer et les effets des contaminants.

Fonction immunitaire

- Il n'a jamais été établi que les populations de l'Arctique canadien présentaient une carence clinique en vitamine A. Cependant, de nombreuses études ont fait ressortir un apport insuffisant en vitamine A. Un rapport récent semble indiquer que l'apport quotidien en vitamine A chez la population du Nunavik est inférieur à l'apport recommandé. De plus, on a montré que certains POP modifient l'homéostasie de la vitamine A chez de nombreuses espèces, notamment les primates. Par conséquent, il importe de mieux comprendre les liens entre la vitamine A, les concentrations de contaminants et l'incidence des maladies infectieuses chez les populations de l'Arctique.

Développement neurologique

■ BPC

- Les études en population générale sur la croissance humaine et l'exposition aux BPC dans lesquelles la consommation de poisson ou de mammifères marins ne constitue pas une source d'exposition ont donné des résultats contradictoires. Lorsque l'on compare les données provenant des cohortes plus fortement exposées aux BPC par le biais de la consommation de poisson et de mammifères marins, les résultats des études sont également contradictoires, mais on ne peut pas écarter l'hypothèse voulant que l'exposition *in utero* aux BPC soit associée à des effets sur la croissance. De récents résultats semblent indiquer que la susceptibilité individuelle attribuable à la présence ou à l'absence de polymorphismes génétiques particuliers dans les populations étudiées pourrait expliquer les divergences entre les résultats des études; ils font ressortir la nécessité de prendre en considération les caractéristiques génétiques propres aux populations étudiées dans les études à venir. D'autres études sur ces caractéristiques sont nécessaires pour aider à obtenir une compréhension



Eric Loring

scientifique plus complète des études sur la croissance humaine et l'exposition aux BPC.

- Les études axées sur le rôle de l'exposition au méthylmercure et aux POP dans l'apparition du syndrome métabolique, des maladies cardiovasculaires et du diabète viennent à peine de commencer et prêtent encore à controverse. Il est possible que le méthylmercure inhibe les mécanismes de défense contre le stress oxydatif (et finalement provoque l'apparition de l'athérosclérose), diminue la variabilité de la fréquence cardiaque et augmente la pression artérielle. L'exposition aux POP peut également agir comme facteur de risque dans la survenue du syndrome métabolique et du diabète. Il y a lieu de mener des recherches expérimentales et épidémiologiques additionnelles dans ce domaine.

Acides gras oméga-3

- Les résultats concernant les acides gras oméga-3 et le développement des enfants mettent en évidence l'importance d'analyser les interactions lorsqu'on tente d'étudier les liens complexes entre l'exposition aux contaminants environnementaux et le développement des enfants chez les populations qui consomment du poisson et des mammifères marins. De tels résultats font ressortir la nécessité d'étudier plus en profondeur les liens complexes entre les nutriments et les contaminants chez ces populations.

9.5 Caractérisation et communication des risques et des bienfaits

Processus de gestion des risques

- Le cadre de gestion des risques a continué d'évoluer dans le cadre du PLCN; cependant, on doit élaborer un processus commun qui englobe tous les bienfaits et les risques afin d'évaluer les données scientifiques et de guider la prise de décisions.
- On doit améliorer les méthodes permettant d'évaluer puis de comparer les bienfaits et les risques associés aux aliments traditionnels (et aux solutions de rechange) au moyen d'un dénominateur commun afin de fournir de l'information de meilleure qualité aux autorités sanitaires chargées de prendre des décisions.
- On doit élaborer des méthodes pour évaluer les comparaisons des différents risques, de manière à pouvoir comparer les risques associés à divers plans d'action.
- Il faut évaluer et comparer les risques et les bienfaits en accordant une attention particulière aux collectivités les plus exposées et aux groupes vulnérables (p. ex. les fœtus, les nourrissons et les enfants).

Communication

- L'évaluation des communications antérieures sur les risques associés aux contaminants permettrait au PLCN d'obtenir les connaissances nécessaires à la poursuite et à l'amélioration de ses activités. Une



Isabelle Dubois/ArcticNet

telle évaluation doit être effectuée en collaboration avec les autorités sanitaires appropriées afin d'évaluer les facteurs qui influencent la réussite et l'efficacité des activités de communication et de déterminer le contexte adéquat pour leur réalisation.

- Tant les résidants du Nord que les professionnels de la santé publique ont besoin d'obtenir et réclament plus d'information et de soutien pour aborder la question des contaminants. Les professionnels de la santé du Nord demandent plus de soutien pour être en mesure d'interpréter les répercussions des lignes directrices en matière d'évaluation technique des risques, des stratégies viables de réduction maximale des risques, des processus de communication des risques et des nouveaux enjeux de la recherche sur l'hygiène du milieu et la toxicologie.

Perception des risques

- Les études sur la perception des risques ont permis de mettre en évidence les opinions et le degré de compréhension des résidants des régions du Nord à l'égard de la question des contaminants et de l'alimentation. Les enquêtes et autres évaluations qualitatives ont révélé que, bien que la majorité de la population ait entendu parler des contaminants, il régnait toujours une certaine confusion qui nuisait à la compréhension des messages. Une meilleure connaissance des perceptions locales à l'égard des risques est nécessaire pour trouver un moyen efficace de surmonter les obstacles à la compréhension des messages.

Choix alimentaires

- D'autres recherches sont nécessaires pour améliorer notre compréhension de ce qui détermine les choix alimentaires chez les habitants des régions nordiques où les niveaux d'exposition préoccupent les autorités sanitaires, et de la mesure dans laquelle les contaminants influencent ces choix. Il faut accorder une attention particulière aux mères, aux femmes enceintes, aux autres femmes en âge de procréer et aux enfants.
- Il faut mener des recherches pour évaluer les programmes de changements alimentaires et autres programmes de gestion visant à réduire l'exposition aux contaminants dans les régions où les niveaux d'exposition sont élevés, tout en continuant d'encourager la consommation d'aliments traditionnels et d'autres sources alimentaires possédant une grande valeur nutritionnelle.



Joëlle Tessier Gagné

Outils de caractérisation et de communication des risques et des bienfaits

- Il est nécessaire de poursuivre l'élaboration de logiciels d'aide à la décision visant à faire la synthèse et à obtenir une vision intégrée des bienfaits et des risques, afin d'accroître la pertinence, l'accessibilité et la facilité d'utilisation de ces logiciels pour les professionnels de la santé dans le Nord et d'autres travailleurs des milieux de la santé et de l'environnement.

Surveillance de l'exposition aux risques et aux bienfaits et prise de décisions éclairée

- En raison des changements rapides (économiques, politiques, sociaux et environnementaux) qui se produisent dans de nombreuses collectivités du Nord et de leur influence sur l'exposition aux risques et aux bienfaits par le biais des aliments, il est nécessaire de surveiller régulièrement les comportements alimentaires et de mieux comprendre les points de vue en matière de salubrité des aliments ainsi que les déterminants des choix alimentaires. Ces efforts devraient continuer à guider l'élaboration et la diffusion d'information qui aide les résidants du Nord à prendre des décisions éclairées.



Références

Chapitre 1

- Barrie LA, Gregor D, Hargrave B, Lake R, Muir D, Shearer R, Tracey B, Bidleman T. Arctic contaminants: sources, occurrence and pathways. *Sci Total Environ* 1992; 122(1-2): 1-74.
- CACAR. In: Jensen J, Adare L, Shearer R, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 1997.
- CACAR. In: Van Oostdam J, Donaldson S, Feeley M, Tremblay N, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2003.
- Kuhnlein HV, Receveur O, Soueida R, Egeland G.M. Arctic Indigenous peoples experience the nutrition transition with changing dietary patterns and obesity. *J Nutr* 2004; 134:1447-53.
- Lockhart WL, Wagemann R, Tracey B, Sutherland D, Thomas DJ. Presence and implications of chemical contaminants in the freshwaters of the Canadian Arctic. *Sci Total Environ* 1992; 122(1-2): 165-245.
- Muir DCG, Wagemann R, Hargrave BT, Thomas DJ, Peakall DB, Norstrom RJ. Arctic marine ecosystem contamination. *Sci Total Environ* 1992; 122(1-2): 75-134.
- Receveur O, Kuhnlein HV. Health benefits of consuming Arctic traditional foods. Plenary presentation at the conference Persistent Organic Pollutants in the Arctic: Human Health and Environmental Concerns. Rovaniemi, Finland; 2000.
- Thomas DJ, Tracey B, Marshall H, Norstrom RJ. Arctic terrestrial ecosystem contamination. *Sci Total Environ* 1992; 122(1-2):135-164.
- Watt-Cloutier S. Canada Inuit Call Upon the United States to Stop Polluting the Arctic. New York City, New York, 3 October 2000.

- Wong M. Chemical Residues in Fish and Wildlife Harvested in Northern Canada. *Environmental Studies*, No. 46. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 1986.

Chapitre 2

- Affaires indiennes et du Nord canadien (AINC). La nutrition et la sécurité alimentaire à Kugaaruk, au Nunavut. Ottawa, Ontario, Canada : Ministre des travaux publics et des Services gouvernementaux Canada; 2003. (Sur Internet : <http://www.ainc-inac.gc.ca/nth/fon/pubs/kg03/kg03-fra.pdf>)
- Affaires indiennes et du Nord canadien. Panier de provisions nordique : région de Baffin, Nunavut. Ottawa (Ontario), Canada, ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, 2006.
- Armstrong B, Tofflemire K, Myles E, Receveur O, Chan L. Monitoring Temporal Trends of Human Environmental Contaminants in the NWT study. Department of Health and Social Services, Government of Northwest Territories; 2007.
- Andersen S, Mulvad G, Pedersen HS, Laurberg P. Gender diversity in developing overweight over 35 years of Westernization in an Inuit hunter cohort and ethno-specific body mass index for evaluation of body-weight abnormalities. *Eur J of Endocrinol* 2004; 151(6):735-40.
- Berkes F. Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management. Taylor & Francis; 1999.
- Bernard L, Lavalée C, Gray-Donald K, Delisle H. Overweight in Cree schoolchildren and adolescents associated with diet, low physical activity, and high television viewing. *J Am Diet Assoc* 1995; 95(7): 800-02.
- Butler-Walker J, Seddon L, McMullen E, Houseman J, Tofflemire K, Corriveau A, Weber JP, Mills C, Smith S, Van Oostdam J. Organochlorine levels in maternal and umbilical cord blood plasma in Arctic Canada. *Sci Total Environ* 2003; 302(1-3): 27-52.

- Butler-Walker J, Houseman J, Seddon L, McMullen E, Tofflemire K, Mills C, Corriveau A, Weber JP, LeBlanc A, Walker M, Donaldson SG, Van Oostdam J. Maternal and umbilical cord blood levels of mercury, lead, cadmium, and essential trace elements in Arctic Canada. *Environ Res* 2006; 100(3):295-318.
- Chan HM, Fediuk K, Hamilton S, Rostas L, Caughey S, Kuhnlein H, Egeland G, Loring E. Food security in Nunavut, Canada: barriers and recommendations. *Int J Circumpolar Health* 2006; 65(5): 416-31.
- Charbonneau-Roberts G, Saudny-Unterberger H, Kuhnlein HV, Egeland GM. Body mass index may overestimate the prevalence of overweight and obesity among the Inuit. *Int J Circumpolar Health* 2005; 64(2):163-69.
- Charbonneau-Roberts G, Young TK, Egeland GM. Inuit anthropometry and insulin resistance. *Int J Circumpolar Health* 2007; 66(2):129-34.
- Dewailly É, Blanchet C, Lemieux S, Sauvé L, Gingras S, Ayotte P and Holub BJ. n-3 fatty acids and cardiovascular disease risk factors among the Inuit of Nunavik. *Am J Clin Nutr* 2001; 74(4):464-73.
- Duhaime G, Chabot M, Gaudreault M. Food consumption patterns and socioeconomic factors among the Inuit of Nunavik. *Ecol Food Nutr* 2002; 41(2): 91-118.
- Egeland GM, Berti P, Soueida R, Arbour LT, Receveur O, Kuhnlein HV. Age differences in vitamin A intake among Canadian Inuit. *Can J Public Health* 2004; 95(6):465-9.
- Egeland GM, Charbonneau-Roberts G, Kuluguqtuq J, Kilabuk J, Okalik L, Soueida R Kuhnlein HV. Indigenous peoples' food systems: The many dimensions of culture, diversity and environment for nutrition and health. In: Kuhnlein HV, Erasmus B, Spigelski D, editors. *Back to the Future-Using Traditional Food and Knowledge to Promote a Healthy Future among Inuit, Food and Agriculture Organization of the United Nation*, 2009.
- Fediuk K, Hidioglou N, Madère R, Kuhnlein HV. Vitamin C in Inuit traditional food and women's diet. *J Food Compos Anal* 2002; 15: 221-35.
- Guyot M, Chan HM. Impacts of climate change on traditional food security in Aboriginal communities in northern Canada. *Diet Hum Nutr*, McGill University 2006; 139.
- Guyot M, Dickson C, Paci C, Furgal C, Chan HM. Local observations of climate change and impacts on traditional food security in two northern Aboriginal communities. *Int J Circumpolar Health* 2006; 65(5):403-15.
- Hanley AJG, Harris SB, Gittelsohn J, Wolever TMS, Saksvig B, Zinman B. Overweight among children and adolescents in a Native Canadian community: Prevalence and associated factors. *Am J Clin Nutr* 2000; 71(3): 693-700.
- Krupnik I, Jolly D. *The Earth is Faster Now: Indigenous Observations of Environmental Change*. Arctic Research Consortium of the United States; 2002.
- Kuhnlein HV, Kubow S, Soueida R. Lipid components of traditional Inuit foods and diets of Baffin Island. *J Food Compos Anal* 1991; 4: 227-36.
- Kuhnlein HV, Receveur O, Chan HM, Loring E. *Assessment of dietary benefit/risk in Inuit communities*. Montréal, Québec, Canada: Center for Indigenous Peoples' Nutrition and Environment (CINE), McGill University; 2000.
- Kuhnlein HV, Chan HM, Leggee D, Barthet V. Macronutrient, mineral and fatty acid composition of Canadian Arctic traditional food. *J Food Compos Anal* 2002; 15: 545-66.
- Kuhnlein HV, Receveur O, Soueida R, Egeland GM. Arctic Indigenous peoples experience the nutrition transition with changing dietary patterns and obesity. *J Nutr* 2004; 134(6):1747-53.
- Kuhnlein HV, Chan LHM, Egeland G, Receveur O. Canadian Arctic Indigenous peoples, traditional food systems, and POPs. *Senri Ethnol Stud* 2005; 67:391-408.
- Kuhnlein HV, Barthet V, Farren A, Leggee D, Receveur O, Berti P. Vitamins A, D, and E in Canadian Arctic traditional food and adult diets. *J Food Compos Anal* 2006; 19: 495-506.
- Kuhnlein HV, Receveur O, Soueida R, Berti PR. Unique patterns of dietary adequacy in three cultures of Canadian Arctic indigenous peoples. *Public Health Nutr* 2008; 1-12.
- Kuhnlein HV, Receveur O. Local cultural animal food contributes high levels of nutrients for Arctic Canadian Indigenous adults and children. *J. Nutr* 2007; 137: 1110-14.
- Lambden J, Receveur O, Marshall J, Kuhnlein HV. Traditional and market food access in Arctic Canada is affected by economic factors. *Int J Circumpolar Health* 2006; 65(4): 331-40.

- Lawn, J., D. Harvey. Évolution de la nutrition et de la sécurité alimentaire dans deux collectivités inuites entre 1992 et 1997, Ottawa (Ontario), Canada, ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, 2001, 156 p.
- Lawn, J., D. Harvey. La nutrition et la sécurité alimentaire à Kugaaruk, au Nunavut : enquête de référence pour le projet-pilote lié au programme Aliments-poste, Ottawa (Ontario), Canada, ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, 2003, 145 p.
- Ledrou, I., J. Gervais. « Insécurité alimentaire », Rapports sur la santé, vol. 16, n° 3, p. 55-59, Statistique Canada, 2005.
- Nancarrow TL, Kuhnlein HV, Ing A, Chan HM. Climate Change Impacts on Dietary Nutrient Status of Inuit in Nunavut, Canada. Montréal, Québec, Canada: Dietetics and Human Nutrition, McGill University; 2007. 134 pp.
- Nakano T, Fediuk K, Kassi N, Kuhnlein HV. Food use of Dene/Métis and Yukon children. *Int J Circumpolar Health* 2005a; 64 (2): 137-46.
- Nakano T, Fediuk K, Kassi N, Egeland GM, Kuhnlein HV. Dietary nutrients and anthropometry of Dene/ Métis and Yukon children. *Int J Circumpolar Health* 2005b; 64 (2): 147-56.
- Norgan NG. Relative sitting height and the body mass index. *Ann Hum Biol* 1994; 21, 78-82.
- Pelly DF. Sacred Hunt: A portrait of the relationship between seals and Inuit. University of Washington Press, 2001.
- Popkin BM. Part II. What is unique about the experience in lower- and middle-income less-industrialised countries compared with the very-high-income industrialised countries? The shift in stages of the nutrition transition in the developing world differs from past experiences. *Public Health Nutr* 2002; 5(1A): 205-14.
- Potvin L, Desrosiers S, Trifonopoulos M, Leduc N, Rivard M, Macaulay AC, Paradis G. Anthropometric characteristics of Mohawk children aged 6 to 11 years: A population perspective. *J Am Diet Assoc* 1999; 99(8): 955-61.
- Receveur O, Boulay M, Kuhnlein HV. Decreasing traditional food use affects diet quality for adult Dene/Métis in 16 communities of the Canadian Northwest Territories. *J Nutr* 1997; 127 (11): 2179-86.
- Receveur O, Kuhnlein HV. Health benefits of consuming Arctic traditional food. Rovaniemi, Finland: AMAP Human Health Sessions; 2000.
- Schnohr P, Grønbaek M, Petersen L, Hein HO, Sørensen T. Physical activity in leisure-time and risk of cancer: 14-year follow-up of 28,000 Danish men and women. *Scand J Public Health* 2005; 33(4): 244-49.
- Shields, M. « Obésité mesurée : l'embonpoint chez les enfants et les adolescents au Canada », Nutrition : résultats de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes, n° 1, Statistique Canada, 2005. (Sur Internet : <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-620-m/2005001/pdf/4241445-fra.pdf>)
- Solomon PA. Managing the issue of mercury exposure in Nunavut. School of Dietetics and Human Nutrition, McGill University; 2005. 120 pp.
- Young TK, Bjerregaard P, Dewailly É, Risica PM, Jørgensen ME, Ebbesson SO. Prevalence of obesity and its metabolic correlates among the circumpolar Inuit in 3 countries. *Am J Public Health* 2007; 97(4): 691-95.
- Young TK. Are the circumpolar Inuit becoming obese? *Am J Hum Biol* 2007; 19(2):181-89.

Chapitre 3

- Adelson N. The embodiment of inequity: health disparities in Aboriginal Canada. *Can J Public Health* 2005; 96 Suppl(2):S45-61.
- AINC. Indicateurs du Nord 2003, Ottawa (Ontario), Canada, Affaires indiennes et du Nord canadien, Section des statistiques sur les Premières nations et le Nord, 2003. (Sur Internet : http://www.collectionscanada.gc.ca/webarchives/20071124180805/http://www.ainc-inac.gc.ca/pr/sts/nia_f.html)
- Allard, Y.A., R. Wilkins, J.M. Berthelot. « Mortalité prématurée dans les régions sociosanitaires à forte population autochtone », Rapports sur la santé, vol.15, n° 1, janvier 2004, Statistique Canada, n° 82-003 au catalogue.
- ASPC. Centre de prévention et de contrôle des maladies infectieuses, Agence de la santé publique du Canada, 2005. (Sur Internet : <http://www.phac-aspc.gc.ca/centres-fra.php>) Consulté le 20 janvier 2008.

- ASPC. Chlamydie génitale, Maladies à déclaration obligatoire en direct. Agence de la santé publique du Canada; 2003. (Sur Internet : http://dsol-smed.phac-aspc.gc.ca/dsol-smed/ndis/diseases/chlm_f.html) Consulté en janvier 2007.
- ASPC. « Système national de surveillance du diabète : Agence de la santé publique du Canada, 2008. (Sur Internet : <http://www.phac-aspc.gc.ca/ccdpc-cpcmc/ndss-snsd/francais/index-fra.php>).
- Bjerregaard P, Young TK. The Circumpolar Inuit-health of a population in transition. ISBN 8716 119 053; 1998.
- Bjerregaard P, Curtis T, Borch-Johnsen K, Mulvad G, Becker U, Andersen S, Backer V. Inuit health in Greenland: a population survey of life style and disease in Greenland and among Inuit living in Denmark. *Int J Circumpolar Health* 2003; 62 Suppl(1): 3-79.
- Chikritzhs TN, Jonas HA, Stockwell TR, Heale PF, Dietze PM. Mortality and life-years lost due to alcohol: A comparison of acute and chronic causes. *Med J Aust* 2001; 174: 281-4.
- Counil É. Health Status of the Nunavik Population-2007. Québec, Canada : Unité de Recherche en Santé Publique, CHUL-CHUQ, Groupe Environnement Recherche, Rapport rédigé à l'intention de la Division de la recherche en santé environnementale, Direction générale de la santé des Premières nations et des Inuits, Santé Canada; 2007.
- CYFN. Reclaiming the Well-Being of Our People: Yukon Regional Longitudinal Health Survey (RHS) Report. Council of Yukon First Nations; 2006.
- DesMeules M, Manuel D, Cho R. Mortality: life and health expectancy of Canadian women. *BMC Womens Health* 2004; 4 (Suppl 1): S9. (Sur Internet : http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/whsr-rssf/pdf/WHSR_Chap_8_f.pdf)
- Dewailly É, Blanchet C, Gingras S, Lemieux S, Sauve L, Bergeron J, Holub BJ. Relations between n-3 fatty acid status and cardiovascular disease risk factors among Québécois. *Am J Clin Nutr* 2001; 74(5):603-611.
- Frohlich KL, Ross N, Richmond C. Health disparities in Canada today: Some evidence and a theoretical framework. *Health Policy* 2006; 79(2-3), 132-143.
- Gagnon K. H Division de l'information sur la santé et de l'analyse, Direction générale de la santé des Premières nations et des Inuits. Courriel du 24 octobre 2006.
- INSPQ. Enquête de santé auprès des Inuits du Nunavik 2004 : qanuippitaa? Comment allons-nous? Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), Régie régionale de la santé et des services sociaux de Nunavik, 2007. (Sur Internet : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/775_ESIFaitsSaillants.pdf)
- ITK. Inuit Statistical Profile. Inuit Tapiriit Kanatami; 2007. (Sur Internet : http://www.itk.ca/publications/StatisticalProfile_Inuit2007.pdf) Consulté le 17 décembre 2007.
- Larsen CO, Colangelo M, Goods K. African-American-white differences in health perceptions among the indigent. *J Ambulatory Care Manage* 1998; 21(2): 35-43.
- Last JM, Spasoff RA, Harris SS. A Dictionary of Epidemiology, Fourth Edition, 65. *American Journal of Epidemiology* 2001; 154(1): 93-4. Oxford University Press.
- Lipworth L, Bailey LR, Trichopoulos D. History of breast-feeding in relation to breast cancer risk: a review of the epidemiologic literature. *J Natl Cancer Inst* 2000; 4(92): 302-312.
- McGee DL, Liao Y, Cooper RS. Self-reported health status and mortality in a multiethnic cohort. *Am J Epidemiol* 1999; 149(January): 41-6.
- NWT. NWT Health Status Report 2005. Northwest Territories Health and Social Services; 2005. pp.96.
- Pol LG, Thomas RK. The Demography of Health and Health Care. Academic Publishers, 2002, 281-317 pp.
- Proctor SP, Heeren T, White RF, Wolfe J, Borgos MS, David JD, Pepper L, Clapp R, Sutker PB, Vasaterling JJ, Ozonoff D. Health status of Persian Gulf War veterans: Self-reported symptoms, environmental exposure and the effect of stress. *Int J Epidemiol* 1998; 27(December):1000-10.
- RNICS. Rapport du Nunavut sur les indicateurs comparables de la santé Gouvernement du Nunavut, ministère de la Santé et des Services sociaux, 2004.
- Santé Canada. Rapport sur les maladies mentales au Canada, Ottawa (Ontario), Canada, 2002, p. 91-104.
- Santé Canada. Les Canadiens et les Canadiennes en santé : rapport fédéral sur les indicateurs comparables de la santé 2006. (Sur Internet : <http://www.hc-sc.gc.ca/hcs-sss/pubs/system-regime/2006-fed-comp-indicat/index-fra.php>) Consulté le 20 janvier 2008.

- Single E, Rehm J, Robson L, Truong MV. The relative risks and etiologic fractions of different causes of death and disease attributable to alcohol, tobacco and illicit drug use in Canada. *Can Med Assoc J* 2000; 162: 1669-75.
- Statistique Canada. « Recensement du Canada de 2001 », 2001. (Sur Internet : <http://www12.statcan.gc.ca/francais/census01/home/Index.cfm>).
- Statistique Canada. Peuples autochtones du Canada : un profil démographique, n° 96F0030XIF2001007 au catalogue, 2003.
- Statistique Canada. Projections des populations autochtones, Canada, provinces et territoires, 2001 à 2017, 2005, n° 91-547-XIF au catalogue, ISBN 0-662-74156-0.
- Statistique Canada. Statistiques démographiques annuelles, mars 2006, 2006a, n° 91-213-XIB, ISSN 1480-8803.
- Statistique Canada. Activités de récolte et bien-être de la collectivité parmi les Inuits dans l'Arctique canadien : constatations préliminaires de l'Enquête auprès des peuples autochtones de 2001 - Enquête sur les conditions de vie dans l'Arctique, 2006b, n° 89-619-XIF au catalogue, ISBN 0-662-71347-8.
- Statistique Canada. Indicateurs de la santé comparables 2006. Tableaux complémentaires de Santé Canada, 2006c. (Sur Internet : <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-401-x/82-401-x2006000-fra.htm>)
- Statistique Canada. Auto-évaluation de la santé, selon le sexe, population à domicile de 12 ans et plus, Canada, provinces et territoires, données occasionnelles (tableau CANSIM 105-4033). Ottawa, Ontario, Canada : Statistique Canada; 2008a.
- Statistique Canada. Espérance de vie, table de mortalité abrégée, à la naissance et à 65 ans, selon le sexe, Canada, provinces et territoires, annuel (années) (tableau CANSIM 102-0511), Ottawa (Ontario), Canada, Statistique Canada, 2008b.
- Statistique Canada. Mortalité infantile, selon le groupe d'âge, Canada, provinces et territoires, annuel (tableau CANSIM 102-0507), Ottawa (Ontario), Canada, Statistique Canada, 2008c.
- Statistique Canada. Années potentielles de vie perdues, selon certaines causes de décès (CIM-10) et le sexe, personnes de 0 à 74 ans, Canada, provinces et territoires, annuel (tableau CANSIM 102-0110), Ottawa (Ontario), Canada, Statistique Canada, 2008d.
- Wilkins, R., S. Uppal, P. Finès, S. Senécal, E. Guimond, R. Dion. « Espérance de vie dans les régions où vivent les Inuits au Canada, 1989 à 2003 », *Rapports sur la santé*, vol. 19, n° 1, Statistique Canada, 2008, n° 82-003-XWF au catalogue. (Sur Internet : <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-003-x/2008001/article/10463-fra.htm>)
- Young TK. Circumpolar Health Indicators: Sources, Data and Maps, Circumpolar Health Supplements 2008; 3, International Association of Circumpolar Health Publishers.
- Young TK. Population Health: Concepts and Methods. Oxford University Press, US, 2005. 392pp. Yukon. Yukon Health Status Report. Yukon Department of Health and Social Services; 2003. (Sur Internet : <http://www.inchr.org/Doc/November05/healthstatus03.pdf>).

Chapitre 4

- Addison RF, Smith TG. Trends in organochlorine residue concentrations in ringed seal (*Phoca hispida*) from Holman, Northwest Territories, 1972–91. *Arct* 1998; 51(3):253–261.
- Armstrong B, Tofflemire K, Myles E, Receveur O, Chan L. Monitoring Temporal Trends of Human Environmental Contaminants in the NWT study. Department of Health and Social Services, Government of Northwest Territories; 2007.
- Braune BM, Outridge PM, Fisk AT, Muir DCG, Helm PA, Hobbs K, Hoekstra PF, Kuzyk ZA, Kwan M, Letcher RJ, Lockhart WL, Norstrom RJ, Stern GA, Stirling I. Review: Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. *Sci Total Environ* 2005; 351–352: 4-56.
- Butler Walker J, Seddon L, McMullen E, Houseman J, Tofflemire K, Corriveau A, Weber JP, Mills C, Smith S, Van Oostdam J. Organochlorine levels in maternal and umbilical cord blood plasma in Arctic Canada. *Sci Total Environ* 2003; 302: 27–52.
- Butler-Walker J, Houseman J, Seddon L, McMullen E, Tofflemire K, Mills C, Corriveau A, Weber JP, LeBlanc A, Walker M, Donaldson SG, Van Oostdam J. Maternal and umbilical cord blood levels of mercury, lead, cadmium, and essential trace elements in Arctic Canada. *Environ Res* 2006; 10(3): 295-318.

- CACAR. In: Jensen J, Adare L, Shearer R, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 1997.
- CACAR. In: Van Oostdam J, Donaldson S, Feeley M, Tremblay N, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2003.
- Calafat AM, Kuklenyik Z, Reidy JA, Caudill SP, Tully JS, Needham LL. Serum concentrations of 11 polyfluoroalkyl compounds in the US population: data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2000. *Environ Sci Technol* 2007a; 41:2237-42.
- Calafat AM, Wong L, Kuklenyik Z, Reidy JA, Needham LL. Polyfluoroalkyl chemicals in the U.S. population: Data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2003-2004 and comparisons with NHANES 1999-2000. *Environ Health Perspect* 2007b; 115 (11):1596-1602.
- Conseil canadien des normes. Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais, 2^e éd., Conseil canadien des normes, ISO/CEI 17025:2006, CCN, CAN-P-4E.
- Conseil canadien des normes. Portée d'accréditation : paramètres d'essais d'aptitude auxquels le fournisseur a été accrédité, Institut national de santé publique du Québec, Centre de toxicologie, Laboratoire de toxicologie, 2007. (Sur Internet : http://palcan.scc.ca/specs/pdf/795_f.pdf).
- CTQ. Evaluation report on the performance of the automated solid phase extraction (ASPE) methodology compared to conventional methods using both electron capture (ECD) and mass spectrometric detection (MSD). (soumis au NCP en juin 2006).
- Dallaire F, Dewailly É, Muckle G, Ayotte P. Time trends of persistent organic pollutants and heavy metals in umbilical cord blood of Inuit infants born in Nunavik (Québec, Canada) between 1994 and 2001. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 1660-64.
- Dewailly É, Ayotte P, Laliberté C, Weber JP, Gingras S, Nantel AJ. Polychlorinated biphenyl (PCB) and dichlorodiphenyl dichloroethylene (DDE) concentrations in the breast milk of women in Quebec. *Am J Public Health* 1996; 86(9):1241-6.
- Dewailly É, Levesque B, Duchesne J, Dumas P, Scheuhammer A, Gariépy C, Rhainds M, Proulx JF. Lead shot as a source of lead poisoning in the Canadian Arctic. *Epidemiol* 2000; 11(4): S146.
- Dewailly É, Daillaire R, Pereg D, Ayotte P, Fontaine J, Déry S. Exposure to Environmental Contaminants in Nunavik: Persistent Organic Pollutants and New Contaminants of Concern. Institut national de santé publique du Québec, Régie régionale de la santé et des services du Nunavik; 2007a. ISBN: 978-2-550-51196 (papier), ISBN: 978-2-550-51995-3 (PDF).
- Dewailly É, Ayotte P, Pereg D, Déry S, Dallaire R, Fontaine J, Côte S. Exposure to Environmental Contaminants in Nunavik: Metals. Institut national de santé publique du Québec, Régie régionale de la santé et des services du Nunavik; 2007b. ISBN 13: 978-2-550-50450-4 (papier), ISBN 13:978-2-550-50449-8 (PDF).
- Dewailly É, Ayotte P, Pereg D, Déry S. Exposure to Metals and Persistent Organic Pollutants in Nunavik: The Nunavik Health Study (Human Health). In: Smith S, Stow J, editors. Ottawa, Ontario, Canada: Synopsis of Research, Conducted under the 2006-2007 Northern Contaminants Program, Department of Indian Affairs and Northern Development; 2007c. p. 21-49.
- Fei C, McLaughlin JK, Tarone RE, Olsen J. Perfluorinated chemicals and fetal growth: a study within the Danish National Birth Cohort. *Environ Health Perspect* 2007; 115:1677-82.
- Fontaine J, Dewailly É, Ayotte P, Pereg D, Déry S, Dallaire R. Variation of mercury, lead and cadmium levels in the Inuit population of Nunavik. Victoria, British Columbia, Canada: 14th Annual Meeting of the Northern Contaminants Program, Victoria; 2006: 1, publication.
- Grandjean P, Budtz-Jorgensen E, White RF, Jorgensen PJ, Weihe P, Debes F, Keiding N. Methylmercury exposure biomarkers as indicators of neurotoxicity in children aged 7 years. *Am J Epidemiol* 1999; 150(3): 301-305.
- Harada K, Saito N, Inoue K, Yoshinaga T, Watanabe T, Sasaki S, Kamiyama S, Koizumi A. The influence of time, sex and geographic factors on levels of perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoate in human serum over the last 25 years. *J Occup Health* 2004; 46:141-147.
- Harrad S, Porter L. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers in blood serum from New Zealand. *Chemosphere* 2006; 66(10): 2019-23.
- Kim BH, Ikononou MG, Lee SJ, Kim HS, Chang YS. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, and polychlorinated biphenyls in human blood samples from Korea. *Sci Total Environ* 2005; 336:45-56.



- Kubwabo C, Vais N, Benoit FM. A pilot study on the determination of perfluorooctanesulfonate and other perfluorinated compounds in blood of Canadians. *J Environ Monit* 2004; 6 (6), 540-45.
- Lévesque B, Duchesne JF, Gariépy C, Rhainds M, Dumas P, Scheuhammer AM, Proulx JF, Déry S, Muckle G, Dallaire F, Dewailly É. Monitoring of umbilical cord blood lead levels and sources assessment among Inuit. *Occup Environ Med* 2003; 60: 693-95.
- Midasch O, Schettgen T, Angerer J. Pilot study on PFOS and PFOA of the German general population. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209: 489-96.
- Morland KB, Landrigan PJ, Sjödin A, Gobeille AK, Jones RS, McGahee EE, Needham LL, Patterson DG Jr. Body burdens of polybrominated diphenyl ethers among urban anglers. *Environ Health Perspect* 2005; 113:1689-92.
- Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Jacobson SW, Jacobson JL. Determinants of polychlorinated biphenyls and methylmercury exposure in Inuit women of childbearing age. *Environ Health Perspect* 2001a; 109(9): 957-63.
- Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Jacobson SW, Jacobson JL. Prenatal exposure of the northern Quebec Inuit infants to environmental contaminants. *Environ Health Perspect* 2001b; 109(12):1291-99.
- Muckle G, Dewailly É, Ayotte P, Jacobson SW, Jacobson JL. Contributions of PCBs, pesticides, MeHg and N-3 fatty acids to fetal growth and motor development in inuit infants Arctic Québec. Honolulu, Hawaii, United States: Twenty-first International Neurotoxicology Conference, Conference Proceedings; 2004.
- Muir DCG, Born EW, Koczensky K, Stern GA. Temporal and spatial trends of persistent organochlorines in Greenland walrus (*Odobenus rosmarus rosmarus*). *Sci Total Environ* 2000; 245:73-86.
- Newsome WH, Ryan JJ. Toxaphene and other chlorinated compounds in human milk from northern and southern Canada. *Chemosphere* 1999; 39(3):519-26.
- NRC. Toxicological effects of methylmercury. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press; 2000.
- Olsen GW, Church TR, Miller JP, Burris JM, Hansen KJ, Lundberg JK, Armitage JB, Herron RM, Medhizadehkashi Z, Nobiletti JB, O'Neill EM, Mandel JH, Zobel LR. Perfluorooctanesulfonate and other fluorochemicals in the serum of American Red Cross adult blood donors. *Environ Health Perspect* 2003; 111(16): 1892-1901.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Cadmium: "Occupational exposure to cadmium; final rules." United States Department of Labour: Federal Register 1992; (57): 42101-42463. Sur Internet : http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=812&p_table=PREAMBLES
- Pereg D, Ryan JJ, Ayotte P, Muckle G, Patry B, Dewailly É. Temporal and spatial changes of brominated diphenyl ethers (BDEs) and other POPs in human milk from Nunavik (Arctic) and southern Québec. *Organohalogen Compd* 2003; 61: 127-30.
- Pereg D. Communication personnelle. Laurier, Québec : Unité de recherche en santé publique, CHUQ-CHUL; 2007.
- Pereg, D, Dewailly, E, Ayotte, P, Muckle, G. Monitoring temporal trends of environmental pollutants in maternal blood in Nunavik. In: Synopsis of Research Conducted under the 2007-2008 Northern Contaminants Program. Department of Indian Affairs and Northern Development, Ottawa, Ontario, Canada; sous presse.
- Potyrala M. Communication personnelle. Department of Health and Social Services, Iqaluit, Nunavut, Canada; 2008.
- Rhainds M, Levallois P, Dewailly É, Ayotte P. Lead, mercury, and organochlorine compound levels in cord blood in Québec, Canada. *Arch Environ Health* 1999; 54(1): 40-7.
- Ryan JJ, Van Oostdam J. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in maternal and cord plasma of several northern Canadian Populations. *Organohalogen Compd* 2004; 66: 2579-85.
- Sandanger TM, Sinotte M, Dumas P, Marchand M, Sandau CD, Pereg D, Bérubé S, Brisson J, Ayotte P. Plasma concentrations of selected organobromine compounds and polychlorinated biphenyls in post-menopausal women of Québec, Canada. *Environ Health Perspect* 2007; 115(10):1429-34.
- Sandau CD, Sjödin A, Davis MD, Barr JR, Maggio VL, Waterman AL, Preston KE, Preau JL Jr, Barr DB, Needham LL, Patterson DG Jr. Comprehensive solid-phase extraction method for persistent organic pollutants. Validation and application to the analysis of persistent chlorinated pesticides. *Anal Chem* 2003; 75: 71-77.
- Santé Canada. Methylmercury in Canada Vol. II, Ottawa, Ontario, Canada: Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, 1984.

- Santé Canada. Foods Directorate Memorandum : Reassessment of PCB Blood Level Guidelines for Medical Services. Ottawa, Ontario, Canada : Direction générale de la protection de la santé; 1986.
- Santé Canada. Update of Evidence for Low-Level Effects of Lead and Blood Lead Intervention Levels and Strategies. Ottawa, Ontario, Canada: Comité fédéral-provincial-territorial de l'hygiène du milieu et du travail, Direction de l'hygiène du milieu; 1994: 42.
- Santé Québec, Jetté, M. (éd.). Et la santé des Inuits, ça va? Rapport de l'enquête Santé Québec auprès des Inuits du Nunavik, Montréal, ministère de la Santé et des Services sociaux, Gouvernement du Québec, 1994.
- Thomas GO, Wilkinson M, Hodson S, Jones KC. Organohalogen chemicals in human blood from the United Kingdom. *Environ Pollution* 2006; 141: 30-41.
- Tittlemier S, Ryan JJ, Van Oostdam J. Presence of anionic perfluorinated organic compounds in serum collected from northern Canadian populations. *Organohalogen Compd* 2004; 66: 4009-14.
- Tittlemier S, Ostertag S, Chan L. Estimation of dietary exposure to perfluorinated carboxylates and sulfonates via consumption of traditional foods. Ottawa, Ontario, Canada: Northern Contaminants Program, Indian and Northern Affairs Canada; 2006.
- Tofflemire K. Inuvik Regional Human Contaminants Monitoring Program: Regional Report. Inuvik, Northwest Territories, Canada: Inuvik Regional Health and Social Services Board; 2000.
- United States Environment Protection Agency (US EPA). Integrated Risk Information System (IRIS) on Methyl mercury. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development: Washington, DC; 1999. (Sur Internet : <http://www.epa.gov/iris/subst/0073.htm>)
- Van Oostdam J, Donaldson SG, Feeley M, Arnold D, Ayotte P, Bondy G, Chan L, Dewailly É, Furgal CM, Kuhnlein HV, Loring E, Muckle G, Myles E, Receveur O, Tracy B, Gill U, Kalhok S. Human health implications of environmental contaminants in Arctic Canada: A review. *Sci Total Environ* 2005; 351-352(1): 165-246.
- Walker J, Van Oostdam J, McMullen E. Human Contaminant Trends in Arctic Canada: Northwest Territories and Nunavut Environmental Contaminants Exposure Baseline. Final Technical Report, Department of Health and Social Services, Government of the Northwest Territories; 2001.
- Weber JP. The AMAP Ring Test: A Laboratory Intercomparison Program for POPs in Human Serum. Tromsø, Norway: AMAP Conference and Workshop: Impacts of POPs and Mercury on Arctic Environments and Humans; 2002.

Chapitre 5

- Abdelrahim M, Ariazi E, Kim K, Khan S, Barhoumi R, Burghardt R, Liu S, Hill D, Finnell R, Wlodarczyk B, Jordan VC, Safe S. 3-Methyl-cholanthrene and other aryl hydrocarbon receptor agonists directly activate estrogen receptor alpha. *Cancer Res* 2006; 66:2459-67.
- Alaee M, Arias P, Sjodin A, Bergman A. An overview of commercially used brominated flame retardants, their applications, their use patterns in different countries/regions and possible modes of release. *Environ Int* 2003; 29(6):683-89.
- Alveblom AK, Rylander L, Johnell O, Hagmar L. Incidence of hospitalized osteoporotic fractures in cohorts with high dietary intake of persistent organochlorine compounds. *Int Arch Occup Environ Health* 2003; 76:246-48.
- Anas MK, Guillemette C, Ayotte P, Pereg D, Giguere F, and Bailey JL. *In utero* and lactational exposure to an environmentally relevant organochlorine mixture disrupts reproductive development and function in male rats. *Biol Reprod* 2005; 73:414-26.
- Apelberg BJ, Witter FR, Herbstman JB, Calafat AM, Halden RU, Needham LL, Goldman LR. Cord serum concentrations of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) in relation to weight and size at birth. *Environ Health Perspect* 2003; 115(11), 1670-76.
- Ayotte, P. Communication personnelle. Direction de la toxicologie humaine – INSPQ, Université Laval, Québec (Qc); 2008.
- Ayukawa H, Lejeune P, Proulx JF. Hearing screening outcomes in Inuit children in Nunavik, Quebec, Canada. *Int J Circumpolar Health* 2004; 63 Suppl 2:309-11.



- Beard J, Marshall S, Jong K, Newton R, Tripplett-McBride T, Humphries B, Bronks R. 1,1,1-trichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl)-ethane (DDT) and reduced bone mineral density. *Arch Environ Health* 2000; 55:177–80.
- Beyrouty P, Chan HM. Co-consumption of selenium and vitamin E altered the reproductive and developmental toxicity of methylmercury in rats. *Neurotoxicol Teratology* 2006; 28:49–58.
- Bilrha H, Roy R, Wagner E, Belles-Isles M, Bailey JL, Ayotte P. Effects of gestational and lactational exposure to organochlorine compounds on cellular, humoral, and innate immunity in swine. *Toxicol Sci* 2004; 77(1):41–50.
- Borges LP, Brandão R, Godoi B, Nogueira CW, Zeni G. Oral administration of diphenyl diselenide protects against cadmium-induced liver damage in rats. *Chemico-Biol Interaction* 2008; 171(1):15–25.
- Bossi R, Riget FF, Dietz R. Temporal and spatial trends of perfluorinated compounds in ringed seal (*Phoca hispida*) from Greenland. *Environ Sci Technol* 2005; 39(19):7416–22.
- Butenhoff JL, Gaylor DW, Moore JA, Olsen GW, Rodricks J, Mandel JH, Zobel LR. Characterization of risk for general population exposure to perfluorooctanoate. *Regul Toxicol Pharmacol* 2004; 39:363–80.
- Butler WJ, Seddon L, McMullen E, Houseman J, Tofflemire K, Corriveau A, Weber JP, Mills C, Smith S, Van Oostdam J. Organochlorine levels in maternal and umbilical cord blood plasma in Arctic Canada. *Sci Total Environ* 2003; 302:27–52.
- Butler WJ, Houseman J, Seddon L, McMullen E, Tofflemire K, Mills C, Corriveau A, Weber JP, LeBlanc A, Walker M. Maternal and umbilical cord blood levels of mercury, lead, cadmium, and essential trace elements in Arctic Canada. *Environ Res* 2006; 100:295–318.
- Butt CM, Muir DCG, Stirling I, Kwan M, Mabury SA. Rapid response of Arctic ringed seals to changes in perfluororalkyl production. *Environ Sci Technol* 2007; 41(1):42–9.
- CACAR. In: Jensen J, Adare L, Shearer R, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 1997.
- Carpenter DO, Arcaro KF, Bush B, Niemi WD, Pang S, Vakharia DD. Human health and chemical mixtures: an overview. *Environ Health Perspect* 1998; 106:1263–70.
- Choi AL, Budtz-Jorgensen E, Jorgensen PJ, Steuerwald U, Debes F, Weihe P, Grandjean P. Selenium as a potential protective factor against mercury developmental neurotoxicity. *Environ Res* 2007; 107(1): 45–52.
- Chu I, Bowers WJ, Caldwell D, Nakai J, Wade MG, Yagminas A, Li N, Moir D, El abbas L, Hakansson H, Gill S, Mueller R, Pulido O. Toxicological effects of *in utero* and lactational exposure of rats to a mixture of environmental contaminants detected in Canadian Arctic human populations. *J Toxicol Environ Health* 2008; 71(2): 93–108.
- Cory-Slechta DA. Studying toxicants as single chemicals: does this strategy adequately identify neurotoxic risk? *Neurotoxicol* 2005; 26:491–510.
- Côté S, Ayotte P, Dodin S, Blanchet C, Mulvad G, Petersen HS, Gingras S, Dewailly É. Plasma organochlorine concentrations and bone ultra- sound measurements: a cross-sectional study in peri- and postmenopausal Inuit women from Greenland. *Environ Health* 2006; 21(5): 33.
- Covance Laboratories, Inc. Final report: 104-week dietary chronic toxicity and carcinogenicity study with perfluorooctane sulfonic acid potassium salt (PFOS; T-6295) in rats. # 6329-183; 2002a.
- Covance Laboratories, Inc. 26-week capsule toxicity study with perfluorooctane sulfonic acid potassium salt (PFOS T-6295) in cynomolgus monkeys. # 6329-223; 2002b.
- Dallaire F, Dewailly É, Muckle G, Vezina C, Jacobson SW, Jacobson JL, Ayotte P. Acute infections and environmental exposure to organochlorines in Inuit infants from Nunavik. *Environ Health Perspect* 2004; 112(14):1359–65.
- Dallaire F, Dewailly É, Vezina C, Muckle G, Webe JP, Bruneau S, Ayotte P. Effect of prenatal exposure to polychlorinated biphenyls on incidence of acute respiratory infections in preschool Inuit children. *Environ Health Perspect* 2006; 114(8):1301–05.
- Darnerud PO, Aune M, Larsson L, Hallgren S. Plasma PBDE and thyroxine levels in rats exposed to Bromkal or BDE-47. *Chemosphere* 2007; 67(9):S386–92.
- DeCastro BR, Korrick SA, Spengler JD, Soto AM. Estrogenic activity of polychlorinated biphenyls present in human tissue and the environment. *Environ Sci Technol* 2006; 40:2819–25.
- Deroo BJ, Korach KS. Estrogen receptors and human disease. *J Clin Invest* 2006; 116:561–70.

- De Rosa CT, el Masri HA, Pohl H, Cibulas W, Mumtaz MM. Implications of chemical mixtures in public health practice. *J Toxicol Environ Health Part B: Crit Rev* 2004; 7:339–50.
- Dewailly É, Ayotte P, Bruneau S, Gingras S, Belles-Isles M, Roy R. Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorines. *Environ Health Perspect* 2000; 108(3):205–11.
- de Wit CA, Alaei M, Muir DCG. Levels and trends of brominated flame retardants in the Arctic. *Chemosphere* 2006; 64:209–33.
- Dufour R. The otitis media among Inuit children. Proposal for a new approach. *Arct Med Res* 1988; 47(suppl 1):659–65.
- Duval B, Thérien NF. Mortalité et morbidité chez les Inuit du Québec arctique. *Recherches amérindiennes au Québec* 1982; 12:41–50.
- El-Sharaky AS, Newairy AA, Badreldeen, Eweda SM, Sheweita SA. Protective role of selenium against renal toxicity induced by cadmium in rats. *Toxicol* 2007; 235(3):185–93.
- Feron VJ, Groten JP. Toxicological evaluation of chemical mixtures. *Food Chem Toxicol* 2002; 40:825–39.
- Genant HK, Cooper C, Poor G, Reid I, Ehrlich G, Kanis J, Nordin BE, Barrett-Connor E, Black D, Bonjour LP, Dawson-Hughes B, Delmas PD, Dequeker J, Ragi-Eis S, Gennary C, Johnell O, Johnston CC Jr, Lau EM, Liberman UA, Lindsay R, Martin TJ, Masri B, Mautalen CA, Meunier PJ, Khaltav N, et al. Interim report and recommendations of the World Health Organization Task-Force for Osteoporosis. *Osteoporosis Int* 1999; 10:259–64.
- Giesy JP, Kannan K. Dioxin-like and non-dioxin-like toxic effects of polychlorinated biphenyls (PCBs): implications for risk assessment. *Crit Rev Toxicol* 1998; 28(6):511–69.
- Gill U, Chu I, Ryan JJ, Feeley M. Polybrominated diphenyl ethers: human tissue levels and toxicology. *Rev Environ Contam Toxicol* 2004; 183: 55–97.
- Hertzberg RC, Teuschler LK. Evaluating quantitative formulas for dose-response assessment of chemical mixtures. *Environ. Health Perspect* 2002; 110 (Suppl. 6):965–970.
- Hites, R. Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: a meta-analysis of concentrations. *Environ Sci Technol* 2004; 38 (4), 945–56.
- Holmes P, Rumsby P, Harrison PT. Endocrine disrupters and menopausal health. *J Br Menopause Soc* 2004; 10:54–9.
- Ikonomou MG, Rayne S, Addison RF. Exponential increases of the brominated flame retardants, polybrominated diphenyl ethers, in the Canadian Arctic from 1981 to 2000. *Environ Sci Technol* 2002; 36:1886–92.
- Jämsä T, Viluksela M, Tuomisto JT, Tuomisto J, Tuukkanen J. Effects of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin on bone in two rat strains with different aryl hydrocarbon receptor structures. *J Bone Miner Res* 2001; 16:1812–20.
- Jansson B, Asplund L, Olsson M. Brominated flame retardants – ubiquitous environmental pollutants? *Chemosphere* 1987; 16: 2343–49.
- Jones-Otazo HA, Clarke JP, Diamond ML, Archbold JA, Ferguson G, Harner T, Richardson GM, Ryan JJ, Wilford B. Is house dust the missing exposure pathway for PBDEs? An analysis of the urban fate and human exposure to PBDEs. *Environ Sci Technol* 2005; 39 (14), 5121–30.
- Jin X, Lok E, Bondy G, Caldwell D, Mueller R, Kapal K, Armstrong C, Taylor M, Kubow S, Mehta R, Chan HM. Modulating effects of dietary fats on methylmercury toxicity and distribution in rats. *Toxicol* 2007; 230(1):22–44.
- Julien G, Baxter JD, Crago M, Ilecki HJ, Thérien F. Chronic otitis media and hearing deficit among native children of Kuujuaaraapik (Northern Quebec): a pilot project. *Can J Public Health* 1987; 78:57–62.
- Kharat I, Saatcioglu F. Antiestrogenic effects of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin are mediated by direct transcriptional interference with the liganded estrogen receptor. Cross-talk between aryl hydrocarbon- and estrogen-mediated signaling. *J Biol Chem* 1996; 271:10533–37.
- Krishnan V, Safe S. Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-p-dioxins (PCDDs), and dibenzofurans (PCDFs) as antiestrogens in MCF-7 human breast cancer cells: quantitative structure-activity relationships. *Toxicol Appl Pharmacol* 1993; 120:55–61.
- Lane NE. Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *Am J Obstet Gynecol* 2006; 194 Suppl 2:S3–11.
- Lau C, Anitole K, Hodes C, Lai D, Pfahles-Hutchens A, Seed J. Perfluoroalkyl acids: A review of monitoring and toxicological findings. *Toxicol Sci* 2007; 99(2), 366–94.



- Lebeuf M., Gouteux B, Measures L, Trottier S. Levels and temporal trends (1988-1999) of polybrominated diphenyl ethers in beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. *Environ Sci Technol* 2004; 38(11):2971–77.
- Lind PM, Eriksen EF, Sahlin L, Edlund M, Orberg J. Effects of the antiestrogenic environmental pollutant 3,3',4,4',5-pentachlorobiphenyl (PCB #126) in rat bone and uterus: diverging effects in ovariectomized and intact animals. *Toxicol Appl Pharmacol* 1999; 154:236–44.
- Lind PM, Larsson S, Oxlund H, Hakansson H, Nyberg K, Eklund T, Orberg J. Change of bone tissue composition and impaired bone strength in rats exposed to 3,3',4,4',5-pentachlorobiphenyl (PCB126). *Toxicol* 2000; 150:41–51.
- Lorber M. Exposure of Americans to polybrominated diphenyl ethers. *J Exp Sci Environ Epi* 2008; 18:2–19.
- Martin JW, Smithwick MM, Braune BM, Hoekstra PF, Muir DCG, Mabury SA. Identification of long-chain perfluorinated acids in biota from the Canadian Arctic. *Environ Sci Technol* 2004; 38(2):373–80.
- Morse DC, Seegal RF, Borsch KO, Brouwer A. Long-term alterations in regional brain serotonin metabolism following maternal polychlorinated biphenyl exposure in the rat. *Neurotoxicol* 1996; 17:631–38 (1996).
- Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Jacobson SW, Jacobson JL. Prenatal exposure of the northern Quebec Inuit infants to environmental contaminants. *Environ Health Perspect* 2001; 109(12):1291–99.
- Mumtaz MM, De Rosa CT, Durkin PR. Approaches and challenges in risk assessments of chemical mixtures. In: Yang RSH, editor. *Toxicology of Chemical Mixtures: Case Studies, Mechanisms, and Novel Approaches*. Academic Press, New York, 1994, pp. 565–97.
- North American Menopause Society (NAMS). Management of osteoporosis in postmenopausal women: position statement of The North American Menopause Society. *Menopause* 2006; 13:340–67.
- Olsen GW, Mair DC, Reagen WK, Ellefson ME, Ehresman DJ, Butenhoff JL, Zobel LR. Preliminary evidence of a decline in perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) concentrations in American Red Cross blood donors. *Chemosphere* 2007; 68, 105–11.
- Padhi BK, Pelletier G, Williams A, Berndt-Weis L, Yauk C, Bowers WJ, Chu I. Gene expression profiling in rat cerebellum following *in utero* and lactational exposure to mixtures of methylmercury, polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides. *Toxicol Lett* 2008; 176(2):93–103.
- Prevedouros K, Jones KC, Sweetman AJ. Estimation of the production, consumption, and atmospheric emissions of pentabrominated diphenyl ether in Europe between 1970 and 2000. *Environ Sci Technol* 2004; 38 (12), 3224–31.
- Proulx JF. Toward healthy communities on Hudson coast. Povungnituk, Québec, Canada: Inulitsivik Health Centre; 1988.
- Riget F, Vorkamp K, Dietz R, Rastogi SC. Temporal trend studies on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in ringed seals from Eastern Greenland. *J Environ Monit* 2006; 8:1000–05.
- Ritter L, Arbuckle TE. Can exposure characterization explain concurrence or discordance between toxicology and epidemiology? *Toxicol Sci* 2007; 97(2):241–52.
- Ryan JJ, Patry B, Mills P, Beaudoin NG. Recent trends in levels of brominated diphenyl ethers (BDEs) in human milks from Canada. *Organohalogen Compd* 2002; 58: 173–76.
- Santé Québec. Et la santé des Inuits, ça va? Rapport de l'Enquête Santé Québec auprès des Inuits du Nunavik, 1992, Montréal (Québec), Canada, ministère de la Santé et des Services sociaux, Gouvernement du Québec, 1994.
- Seegal, R F. Neurochemical effects of co-planar and non-coplanar polychlorinated biphenyls. *Neurotoxicol Teratol* 1998; 20:349–350.
- Simmons JE. Chemical mixtures: challenge for toxicology and risk assessment. *Toxicol* 1995; 105:111–19. Society of Toxicology. How do you define toxicology? Communiqué Newsletter: special issue; 2005. (Sur Internet : http://www.toxicology.org/AI/PUB/SI05/SI05_Define.asp).
- Steinmetz R, Young PC, Caperell-Grant A, Gize EA, Madhukar BV, Ben-Jonathan N, Biqsy RM: Novel estrogenic action of the pesticide residue beta-hexachlorocyclohexane in human breast cancer cells. *Cancer Res* 1996; 56:5403–09.
- Stern N, Trossvik C, Bowers WJ, Nakai JS, Chu I, Hakansson H. Perinatal Exposure to a Mixture of Persistent Pollutants based on Blood Profiles of Arctic Populations affects Bone Parameters in 35 days old rats. *Organohalogen Compd* 2004; 66:3048–51.

- Stringari J, Nunes A, Franco JL, Bohrer D, Garcia SC, Dafre AL, Milatovic D, Souza DO, Rocha J, Aschner M, Farinae M. Prenatal methylmercury exposure hampers glutathione antioxidant system ontogenesis and causes long-lasting oxidative stress in the mouse brain. *Toxicol Appl Pharmacol* 2007.
- Teuschler LK. Deciding which chemical mixtures risk assessment methods work best for what mixtures. *Toxicol Appl Pharmacol* 2007; 223(2): 139–47.
- Tittlemier SA, Pepper K, Seymour C, Moisey J, Bronson R, Cao X-L, Dabeka RW. Dietary exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging. *J Agric Food Chem* 2007; 18; 55(8):3203–10.
- Van Oostdam J, Donaldson SG, Feeley M, Arnold D, Ayotte P, Bondy G, Chan L, Dewailly É, Furgal CM, Kuhnlein H, Loring E, Muckle G, Myles E, Receveur O, Tracy B, Gill U, Kalhok S. Human health implication of environmental contaminants in Arctic Canada: A review. *Sci Total Environ* 2005; 351-52:165–246.
- Yang RS, Hong HL, Boorman GA. Toxicology of chemical mixtures: experimental approaches, underlying concepts, and some results. *Toxicol Lett* 1989; 49:183–97.
- Bitman J, Cecil HC. Estrogenic activity of DDT analogs and polychlorinated biphenyls. *J Agric Food Chem* 1970; 18(6): 1108-12.
- Blanchet C, Dewailly É, Ayotte P, Bruneau S, Receveur O, Holub BJ. Contribution of selected traditional and market foods to the diet of Nunavik Inuit women. *Can J Diet Pract Res* 2000; 61(2):50-9.
- Blanchet C and Rochette L. Nutrition and food consumption among the Inuit of Nunavik. Nunavik Health Survey 2004. INSPQ and Nunavik Board of Health and Social Services; 2008.
- Blankenberg S, Rupprecht HJ, Bickel C, Torzewski M, Hafner G, Tiret L, Smieja M, Cambien F, Myer J, Lackner KJ. Glutathione peroxidase 1 activity and cardiovascular events in patients with coronary artery disease. *New Engl J Med* 2003; 349(17): 1605-13.
- Bjerregaard P, Hansen JC. Organochlorines and heavy metals in pregnant women from the Disko Bay area in Greenland. *Sci Total Environ* 2000; 245:195-202.
- Burdge GC, Calder PC. Conversion of alpha-linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reprod Nutr Dev* 2005; 45:581-97.
- Bliznakov EG. From sharks to coenzyme Q10. *Adv Exp Med Biol* 1976; 73: 441-50.
- Bonde JP, Toft G, Rylander L, Rignell-Hydbom A, Giwercman A, Spano M, Manicardi GC, Bizzaro D, Ludwicki JK, Zvyzday V, Bonefeld-Jørgensen EC, Pedersen HS, Jönsson BAG, Thulstrup AM, INUENDO. Fertility and markers of male reproductive function in Inuit and European populations spanning large contrasts in blood levels of persistent organochlorines. *Environ Health Perspect* 2008; 116(3): 269-77.
- CACAR. In: Van Oostdam J, Donaldson S, Feeley M, Tremblay N, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2003.
- Cameron C, Dallaire F, Vezina C, Muckle G, Bruneau S, Ayotte P, Dewailly É. Neonatal vitamin A deficiency and its impact on acute respiratory infections among preschool Inuit children. *Can J Public Health* 2008; 99(2):102-6.
- Chiodo LM, Jacobson SW, Jacobson JL. Neurodevelopmental effects of postnatal lead exposure at very low levels. *Neurotoxicol Teratology* 2004; 26:359-71.
- Clarkson TW, Strain JJ. Nutritional factors may modify the toxic action of methyl mercury in fish-eating populations. *J Nutr* 2003; 133:1539S-43S.
- Axtell CD, Cox C, Myers GJ, Davidson PW, Choi AL, Cernichiari E, Clarkson TW, Shamlaya CF, Sloane-Reeves J. Association between methylmercury exposure from fish consumption and child development at five and a half years of age in the Seychelles Child Development Study: an evaluation of non-linear relationships. *Environ Res* 2000; 84: 71-80.
- Bélanger MC, Julien P, Berthiaume L, Noël M, Mirault ME, Dewailly É. Mercury, fish consumption and the risk of cardiovascular diseases in Inuit of Nunavik. *Can J Cardiol* 2003;19 (Suppl A) : 133-34.
- Bélanger MC, Dewailly E, Berthiaume L, Noël M, Bergeron J, Mirault ME, Julien P. Dietary contaminants and oxidative stress in Inuit of Nunavik. *Metabol* 2006; 55(8): 989-95.
- Bélanger MC, Mirault MÉ, Dewailly É, Berthiaume L, Julien P. Environmental contaminants and redox status of coenzyme Q10 and vitamin E in an Inuit population. (Soumis).



- Cordier S, Garel M, Mandereau L, Morcel H, Doineau P, Gosme-Seguret S, White R, Josse D, and Amiel-Tison C. Neurodevelopmental investigations among methylmercury-exposed children in French Guiana. *Environ Res* 2002; 89:1-11.
- Côté S, Ayotte P, Dodin S, Blanchet C, Mulvad G, Petersen HS, Gingras S, Dewailly É. Plasma organochlorine concentrations and bone ultrasound measurements : a cross-sectional study in peri- and postmenopausal Inuit women from Greenland. *Environ Health* 2006; 5: 33.
- Counter SA. Neurophysiological anomalies in brainstem responses of mercury-exposed children of Andean gold miners. *J Occup Environ Med* 2003; 45:87-95.
- Crump KS, Kjellstrom T, Shipp AM, Silvers A, Stewart A. Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance: Benchmark analysis of a New Zealand cohort. *Risk Anal* 1998; 18:701-13.
- Dallaire F, Dewailly É, Muckle G, Ayotte P. Time trends of persistent organic pollutants and heavy metals in umbilical cord blood of Inuit infants born in Nunavik (Québec, Canada) between 1994 and 2001. *Environ Health Perspect* 2003; 111:1660-64.
- Dallaire F, Dewailly É, Muckle G, Vézina C, Jacobson SW, Jacobson JL, Ayotte P. Acute infections and environmental exposure to organochlorines in Inuit infants from Nunavik. *Environ Health Perspect* 2004;112(14):1359-65.
- Dallaire F, Dewailly É, Vézina C, Muckle G, Weber JP, Bruneau S, Ayotte P. Effect of prenatal exposure to polychlorinated biphenyls on incidence of acute respiratory infections in preschool Inuit children. *Environ Health Perspect* 2006a; 114(8):1301-5.
- Dallaire F, Dewailly É, Vézina C, Bruneau S, Ayotte P. Portrait of outpatient visits and hospitalizations for acute infections in Nunavik preschool children. *Can J Public Health* 2006b; 97(5):362-68.
- Daniels JL, Longnecker MP, Klebanoff MA, Gray KA, Brock JW, Zhou H, Needham LL, Chen Z. Prenatal exposure to low-level polychlorinated biphenyls in relation to mental and motor development at 8 months. *Am J Epidemiol* 2003; 157, 485-92.
- Darvill T, Lonky E, Reihman J, Stewart P, Pagano J. Prenatal exposure to PCBs and infant performance on the Fagan Test of Infant Intelligence. *Neurotoxicol* 2000; 21:1029-38.
- Davidson PW, Tanner MA, Sloane-Reeves J, Shamlaye CF, Myers GJ, Marsh DO, Cox C, Clarkson TW, Choisy O, Choi A, Cernichiari E, Berlin M. Longitudinal neurodevelopmental study of Seychellois children following *in utero* exposure to methylmercury from maternal fish ingestion: outcomes at 19 and 29 months. *Neurotoxicol* 1995;16:677-88.
- Davidson PW, Axtell C, Needham L, Wang Y, Tanner MA, Sloane-Reeves J, Shamlaye C, Myers GJ, Marsh DO, Cox C, Clarkson TW, Choisy O, Choi A, Cernichiari E, Berlin M. Effects of prenatal and postnatal methylmercury exposure from fish consumption on neurodevelopment: outcomes at 66 months of age in the Seychelles Child Development Study. *J Am Med Assoc* 1998; 280:701-07.
- Davidson PW, Cernichiari E, Clarkson TW, Cox C, Myers GJ, Palumbo D, Shamlaye CF, Sloane-Reeves J, Wilding GE. Neurodevelopmental outcomes of Seychellois children from the pilot cohort at 108 months following prenatal exposure to methylmercury from a maternal fish diet. *Environ Res* 2000; 84:1-11.
- Davis DW, Chang F, Burns B, Robinson J, Dossett D. Lead exposure and attention regulation in children living in poverty. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46: 825-31.
- Debes F, Budtz-Jorgensen E, Weihe P, White RF, Grandjean P. Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at age 14 years. *Neurotoxicol Teratology* 2006; 28: 363-75.
- Despres C, Ayotte P, Beuter A, Dewailly É, Muckle G, Poitras K, Richer F, Saint-Amour D, Veilleux A. Neuromotor functions in Inuit preschool children exposed to Pb, PCBs, and Hg. *Neurotoxicol Teratology* 2005; 27: 245-57.
- Deutch B, Pedersen HS, Asmund G, Hansen JC. Contaminants, diet, plasma fatty acids and smoking in Greenland 1999-2005. *Sci Total Environ* 2007; 372:486-96.
- Dewailly É, Ayotte P, Bruneau S, Laliberte C, Muir DC, Norstrom RJ. Inuit exposure to organochlorines through the aquatic food chain in Arctic Quebec. *Environ Health Perspect* 1993; 101(7):618-20.
- Dewailly É, Ayotte P, Bruneau S, Laliberté C, Gingras S, Belles-Isles M, Roy R. Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorines. *Environ Health Perspect* 2000; 108: 205-11.
- Dewailly É, Blanchet C, Lemieux S, Sauve L, Gingras S, Ayotte P, Holub BJ. n-3 Fatty acids and cardiovascular disease risk factors among the Inuit of Nunavik. *Am J Clin Nutr* 2001; 74(4): 464-73.

- Dietrich KN, Krafft KM, Bier M, Berger O, Succop PA, Bornschein RL. Neurobehavioral effect of fetal lead exposure: the first year of life. In: Smith M, Grant LD, editors. *MTP Press, Lancaster, England: Lead Exposure and Child Development: An International Assessment*; 1989. p. 320–31.
- Fein GG, Jacobson JL, Jacobson SW, Schwartz PM, Dowler JK. Prenatal exposure to polychlorinated-biphenyls—Effects on birth size and gestational age. *J Pediatr* 1984; 105: 315–20.
- Finkelstein Y, Markowitz ME, Rosen JF. Low-level lead-induced neurotoxicity in children: an update on central nervous system effects. *Brain Res Rev* 1998; 27: 168–76.
- Foldspang A, Hansen JC. Dietary-intake of methylmercury as a correlate of gestational length and birth-weight among newborns in Greenland. *Am J Epidemiol* 1990; 132: 310–17.
- Fraser S, Muckle G, Despres C. The relationship between lead exposure, motor function and behaviour in Inuit preschool children. *Neurotoxicol Teratology* 2006; 28: 18–27.
- Galinier M, Pathak A, Fourcade J, Androia C, Curnier D, Varnous S, Boveda S, Massabuau P, Fauvel M, Senard JM, Bounhoure JP. Depressed low frequency power of heart rate variability as an independent predictor of sudden death in chronic heart failure. *Eur Heart J* 2000; 21: 475–82.
- Gerster H. Can adults adequately convert alpha-linolenic acid (18:3n-3) to eicosapentaenoic acid (20:5n-3) and docosahexaenoic acid (22:6n-3). *Int J Vitam Nutr Res* 1998; 68: 159–73.
- Gladen BC, Rogan WJ, Hardy P, Thullen J, Tingelstad J, Tully M. Development after exposure to polychlorinated-biphenyls and dichlorodiphenyl dichloroethene transplacentally and through human milk. *J Pediatr* 1988; 113: 991–95.
- Gladen BC, Rogan WJ. Effects of perinatal polychlorinated-biphenyls and dichlorodiphenyl dichloroethene on later development. *J Pediatr* 1991; 119: 58–63.
- Gladen BC, Ragan NB, Rogan WJ. Pubertal growth and development and prenatal and lactational exposure to polychlorinated biphenyls and dichlorodiphenyl dichloroethene. *J Pediatr* 2000; 136: 490–96.
- Gladen BC, Shkiryak-Nyzhnyk ZA, Chyslovska N, Zadorozhnaja TD, Little RE. Persistent organochlorine compounds and birth weight. *Ann Epidemiol* 2003; 13: 151–57.
- Grandjean P, Weihe P, Jorgensen PJ, Clarkson T, Cernichiari E, Videro T. Impact of maternal seafood diet on fetal exposure to mercury, selenium, and lead. *Arch Environ Health* 1992; 47:185–95.
- Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F, Araki S, Yokoyama K, Murata K, Dahl R, Sorensen N, Jørgensen PJ. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratology* 1997; 19: 417–28.
- Grandjean P, Weihe P, White RF, Debes F. Cognitive performance of children prenatally exposed to “safe” levels of methylmercury. *Environ Res* 1998; 77: 165–72.
- Grandjean P, White RF, Nielsen A, Cleary D, De Oliveira Santos EC. Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining. *Environ Health Perspect* 1999; 107(7): 587–91.
- Grandjean P, Bjerre KS, Weihe P, Steuerwald U. Birthweight in a fishing community: Significance of essential fatty acids and marine food contaminants. *Int J Epidemiol* 2001a; 30:1272–78.
- Grandjean P, Weihe P, Burse VW, Needham LL, Storr-Hansen E, Heinzow B, Debes F, Budtz-Jørgensen E, Ellefsen P, Keiding N, Murata K, Simonsen H, White RF. Neurobehavioral deficits associated with PCB in 7-year-old children prenatally exposed to seafood neurotoxins. *Neurotoxicol Teratology* 2001b; 23: 305–17.
- Grandjean P, Budtz-Jørgensen E, Steuerwald U, Heinzow B, Needham LL, Jørgensen PJ, Weihe P. Attenuated growth of breastfed children exposed to increased concentrations of methylmercury and polychlorinated biphenyls. *Faseb J* 2003; 17:699–701.
- Grandjean P, Murata K, Budtz-Jørgensen E, Weihe P. Cardiac autonomic activity in methylmercury neurotoxicity: 14-year follow-up of a Faroese birth cohort. *J Pediatr* 2004; 144: 169–76.
- Guallar E, Sanz-Gallardo MI, van't Veer P, Bode P, Aro A, Gómez-Aracena J, Kark JD, Martin-Moreno JM, Riemersma RA, Kok FJ. Mercury, fish oils, and the risk of myocardial infarction. *New Engl J Med* 2002; 347:1747–54.
- Hansen ON, Trillingsgaard A, Beese I, Lyngbye T, Grandjean P. A neuropsychological study of children with elevated dentine lead level: assessment of the effect of lead in different socio-economic groups. *Neurotoxicol Teratology* 1989; 11:205–13.

- Hansen JC, Deutch B, Pedersen HS. Selenium status in Greenland Inuit. *Sci.Total Environ* 2004; 331, 207-14.
- Heilmann C, Grandjean P, Weihe P, Nielsen F, Budtz Jorgensen E. Reduced antibody responses to vaccinations in children exposed to polychlorinated biphenyls. *Public Libr Sci Med* 2006; (8): e311.
- Helland IB, Saugstad OD, Smith L, Saarem K, Solvoll K, Ganes T, Drevon CA. Similar effects on infants of n-3 and n-6 fatty acids supplementation to pregnant and lactating women. *Pediatr* 2001; 108, E82.
- Hertz-Picciotto I, Charles MJ, James RA, Keller JA, Willman E, Teplin S. *In utero* polychlorinated biphenyl exposures in relation to fetal and early childhood growth. *Epidemiol* 2005; 16: 648-56.
- Hibbeln JR, Ferguson TA, Blasbalg TL. Omega-3 fatty acid deficiencies in neurodevelopment, aggression and autonomic dysregulation: opportunities for intervention. *Int Rev Psychiatr* 2006; 18, 107-18.
- Innis SM. Polyunsaturated fatty acids in human milk: an essential role in infant development. *Adv Exp Med Biol* 2004; 554, 27-43.
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium and Carotenoids. National Academy of Sciences. Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Washington (DC): National Academies Press; 2000. (Sur Internet : <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309069351>).
- Jacobson SW, Fein GG, Jacobson JL, Schwartz PM, Dowler JK. The effect of intrauterine PCB exposure on visual recognition memory. *Child Dev* 1985; 56: 853-60.
- Jacobson JL, Jacobson SW, Humphrey HEB. Effects of exposure to PCBs and related-compounds on growth and activity in children. *Neurotoxicol Teratology* 1990; 12: 319-26.
- Jacobson JL, Jacobson SW, Padgett RJ, Brumitt GA, Billings RL. Effects of prenatal PCB exposure on cognitive processing efficiency and sustained attention. *Dev Psychol* 1992; 28: 297-306.
- Jacobson JL, Jacobson SW. A 4-year follow-up study of children born to consumers of Lake Michigan fish. *J G Lakes Res* 1993; 19: 776-83.
- Jacobson JL, Jacobson SW, Muckle G, Ayotte P, Dewailly É. Beneficial effects of a polyunsaturated fatty acid on infant development: Evidence from the Inuit of Arctic Quebec. *J Pediatr* 2008; 152(3): 356-64. Epub 2007 Oct 22.
- Kataoka M, Ito C, Sasaki H, Yamane K, Kohno N. Low heart rate variability is a risk factor for sudden cardiac death in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 2004; 64: 51-8.
- Kelce WR, Stone CR, Laws SC, Gray LE, Kemppainen JA, Wilson EM. Persistent DDT metabolite p,p'-DDE is a potent androgen receptor antagonist. *Nat* 1995; 375(6532): 581-5.
- Kjellstrom TE, Reeves RL, Mitchell JW. Comparison of mercury in hair with fish eating habits of children in Auckland. *Community Health Stud* 1982; 6: 57-63.
- Koopman-Esseboom C, Huisman M, Weisglas-Kuperus N, Boersma ER, De Ridder MAJ, Van der Paauw CG, Tuinstra LGM, Sauer PJJ. Dioxin and PCB levels in blood and human milk in relation to living areas in the Netherlands. *Chemosphere* 1994; 29: 2327-38.
- Koopman-Esseboom C, Weisglas-Kuperus N, De Ridder MAJ, Van Der Paauw CG, Tuinstra LGM, Sauer PJJ. Effects of polychlorinated biphenyl/ dioxin exposure and feeding type on infants' mental and psychomotor development. *Pediatr* 1996; 97: 700-06.
- Kruger C, Lahm T, Zugck C, Kell R, Schellberg D, Schweizer MWF, Kübler W, Haass M. Heart rate variability enhances the prognostic value of established parameters in patients with congestive heart failure. *Z Kardiol* 2002; 91:1003-12.
- La Rovere MT, Pinna GD, Maestri R, Mortara A, Capomolla S, Febo O, Ferrari R, Franchini M, Gnemmi M, Opasich C, Riccardi PG, Traversi E, Cobelli F. Short-term heart rate variability strongly predicts sudden cardiac death in chronic heart failure patients. *Circ* 2003; 107:565-70.
- LeBel CP, Ali SF, McKee M, Bondy SC. Organometal-induced increases in oxygen reactive species: the potential of 2',7'-dichlorofluorescein diacetate as an index of neurotoxic damage. *Toxicol Appl Pharmacol* 1990; 104(1):17-24.
- Longnecker MP, Klebanoff MA, Brock JW, Zhou H, Gray KA, Needham LL, Wilcox AJ. Maternal serum level of 1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethylene and risk of cryptorchidism, hypospadias, and polythelia among male male offspring. *Am J Epidemiol* 2002; 155(4):313-22.

- Longnecker MP, Wolff MS, Gladen BC, Brock JW, Grandjean P, Jacobson JL, Korrick SA, Winneke G, Weisglas-Kuperus N, Stewart P, Rogan WJ, Pagano JJ, Jacobson SW, Hertz-Picciotto I, Heinzow B, Dewailly É, Charles MJ, Boersma ER, Ayotte P, Jensen AA. Comparison of polychlorinated biphenyl levels across studies of human neurodevelopment. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 65-70.
- Lucas M, Dewailly É, Muckle G, Ayotte P, Bruneau S, Gingras S, Rhainds M, Holub BJ. Gestational age and birth weight in relation to n-3 fatty acids among Inuit (Canada). *Lipids* 2004; 39:617-26.
- Lund BO, Miller DM, Woods JS. Studies on Hg(II)-induced H₂O₂ formation and oxidative stress in vivo and *in vitro* in rat kidney mitochondria. *Biochem Pharmacol* 1993; 45:2017-24.
- Mäkilä TH, Huikuri HV, Mäkilä A, Sourander LB, Mitrani RD, Castellanos A, Myerburg RJ. Prediction of sudden cardiac death by fractal analysis of heart rate variability in elderly subjects. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37(5):1395-402.
- Mariussen E, Myhre O, Reistad T, Fonnum F. The polychlorinated biphenyl mixture aroclor 1254 induces death of rat cerebellar granule cells: the involvement of the N-methyl-D-aspartate receptor and reactive oxygen species. *Toxicol Appl Pharmacol* 2002; 179(3):137-44.
- Marszalek JR, Kitidis C, Dirussoand CC, Lodish HF. Long-chain acyl-CoA synthetase 6 preferentially promotes DHA metabolism. *J Biol Chem* 2005; 280: 10817-826.
- Marszalek JR, Lodish HF. Docosahexaenoic acid, fatty acid-interacting proteins, and neuronal function: breastmilk and fish are good for you. *Annu Rev Cell Dev Biol* 2005; 21: 633-6 57.
- McNamara RK, Carlson SE. Role of omega-3 fatty acids in brain development and function: potential implications for the pathogenesis and prevention of psychopathology. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 2006; 75: 329-49.
- Miller ER III, Pastor-Barriuso R, Dalal D, Riemersma RA, Appel LJ, Guallar E. Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality. *Ann Intern Med* 2005; 142: 37-46.
- Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Jacobson SW, Jacobson JL. Determinants of polychlorinated biphenyls and methylmercury exposure in Inuit women of childbearing age. *Environ Health Perspect* 2001a; 109: 957-63.
- Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Jacobson SW, Jacobson JL. Prenatal exposure of the northern Quebec Inuit infants to environmental contaminants. *Environ Health Perspect* 2001b; 109: 1291-99.
- Muckle G, Dewailly É, Ayotte P, Jacobson SW, Jacobson JL. Contributions of PCBs, pesticides, MeHg and n-3 fatty acids to fetal growth and motor development in Inuit infants in Arctic Quebec. *Neurotoxicol* 2004; 25: 672-72.
- Murata K, Weihe P, Araki S, Budtz-Jørgensen E, Grandjean P. Evoked potentials in Faroese children prenatally exposed to methylmercury. *Neurotoxicol Teratology* 1999a; 21:471-72.
- Murata K, Weihe P, Araki S, Budtz-Jørgensen E, Grandjean P. Delayed evoked potentials in children exposed to methylmercury from seafood. *Neurotoxicol Teratol* 1999b; 21:343-48.
- Murata K, Grandjean P, Dakeishi M. Neurophysiological evidence of methylmercury neurotoxicity. *Am J Ind Med* 2007; 50(10): 765-71.
- Murata K, Weihe P, Budtz-Jørgensen E, Jørgensen PJ, Grandjean P. Delayed brainstem auditory evoked potential latencies in 14-year-old children exposed to methylmercury. *J Pediatr* 2004; 144: 177-83.
- Myers GJ, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Tanner MA, Choisy O, Sloane-Reeves J, Berlin M, Cernichiari E, Choi A, Marsh DO, Clarkson TW. Neurodevelopmental outcomes of Seychellois children sixty-six months after *in utero* exposure to methylmercury from a maternal fish diet: pilot study. *Neurotoxicol* 1995a; 16: 639-52.
- Myers GJ, Marsh DO, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Tanner M, Choi A, Cernichiari E, Choisy O, Clarkson TW. Main neurodevelopmental study of Seychellois children following *in utero* exposure to methylmercury from a maternal fish diet: outcome at six months. *Neurotoxicol* 1995b; 16: 653-64.
- Myers GJ, Marsh DO, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Tanner M, Choi A, Cernichiari E, Choisy O, Clarkson TW. Effects of prenatal methylmercury exposure from a high fish diet on developmental milestones in the Seychelles Child Development Study. *Neurotoxicol* 1997; 18: 819-29.
- Myers GJ, Davidson PW, Cox C, Shamlaye CF, Cernichiari E, Clarkson TW. Twenty-seven years studying the human neurotoxicity of methylmercury exposure. *Environ Res* 2000a; 83: 275-85.

- Myers GJ, Davidson PW, Palumbo D, Shamlaye CF, Cox C, Cernichiari E, Clarkson TW. Secondary analysis from the Seychelles Child Development Study: the child behavior checklist. *Environ Res* 2000b; 84:12-19.
- Nakajima S, Saijo Y, Kato S, Sasaki S, Uno A, Kanagami N, Hirakawa H, Hori T, Iida T, Nakamura Y, Sata F, Sengoku Y, Tobiishi K, Todaka T, Yanagiya S, Kishi R. Effects of prenatal exposure to polychlorinated biphenyls and dioxins on mental and motor development in Japanese children at 6 months of age. *Environ Health Perspect* 2006; 114:773-78.
- Novák J, Benísek M, Hilscherová K. Disruption of retinoid transport, metabolism and signaling by environmental pollutants. *Environ Int* 2008; 34(6):898-913.
- Odland JO, Nieboer E, Romanova N, Thomassen Y, Lund E. Blood lead and cadmium and birth weight among sub-arctic and arctic populations of Norway and Russia. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1999; 78: 852-60.
- Oka T, Matsukura M, Okamoto M, Harada N, Kitano T, Miike T, Futatsuka M. Autonomic nervous functions in fetal type Minamata disease patients: assessment of heart rate variability. *Tohoku J Exp Med* 2002; 198: 215-21.
- Olsen SF, Grandjean P, Weihe P, Videro T. Frequency of seafood intake in pregnancy as a determinant of birth-weight -Evidence for a dose-dependent relationship. *J Epidemiol Community Health* 1993; 47: 436-40.
- Padich RA, Dietrich KN, Pearson DT. Attention, activity level, and lead exposure at 18 months. *Environ Res* 1985; 38:137-43.
- Park ST, Lim KT, Chung YT, Kim SU. Methylmercury-induced neurotoxicity in cerebral neuron culture is blocked by antioxidants and NMDA receptor antagonists. *Neurotoxicol* 1996; 17(1):37-45.
- Patandin S, Koopman-Esseboom C, de Ridder MA, Weisglas-Kuperus N, Sauer PJ. Effects of environmental exposure to polychlorinated biphenyls and dioxins on birth size and growth in Dutch children. *Pediatr Res* 1998; 44: 538-45.
- Pawlosky RJ, Hibbeln JL, Novotny JA, Salem N Jr. Physiological compartmental analysis of alpha-linolenic acid metabolism in adult humans. *J Lipid Res* 2001; 42: 1257-65.
- Pedersen EB, Jorgensen ME, Pedersen MB, Siggaard C, Sørensen TB, Mulvad G, Hansen JC, Asmund G, Skjoldborg H. Relationship between mercury in blood and 24-h ambulatory blood pressure in Greenlanders and Danes. *Am J Hypertension* 2005; 18: 612-18.
- Plusquellec P, Muckle G, Dewailly É, Ayotte P, Jacobson SW, Jacobson JL. The relation of low-level prenatal lead exposure to behavioral indicators of attention in Inuit infants in Arctic Québec. *Neurotoxicol Teratol* 2007; 29 (5): 527-37.
- Ramirez GB, Cruz MCV, Pagulayan O, Ostrea E, Dalisay C. The Tagum study I: Analysis and clinical correlates of mercury in maternal and cord blood, breast milk, meconium, and infants' hair. *Pediatr* 2000; 106: 774-81.
- Rayman MP. The importance of selenium to human health. *Lancet* 2000; 356(9225): 233-41.
- Receveur O, Kuhnlein HV. Sources of bias in estimates of calcium and vitamin A intakes of Indigenous peoples in the Northwest Territories, Canada. *Int J Circumpolar Health* 1998; 57(1): 215-8.
- Richardson AJ. The importance of omega-3 fatty acids for behaviour, cognition and mood. *Scand J Work Nutr* 2003; 47: 92-8.
- Richardson AJ. Omega-3 fatty acids in ADHD and related neurodevelopmental disorders. *Int Rev Psychiatr* 2006; 18, 155-72.
- Rogan WJ, Gladen BC, McKinney JD. Neonatal effects of trans-placental exposure to PCBs and DDE. *J Pediatr* 1986; 109: 335-41.
- Ryu JH, Lee Y, Han SK, Kim HY. The role of hydrogen peroxide produced by polychlorinated biphenyls in PMR1-deficient yeast cells. *J Biochem (Tokyo)* 2003; 134(1): 137-42.
- Saint-Amour D, Roy MS, Bastien C, Ayotte P, Dewailly É, Despres C, Gingras S, Muckle G. Alterations of visual evoked potentials in preschool Inuit children exposed to methylmercury and polychlorinated biphenyls from a marine diet. *Neurotoxicol* 2006; 27: 567-78.
- Salonen JT, Alfthan G, Huttunen JK, Pikkarainen J, Puska P. Association between cardiovascular death and myocardial infarction and serum selenium in a matched-pair longitudinal study. *Lancet* 1982; 2(8291):175-79.

- Salonen JT, Seppanen K, Nyyssonen K, Korpela K, Kauhanen J, Kantola M, Tuomilehto J, Esterbauer H, Tatzber F, Salonen R. Intake of mercury from fish, lipid peroxidation, and the risk of myocardial infarction and coronary, cardiovascular, and any death in eastern Finnish men. *Circ* 1995; 91(3): 645-55.
- Salonen JT, Seppanen K, Lakka TA, Salonen R, Kaplan GA. Mercury accumulation and accelerated progression of carotid atherosclerosis: a population-based prospective 4-year follow-up study in men in eastern Finland. *Atheroscler* 2000; 148(2): 265-73.
- Sandau CD, Ayotte P, Dewailly É, Duffe J, Norstrom RJ. Pentachlorophenol and hydroxylated polychlorinated biphenyl metabolites in umbilical cord plasma of neonates from coastal populations in Quebec. *Environ Health Perspect* 2002; 110, 411-17.
- Sanin LH, Gonzalez-Cossio T, Romieu I, Peterson KE, Ruiz S, Palazuelos E, Hernandez-Avila M, Hu H. Effect of maternal lead burden on infant weight and weight gain at one month of age among breastfed infants. *Pediatr* 2001; 107:1016-23.
- Sarafian T, Verity MA. Oxidative mechanisms underlying methyl mercury neurotoxicity. *Int J Dev Neurosci* 1991; 9(2):147-53.
- Sciarillo WG, Alexander G, Farrell KP. Lead exposure and child behavior. *Am J Public Health*, 1992; 82:1356-60.
- Seccareccia F, Pannozzo F, Dima F, Minoprio A, Menditto A, Noce CL, Giampaoli S. Heart rate as a predictor of mortality: the MATISS project. *Am J Public Health* 2001; 91: 1258-63.
- Seppanen K, Soininen P, Salonen JT, Lotjonen S, Laatikainen R. Does mercury promote lipid peroxidation? An *in vitro* study concerning mercury, copper, and iron in peroxidation of low-density lipoprotein. *Biol Trace Elem Res* 2004; 101(2):117-32.
- Slim R, Toborek M, Robertson LW, Hennig B. Antioxidant protection against PCB-mediated endothelial cell activation. *Toxicol Sci* 1999; 52(2): 232-39.
- Slim R, Toborek M, Robertson LW, Lehmler HJ, Hennig B. Cellular glutathione status modulates polychlorinated biphenyl-induced stress response and apoptosis in vascular endothelial cells. *Toxicol Appl Pharmacol* 2000; 166(1): 36-42.
- Sorensen N, Murata K, Budtz-Jorgensen E, Weihe P, Grandjean P. Prenatal methylmercury exposure as a cardiovascular risk factor at seven years of age. *Epidemiol* 1999; 10: 370-5.
- Steuerwald U, Weihe P, Jørgensen PJ, Bjerve K, Brock J, Heinzow B, Budtz-Jørgensen E, Grandjean P. Maternal seafood diet, methylmercury exposure, and neonatal neurologic function. *J Pediatr* 2000; 136: 599-605.
- Stewart P, Darvill T, Lonky E, Reihman J, Pagano J, Bush B. Assessment of prenatal exposure to PCBs from maternal consumption of Great Lakes fish: An analysis of PCB pattern and concentration. *Environ Res* 1999; 80: S87-S96.
- Stocker R, Keaney JF Jr. Role of oxidative modifications in atherosclerosis. *Physiol Rev* 2004; 84(4): 1381-1478.
- Tang HW, Huel G, Campagna D, Hellie Gr, Boissinot C, Blot P. Neurodevelopmental evaluation of 9-month-old infants exposed to low levels of lead *in utero*: Involvement of monoamine neurotransmitters. *J Appl Toxicol* 1999; 19(3):167-72.
- Tsuji H, Venditti FJ Jr., Manders ES, Evans JC, Larson MG, Feldman CL, Levy D. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circ* 1994; 90: 878-83.
- Tsuji H, Venditti FJ Jr., Manders ES, Evans JC, Larson MG, Feldman CL, Levy D. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. *Circ* 1996; 94: 2850-5.
- Valera B, Poirier P, Dewailly É. Cardiac autonomic activity and blood pressure among Nunavik Inuit adults exposed to environmental mercury: a cross-sectional study. *Environ Health* 2008; 7(1): 29.
- Virtanen JK, Voutilainen S, Rissanen TH, Mursu J, Tuomainen TP, Korhonen MJ, Valkonen VP, Laukkanen JA, Seppanen K, Salonen JT. Mercury, fish oils, and risk of acute coronary events and cardiovascular disease, coronary heart disease, and all-cause mortality in men in eastern Finland. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2005; 25(1):228-33. Epub 2004 Nov 2011.
- Vreugdenhil HI, Lanting CI, Mulder PGH, Boersma ER, Weisglas-Kuperus N. Effects of prenatal PCB and dioxin background exposure on cognitive and motor abilities in Dutch children at school age. *J Pediatr* 2002;140: 48-56.
- Wagemann R, Innes S, Richard PR. Overview and regional and temporal differences of heavy metals in Arctic whales and ringed seals in the Canadian Arctic. *Sci Total Environ* 1996; 186(1-2): 41-66.



- Walkowiak J, Wiener JA, Fastabend A, Heinzow B, Krämer U, Schmidt E, Steingrüber HJ, Wundram S, Winneke G. Environmental exposure to polychlorinated biphenyls and quality of the home environment: effects on psychodevelopment in early childhood. *Lancet* 2001; 358:1602-1607.
- Wasserman GA, Staghezza-Jaramillo B, Shrout P, Popovac D, Graziano J. The effect of lead exposure on behavior problems in preschool children. *Am J Public Health* 1998; 88: 481-86.
- Wasserman GA, Liu X, Pine DS, Graziano JH. Contribution of maternal smoking during pregnancy and lead exposure to early child behavior problems. *Neurotoxicol Teratology* 2001; 23: 13-21.
- Weihe P, Hansen JC, Murata K, Debes F, Jørgensen P, Steuerwald U, White RF, Grandjean P. Neuro-behavioral performance of Inuit children with increased prenatal exposure to methylmercury. *Int J Circumpolar Health* 2002; 61: 41-9.
- West KP Jr, Howard GR, Sommer A. Vitamin A and infection: public health implications. *Annu Rev Nutr* 1989; 9: 63-86.
- Wigg NR. Low-level lead exposure and children. *J Paediatr Child Health* 2001; 37: 423-25.
- Winneke G, Bucholski A, Heinzow B, Krämer U, Schmidt E, Walkowiak J, Wiener JA, Steingrüber HJ. Developmental neurotoxicity of polychlorinated biphenyls (PCBS): cognitive and psychomotor functions in 7-month old children. *Toxicol Lett* 1998; 103: 423-28.
- Wolff MS, Engel S, Berkowitz G, Teitelbaum S, Siskind J, Barr DB, Wetmur J. Prenatal pesticide and PCB exposures and birth outcomes. *Pediatr Res* 2007; 61: 243-50.
- Xue F, Holzman C, Rahbar MH, Trosko K, Fischer L. Maternal fish consumption, mercury levels, and risk of preterm delivery. *Environ Health Perspect* 2007; 115: 42-7.
- Yang GQ, Xia YM. Studies on human dietary requirements and safe range of dietary intakes of selenium in China and their application in the prevention of related endemic diseases. *Biomed Environ Sci* 1995; 8(3): 187-201
- Yee S, Choi BH. Methylmercury poisoning induces oxidative stress in the mouse brain. *Exp Mol Pathol* 1994; 60(3):188-196.
- Yoshizawa K, Rimm EB, Morris JS, Spate VL, Hsieh CC, Spiegelman D, Stampfer MJ, Willett WC. Mercury and the risk of coronary heart disease in men. *New Engl J Med* 2002; 347(22):1755-60.

Chapitre 7

- AINC. General Data on Indian Population. Ottawa, Ontario, Canada: Indian and Northern Affairs Canada; 2002.
- Ajzen I, Fishbein M. Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1980.
- Anderson PD, Dourson M, Unrine J, Sheeshka J, Murkin E, Stober J. Framework and case studies, Comments. *Toxicol* 2002; 8: 431-502.
- Armitage CJ, Conner M. Social cognition models and health behaviour: A structured review. *Psych Health* 2000; 15: 173-89.
- Armitage CJ, Conner M. Efficacy of the theory of planned behaviour: A meta-analytic review. *Br J Soc Psych* 2001; 40: 471-99.
- Baumann LJ, Brown RL, Fontana SA, Cameron L. Testing a model of mammography intention. *J Appl Soc Psych* 1993; 23 (21): 1733-56.
- Bernier S. Determinants of Food Choices in Arctic Populations. Sainte-Foy, Québec, Canada : thèse de maîtrise, Département de médecine sociale et préventive, Faculté de médecine, Université Laval; 2003. (en anglais seulement)
- Boissonneault B, and Godin, G. The prediction of intention to smoke in designated work site areas. *J Occup Med*, 1990; 32:621-24.
- Borré K. Seal Blood, Inuit Blood and Diet: A biocultural model of physiology and cultural identity. *Med Anthropol Q* 1991; 5(1): 48-62.
- Boyd B, Wandersman A. Predicting undergraduate condom use with the Fishbein and Ajzen and the Triandis attitude-behavior models: Implications for public health interventions. *J Appl Soc Psych* 1991; 21: 1810-30.
- Bruneau S, Furgal C, Dewailly E, Grey M. Incorporation of Scientific knowledge into Inuit knowledge in Nunavik. In: Kalhok S, editor. Synopsis of Research conducted under the 2000-2001 Northern Contaminants Program. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2001. p. 291-93.
- Burger J, Pflugh KK, Lurig L, von Hagen LL, von Hagen SA. Fishing in urban New Jersey: ethnicity affects information sources, perception, and compliance. *Risk Anal* 1999; 19(2): 217-29.
- Burger J. Consumption advisories and compliance: the fishing public and the deamplification of risk. *J Environ Plan Manage* 2000; 43(4):471-88.

- Burger, J. Fish consumption advisories: knowledge, compliance and why people fish in an urban estuary. *J Risk Res* 2004; 7(5): 463-79.
- Burger J, Stern AH, Gochfeld, ML. Mercury in commercial fish: Optimizing individual choices to reduce risk. *Environ Health Perspect* 2005; 113(3): 266-71.
- CACAR. In: Jensen J, Adare L, Shearer R, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 1997.
- CACAR. In: Van Oostdam J, Donaldson S, Feeley M, Tremblay N, editors. Canadian Arctic Contaminants Assessment Report. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2003.
- Collings P, Wenzel G, Condon RG. Modern food sharing networks and community integration in the central Canadian Arctic. *Arctic*. 1998; 51(4): 301-14.
- Crettaz P, Pennington D, Rhomberg L, Brand K, Jolliet O. Assessing human health response in life cycle assessment using ED10s and DALYs: part 1 Cancer effects. *Risk Anal* 2002a; 22(5):931-46.
- Crettaz P, Pennington D, Rhomberg L, Brand K, Jolliet O. Assessing human health response in life cycle assessment using ED10s and DALYs: part 1 Noncancer effects. *Risk Anal* 2002b; 22(5): 947-64.
- Diana SC, Bisogni CA, Gall KL. Understanding anglers' practices related to health advisories for sport-caught fish. *J Nutr Educ* 1993; 25: 320-28.
- Dieticians of Canada. The ABCs of healthy eating. A Health Professional's Guide to Antioxidants, B Vitamins, Calcium and Other Bone Health Nutrients; 2001.
- Donaldson SG, Doubleday NC, Van Oostdam J, Myres AW, Inskip M. Balancing the Benefits of Fish Consumption with the Risks of Contaminant Exposure: an Integrated Framework. Baltimore, MD, USA: Society for Risk Analysis Annual Conference, Conference Proceedings; 2003.
- Donaldson SG, Van Oostdam J, Myres AW, Inskip M. Human Exposure to Environmental Contaminants in Arctic Canada: Intake, Tissue Levels and Risk-Benefit Management Issues. Ottawa, Ontario, Canada: Forum scientifique de Santé Canada : De la science à la politique. Séances + présentation par affiche; 2005.
- Donaldson SG, Doubleday NC, Van Oostdam J. Factors influencing food choices among women and men living in Cape Dorset, Nunavut, Canada. Ottawa, Ontario, Canada: Northern Contaminants Program (NCP) Synopsis of Research report; 2006. ISBN#0-662-44527-9.
- Duhaime G, Chabot M, Fréchette P, Robichaud V, Proulx S. The impact of dietary changes among the Inuit of Nunavik (Canada): A socioeconomic assessment of possible public health recommendations dealing with food contamination. *Risk Anal* 2004; 24 (4): 1007-18.
- Ezzati M., Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn S, Murray CJL. The Comparative Risk Assessment Collaborative Group. Selected Major Risk Factors and Global and Regional Burden of Disease. *Lancet* 2002; 360(9343): 1347-60
- Fishbein M., Ajzen I. Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research. Reading, MA: Addison-Wesley, 1975.
- Furgal CM. Addressing Northern Decision Making Capacity: The case of health advisories and the Labrador Inuit. Thèse de doctorat. Waterloo, Ontario, Canada: Faculty of Environmental Studies, School of Planning, University of Waterloo; 1999.
- Furgal CM, Bernier S, Godin G, Gingras S, Grondin J, Dewailly É. Decision making and diet in the north: Balancing the physical, economic and social components. In: Kalhok S, editor. Synopsis of Research Conducted under the 2000-2001 Northern Contaminants Program. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2001. p. 42-3.
- Furgal CM, Powell S, Myers H. Communicating on Contaminants and Health in the Canadian North: Review and Recommendations for the Future. 2002.
- Furgal CM, Blanchet C, Dewailly É, Muckle G, Bruneau S. Relationships between risk perception of food chain contaminants and country food use, contaminant exposure and determinants of social and mental health among Nunavimmiut. Synopsis of Research Conducted under the 2002-03 Northern Contaminants Program. Ottawa, Ontario, Canada: Minister of Indian Affairs and Northern Development; 2003.
- Furgal CM, Powell S, Myers H. Digesting the message about contaminants and country foods in the Canadian North: A review and recommendations for future research and action. *Arct* 2005; 58(2): 103-14.

- Furgal C, Tesar C, Keith R, Loring E. Understanding communications on contaminants: A case study review of lessons learned in the Canadian North. In: Smith S, Stowe J, editors. Inuvialuit Regional Corporation, Nunavik Nutrition and Health Committee, Nunatsiavut Government Research Department. Ottawa, Ontario, Canada: Indian Affairs and Northern Development, Synopsis of Research Conducted under the 2005-06 Northern Contaminants Program; 2006. p 240-43. ISBN: 0-662-44527-9.
- Furgal, C., L. Rochette. Qanuippitaa? How are we? Perception of contaminants, participation in hunting and fishing activities and potential impact of climate change, Québec (Québec), Canada, Institut national de santé publique du Québec et Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, 2007. ISBN : 978-2-550-50744-1. Sur Internet : http://people.trentu.ca/chrisfurgal/pdf/Furgal%20and%20Rochette%202007%20Perception%20of%20Contaminants,%20Participation%20in%20Hunting%20and%20Fishing%20_NRBHSS.pdf.
- Furgal C. Risk perception and food chain contaminants in the Canadian north, (Manuscrit sous presse pour Arctic).
- Godin G, Vezina L, Leclerc O. Factors influencing intentions of pregnant women to exercise after giving birth. *Public Health Rep* 1989; 104: 188–96.
- Godin G, Kok G. The Theory of Planned Behaviour: A review of its applications to health related behaviours. *Am J Health Promot* 1996; 11(2): 87–98.
- Godin G, Maticka-Tyndale EM, Adrien A, Manson-Singer S, Willms D, Caddon P. Cross-cultural testing of three social cognitive theories: An application to condom use. *J Appl Soc Psychol* 1996; 26(17):1556–86.
- Hartnett E, Paoli G, Furgal C. Balancing dietary options for Canadian Inuit: comparing chemical and nutritional risks. *Human and Ecological Risk Assessment*. Submitted, 2008.
- Havelaar AH, De Hollander AEM, Tuenis PFM, Evers EG, Van Kranen HJ, Versteegh JFM, Van Koten JEM, Slob W. Balancing the Risks and Benefits of Drinking Water Disinfection: Disability Adjusted Life-Years on the Scale. *Environ Health Perspect* 2000; 108(4).
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington DC: Institute of Medicine of the National Academies, National Academies Press; 1997.
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin and Choline. Washington DC: Institute of Medicine of the National Academies, National Academies Press; 1998.
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, DC: Institute of Medicine of the National Academies, National Academies Press; 2000a.
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington DC: Institute of Medicine at the National Academies, National Academies Press; 2000b.
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride and Sulfate. Washington DC: Institute of Medicine of the National Academies, National Academies Press; 2004.
- Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Institute of Medicine at the National Academies, National Academies Press, Washington D.C, 2005.
- Jardine, C., C. Furgal. Les facteurs qui influent sur la communication et la compréhension des risques connus et des risques potentiels ou théoriques pour la santé dans les communautés autochtones du Nord, Rapport final présenté au Programme de recherche sur les politiques en matière de santé en réponse à la « Demande de propositions (DP 013) pour de la recherche primaire/secondaire : la divulgation publique des risques potentiels et théoriques pour la santé », 2006.
- Kuhnlein HV, Dickson C. Food Choice Decisions by Western Arctic Aboriginals Women and Children, Year 1. In: Kalhok S, editor. Synopsis of Research Conducted under the 2000-2001 Northern Contaminants Program. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2001. p. 54–5.
- Kuhnlein HV, Receveur O, Chan HM. Nutrient Benefits of Arctic Traditional/Country Food. In: Kalhok S, editor. Synopsis of Research Conducted under the 2000-2001 Northern Contaminants Program. Ottawa, Ontario, Canada: Department of Indian Affairs and Northern Development; 2001. p. 56–64.

- Kuhnlein HV, Chan HM, Receveur O, Egeland G. Canadian Arctic indigenous peoples, traditional food systems and POPs. In: Downie DL, Fenge T editors. *Northern Lights Against POPs: Combating Toxic Threats in the Arctic*. Montreal: McGill-Queens University Press; 2003. p. 22–40.
- Kuhnlein HV, Receveur O, Soueida R, Egeland GM. Arctic Indigenous peoples experience the nutrition transition with changing dietary patterns and obesity. *J Nutr* 2004; 134 (6):1447–53.
- Law MR, Wald, NJ. Risk factor thresholds: their existence under scrutiny. *Br Med J* 2002; 324:1570–6.
- Lawn, J., D. Harvey. La nutrition et la sécurité alimentaire à Kangiqsujuaq, au Nunavik : enquête de référence pour le projet-pilote lié au programme Aliments-poste, Ottawa (Ontario), Canada, ministère des Affaires indiennes et du Nord, 2004.
- Légaré F, Godin G, Guilbert É, Laperrière L, Dodin S. Determinants of the intention to adopt hormone replacement therapy among premenopausal women. *Maturitas* 2000; 34:211–8.
- Loring E. A review of Capacity Building in the NCP. Lake Louise, Alberta, Canada: Northern Contaminants Program Results Workshop, 2007a.
- Loring, E. Risk-Benefit Communications Related to Contaminants in Inuit Country Foods. Lake Louise, Alberta, Canada: Northern Contaminants Program Results Workshop, 2007b.
- Montano DE. Predicting and understanding influenza vaccination behavior: alternatives to the health belief model. *Med Care* 1986; 24: 438–53.
- Montano D, Taplin S. A test of an expanded theory of reasoned action to predict mammography participation. *Soc Sci Med* 1991; 32(6):733–41.
- Muckle G, Ayotte P, Dewailly É, Jacobson SW, Jacobson JL. Determinants of polychlorinated biphenyls and methylmercury exposure in Inuit women of childbearing age. *Environ Health Perspect* 2001; 109(9): 957–63.
- Murray CJL, Lopez AD, editors. *The Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020*. Harvard: Harvard School of Public Health; 1996.
- Myers H, Fast H, Kislalioglu Berkes M, Berkes F. Feeding the family in times of change. In: Berkes F, Huebert R, Fast H, Manseau M, Diduck A, editors. *Breaking Ice: Renewable Resource and Ocean Management in the Canadian North*. Calgary, Alberta, Canada: University of Calgary Press; 2005. p. 23–45.
- Myers H, Furgal C. Long-range transport of information: Are Arctic residents getting the message about contaminants? *Arct* 2006; 59(1):47–60.
- Newton J, Paci J, Ogden A. Climate change and natural hazards in Northern Canada: integrating indigenous perspectives with government policy. *Mitigation Adapt Strategies Global Change* 2005; 10: 541–71.
- Nunavik Nutrition and Health Committee. *Nunavik Child Development Study 2003*. Nunavik, Québec, Canada: Nunavik Regional Board of Health and Social Services; 2003.
- Nuttall M, Berkes F, Forbes BC, Kofinas G, Vlassova T, Wenzel G. Hunting, Herding, Fishing and Gathering. In: *Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. p. 649–90.
- O'Neil J, Elias G, Yassi A. Poisoned food: Cultural resistance to the contaminants discourse in Nunavik. *Arct Anthropol* 1997; 34: 29–40.
- Organisation mondiale de la santé. Health statistics and health information system. *Global Burden of Disease 1990 study*. (Sur Internet : http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/en/index.html).
- Powell D, Leiss W, editors. *Mad Cows and Mother's Milk. The Perils of Poor Risk Communication*. Montreal, Québec, Canada: McGill-Queen's University Press, 1997.
- Proulx JF, MacLean JD, Gvorkos TW, Leclair D, Richter AK, Serhir B, Forbes L, Gajadhar AA. Novel prevention program for trichinellosis in Inuit communities. *Clin Infect Dis* 2002; 34 (11): 1508–14.
- Receveur O, Kuhnlein HV. Health benefits of consuming Arctic traditional food. Rovaniemi, Finland: AMAP Human Health Sessions, 2000.
- Renwick AG, Flynn A, Fletcher RJ, Muller DJG, Tuijelaars S, Verhagen H. Risk-benefit analysis of micronutrients. *Food Chem Toxicol* 2004; 42: 1903–22.
- Roach P. *Yukon State of the Environment Interim Report 2003*. Yukon, Canada: Environmental Indicators. Yukon Department of Environment; 2007. ISBN 1-55362-288-X



- Rowe G, Wright G. Differences in expert and lay judgments of risk: myth or reality? *Risk Anal* 2001; 21: 341–56.
- Santé Canada. Cadre décisionnel de Santé Canada pour la détermination, l'évaluation et la gestion des risques pour la santé, Ottawa (Ontario), Canada, ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 2000. p. 88.
- Santé Canada. « Fichier canadien sur les éléments nutritifs », 2007. (Sur Internet : http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/cnf_file_structure-des_fichiers_fcen-fra.php)
- Santé Québec. Et la santé des Inuits, ça va? Rapport de l'Enquête Santé Québec auprès des Inuits du Nunavik, 1992, Montréal (Québec), Canada, ministère de la Santé et des Services sociaux, Gouvernement du Québec, 1994.
- Sellers E, Sharma A, Rodd C. Adaptation of Inuit Children to a low-calcium diet. *Can Med Assoc J* 2003; 168(9): 1141-3
- Sheeran P, Taylor S. Predicting intentions to use condoms: A meta-analysis and comparison of the theories of reasoned action and planned behaviour. *J Appl Soc Psychol* 1999; 29: 1624–75.
- Sjöberg L. The allegedly simple structure of experts' risk perception: An urban legend in risk research. *SciTechnol Hum Values* 2002; 27: 443–59.
- Slovic P, Peters E. The role of affect and world views as orienting dispositions in the perception and acceptance of nuclear power. Eugene, Oregon, USA: Decision Research; 1995.
- Stein AJ, Nestel P, Meenakshi JV, Qaim, M, Sachdev HPS, Bhutta ZA. Plant breeding to control zinc deficiency in India: how cost-effective is biofortification? *Public Health Nutr* 2007; 10(5): 492-501.
- Triandis HC. Values, attitudes and interpersonal behaviour. In: Page MM, editor. Lincoln, Nebraska, USA: Nebraska Symposium on Motivation, Beliefs, Attitudes and Values, University of Nebraska; 1980; 1: 195–259.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). Proposed Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. Washington DC, USA; 1996. (Sur Internet : <http://www.epa.gov/ORD/WebPubs/carcinogen/>). Sur Internet : http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/propcra_1996.pdf
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS). Washington DC, USA; 2007. (Sur Internet : <http://www.epa.gov/NCEA/iris/>)
- Usher PJ, Baikie M, Demmer M, Nakashima D, Stevenson MG, Stiles M. Communicating about Contaminants in Country food: The Experience in Aboriginal Communities. Ottawa, Ontario, Canada: Inuit Tapirisat of Canada, 1995.
- Van Oostdam J, Donaldson SG, Feeley M, Arnold D, Ayotte P, Bondy G, Chan L, Dewailly É, Furgal CM, Kuhnlein H, Loring E, Muckle G, Myles E, Receveur O, Tracy B, Gill U, Kalhok S. Human health implications of environmental contaminants in Arctic Canada: A review. *Sci Total Environ* 2005; 351-352:165–246.
- Vaughan E. The significance of socioeconomic and ethnic diversity for the risk communication process. *Risk Anal* 1995; 15:169–80.
- Verbeke W, Sioena I, Pieniaka Z., Van Campa J, De Henauwa S. Consumer perception versus scientific evidence about health benefits and safety risks from fish consumption. *Public Health Nutr* 2005; 8: 422–29.
- Victorian Government Department of Human Services (1999). Victorian Burden of Disease Study: Morbidity. Melbourne, Victoria; 1999. ISBN No: 0 7311 6043 6
- Wein EE, Sabry JH. Use of country food by Native Canadians in the Taiga. *Arctic Medical Research* 1988; 47(Suppl.1):134–38.
- Wein EE, Sabry JH, Evers FT. Food consumption patterns and use of country food by Native Canadians near Wood Buffalo National Park, Canada. *Arct* 1991; 44: 196–205.
- Wenzel GW. Warming the Arctic: Environmentalism and Canadian Inuit. In: Peterson DL, Johnson DR, editors. Human Ecology and Climate Change—People and Resources in the Far North. Washington, DC, USA: Taylor and Francis; 1995. p. 169–84.
- Wong EY, Ponce RA, Farrow S, Bartell SM, Lee RC, Faustman EM. Comparative risk and policy analysis in environmental health. *Risk Anal* 2003; 23 (6): 1337–49.



Annexe A :

Liste des sigles

AA

Acide arachidonique

ADGL

Acide dihomogamma-linolénique

ADH

Acide docosahexanoïque

AEP

Acide eicosapentanoïque

AGE

Acide gras essentiel

AGPI

Acides gras polyinsaturés

AMAP

Arctic Monitoring and Assessment Program

AMT

Apport maximal tolérable

ANREF

Apport nutritionnel de référence

APFA

Acide perfluoroalkylique

APFO

Acide perfluorooctanoïque

APVP

Années potentielles de vie perdues

AQ/CQ

Assurance de la qualité/contrôle de la qualité

AS

Apport suffisant

ASPC

Agence de la santé publique du Canada

AVCI

Années de vie corrigées de l'incapacité

AVI

Années vécues avec une incapacité

AVP

Années de vie perdues

BME

Besoin moyen estimatif

BPC

Diphényle polychloré

CACAR

Canadian Arctic Contaminants Assessment Report

CALUX

Chemically Activated Luciferase Expression

CANSIM

Système canadien d'information socio-économique
(Canadian Socio-Economic Information Management System)

CC

Coefficient de cancérogénicité

CCN

Conseil canadien des normes

Cd

Cadmium

CINE

Centre for Indigenous Peoples' Nutrition and Environment

CNSN

Comité de la nutrition et de la santé du Nunavik

CoQ10

Coenzyme Q10

CPNY

Conseil des Premières nations du Yukon

CTQ

Centre de toxicologie du Québec

DDE

Dichloro-diphényl-dichloroéthylène

DDT

Dichlorodiphényltrichloroéthane

DHAP

Dose hebdomadaire admissible provisoire

DJA

Dose journalière admissible

DJAP

Dose journalière admissible provisoire

ÉDPB

Éther diphényles polybromés

EPA des Etats-Unis

Environmental Protection Agency des États-Unis

EPS

Extraction en phase solide

GSH

Glutathion

GSH-Px

Glutathion-peroxydase

GSH-Rd

Glutathion-réductase

HCB

Hexachlorobenzène

HCH

Hexachlorocyclohexane

HDL

Lipoprotéine de haute densité (high density lipoprotein)

Hg

Mercure

IC

Intervalle de confiance

IMC

Indice de masse corporelle

INSPQ

Institut national de santé publique du Québec

ITK

Inuit Tapiriit Kanatami

IVRI

Infection des voies respiratoires inférieures

IVRS

Infection des voies respiratoires supérieures

JPN

Jour postnatal

LC

Limite de confiance

LDL

Lipoprotéine de basse densité (low density lipoprotein)

LDLox

Lipoprotéine de basse densité oxydée (oxidized low density lipoprotein)

MCM

Maladie congénitale de Minamata

NCPP

National Collaborative Perinatal Project

OMS

Organisation mondiale de la santé

***p,p'*-DDE**

para, para-1,1-dichloro-2,2-bis(4-chlorophényl)éthène

p.c.

poids corporel

PAD

Pression artérielle diastolique



PAS

Pression artérielle systolique

Pb

Plomb

PD

Pression différentielle

PFC

Composés perfluorés

PLCN

Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord

POP

Polluants organiques persistants

PSEA

Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique

QFCA

Questionnaire sur la fréquence de consommation des aliments

QMEQAS

Programme d'assurance qualité externe multiélément (Quebec Multielement External Quality Assessment Scheme)

RECAC

Rapport de l'évaluation des contaminants dans l'Arctique canadien

RHA

Récepteur des hydrocarbures aryliques

RNICS

Rapport du Nunavut sur les indicateurs comparables de la santé

Se

Sélénium

SNSD

Système national de surveillance du diabète

SPFO

Sulfonate de perfluorooctane

T.N.-O.

Territoires du Nord-Ouest

T3

Triiodothyronine

T4

Thyroxine

TCAO

Théorie du comportement axé sur un objectif

TCDD

Tétrachlorodibenzo-p-dioxine

TOH

Tocophérol

TSH

Thyréostimuline

USQ

Ultrasons quantitatifs

VHC

Virus de l'hépatite C

Annexe B :

Concentrations sanguines de contaminants – poids humide (µg/L de plasma)

TABEAU B 4.2.1 Concentrations de contaminants chez les mères dénées/métisses, inuvialuites et non autochtones de la région d'Inuvik (moyenne géométrique [intervalle]) (POP, µg/L de plasma)

Contaminants organochlorés	Dénées/Métisses			Inuvialuites			Non autochtones		
	Étude initiale 1998 ¹ 24 (18, 35) ³ (n = 41) ⁴	Étude de suivi 2005-2006 ² 24 (16, 36) ³ (n = 17) ⁴	DS ⁵	Étude initiale 1998 ¹ 23 (15, 37) ³ (n = 31)	Étude de suivi 2005 ² 26 (17, 38) ³ (n = 52)	DS ⁵	Étude initiale 1998 ¹ 31 (19, 45) ³ (n = 21)	Étude de suivi 2005 ² 32 (23, 40) ³ (n = 6)	DS ⁵
Oxychlordane	0,04 (0,01-0,22)	0,01 (0,00-0,04)	DS ^c	0,15 (0,03-1,06)	0,07 (0,00-1,0)	DS ^b	0,04 (0,02-0,07)	0,01 (0,01-0,03)	DS ^b
Trans-nonachlore	0,05 (0,01-0,37)	0,02 (0,01-0,08)	DS ^c	0,28 (0,05-1,8)	0,12 (0-2,2)	DS ^b	0,05 (0,02-0,11)	0,01 (0,01-0,04)	DS ^b
p,p'-DDE	0,51 (0,17-1,8)	0,30 (0,11-1,2)	DS ^a	1,1 (0,4-3,8)	0,65 (0,05-7,4)	DS ^b	0,57 (0,22-2,1)	0,33 (0,15-0,95)	NS ⁶
Toxaphène-parlar 50	NA ⁷	NA	DS ^c	NA	NA	DS ^b	NA	NA	DS ^b
BPC 138	0,08 (0,02-0,5)	0,03 (0,01-0,1)	DS ^c	0,19 (0,05-0,6)	0,07 (0,00-0,8)	DS ^c	0,08 (0,03-0,2)	0,02 (0,01-0,06)	DS ^b
BPC 153	0,12 (0,02-1,1)	0,05 (0,01-0,29)	DS ^b	0,26 (0,06-0,88)	0,14 (0,00-1,3)	DS ^b	0,11 (0,03-0,27)	0,04 (0,02-0,08)	DS ^b
BPC 180	0,07 0,02-0,63	0,03 0,01-0,34	DS ^a	0,08 (0,02-0,3)	0,06 (0,0-0,44)	NS	0,65 (0,1-2,3)	0,22 (0,1-0,9)	DS ^b

¹ Tofflemire, 2000

² Armstrong et coll., 2007

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ 1998-1999 (n = 41 pour les métaux et n = 42 pour les organochlorés), 2005-2006 (n = 17 pour les organochlorés et n = 18 pour les métaux)

⁵ DS = Différence significative (p < 0,05)

DSa = différence significative, p = (< 0,05-0,01)

DSb = différence significative, p = (0,01-0,001)

DSc = différence significative, p = (0,001-< 0,0001)

⁶ NS = non significatif

⁷ ND = non disponible



TABLEAU B 4.3.1 Concentrations de contaminants chez les mères inuites de la région de Baffin au Nunavut (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L)

Contaminants organochlorés	Étude initiale 1997 ^{1a, b} 24 (15-39) ³ n = 30 ⁴	Étude de suivi 2005-2007 ² 24 (15-39) ³ n = 99 ⁴	DS ⁵
Oxychlordan	0,58 (0,09-2,4)	0,23 (0,04-1,9)	< 0,0001
Trans-nonachlore	0,64 (0,16-2,5)	0,32 (0,03-2,3)	< 0,0001
p,p'-DDE	2,1 (0,55-6,0)	1,1 (0,13-5,9)	< 0,0001
Toxaphène-parlar 50	0,13 (0,03-0,66)	0,08 (0,007-1,0)	0,0008
BPC 138	0,51 (0,12-1,5)	0,14 (0,032-0,72)	< 0,0001
BPC 153	1,0 (0,25-3,9)	0,37 (0,08-2,2)	< 0,0001
BPC 180	0,4 (0,07-1,8)	0,16 (0,03-1,2)	< 0,0001

¹ a Butler Walker et coll., 2003,

b Butler Walker et coll., 2006

² Potyrala, 2008, communication personnelle

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ Nombre de personnes échantillonnées

⁵ DS = Différence significative (p < 0,05)

TABLEAU B 4.4.2 Tendances temporelles des contaminants chez les Inuites enceintes vivant au Nunavik (Québec) (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L de plasma)

Contaminants organochlorés	1992 ¹ 24 (18-35) ⁶ (n = 11)	1996 ² 24 (17-34) ⁶ (n = 25)	1997 ² 25 (15-41) ⁶ (n = 53)	1998 ² 25 (15-37) ⁶ (n = 46)	1999 ² 26 (17-36) ⁶ (n = 26)	2000 ² 26 (17-39) ⁶ (n = 36)	2001 ² 27(17-39) ⁶ n = 20	2004 ³ 27 (18-42) ⁶ n = 29	2007 ⁶ 24 (18-37) ⁶ n = 39	SD ^{4, 5} (p < 0,05)
Oxychlordan	0,57 (0,21-2,8)	0,34 (0,05-1,7)	0,36 (0,08-3,9)	0,26 (0,05-2,7)	0,32 (0,07-1,5)	0,27 (0,04-2,3)	0,24 (0,04-1,2)	0,27 (0,06-1,9)	NA	0,004
Trans-nonachlore	0,84 (0,35-3,7)	0,55 (0,11-2,4)	0,56 (0,12-3,3)	0,41 (0,07-4,6)	0,42 (0,10-1,8)	0,41 (0,08-3,4)	0,36 (0,07-1,6)	0,5 (0,11-3,4)	NA	0,0006
p,p'-DDE	4,7 (1,9-18)	2,4 (0,5-9,7)	2,8 (0,54-14)	2,0 (0,34-18)	2,0 (0,63-9,9)	1,9 (0,37-15)	1,6 (0,38-13)	1,8 (0,43-7,7)	NA	< 0,0001
Toxaphène-parlar 50	NA ⁷	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BPC 138	0,84 (0,29-2,5)	0,48 (0,08-2,0)	0,52 (0,11-3,1)	0,35 (0,06-3,1)	0,43 (0,08-1,4)	0,37 (0,06-3,0)	0,36 (0,06-1,5)	0,28 (0,06-1,0)	NA	< 0,0001
BPC 153	1,27 (0,46-3,3)	0,87 (0,15-3,9)	0,95 (0,21-6,1)	0,63 (0,14-5,6)	0,79 (0,15-3,0)	0,65 (0,08-5,2)	0,56 (0,08-3,8)	0,55 (0,12-2,0)	NA	< 0,0001
BPC 180	0,66 (0,22-1,3)	0,36 (0,06-1,8)	0,38 (0,08-2,2)	0,27 (0,06-2,2)	0,36 (0,08-2,0)	0,28 (0,03-2,3)	0,30 (0,04-2,2)	0,24 (0,05-1,3)	NA	< 0,0001

¹ Santé Québec, 1994.

² Muckle et coll., 2003

³ Dewailly et coll., 2007 a et b

⁴ Analyse spéciale – Pereg, 2007

⁵ DS = Différence significative (p < 0,05) obtenue à l'aide de l'analyse de la variance (ANOVA) dont les résultats ont été corrigés en fonction de l'âge et de la région (Hudson ou Ungava) et de l'analyse de régression logistique dont les résultats ont été corrigés en fonction de l'âge, de la région (Hudson ou Ungava) et du tabagisme (fumeur, ancien fumeur et non-fumeur)

⁶ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁷ ND = Non disponible

⁸ Pereg et coll., 2008

TABLEAU B 4.4.3 Concentrations de contaminants chez les hommes inuits du Nunavik en 1992¹ et en 2004² (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L de plasma)

Contaminants organochlorés	Hommes inuits Nunavik 1992 ¹ 36 (18-74) ³ (n = 210)	Hommes inuits Nunavik 2004 ² 37 (18-74) ³ (n = 408)	DS ⁴
Oxychlordane	0,87 (0,01-21)	0,40 (0,005-9,3)	< 0,0001
Trans-nonachlore	1,3 (0,04-18)	0,71 (0,008-22)	< 0,0001
p,p'-DDE	7,5 (0,76-96)	2,8 (0,076-49)	< 0,0001
Toxaphène-parlar 50	ND ⁵	ND	ND
BPC 138	1,3 (0,05-13)	0,47 (0,03-8,1)	< 0,0001
BPC 153	2,1 (0,07-19)	1,2 (0,051-20)	< 0,0001
BPC 180	1,3 (0,04-18)	0,68 (0,039-11)	< 0,0001

¹ Santé Québec, 1994

² Dewailly et coll., 2007 a et b

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ DS = Différence significative (p < 0,05), Dewailly 2007a

⁵ ND = Non disponible

TABLEAU B 4.4.4 Concentrations de contaminants chez les femmes inuites du Nunavik en 1992 et en 2004 (moyenne géométrique [intervalle], POP : µg/L de plasma)

Contaminants organochlorés	Femmes inuites Nunavik 1992 ¹ 35 (18-73) ³ (n = 282)	Femmes inuites Nunavik 2004 ² 37 (18-74) ³ (n = 498)	DS ⁴
Oxychlordane	0,72 (0,02-11)	0,41 (0,01-16)	< 0,0001
Trans-nonachlore	1,0 (0,05-12)	0,73 (0,02-22)	< 0,0001
p,p'-DDE	6,2 (0,42-74)	2,9 (0,19-54)	< 0,0001
Toxaphène-parlar 50	ND ⁵	ND	ND
BPC 138	1,1 (0,07-11)	0,46 (0,03-19)	< 0,0001
BPC 153	1,6 (0,11-16)	0,98 (0,04-41)	< 0,0001
BPC 180	0,9 (0,04-15)	0,47 (0,02-23)	< 0,0001

¹ Santé Québec, 1994

² Dewailly et coll., 2007 a et b

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

⁴ DS = Différence significative (p < 0,05), Dewailly 2007a

⁵ ND = Non disponible

TABLEAU B 4.5.1 Concentrations des éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB) chez les mères dénées/métisses, inuites et non autochtones des régions d'Inuvik et de Baffin (moyenne géométrique [intervalle], µg/L de plasma).

Nouveaux contaminants	Non autochtones	Dénées/métisses	Inuites	
	Inuvik ¹ (2005-2006) 32 (23-40) ³ (n = 6)	Inuvik ¹ (2005-2006) 25 (16-36) ³ (n = 17)	Inuvik ¹ (2005-2006) 26 (17-38) ³ (n = 52)	Baffin ² (2007) 24 (15-39) ³ (n = 99)
ÉDPB 47	0,10 (0,03-0,9)	0,06 (0,02-0,3)	0,10 (0,02-4)	0,04 (0-1,0)
ÉDPB 99	0,02 (0,01-0,1)	0,01 (0,01-0,06)	0,02 (0,01-1,3)	0,01 (0-1,0)
ÉDPB 100	0,02 (0,01-0,1)	0,01 (0,01-0,04)	0,02 (0,01-0,8)	0,01 (0-0,2)
ÉDPB 153	0,01 (0,005-0,05)	0,02 (0,005-0,04)	0,02 (0,005-0,6)	0,02 (0-0,1)

¹ Armstrong et coll., 2007 (analyse spéciale pour le présent rapport)

² Potyrala, 2008, communication personnelle

³ Âge du groupe échantillonné (moyenne arithmétique, intervalle)

TABLEAU B 4.5.2 Concentrations plasmatiques des nouveaux contaminants chez la population du Nunavik (moyenne géométrique [intervalle], SPFO¹ : µg/L de plasma, ÉDPB² : ng/L de plasma)

		Nunavik		
		Hommes (18-74) ³ n = 402	Femmes (18-74) ³ n = 494	FAP ⁴ (18-39) ³ n = 301
SPFO ⁵ (µg/L)		21 (2,8-470)	16 (0,5-200)	13 (2,3-97)
ÉDPB ⁵ (µg/L)	47	36 (< ND ⁶ -610)	37 (< ND ⁶ -2 400)	40 (< ND ⁶ -2 400)
	99	< ND ⁶ (< ND ⁶ -440)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -575)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -575)
	100	< ND ⁶ (< ND ⁶ -360)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -580)	< ND ⁶ (< ND ⁶ -580)
	153	24 (< ND ⁶ -620)	2,1 (< ND ⁶ -406)	4,0 (< ND ⁶ -406)

¹ Perfluorooctanesulfonate (SPFO)

² Éthers diphenyliques polybromés (ÉDPB)

³ Âge du groupe échantillonné

⁴ Femmes en âge de procréer

⁵ Dewailly et coll., 2007c

⁶ Non détecté (ND)

