

**Évaluation du risque toxicologique pour  
la population québécoise à la suite de  
l'exposition aux résidus de pesticides  
présents dans les fruits et les légumes**



# Évaluation du risque toxicologique pour la population québécoise à la suite de l'exposition aux résidus de pesticides présents dans les fruits et les légumes

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Février 2017

## **AUTEURS**

Mathieu Valcke, Ph. D., toxicologue-expert et chercheur d'établissement

Marie-Hélène Bourgault, M. Sc., conseillère scientifique en toxicologie

Denise Phaneuf, M. Sc., pharmacienne

Denis Belleville, M.D., médecin-conseil

Louise Normandin, Ph. D., chercheuse d'établissement

Michelle Gagné, M. Sc., conseillère scientifique en toxicologie

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Carole Blanchet, M. Sc., épidémiologiste

Louis Rochette, M. Sc., statisticien

Bureau d'information et d'études en santé des populations

## **COLLABORATEUR**

Onil Samuel, B. Sc., expert

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

## **MISE EN PAGE**

Evelyne Chalandon, agente administrative

Katia Raby, agente administrative

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs du présent document tiennent à remercier Statistique Canada pour son soutien et pour l'accès au centre de données situé à l'Université Laval, où la recherche et le traitement des données ont été effectués. Les auteurs remercient également le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec pour son soutien financier. Enfin, nous tenons à remercier monsieur Pierre Ayotte pour ses commentaires avisés.

*Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.*

*Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : [droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca](mailto:droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca).*

*Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.*

Dépôt légal – 2<sup>e</sup> trimestre 2017  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN : 978-2-550-77820-2 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2017)

## Table des matières

<b>Liste des tableaux et des figures .....</b>	<b>III</b>
<b>Liste des sigles, des acronymes et des abréviations .....</b>	<b>V</b>
<b>Faits saillants.....</b>	<b>1</b>
<b>Sommaire.....</b>	<b>3</b>
<b>1 Mise en contexte .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Méthodologie .....</b>	<b>9</b>
2.1 Données de base utilisées .....	9
2.1.1 Consommation individuelle de fruits et de légumes.....	9
2.1.2 Concentrations de résidus alimentaires de pesticides.....	10
2.2 Estimation de l'exposition aux résidus de pesticides détectés dans les aliments par l'ACIA .....	10
2.2.1 Sélection des aliments à l'origine de l'exposition.....	11
2.2.2 Estimation de l'exposition chronique aux résidus de pesticides présents dans les aliments sélectionnés .....	11
2.2.3 Estimation de l'exposition aiguë aux résidus de pesticides.....	12
2.3 Évaluation du risque .....	13
2.3.1 Risque non cancérigène .....	13
2.3.2 Risque cancérigène.....	14
2.4 Détermination de pesticides prioritaires pour la période à l'étude et analyse de l'influence de certains facteurs sur le risque.....	17
2.4.1 Influence du nombre de portions de fruits et de légumes consommées.....	18
2.4.2 Influence des caractéristiques socioéconomiques des participants.....	19
2.5 Traitement des données et présentation des résultats.....	20
<b>3 Résultats.....</b>	<b>21</b>
3.1 Expositions et risques chroniques associés à la présence de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes .....	21
3.1.1 Risques non cancérigènes.....	21
3.1.2 Risques cancérigènes.....	26
3.2 Expositions et risques aigus associés aux résidus de pesticides pour la période de référence .....	28
3.3 Détermination des pesticides prioritaires pour la période étudiée .....	31
3.4 Effet de facteurs influençant l'exposition sur le risque chronique évalué pour les pesticides prioritaires de la période étudiée .....	32
3.4.1 Effet du nombre de portions de fruits et de légumes consommées : autre approximation de la balance risques-bénéfices.....	32
3.4.2 Effet des caractéristiques socioéconomiques.....	33
<b>4 Discussion .....</b>	<b>41</b>
4.1 Signification et contextualisation des résultats obtenus .....	41
4.2 Considérations méthodologiques .....	45
4.3 Principales limites et incertitudes.....	47
4.4 Portée de l'étude .....	48
<b>5 Conclusion et recommandations .....</b>	<b>49</b>
<b>Références .....</b>	<b>51</b>

<b>Annexe 1</b>	<b>Considérations statistiques sur la pondération et la précision des estimations de consommation des aliments dans le cadre de l'enquête ESCC 2.2 .....</b>	<b>57</b>
<b>Annexe 2</b>	<b>Caractéristiques des fruits et des légumes échantillonnés par l'ACIA (2005-2006, 2006-2007 et 2007-2008) et des pesticides analysés.....</b>	<b>61</b>
<b>Annexe 3</b>	<b>Liste des fruits et des légumes sélectionnés pour la présente étude .....</b>	<b>69</b>
<b>Annexe 4</b>	<b>Répertoire des valeurs toxicologiques de référence utilisées aux fins de l'évaluation du risque .....</b>	<b>73</b>
<b>Annexe 5</b>	<b>Extrait du fichier Excel des statistiques descriptives des doses d'exposition des 169 pesticides considérés pour l'ensemble de la population étudiée .....</b>	<b>83</b>
<b>Annexe 6</b>	<b>Contribution relative des fruits et des légumes à l'exposition chronique totale de la population québécoise, 2004.....</b>	<b>91</b>

## Liste des tableaux et des figures

Tableau 1	Risques relatifs (RR) calculés par type d'étude pour différents sites de cancer selon la consommation quotidienne d'une portion de fruits et de légumes issus de divers groupes d'aliments.....	16
Tableau 2	Descripteurs statistiques, pour divers groupes d'âge de la population générale du Québec, des doses d'exposition et des indices de risque (IR) chroniques pour les 21 pesticides à prioriser de la période étudiée.....	23
Tableau 3	Nombre moyen maximal et minimal de cas annuels de cancer par 100 000 habitants prévenus par la consommation de fruits et de légumes dans la population québécoise, 2004-2008 .....	27
Tableau 4	Combinaisons pesticide-aliment pour lesquelles des IR aigus > 0,2 sont observés pour au moins un centile d'exposition et un groupe d'âge, si on considère les VTR minimales et maximales disponibles .....	29
Tableau 5	Nombre d'analyses effectuées (et pourcentage de détection) dans les aliments canadiens et importés pour les 25 pesticides priorisés de la période étudiée.....	32
Tableau 6	Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon le nombre quotidien moyen de portions de fruits et de légumes consommées .....	34
Tableau 7	Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon la région de résidence.....	35
Tableau 8	Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon le revenu du ménage.....	36
Tableau 9	Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon la scolarité .....	38
Figure 1	Répartition des IR chroniques maximaux (a) et minimaux (b) obtenus pour les 135 pesticides évalués.....	21
Figure 2	Risques cancérigènes pour les 28 pesticides auxquels un coefficient de cancérogénicité est associé et comparaison avec la plage de risque $10^{-6}$ - $10^{-5}$ .....	26
Figure 3	Répartition des IR aigus maximaux obtenus pour chacune des 551 combinaisons pesticide-aliment évaluées.....	28





## Liste des sigles, des acronymes et des abréviations

ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
C <sub>i</sub>	Contribution de l'aliment i à la DETR <sub>x</sub>
CMR <sub>i</sub>	Concentration maximale du résidu dans l'aliment i
CR <sub>i</sub>	Concentration moyenne du résidu x dans l'aliment i
CV	Coefficients de variation
DEAP <sub>xi</sub>	Dose d'exposition aiguë au résidu x dans l'aliment i
DER <sub>xi</sub>	Dose d'exposition au résidu x attribuable à l'aliment i
DETP <sub>x</sub>	Dose d'exposition totale au pesticide x
DTC	Dithiocarbamates
EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments
ESCC	Enquête de santé dans les collectivités canadiennes
ETU	Éthylène thiourée
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IR	Indice de risque
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec
OC	Organochlorés
OP	Organophosphorés
PC	Poids corporel
PNSRC	Programme national de surveillance des résidus chimiques
QC <sub>i</sub>	Quantité consommée de l'aliment i
VTR	Valeur toxicologique de référence



## Faits saillants

L'achat par les Québécois de fruits et de légumes frais et diversifiés a connu une croissance importante au cours de la dernière décennie. S'ils constituent une source élevée de nutriments, ces aliments présentent aussi un potentiel d'exposition aux pesticides, car, bien que les normes sur la question soient généralement respectées, des résidus de pesticides sont détectés dans la majorité des produits consommés. Or, l'exposition de la population québécoise à ces résidus et le risque pour la santé en découlant demeurent peu connus des instances de santé publique. Pour compenser cette lacune, la présente étude avait comme objectifs d'estimer les doses d'exposition chroniques et aiguës aux résidus de 169 pesticides différents auxquels près de 5 000 Québécois de tout âge pourraient avoir été exposés en consommant des fruits et des légumes, et d'évaluer les risques toxicologiques associés.

- De manière générale, pour les 135 pesticides qui ont pu être évalués, les risques d'atteintes à la santé autres que le cancer apparaissent faibles. En effet, les doses d'exposition individuelles calculées sont, pour 125 de ces pesticides, inférieures aux valeurs toxicologiques de référence les plus sévères répertoriées dans la littérature, et ce, chez tous les groupes d'âge et pour tous les niveaux d'exposition calculés.
- De manière prudente, les résidus de pesticides présents sur les fruits et les légumes consommés au Québec durant la période étudiée pourraient engendrer 39 nouveaux cas de cancer annuellement dans la province. En revanche, cette même consommation de fruits et de légumes préviendrait, de manière réaliste, au moins 88 fois plus de cas de cancer.
- En tout, 25 pesticides ont été déterminés comme étant d'intérêt prioritaire pour la période étudiée en raison du niveau de risque qu'ils représentent, et, à ce titre, ils devraient le cas échéant faire l'objet d'une attention particulière de la part des autorités de santé publique du Québec.
- Les résultats de cette étude doivent être interprétés avec prudence. En effet, le processus d'évaluation du risque est une approche comportant son lot d'incertitudes, quoique ces incertitudes soient généralement compensées par la considération d'hypothèses conservatrices (prudentes).
- Les risques évalués dans ce document concernent uniquement les pesticides individuels présents dans les fruits et les légumes et ne tiennent pas compte des expositions simultanées à plusieurs pesticides ni des autres sources possibles d'exposition.

En conclusion, les résultats sont globalement rassurants. Ils confirment toutefois l'importance de la mise en place de pratiques agronomiques ou réglementaires favorisant la réduction de l'exposition alimentaire des Québécois aux pesticides, puisque des incertitudes persistent et que le risque cancérigène estimé n'est pas négligeable. Cela ne doit toutefois pas se traduire par une réduction de la consommation de fruits et de légumes. En effet, en raison des bénéfices nutritionnels bien documentés étant associés aux fruits et aux légumes, il est primordial que la population continue d'en consommer en abondante quantité et varie le plus possible ses choix.



## Sommaire

L'achat par les Québécois de fruits et de légumes frais a connu une croissance importante au cours de la dernière décennie. S'ils constituent une source élevée de nutriments, ces aliments présentent aussi un potentiel d'exposition aux pesticides, car, bien que les normes sur la question soient généralement respectées, des résidus de pesticides sont détectés dans la majorité des produits consommés. Or, l'exposition de la population québécoise à ces résidus et le risque pour la santé en découlant demeurent peu connus des instances de santé publique.

## Objectif

---

En réponse à cette préoccupation, la présente étude avait comme objectifs d'estimer les doses d'exposition chroniques et aiguës théoriques aux résidus de pesticides auxquels les Québécois pourraient être exposés en consommant des fruits et des légumes, d'en identifier les principaux déterminants et d'évaluer les risques toxicologiques y étant associés.

## Méthodologie

---

L'étude réalisée est cohérente méthodologiquement avec d'autres études du même type réalisées notamment en Europe. Ainsi, il y a eu couplage de données portant sur les quantités individuelles de fruits et de légumes consommées en 2004 par un échantillon représentatif de 4 780 Québécois âgés de plus d'un an, et sur les teneurs en résidus de pesticides dans des fruits et des légumes échantillonnés au Canada de 2005 à 2008 dans le cadre du programme fédéral de surveillance des résidus de pesticides chapeauté par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Ce couplage a permis le calcul de doses d'exposition individuelles chroniques ou aiguës pour 169 pesticides. Pour 135 d'entre eux, une valeur toxicologique de référence (VTR) est proposée ou entérinée par au moins une des diverses institutions de santé publique existant dans le monde.

L'évaluation du risque non cancérigène a été réalisée en divisant les doses d'exposition individuelles par les VTR appropriées, ce qui génère ainsi des indices de risque (IR) aigus ou chroniques selon le cas. Ainsi, l'IR permet de vérifier si l'exposition en cause se traduit par une dose inférieure à une VTR ( $IR < 1$ ) ou supérieure à celle-ci ( $IR > 1$ ). Certains des pesticides mesurés sont classés comme étant des cancérigènes possibles par le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC). Dans le cas des 28 pesticides pour lesquels un coefficient de cancérogénicité ( $q^*$ ) a été établi dans la littérature, les auteurs du présent écrit ont calculé le nombre de cas de cancer additionnels découlant de l'exposition durant toute la vie aux doses chroniques déterminées, en multipliant la dose d'exposition moyenne de toute la population par le  $q^*$ . Par ailleurs, les auteurs ont estimé le nombre de cas de cancer pour six sites distincts (estomac, poumon, œsophage, larynx, bouche et pharynx) ayant été prévenus par la consommation de fruits et de légumes. Pour ce faire, ils se sont servis d'une méthode reposant sur la détermination de la fraction étiologique du risque dans la population, combinée aux taux de base annuels de ces cancers dans la population québécoise ainsi qu'à sa consommation quotidienne réelle moyenne de fruits et de légumes.

## Principaux résultats

---

### Risques chroniques

De manière générale, les risques apparaissent faibles, car les IR calculés sont, dans la très grande majorité des cas, nettement inférieurs à 1. Ainsi, sur les 135 pesticides évalués en ce qui concerne l'exposition chronique, des IR supérieurs à 1 ne sont obtenus que pour 7 pesticides chez les enfants

de 8 ans et moins, et pour 3 pesticides chez les adultes. Toutefois, tous les cas d'IR supérieurs à 1 impliquent la prise en considération de paramètres conservateurs, soit les VTR les plus sévères répertoriées pour chaque pesticide ainsi que le 95<sup>e</sup> centile des doses d'exposition calculées. Seuls les IR supérieurs à 1 obtenus chez les adultes pour les dithiocarbamates ainsi que le chlorpyrifos et chez les enfants pour le pyrimiphos-méthyl concernent des centiles d'exposition plus bas, mais toujours avec la VTR la plus sévère. Dans le cas des dithiocarbamates, de la dieldrine, du mirex et de l'imazalil, un risque cancérigène supérieur à 1 cas en excès sur 100 000 personnes exposées durant toute leur vie a été estimé en présumant que les doses d'exposition calculées seraient maintenues de manière constante dans la population générale pendant 70 ans. Pour ce qui est de 24 autres pesticides pour lesquels le risque cancérigène a pu être estimé, le risque est inférieur à 1 cas en excès sur 100 000 personnes exposées.

En tout, le risque cancérigène global estimé de manière conservatrice (très prudente) pour l'ensemble des pesticides considérés est d'environ 3 cas de cancer en excès sur 10 000 personnes exposées durant toute leur vie. À l'échelle de la population québécoise, ces chiffres suggèrent que les résidus de pesticides présents dans les fruits et les légumes consommés pourraient causer jusqu'à 39 cas de cancer annuellement dans la province. En revanche, pour chaque cas de cancer causé par ces résidus, au moins 88 cas de cancer seraient prévenus par l'effet protecteur associé à la consommation de fruits et de légumes, selon des estimations réalistes et raisonnables.

### **Risques aigus**

Par ailleurs, 551 combinaisons pesticide-aliment ont été évaluées afin d'estimer l'exposition aiguë chez les adultes. Pour les enfants, en raison d'une puissance statistique diminuée, ce sont respectivement 382 et 496 combinaisons différentes qui ont été évaluées chez les 1 à 3 ans et les 4 à 8 ans. Néanmoins, seules 5 combinaisons ont présenté des IR aigus supérieurs à 1, encore une fois, lorsque les centiles élevés d'exposition étaient comparés à la VTR la plus sévère dans la majorité des cas, soit le carbofuran dans les navets, le chlorpyrifos et l'éthion dans les oranges de même que les dithiocarbamates dans le chou et la laitue.

### **Effet de facteurs socioéconomiques sur le risque évalué**

Sur la base des résultats de l'évaluation du risque, 25 pesticides ont été désignés comme étant d'intérêt prioritaire pour la période étudiée. Ces pesticides ont fait l'objet d'analyses approfondies à l'égard de l'influence, sur les doses d'exposition et le risque en découlant, de variables liées aux habitudes alimentaires et au statut socioéconomique. Ce dernier a été catégorisé selon le lieu de résidence des consommateurs, le revenu du ménage et le niveau de scolarité de l'individu. Les résultats suggèrent que, de manière générale, le fait de consommer plus de 7 portions de fruits et de légumes n'augmente pas de manière importante, par rapport à la consommation de moins de 5 portions quotidiennes, la possibilité d'une exposition telle qu'elle dépasse la VTR. De plus, la probabilité d'obtenir des IR supérieurs à 1 ne varie pas significativement en fonction des déterminants du statut socioéconomique identifiés ici. Ainsi, des IR supérieurs à 1 ne sont pas observés pour une catégorie de statut sans que cela soit aussi constaté pour les autres catégories, et ce, peu importe la variable considérée. En effet, la relation entre l'exposition et le risque implique ici un seuil de toxicité, lequel est à la base de la détermination de la VTR. Par conséquent, seul le passage d'un indice de risque d'inférieur à la valeur de 1 à supérieur à cette dernière valeur peut être considéré théoriquement comme étant associé à une augmentation du risque non cancérigène. En ce qui concerne le risque cancérigène toutefois, la variation est proportionnelle à la variation de l'exposition dans le modèle d'évaluation considéré.

## Limites et enjeux d'interprétation

---

Les résultats présentés ici doivent être interprétés avec prudence. Ainsi, il faut rappeler que des facteurs d'incertitude, généralement considérés comme conservateurs, sont appliqués pour compenser l'incertitude inhérente au processus de détermination des VTR, processus qui comporte une part de subjectivité. Des jugements dissemblables sur les mêmes données, émis par des évaluateurs différents, peuvent donc expliquer des variations parfois importantes entre les VTR retenues par diverses institutions sanitaires, avec les variations conséquentes dans le calcul des IR; des IR supérieurs à 1 doivent donc être mis en perspective, puisqu'ils ont été obtenus seulement en considérant les VTR les plus sévères. De plus, en ce qui concerne le risque aigu, il a été calculé sur la base de l'hypothèse que les sujets ayant consommé les aliments rapportés étaient exposés à la concentration maximale de résidus mesurée par l'ACIA, ce qui a pour effet de surestimer le risque réel moyen. Enfin, dans le cas particulier des dithiocarbamates, le recours à la VTR la plus sévère (celle du propinèbe) pour calculer les IR maximaux obtenus revient à considérer que l'exposition totale aux pesticides de cette classe est engendrée par le propinèbe. Toutefois, le plus utilisé des dithiocarbamates est le mancozèbe, et à ce pesticide correspond la VTR la plus permissive. Il apparaît donc raisonnable de penser que les niveaux de risque réels pour cette famille chimique de fongicides sont plus bas que ce que les estimations suggèrent.

La prémisse de base de ce travail est que les données publiées par l'ACIA concernant des aliments échantillonnés partout au pays sont représentatives du portrait québécois, ce qui ne peut pas être vérifié. Ensuite, les estimations présentées sont propres à la période étudiée, soit de 2005 à 2008. En effet, les conditions d'utilisation des pesticides ont pu évoluer en raison de différents facteurs. Parmi ceux-ci, on note les changements climatiques et le développement de nouvelles pratiques agronomiques, le changement du statut d'homologation de plusieurs pesticides ainsi que l'homologation de nombreux nouveaux pesticides après la fin de la période de référence. Puis, la démarche d'évaluation du risque repose sur le recours à des VTR qui, en principe, reflètent l'état des connaissances toxicologiques et épidémiologiques du moment. Il est ainsi possible que des effets sur la santé qui n'ont pas encore été mis en évidence avec suffisamment de certitude le soient dans les années à venir et commandent une révision à la baisse des VTR présentement en vigueur. De plus, il est important de rappeler que l'additivité des risques associés à plusieurs pesticides partageant ou non le même mécanisme d'action, ou encore résultant de l'exposition aiguë à un même pesticide trouvé dans plusieurs aliments consommés par le même individu le même jour n'a pas été évaluée ici. Enfin, bien que l'ingestion d'aliments soit la principale source d'exposition de la population aux pesticides, ce n'est pas la seule; les expositions imputables à d'autres milieux pourraient contribuer à augmenter le risque. Toutefois, les IR calculés, nettement inférieurs à 1 dans la grande majorité des cas, témoignent de marges de sécurité généralement importantes, à moins que des expositions directes significatives ne surviennent. Il apparaît donc peu probable que des expositions combinées à haut risque se produisent, surtout dans le cas d'expositions aiguës résultant de la consommation individuelle de plusieurs aliments contenant un même pesticide le même jour.

L'exposition aux 25 pesticides priorisés ici n'est pas nécessairement directement problématique pour la santé de la population. Les résultats obtenus suggèrent plutôt que si ces pesticides devaient encore régulièrement être mesurés dans les aliments, ils devraient alors faire l'objet d'une attention particulière de la part des autorités sanitaires. Cette attention pourrait se traduire par la mise en place de mesures visant à diminuer l'exposition aux pesticides en question.

## Conclusion

---

Finalement, puisqu'il demeure des incertitudes en lien avec certains risques, il est recommandé que les instances gouvernementales et les intervenants agricoles poursuivent leurs efforts pour réduire le plus possible les concentrations résiduelles de pesticides détectés dans les aliments, notamment en encourageant les pratiques de gestion intégrée des ennemis des cultures et l'élaboration de solutions de remplacement aux pesticides. Cela dit, les bénéfices sanitaires associés à la consommation régulière de fruits et de légumes sont bien documentés, et les résultats obtenus ici suggèrent que ces bénéfices surpassent largement les risques découlant des résidus de pesticides. Il apparaît donc primordial, du point de vue de la santé publique, de continuer à encourager la population à opter pour une alimentation saine et équilibrée qui inclut la consommation accrue d'une grande variété de fruits et de légumes.



## 1 Mise en contexte

Les autorités de santé publique encouragent la population à consommer davantage de fruits et de légumes en raison du large consensus selon lequel les fibres alimentaires, les vitamines et les minéraux qu'ils contiennent contribuent à prévenir de nombreuses maladies chroniques, dont le diabète, l'obésité, les maladies cardiovasculaires et certains cancers (Agence de la santé publique du Canada [ASPC] 2010; Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2003, 2012a; Linus Pauling Institute, 2010; Liu *et al.*, 2004; Liu et Russell, 2008; Harris et Wan, 2005). Par exemple, au Canada, le plus récent Guide alimentaire canadien recommande une consommation quotidienne minimale moyenne de 7 ou de 8 portions de fruits et de légumes pour les adultes, alors que les enfants devraient en manger de 4 à 6 (Santé Canada, 2011). De manière similaire, les campagnes québécoises de sensibilisation font la promotion de la consommation d'au moins 5 portions de fruits et de légumes par jour (Ministère de la Santé et des Services sociaux [MSSS], 2005). Conséquemment, les ventes de légumes et de fruits frais ont connu, dans la province, une croissance appréciable au cours des deux dernières décennies (Blanchet et Rochette, 2014). Les Québécois consomment aussi en quantité importante les produits locaux lors des périodes de récolte et achètent de plus en plus de fruits et de légumes importés (Hitayezu, 2010).

En revanche, si la consommation de fruits et de légumes a des bénéfices clairs pour la santé, elle peut potentiellement engendrer une exposition aux contaminants environnementaux, tels les pesticides, les métaux, les mycotoxines et les composés migrant des emballages. Parmi ces contaminants, les pesticides constituent un groupe de toxiques d'intérêt prioritaire comme l'a démontré l'*Étude sur la présence de résidus chimiques dans les aliments consommés au Québec* (Phaneuf *et al.*, 2013).

Lorsque des pesticides sont appliqués sur des aliments, une certaine quantité de résidus peut demeurer sur ou dans les produits alimentaires (Santé Canada, 2013). En effet, bien que les normes et les recommandations en vigueur soient généralement respectées, des résidus de pesticides sont fréquemment détectés dans les fruits et les légumes échantillonnés par l'Agence canadienne d'inspection des aliments – ACIA (Phaneuf *et al.*, 2013). D'ailleurs, le même constat est fait dans tous les pays qui ont des programmes bien établis de surveillance des résidus chimiques (Autorité européenne de sécurité des aliments [EFSA], 2013). Les résidus de pesticides sont une préoccupation pour la santé publique, puisque, d'une part, des effets néfastes sur la santé humaine sont associés à ces substances et que, d'autre part, un grand nombre d'individus peuvent y être exposés, que ce soit à des doses élevées à court terme (exposition aiguë) ou à de faibles doses à long terme (exposition chronique). Parmi les différents types d'effets susceptibles d'être attribués à ces expositions, il faut noter des effets neurologiques, immunologiques, développementaux; des troubles de la reproduction; des perturbations du système endocrinien et différents types de cancer (Vigouroux-Villard, 2006).

Actuellement, l'exposition de la population québécoise aux résidus de pesticides présents dans les aliments, ainsi que les risques toxicologiques qui en découlent, ne fait l'objet d'aucune surveillance systématique et publique, que ce soit dans le domaine de la santé environnementale ou celui de la nutrition. Ainsi, les intervenants du réseau provincial de santé publique ne disposent d'aucune donnée permettant d'estimer l'exposition des Québécois de tous âges aux contaminants chimiques d'origine alimentaire (Phaneuf *et al.*, 2013). Ce constat a amené l'INSPQ à recommander l'amélioration de l'évaluation de l'exposition aux contaminants alimentaires et à ajouter ce volet à sa programmation scientifique (INSPQ, 2012). Cette recommandation est d'autant plus pertinente que, dans un précédent rapport, l'INSPQ spécifiait que : « *Il est actuellement impossible de conclure sur le niveau de risques sanitaires attribuables à la présence de pesticides dans les aliments [...]* » (Samuel

et al., 2010). L'intérêt pour une meilleure caractérisation de l'exposition aux résidus alimentaires de pesticides et des risques en découlant est d'ailleurs partagé par d'autres acteurs de santé publique comme en témoigne la mise en œuvre, en 2009, du *Plan ministériel de surveillance multithématique sur les habitudes de vie – Volet nutrition* du MSSS. Ce plan de surveillance établit la présence de contaminants dans les aliments parmi les déterminants macroenvironnementaux de l'alimentation nécessitant une surveillance (MSSS, 2009).

### **Objectifs**

En réponse à cette préoccupation, la présente étude avait comme objectif principal d'estimer l'exposition de la population québécoise aux résidus de pesticides présents dans les fruits et les légumes et le risque toxicologique théorique attribuable à la consommation de ces aliments. Plus précisément, en ce qui concerne les résidus de pesticides mesurés dans les fruits et les légumes vendus sur le marché canadien pour la période de 2005 à 2008, l'étude visait à :

1. Estimer les expositions et les risques chroniques théoriques pour la population générale et déterminer les principaux contributeurs à ces expositions parmi les fruits et les légumes consommés.
2. Évaluer dans quelle mesure les expositions journalières à des combinaisons précises pesticide-aliments peuvent représenter un risque aigu pour la santé des consommateurs, et ce, même si l'exposition moyenne intégrée dans le temps (chronique) n'est associée à aucun risque apparent.
3. Sur la base des résultats obtenus ci-dessus, déterminer les pesticides pouvant être identifiés comme étant prioritaires pour la période étudiée, soit ceux présentant le plus haut potentiel de risque.
4. Évaluer dans quelle mesure le nombre de portions de fruits et de légumes consommées contribue à augmenter le risque chronique lié à la présence de résidus alimentaires dans le cas des pesticides identifiés au point 3, dans une perspective globale d'évaluation risques-bénéfices.
5. Estimer, dans le cas des pesticides identifiés au point 4, l'influence du statut socioéconomique des consommateurs sur le risque calculé ci-dessus.

Les résultats de cette étude, discutés objectivement et de manière systématique, permettent de formuler quelques recommandations et positions de santé publique concernant la problématique des résidus alimentaires de pesticides au Québec.

## 2 Méthodologie

La présente étude a été réalisée au moyen du couplage de deux bases de données. La première contient des mesures de consommation quotidienne individuelle de fruits et de légumes. Ces mesures concernent un échantillon représentatif de Québécois. Quant à la deuxième base employée, elle a trait à la teneur en résidus de pesticides, comme elle est mesurée pour la période de 2005 à 2008, des fruits et des légumes vendus sur le marché canadien.

La démarche générale suivie dans le cadre de ce travail repose sur deux postulats fondamentaux émis par les auteurs :

1. Le premier est que, selon le modèle statistique d'erreur de mesure ajusté, la moyenne de doses habituelles d'exposition aux résidus de pesticides dans les aliments est égale à la moyenne de ces doses calculées à partir d'une seule journée ayant fait l'objet d'un rappel alimentaire dans le cadre de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC 2.2) menée en 2004. Ainsi, il est présumé que les résultats présentés sous forme de doses moyennes sont représentatifs des doses découlant de la consommation alimentaire habituelle de la population québécoise. Autrement dit, l'hypothèse veut que l'exposition suive une cinétique d'état d'équilibre dans le temps et dans la population. Des considérations statistiques propres à la collecte des données de consommation alimentaire sont décrites à l'annexe 1.
2. Le second postulat est que les concentrations résiduelles de pesticides dans les fruits et les légumes mesurées entre 2005 et 2008 sont représentatives des concentrations dans ces mêmes fruits et légumes consommés en 2004 par les personnes ayant participé à l'enquête nutritionnelle; en effet, les données récentes de l'ACIA montrent que ce sont sensiblement les mêmes produits qui sont détectés année après année (Agence canadienne d'inspection des aliments [ACIA], 2013a).

Les deux sources de données employées, soit celle sur la consommation individuelle de fruits et de légumes et celle sur la teneur en résidus de pesticides, sont décrites brièvement à la section 2.1. Les méthodes utilisées pour le calcul des doses d'exposition et des indices de risque sont quant à elles respectivement présentées dans les sections 2.2 et 2.3.

### 2.1 Données de base utilisées

---

#### 2.1.1 CONSOMMATION INDIVIDUELLE DE FRUITS ET DE LÉGUMES

Les données sur la consommation individuelle de fruits et de légumes frais et transformés proviennent de l'ESCC 2.2, étude qui a été conduite en 2004 par Statistique Canada. L'ESCC 2.2 est la seule étude populationnelle sur la nutrition menée auprès des Canadiens ou des Québécois de tous âges depuis les années 1970 (Santé Canada, 2006). Elle fournit des informations sur l'état et les déterminants de la santé des Canadiens âgés de 1 an et plus vivant en logement privé dans les 10 provinces canadiennes; ces informations sont colligées au moyen d'une série d'enquêtes transversales (Statistique Canada, 2005). Les membres à temps plein des Forces armées canadiennes ainsi que les résidents des territoires, des réserves indiennes ou des terres publiques, des établissements carcéraux, des établissements de soins ou de certaines régions éloignées étaient exclus de l'étude.

Les données brutes recueillies dans le cadre de l'ESCC 2.2 se trouvent dans trois groupes de fichiers différents : des fichiers maîtres, des fichiers partagés et des fichiers de microdonnées à grande diffusion. Les fichiers maîtres contiennent toutes les données recueillies auprès des répondants et

sont conservés par Statistique Canada. Pour des raisons de confidentialité, seuls les employés de Statistique Canada ou des employés désignés à cet effet ont généralement accès à ces fichiers. Cependant, l'INSPQ a eu le privilège de se servir des fichiers maîtres suivant une entente avec Statistique Canada, et le statisticien responsable de l'analyse des données a pu traiter ces dernières avec le soutien du Centre interuniversitaire québécois de statistiques sociales (CIQSS) situé à l'Université Laval. Ainsi, pour le présent document, ce sont les données des fichiers maîtres qui ont été utilisées.

La population visée dans le présent écrit est la population québécoise âgée de 1 an et plus. Les données de consommation alimentaire employées ont été collectées auprès des 4 780 Québécois ayant rempli un rappel alimentaire de 24 heures (Blanchet, Plante et Rochette, 2009). La consommation quotidienne de fruits et de légumes (g/jour) et le poids corporel (kg) de chaque individu ont été extraits des fichiers maîtres pour le calcul des doses d'exposition (voir la section 2.2). Dans la présente étude, la notion de population générale renvoie à la population québécoise âgée de 1 an et plus ayant consommé ou non des fruits et des légumes.

### **2.1.2 CONCENTRATIONS DE RÉSIDUS ALIMENTAIRES DE PESTICIDES**

Les données portant sur les résidus de pesticides dans les fruits et les légumes frais et transformés ont été tirées des rapports annuels sur les résidus de produits chimiques du Programme national de surveillance des résidus chimiques (PNSRC) de l'ACIA (2013b). Cet organisme canadien est chargé de mesurer les concentrations de résidus chimiques pouvant être présents dans des échantillons d'aliments canadiens et importés. Les échantillons sont prélevés aléatoirement partout au pays au cours de l'année financière (du 1<sup>er</sup> avril au 31 mars). Les résultats annuels issus de ce programme de surveillance peuvent être consultés sur le site Internet de l'ACIA. Aux fins de la présente étude, les résultats des analyses présentées dans les rapports des années 2005-2006 (ACIA, s.d.-a), 2006-2007 (ACIA, s.d.-b) et 2007-2008 (ACIA, s.d.-c) ont été téléchargés et analysés. Les auteurs ont eu recours aux concentrations moyennes et maximales des résidus détectés dans les fruits ou les légumes cultivés au Canada et à l'étranger entre les années 2005 et 2008 pour calculer les doses d'exposition théoriques présentées à la section suivante.

La liste complète des 167 fruits et légumes canadiens et importés, échantillonnés par l'ACIA de 2005 à 2008, est présentée à l'annexe 2. Cette annexe présente aussi la liste des pays d'origine des fruits et des légumes importés ainsi que la liste complète des 169 pesticides détectés par l'ACIA dans les aliments. Au cours de leurs recherches, les auteurs du présent document ont constaté que l'ACIA s'est servie de différentes nomenclatures au fil des années pour désigner un même pesticide pouvant contaminer les aliments sous forme de résidus. La nomenclature utilisée ici est celle employée par l'ACIA pour l'année 2007-2008.

## **2.2 Estimation de l'exposition aux résidus de pesticides détectés dans les aliments par l'ACIA**

---

L'exposition des Québécois aux pesticides, pour la période de référence, a été estimée selon deux scénarios d'exposition aux 169 pesticides détectés dans le cadre des programmes d'analyse de l'ACIA, soit l'exposition chronique et l'exposition aiguë. Il faut noter que ces substances n'étaient pas nécessairement toutes homologuées au Canada au moment d'écrire ces lignes, puisque certaines peuvent n'avoir été détectées que dans des échantillons d'aliments importés ou avoir fait l'objet d'avis de restriction depuis la publication des données de l'ACIA employées ici. Tout d'abord, la sous-section 2.2.1 décrit la méthodologie utilisée pour sélectionner les fruits et les légumes considérés. Quant aux sous-sections 2.2.2 et 2.2.3, elles détaillent ensuite les calculs utilisés pour les

scénarios d'exposition chronique et aiguë aux résidus de pesticides détectés dans les aliments considérés.

### 2.2.1 SÉLECTION DES ALIMENTS À L'ORIGINE DE L'EXPOSITION

Étant donné que l'ACIA a échantillonné 167 fruits et légumes frais ou transformés différents sur une période de 3 ans, seules les doses d'exposition de certains de ces aliments ont été calculées dans le cadre de ce projet. Leur sélection a d'abord été réalisée en fonction des valeurs de consommation moyennes quotidiennes (g/jour) qui ont été calculées à partir de la base de données de l'ESCC 2.2. Les 30 fruits et les 30 légumes les plus consommés en moyenne par toute la population à l'étude (soit les 4 780 individus québécois) ont été retenus dans un premier temps. Ont également été retenus les 30 fruits et les 30 légumes les plus consommés par les personnes les ayant effectivement consommés le jour du rappel alimentaire effectué dans le cadre de l'ESCC 2.2. Ces derniers consommateurs sont donc moins nombreux que le total des 4 780 individus étudiés<sup>1</sup>. Les deux listes ont été fusionnées, et les doublons ont été éliminés. Cet exercice a permis de sélectionner 34 fruits et 42 légumes frais ou transformés. À cette sélection, 13 fruits et légumes supplémentaires ont été ajoutés afin que la liste définitive inclue les fruits et les légumes les plus consommés par les adultes québécois selon l'étude de Blanchet, Plante et Rochette (2009). Ainsi, en tout, 89 fruits et légumes frais et transformés ont été sélectionnés aux fins du calcul de la dose d'exposition chronique pour chacun des pesticides détectés par l'ACIA (voir l'annexe 3).

En ce qui a trait à la sélection des aliments pour l'exposition aiguë, puisque la dose d'un pesticide donné est calculée pour chaque aliment consommé dans lequel il est détecté, l'estimation a été faite à partir d'une sélection différente de fruits et de légumes. En effet, pour être retenue, la quantité moyenne consommée du fruit ou du légume devait arbitrairement être supérieure, en moyenne, à 1 gramme par jour. C'est ainsi que 13 fruits et 17 légumes ont été sélectionnés pour le calcul des doses aiguës de pesticides (voir l'annexe 3).

### 2.2.2 ESTIMATION DE L'EXPOSITION CHRONIQUE AUX RÉSIDUS DE PESTICIDES PRÉSENTS DANS LES ALIMENTS SÉLECTIONNÉS

L'estimation de l'exposition chronique à chaque pesticide détecté par l'ACIA repose sur une démarche de calcul des doses individuelles d'exposition pour chacun des 4 780 Québécois ayant fourni des données de consommation alimentaire et de poids corporel dans le cadre de l'ESCC 2.2. À partir des données des répondants de l'enquête ESCC 2.2, des doses individuelles d'exposition pour chaque pesticide à l'étude ont été déterminées, et ce, en considérant tous les aliments, parmi les 89 sélectionnés précédemment, dans lesquels ce pesticide a été détecté. Plus précisément, la quantité de l'aliment consommée, comme rapportée par chaque individu, a été multipliée par la concentration moyenne du résidu concerné mesurée dans cet aliment, le tout étant divisé par le poids corporel de l'individu (équation 1); en effet, la valeur moyenne de concentration est considérée comme un meilleur indicateur de l'exposition chronique et **continue**. Ensuite, les doses ainsi calculées pour chaque aliment ont été additionnées afin d'obtenir une dose individuelle d'exposition totale (DETP<sub>x</sub>; équation 1). Cette DETP<sub>x</sub> représente donc l'exposition chronique de l'individu, par sa consommation de fruits et de légumes préalablement sélectionnés, à un contaminant donné. L'ensemble des 4 780 valeurs de DETP<sub>x</sub> a généré une distribution de doses pour la population totale propre à ce pesticide. Ainsi, l'exposition chronique à chaque pesticide à l'étude est caractérisée par sa distribution de doses.

---

<sup>1</sup> En effet, tous les individus n'ayant consommé aucun fruit ou aucun légume ont été retirés lors de l'établissement de cette deuxième liste d'aliments les plus consommés.

L'équation 1, utilisée dans la présente étude pour calculer les doses totales individuelles d'exposition chronique aux résidus alimentaires de pesticides des Québécois (DETP<sub>x</sub>), est identique à celle utilisée en France par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses, 2011).

$$DETP_x = \frac{\sum_0^{89} CR_{xi} \times QC_i}{PC} \quad \text{Équation 1}$$

Où :

DETP<sub>x</sub> = Dose quotidienne individuelle d'exposition totale au pesticide x (µg/kg/j)

CR<sub>xi</sub> = Concentration **moyenne** du résidu de pesticide x dans l'aliment i (µg/g)

QC<sub>i</sub> = Quantité de l'aliment i (g/j) quotidiennement consommée

PC = Poids corporel de l'individu (kg)

Lorsqu'un individu n'avait pas consommé un aliment, une valeur de zéro était attribuée à la quantité consommée. Aussi, pour le traitement des échantillons de fruits et de légumes dans lesquels aucun résidu n'a été détecté, une valeur équivalente à la moitié de la limite de détection a été employée.

Les estimations de l'exposition chronique ont aussi été réalisées en fonction de 6 groupes d'âge, soit les 1 à 3 ans, les 4 à 8 ans, les 9 à 13 ans, les 14 à 18 ans, les 19 à 50 ans et les 51 ans et plus. Ces sous-groupes ont été formés sur la base des catégories d'âge retenues par Santé Canada (2006).

Ensuite, pour chacun des pesticides à l'étude, le rapport entre la somme des doses individuelles associées à la consommation d'un fruit ou d'un légume donné (ΣDER<sub>xi</sub>) et la somme des doses individuelles totales (ΣDETP<sub>x</sub>) a permis de calculer la contribution spécifique, en pourcentage (%), de chaque fruit et de chaque légume au total de la dose estimée pour la période à l'étude (équation 2).

$$C_i = \frac{\sum DER_{xi}}{\sum DETP_x} \times 100 \% \quad \text{Équation 2}$$

Où :

C<sub>i</sub> = Contribution, en pourcentage, de l'aliment i à la ΣDETP<sub>x</sub> (définie à l'équation 1)

ΣDER<sub>xi</sub> = Somme des doses individuelles quotidiennes d'exposition attribuables au résidu de pesticide x présent dans l'aliment i (µg/kg/j).

### 2.2.3 ESTIMATION DE L'EXPOSITION AIGUË AUX RÉSIDUS DE PESTICIDES

Tout comme pour l'exposition chronique, le calcul de l'exposition aiguë a été déterminé à l'aide du calcul de doses individuelles. Toutefois, comparativement à la dose totale qui représente une sommation des doses attribuables à la consommation de tous les aliments sélectionnés, la dose d'exposition aiguë pour un pesticide donné a été calculée pour chaque aliment dans lequel un résidu de ce pesticide a été détecté.

L'évaluation de l'exposition aiguë avait comme objectif de mettre en évidence de possibles, quoique rares, événements **ponctuels** d'expositions qui soient assez importantes pour être considérées comme problématiques à court terme. C'est pourquoi les doses individuelles d'exposition aiguë à un résidu de pesticide (DEAP<sub>x</sub>) ont été calculées en multipliant la concentration maximale du pesticide

mesurée dans l'aliment par la quantité de cet aliment consommée par l'individu, le tout étant divisé par le poids corporel de cet individu (équation 3). Plusieurs doses individuelles aiguës d'un même pesticide ont donc été déterminées à partir des données de consommation de chaque aliment dans lequel ce pesticide avait été détecté; l'ensemble des DEAP<sub>x</sub> calculées a permis d'obtenir des distributions de doses aiguës potentielles pour la population de consommateurs de fruits et de légumes.

$$DEAP_{xi} = \frac{CMR_{xi} \times QC_i}{PC} \quad \text{Équation 3}$$

Où :

DEAP<sub>xi</sub> = Dose individuelle quotidienne d'exposition aiguë au pesticide x dans l'aliment i (µg/kg/j)

CMR<sub>xi</sub> = Concentration **maximale** du résidu de pesticide x dans l'aliment i (µg/g)

QC<sub>i</sub> = Quantité quotidienne consommée de l'aliment i (g/j)

PC = Poids corporel de l'individu (kg)

## 2.3 Évaluation du risque

### 2.3.1 RISQUE NON CANCÉRIGÈNE

En réponse aux objectifs 1 et 2, l'évaluation du risque pour la santé, associée aux doses d'exposition calculées à la section précédente, a permis d'estimer dans quelle mesure l'exposition chronique ou aiguë calculée pour chaque pesticide dépasse ou non sa valeur toxicologique de référence (VTR) non cancérigène appropriée (Équipe scientifique sur les risques toxicologiques – INSPQ [ESRT – INSPQ], 2012). Cette évaluation se fait par la détermination d'un indice de risque (IR).

$$IR_{-i} = \frac{Dose_{-i}}{VTR_{-i}} \quad \text{Équation 4}$$

Où :

IR<sub>-i</sub> = Indice de risque chronique ou aigu pour le pesticide i

Dose<sub>-i</sub> = Dose quotidienne chronique ou aiguë du pesticide i

VTR<sub>-i</sub> = Valeur toxicologique de référence appropriée (chronique ou aiguë) pour le pesticide i.

Sur les 169 pesticides inscrits dans les fichiers de l'ACIA (dont les 10 pesticides de la famille des dithiocarbamates qui sont regroupés sous le seul nom de cette famille dans les fichiers), 135 comportent des VTR chroniques pour les risques non cancérigènes, qui sont rapportées par l'un ou l'autre des organismes sanitaires auxquels on se réfère le plus couramment à travers le monde en ce qui a trait à la caractérisation toxicologique des pesticides<sup>2</sup> (voir le tableau 1 de l'annexe 4). Il est fréquent que des organismes différents déterminent d'autres VTR pour un même pesticide. Ceci illustre le caractère incertain inhérent à tout processus de détermination de VTR. En effet, ce

<sup>2</sup> Les plus courants étant Santé Canada, l'United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), la California Environmental Protection Agency (CalEPA), l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), le Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).

processus implique notamment la détermination d'études critiques et l'attribution de facteurs d'incertitude (United States Environmental Protection Agency [U.S. EPA], 2003). Ces deux procédures comprennent une part de subjectivité pour les législateurs ou les gestionnaires de risque, même lorsque les choix sont faits avec toute la rigueur scientifique et professionnelle attendue de la part de ces décideurs. De plus, les connaissances évoluent, ce qui peut mener à des variations dans la valeur d'une VTR pour un pesticide donné en fonction de l'année de sa détermination. Pour tenir compte de ces incertitudes dans le cadre du présent travail, des IR minimaux et maximaux ont été calculés autant à l'aide de la VTR maximale que de la VTR minimale propres à chacun des 135 pesticides ayant fait l'objet d'une évaluation du risque (voir l'annexe 4) parmi toutes les VTR relevées dans la littérature. En particulier, le moteur de recherche *Furetox*<sup>3</sup> ainsi que la revue effectuée par Nougadère *et al.* (2011) ont été utilisés pour obtenir les diverses VTR non cancérogènes propres à chaque pesticide, et ce, tant aux fins du calcul des IR aigus que des IR chroniques.

### 2.3.2 RISQUE CANCÉRIGÈNE

Parmi les 169 pesticides étudiés dans la présente analyse, 28 se sont vu attribuer un coefficient de cancérogénicité (aussi désigné par «  $q^*$  ») pour la voie orale par au moins un des organismes sanitaires mentionnés au paragraphe précédent (voir le tableau 2 de l'annexe 4)<sup>4</sup>. Ce coefficient de cancérogénicité ( $q^*$ ) reflète de manière quantitative, et prudente, le potentiel cancérogène de la substance à laquelle il s'applique et s'exprime en  $(\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ . Il permet d'estimer, dans la **population générale**, le nombre de cas de cancer, en excès du bruit de fond, découlant de l'exposition moyenne chronique à ce résidu de pesticide. L'exposition moyenne chronique, c'est-à-dire présumée comme étant continue durant 70 ans, résulte ici de la consommation quotidienne de fruits et de légumes contenant le résidu de pesticide. Par conséquent, le risque cancérogène ne peut être calculé que pour la population générale et non pas par groupe d'âge (ESRT – INSPQ, 2012). Donc, pour les 28 pesticides concernés, le risque cancérogène a été calculé de la manière suivante :

$$R_{\text{canc}_i} = q^*_{i} \times D_{\text{popIC95}_i} \quad \text{Équation 5}$$

Où :

$R_{\text{canc}_i}$  = Risque de cancer associé au pesticide  $i$  (sans unité; typiquement exprimé comme une fraction de 1)

$q^*_{i}$  = Coefficient de cancérogénicité pour la voie orale du pesticide  $i$  ( $(\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ )

$D_{\text{popIC95}_i}$  = Intervalle de confiance supérieur à 95 % sur la dose journalière moyenne d'exposition chronique au pesticide  $i$  dans la population générale, soit ici les 4 780 répondants québécois de l'ESCC 2.2 appartenant aux diverses classes d'âge mentionnées au point 2.2.2 ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ ).

<sup>3</sup> Le moteur de recherche *Furetox* est accessible à l'adresse suivante : <http://www.furetox.fr/home.html> (juin 2015).

<sup>4</sup> Seul le chlordane s'est vu attribuer des valeurs différentes par deux organismes distincts – une valeur de  $0,35 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$  par la U.S. EPA comparativement à une valeur de  $1,3 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$  par la CalEPA; la valeur la plus conservatrice (élevée) a été retenue aux fins de l'analyse.



Les auteurs de la présente étude ont également estimé le nombre de cas de cancer de l'estomac, du poumon, de l'œsophage, du larynx et de la cavité buccale (bouche et pharynx) ayant été prévenus dans la population québécoise par la consommation de fruits et de légumes, en réponse partielle à l'objectif 4. Pour ce faire, ils se sont servis de la méthode décrite par Reiss *et al.* (2012) reposant sur la détermination de la fraction étiologique du risque (FER) dans la population. Brièvement, les risques relatifs (RR) de 6 sites de cancer (voir le tableau 1) qu'ont obtenu par méta-analyses le World Cancer Research Fund et l'American Institute for Cancer Research [WCRF/AICR] (2007) pour une consommation quotidienne moyenne de portions de fruits (dont la sous-catégorie « agrumes ») et de légumes non amidonnés (dont les sous-catégories « verts et jaunes », « blancs ou pâles », et « alliacés ») ont été combinés aux taux de base annuels de ces cancers dans la population québécoise ainsi qu'à sa consommation quotidienne réelle moyenne de fruits et de légumes classés selon ces catégories (voir l'annexe 3). Lorsque, pour un même site de cancer et une même catégorie d'aliments, des valeurs de RR différentes sont obtenues pour des études de cohortes et des études cas-témoin, un RR moyen a été pondéré aux deux tiers en faveur du RR des études de cohortes, ces dernières étant généralement considérées comme plus robustes. Un deuxième ajustement a été effectué dans le cas où les RR étaient non significatifs statistiquement, c'est-à-dire que la borne supérieure de l'IC95 % du RR était supérieure à 1. Afin de faire cela, la valeur de RR a été augmentée par un facteur arbitraire du quart de l'écart entre la valeur centrale et l'IC95 %; de cette façon, l'importance accordée aux RR statistiquement significatifs a été augmentée au détriment de ceux qui ne le sont pas.

**Tableau 1 Risques relatifs (RR) calculés par type d'étude pour différents sites de cancer selon la consommation quotidienne d'une portion de fruits et de légumes issus de divers groupes d'aliments**

Sites de cancer (Portion, grammes)	Groupes d'aliments					
	Fruits		Légumes non amidonnés			
	Tous	Agrumes seulement	Tous	Verts et jaunes	Blancs ou pâles	Alliacés
<b>Poumons (80)</b>						
Types d'étude						
■ Cohorte	0,94	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
■ Cas-témoin	0,80	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
■ Pondéré	0,89					
<b>Estomac (100)</b>						
Types d'étude						
■ Cohorte	0,95 (1,02) <sup>A</sup>	Nd	0,98 (1,06) <sup>A</sup>	0,63	0,49 (1,01) <sup>A</sup>	0,55
■ Cas-témoin	0,67	Nd	0,70	0,59	0,57 (1,02) <sup>A</sup>	0,59
■ Pondéré	0,87		0,9	0,62	0,64	0,56
<b>Œsophage (50)</b>						
Types d'étude						
■ Cas-témoin	0,56	0,70 <sup>B</sup>	0,87 (1,05) <sup>A</sup>	Nd	Nd	Nd
■ Pondéré			0,96			
<b>Bouche, pharynx et larynx (100)</b>						
Types d'étude						
■ Cohorte	0,82 (1,04) <sup>A</sup>	0,76 <sup>B</sup>		Nd	Nd	Nd
■ Cas-témoin	0,72		0,72 <sup>B</sup>	Nd	Nd	Nd
■ Pondéré	0,82					

<sup>A</sup> Les valeurs d'IC95 % sur le RR supérieures à 1, le cas échéant, sont indiquées entre parenthèses.

<sup>B</sup> Par portion de 100 grammes pour le cancer de l'œsophage et de 50 grammes pour celui de la bouche, du pharynx et du larynx.

Abréviations : Nd : non déterminé; RR : risque relatif.

Source : WCRF/AICR (2007), sauf les RR pondérés, calculés par les auteurs du présent rapport.

Ainsi, le taux annuel de cas de cancer prévenus, pour un site donné, par la consommation quotidienne moyenne des aliments de l'un des groupes d'aliments donné, est calculé en deux étapes selon :

$$FER = P_e \times (RR-1) / P_e \times (RR-1 + 1) \quad \text{Équation 6}$$

Où :

FER = Fraction étiologique du risque dans la population pour le site de cancer

RR = Risque relatif pour la combinaison site de cancer/catégorie d'aliments consommés

$P_e$  = Fraction de la population qui consomme la quantité moyenne de fruits et de légumes, soit 1

Et

$$T_{cp} = FER \times TB \times C/P \quad \text{Équation 7}$$

Où :

$T_{cp}$  = Taux annuel de cas de cancer prévenus, pour un site donné, par la consommation des aliments concernés

TB = Taux annuel de base moyen (sexes combinés) du site de cancer donné, pour la période étudiée

C = Consommation quotidienne moyenne québécoise de la catégorie d'aliments concernée (g/jour)

P = Taille de la portion quotidienne moyenne de la catégorie d'aliments à laquelle le risque relatif du site de cancer donné s'applique (g/jour)

Il faut noter que le calcul de  $T_{cp}$  a été fait en considérant les bornes moyennes supérieures et inférieures de l'intervalle de confiance à 99 % des taux de base moyens de cancer des années 2004 à 2008<sup>5</sup> provenant de l'Infocentre de santé publique de l'INSPQ. De même, certains aliments peuvent appartenir à deux catégories parmi celles énumérées plus haut, puisque ces catégories ne sont pas mutuellement exclusives. Par exemple, la tomate est considérée à la fois comme un légume vert ou jaune et comme un légume non amidonné, et le calcul de  $T_{cp}$  a été fait pour les deux possibilités.

## 2.4 Détermination de pesticides prioritaires pour la période à l'étude et analyse de l'influence de certains facteurs sur le risque

En réponse à l'objectif 3, des pesticides prioritaires ont été déterminés. Ces pesticides ont été sélectionnés, puisqu'ils ont présenté un IR supérieur à un seuil d'alerte prédéterminé pour au moins un des centiles d'exposition évalués, dans au moins un des groupes d'âge populationnels considérés et sur la base d'au moins une des deux VTR (minimale ou maximale) retenues, et ce, tant pour les expositions chroniques que les expositions aiguës. Ce seuil d'alerte a été fixé à 0,2 pour les IR chroniques et à 0,1 pour les IR aigus. Cette façon de faire sous-tend la prise en considération d'une marge de sécurité supplémentaire rendue nécessaire par le fait que la contribution à l'exposition totale des autres sources d'exposition aux substances étudiées, soit l'exposition de type bruit de

<sup>5</sup> Période que couvrent les données de consommation d'aliments et de concentrations de pesticides de la présente étude.

fond, n'a pu être évaluée ici<sup>6</sup>. L'approche utilisée dans le présent travail est en accord avec le principe d'analyse des marges d'exposition employé lors de l'évaluation du risque<sup>7</sup>. De plus, la valeur de 0,2 est cohérente avec les recommandations de l'INSPQ (ESRT – INSPQ, 2012) et de Santé Canada (2010a) pour l'évaluation du risque en l'absence de données sur le bruit de fond chronique. Enfin, cette approche suit aussi la logique d'attribution d'une fraction de l'exposition maximale tolérable (20 %) à la contribution chronique de chaque milieu environnemental lors de l'élaboration des critères et des normes (ex. : eau potable; voir Sidhu, 1991). Par ailleurs, c'est en suivant la même approche, mais avec une marge supplémentaire étant donné la nature aiguë de l'exposition concernée, que le seuil de 0,1 a été arbitrairement déterminé pour les IR aigus; ce seuil étant aussi cohérent avec la position de l'Anses (2016). Enfin, les pesticides présentant un risque cancérigène supérieur à  $1 \times 10^{-5}$ , soit un cas de cancer en excès parmi cent mille personnes exposées durant toute leur vie, ont également été priorisés. En effet, un risque au-delà de ce seuil dépasse l'ordre de grandeur que sous-tend la limite tolérable de  $1 \times 10^{-6}$  prise en compte par l'INSPQ (2012), alors que le risque cancérigène considéré comme acceptable par Santé Canada (2010a) est de  $1 \times 10^{-5}$ .

Pour ces pesticides prioritaires, l'effet de divers déterminants sur l'exposition et le risque associé a été étudié. Ainsi, l'influence du nombre de portions de fruits et de légumes consommées quotidiennement ainsi que du statut socioéconomique des participants (revenu, scolarité et région de résidence) a été évaluée. L'analyse n'a porté que sur l'exposition chronique. En effet, selon les postulats mentionnés plus haut dans le texte, l'approche utilisée suppose que cette exposition reflète l'ingestion chronique, par les participants de l'ESCC 2.2, de pesticides présents dans une grande variété d'aliments consommés sur une longue période. L'exposition chronique traduit donc, beaucoup mieux que des événements ponctuels d'expositions aiguës, un comportement alimentaire pouvant potentiellement être influencé par les déterminants socioéconomiques.

#### 2.4.1 INFLUENCE DU NOMBRE DE PORTIONS DE FRUITS ET DE LÉGUMES CONSOMMÉES

Les portions de fruits et de légumes réfèrent à la quantité moyenne d'aliments que les personnes devraient consommer quotidiennement selon le *Guide alimentaire canadien* (Santé Canada, 2011). Une portion, comme ce guide le définit, est une quantité de référence et elle consiste précisément en une quantité minimale de fruits et de légumes dont les individus ont besoin quotidiennement, selon leur âge et leur sexe, pour combler certains besoins nutritionnels. Une portion peut se rapprocher d'un fruit ou d'un légume de grosseur moyenne. Dans d'autres cas, que ce soit pour les fruits et les légumes frais, cuits, congelés ou en conserve, ou pour le jus pur à 100 %, la portion équivaut à 125 ml (1/2 tasse) de légumes ou de fruits, contre 250 ml pour les légumes-feuilles (ex. : épinards).

En réponse à l'objectif 4, le nombre de portions de fruits et de légumes consommées par la population totale et par les différents groupes d'âge a été classé selon trois catégories, soit < 5 portions, 5 ou 6 portions, et 7 portions et plus. En effet, depuis la tenue de l'ESCC 2.2 en 2004, les recommandations du *Guide alimentaire canadien* ont été révisées à la hausse (Santé Canada, 2011). Avant 2007, ce guide recommandait la consommation d'au moins 5 portions de fruits et de légumes par jour. Par conséquent, la catégorie « < 5 portions » a été retenue comme catégorie inférieure. Cette valeur seuil est d'ailleurs largement employée dans la littérature aux fins de comparaisons entre les études internationales (National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 2013; Willett, 1998; Statistique Canada, 2010). Puisque les nouvelles

<sup>6</sup> C'est-à-dire, l'exposition attribuable aux autres sources alimentaires (ex. : viandes, lait), ainsi qu'aux autres milieux environnementaux que sont l'eau potable, l'air, les sols et les produits de consommation.

<sup>7</sup> La *marge d'exposition* renvoie ici au vocable anglais *Margin of Exposure* (MOE), lequel reflète le concept élaboré par la U.S. EPA pour mettre en évidence l'importance toxicologique d'une exposition. Ainsi, la MOE est le rapport entre l'exposition mesurée et la VTR pertinente (U.S. EPA, 2003). Elle permet d'évaluer non seulement le niveau de risque associé à une exposition donnée, mais également la marge de sécurité qui s'en dégage au vu de la VTR appropriée.

recommandations pour les plus de 14 ans sont de 7 portions ou plus par jour (Santé Canada, 2011), cette catégorie a été retenue comme extrême supérieur, 5 à 6 portions étant la catégorie moyenne.

#### **2.4.2 INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES DES PARTICIPANTS**

Les données sur la région de résidence (rurale ou urbaine), le revenu et la scolarité des participants de l'ESCC 2.2 de 2004 ont été considérées. Pour ce qui est du revenu, c'est le total du ménage et le nombre de personnes qui le compose qui ont été évalués suivant une variable à quatre catégories.

##### **Niveau 1 : Groupe du revenu le plus bas**

- Moins de 15 000 \$ si 1 ou 2 personnes
- Moins de 20 000 \$ si 3 ou 4 personnes
- Moins de 30 000 \$ si 5 personnes et plus

##### **Niveau 2 : Groupe du revenu bas-moyen**

- De 15 000 \$ à 29 999 \$ si 1 ou 2 personnes
- De 20 000 \$ à 39 999 \$ si 3 ou 4 personnes
- De 30 000 \$ à 59 999 \$ si 5 personnes et plus

##### **Niveau 3 : Groupe du revenu moyen-élevé**

- De 30 000 \$ à 59 999 \$ si 1 ou 2 personnes
- De 40 000 \$ à 79 999 \$ si 3 ou 4 personnes
- De 60 000 \$ à 79 999 \$ si 5 personnes ou plus

##### **Niveau 4 : Groupe du revenu le plus élevé**

- 60 000 \$ et plus si 1 ou 2 personnes
- 80 000 \$ et plus si 3 personnes et plus

De même, la scolarité atteinte par l'individu a aussi été catégorisée en quatre niveaux.

**Niveau 1 :** N'a pas de diplôme d'études secondaires (< DES)

**Niveau 2 :** Diplôme d'études secondaires (aucune étude postsecondaire – DES)

**Niveau 3 :** Études postsecondaires partielles (DEPSP)

**Niveau 4 :** Grade/diplôme d'études postsecondaires (DEPS)

## 2.5 Traitement des données et présentation des résultats

---

Lorsque requises, les comparaisons de doses d'exposition, ont été basées sur l'examen des intervalles de confiance à 95 % (IC95 %) des doses moyennes calculées à partir des distributions de doses obtenues. Ainsi, en accord avec une approche utilisée par Statistique Canada (2014) en l'absence de test statistique, l'absence de chevauchement des IC95 % sur les valeurs moyennes est considérée, de manière conservatrice, comme un indicateur de différences statistiquement significatives entre les valeurs moyennes. À l'inverse, on ne peut exclure que des différences soient significatives lorsqu'un léger chevauchement entre les IC95 % de deux moyennes est observé.

Les critères de diffusion et de publication des données de Statistique Canada ont été respectés et ce, que ce soit sur le plan de la confidentialité, du calcul des estimations ou de la variabilité des données. Par exemple, le faible nombre de personnes dans certains groupes d'âge a engendré une plus grande variabilité des données. Cette situation a maintes fois entraîné la non-publication des doses obtenues, en particulier pour les enfants âgés de 2 et de 3 ans. Ainsi, une note a été indiquée lorsque le coefficient de variation se situait entre 16,6 % et 33,3 %. Cette note invitait à faire preuve de prudence dans l'interprétation du résultat. Un coefficient se situant au-dessus de 33,3 % indiquait une estimation de mauvaise qualité; en conséquence, le résultat n'a pu être rapporté dans ces cas.

## 3 Résultats

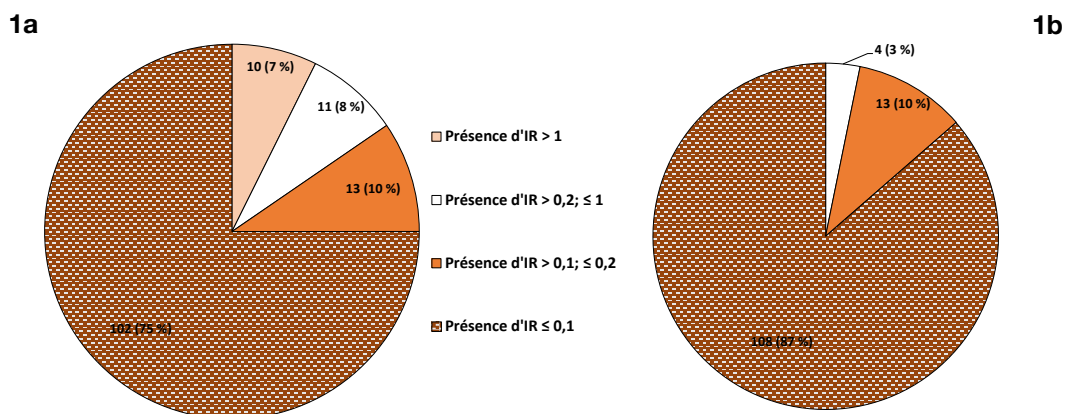
Les résultats d'évaluation du risque chronique sont présentés dans les sections qui suivent. Tout d'abord, la section 3.1 détaille les risques découlant de l'exposition chronique. Elle est suivie par la section 3.2 qui traite de ceux découlant des estimations de l'exposition aiguë. Enfin, la section 3.3 présente l'analyse de l'influence des déterminants de l'exposition identifiés à la section 2.4 sur les risques estimés, et ce, uniquement pour les pesticides jugés prioritaires pour la période étudiée, sur la base des IR chroniques et aigus respectivement indiqués dans les sections 3.1 et 3.2.

### 3.1 Expositions et risques chroniques associés à la présence de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes

#### 3.1.1 RISQUES NON CANCÉRIGÈNES

Les statistiques descriptives des doses d'exposition chroniques aux 169 pesticides considérés pour l'ensemble de la population étudiée sont présentées à l'annexe 5. L'évaluation du risque met en évidence une faible fréquence de cas où les VTR chroniques sont dépassées. En effet, sur les 135 substances pour lesquelles les risques non cancérigènes ont été évalués sur la base des résidus mesurés par l'ACIA au cours de la période de référence de 2005-2008, seules 10 (incluant les 10 dithiocarbamates considérés ensemble) ont présenté des IR supérieurs à 1 établis à partir des VTR les plus sévères (figure 1a). De plus, 24 autres produits ont présenté des IR se situant entre 0,1 et 1, dont 11 seulement avec des IR supérieurs à 0,2 (voir la figure 1a). La proportion d'IR supérieurs à 0,1 diminue sensiblement lorsque les VTR les moins sévères sont considérées, et aucun IR supérieur à 1 n'est obtenu (voir la figure 1b). Plus précisément, le tableau 2 résume les statistiques descriptives obtenues concernant les doses d'exposition chroniques, et les IR en découlant, des 21 pesticides pour lesquels des IR supérieurs à 0,2 ont été calculés dans au moins un des centiles d'exposition et chez au moins un des sous-groupes d'âge étudiés (voir la sous-section 2.2.2).

Figure 1 Répartition des IR chroniques maximaux (a) et minimaux (b) obtenus pour les 135 pesticides évalués



Quoique les doses d'exposition et les IR résultants aient été calculés pour tous les groupes d'âge étudiés, les résultats présentés au tableau 2 ne concernent, par souci de concision, que les enfants de 8 ans et moins ainsi que les adultes de 19 à 50 ans. Ce choix reflète le souci de porter une attention particulière à l'exposition des enfants aux pesticides en raison de leur sensibilité accrue présumée par rapport aux adultes moyens en bonne santé, particulièrement en ce qui a trait à leur

exposition aux résidus de pesticides, qui est en général supérieure, par unité de poids corporel, à celle des adultes (Valcke *et al.*, 2006; Valcke et Krishnan, 2009). Ainsi, on note qu'en général les tendances de l'exposition reliées à l'âge sont cohérentes avec ce qui est généralement observé dans la littérature (voir le tableau 2). En effet, toutes les doses totales moyennes d'exposition pour les enfants sont plus élevées que les doses moyennes estimées pour les 19 à 50 ans et pour la population générale. Ceci est particulièrement vrai si l'on considère les 1 à 3 ans. Dans la majorité des cas, l'exposition est plus élevée par un facteur de 2, mais ce facteur varie entre 1,2 (dithiocarbamates chez les 4 à 8 ans) et 4 (pyrimiphos-méthyl chez les 1 à 3 ans).

L'analyse de la contribution moyenne de chaque fruit et de chaque légume au total de la dose moyenne d'exposition chronique à un pesticide donné permet de déterminer les principaux contributeurs aux expositions concernées pour la période de référence (voir l'annexe 6). Le melon (38 %), la pomme de terre (24 %) et les concombres (17 %) contribuent le plus à l'exposition chronique totale à la dieldrine. Le melon est, par ailleurs, une source importante d'exposition à un autre pesticide organochloré banni au Canada : le mirex (23 %). Les tangerines (22 %), les oranges (21 %) et les pommes (19 %) contribuent principalement à la dose de dicofol. On note d'ailleurs que l'orange est un fruit qui contribue de manière importante à l'exposition à quelques autres pesticides mis en évidence au tableau 2, soit le diazinon (33 %), le chlorpyriphos-méthyl (36%), l'imazalil (58 %), le pyrimiphos-méthyl (78%) et, en particulier, le prothiofos et le profénophos (près de 100 %). Le navet est le principal contributeur à l'exposition au carbofuran (48 %), tandis que la laitue contribue quant à elle de manière importante à l'exposition chronique totale aux dithiocarbamates et à leur métabolite l'ETU ( $\approx 21$  %), au diméthoate (33 %) ainsi qu'au mirex et au méthamidophos (45 %). Ceci dit, on note également que, dans le cas des dithiocarbamates en particulier, un nombre considérable d'aliments différents (> 50) contribuent à l'exposition totale, quoiqu'en proportions très variables.

Si l'on considère les VTR disponibles les plus sévères (conservatrices), des dépassements des VTR chroniques ( $IR_{max} > 1$ ) sont observés dans tous les groupes d'âge pour certains centiles d'exposition en ce qui concerne le chlorpyriphos et le méthamidophos ainsi que les pesticides de la classe des dithiocarbamates et leur métabolite, soit l'éthylène thiourée (voir le tableau 2). De plus, des  $IR > 1$  sont observés chez les enfants, mais ni chez la population en général, ni chez les 19 à 50 ans dans le cas du chlorpyriphos-méthyl, du diazinon, du dicofol, de la dieldrine, du diméthoate et du pyrimiphos-méthyl. Évidemment, les tendances décrites ci-dessus pour les expositions en fonction de l'âge se répercutent aussi sur les IR calculés. Des expositions près de la VTR ( $IR > 0,8$ ) sont obtenues pour des centiles élevés d'exposition au pyrimiphos-méthyl chez les adultes de 19 à 50 ans, à l'éthion chez les enfants de 4 à 8 ans et à l'endosulfan chez les enfants de 1 à 3 ans. Quoique tous les IR diminuent considérablement lorsque les VTR les plus élevées (permissives) sont utilisées pour les calculer ( $IR_{min}$  dans le tableau 2), il demeure que les expositions des enfants à la dieldrine et au dicofol génèrent des IR qui restent supérieurs à 0,2 lorsque la VTR maximale (donc la plus permissive) est utilisée à cette fin.

On note enfin un écart parfois notable entre les valeurs moyennes, médianes et du 95<sup>e</sup> centile des IR; ceci reflète la grande variation dans la distribution des doses d'exposition (et donc des risques associés). Le fait que les valeurs moyennes sont systématiquement plus élevées que les valeurs médianes témoigne d'une distribution asymétrique à droite, soit de type log-normal ou exponentiel, des doses d'exposition. Dans ces cas, la grande majorité des doses calculées sont faibles, mais une minorité de doses d'exposition élevées influence fortement la valeur de la moyenne.



**Tableau 2 Descripteurs statistiques, pour divers groupes d'âge de la population générale du Québec, des doses d'exposition et des indices de risque (IR) chroniques pour les 21 pesticides à prioriser de la période étudiée**

Pesticide <sup>A</sup>	Enfants : 1 à 3 ans		Enfants : 4 à 8 ans		Adultes : 19 à 50 ans		Tous : 1 à 79 ans	
	Doses (µg/kg/j)	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>	Doses (µg/kg/j)	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>	Doses (µg/kg/j)	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>	Doses (µg/kg/j)	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>
	moyenne IC <sub>moy</sub>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	moyenne IC <sub>moy</sub>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	moyenne IC <sub>moy</sub>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	moyenne IC <sub>moy</sub>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>
Carbofuran	0,006 <sup>E</sup> 0,003 – 0,009	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,15; < 0,01; <b>0,7</b>	0,007 <sup>E</sup> 0,004 – 0,010	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,17; < 0,01; <b>0,7</b>	0,003 0,002 – 0,004	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,07; < 0,01; <b>0,22</b>	0,004 0,004 – 0,005	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,08; < 0,01; <b>0,31</b>
Chlorpyriphos	0,086 <sup>E</sup> 0,057 – 0,115	0,01; < 0,01; 0,03 <b>3,83; 1,26; 10,79</b>	0,055 0,045 – 0,064	< 0,01; < 0,01; 0,02 <b>2,13; 1,01; 5,93</b>	0,027 0,022 – 0,033	< 0,01; < 0,01; < 0,01 <b>1,10; 0,44; 2,88</b>	0,031 0,028 – 0,033	< 0,01; < 0,01; 0,01 <b>1,10; 0,53; 3,30</b>
Chlorpyriphos-méthyl	0,037 <sup>E</sup> 0,025 – 0,050	< 0,01; < 0,01; < 0,01 <b>0,5; 0,15; nd</b>	0,027 <sup>E</sup> 0,016 – 0,039	< 0,01; < 0,01; 0,01 <b>0,39; 0,13; 1,1</b>	0,014 0,010 – 0,018	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,18; 0,06; <b>0,47</b>	0,015 0,013 – 0,017	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,17; 0,07; <b>0,51</b>
Diazinon	0,043 0,030 – 0,057	0,01; < 0,01; 0,04 <b>0,29; 0,08; 1,01</b>	0,033 <sup>E</sup> 0,021 – 0,045	< 0,01; < 0,01; < 0,01 <b>0,23; 0,07; 0,83</b>	0,013 0,011 – 0,016	< 0,01; < 0,01; 0,01 0,08; 0,03; <b>0,28</b>	0,016 0,014 – 0,018	< 0,01; < 0,01; 0,01 0,09; 0,03; 0,33
Dichloran	0,103 <sup>D</sup> 0,052 – 0,153	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,06; < 0,01; <b>0,25</b>	0,145 <sup>E</sup> 0,095 – 0,194	< 0,01; < 0,01; 0,01 0,08; < 0,01; <b>0,38</b>	0,060 0,046 – 0,074	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,03; < 0,01; 0,11	0,071 0,062 – 0,080	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,03; < 0,01; 0,14
Dicofol	0,121 <sup>D</sup> 0,061 – 0,181	0,09; 0,02; <b>0,24</b> <b>0,45; 0,1; 1,21</b>	0,062 0,046 – 0,078	0,04; 0,02; 0,15 <b>0,2; 0,08; 0,75</b>	0,026 0,021 – 0,031	0,01; 0,02; 0,06 0,08; 0,01; <b>0,32</b>	0,030 0,027 – 0,033	0,02; < 0,01; 0,07 0,08; 0,02; 0,34
Dieldrine	<sup>F</sup>	nd; nd; <b>0,41</b> nd; nd; <b>0,81</b>	0,011 <sup>E</sup> 0,004 – 0,017	0,17; 0,02; <b>0,81</b> <b>0,34; 0,04; 1,62</b>	0,003 – 0,005	0,05; < 0,01; 0,14 0,10; 0,01; <b>0,28</b>	0,004 0,003 – 0,005	0,05; < 0,01; 0,14; 0,10; 0,02; 0,28
Diméthoate	0,071 <sup>E</sup> 0,045 – 0,097	0,01; < 0,01; 0,02 <b>0,49; 0,18; 1,26</b>	0,045 0,036 – 0,055	< 0,01; < 0,01; < 0,01 <b>0,28; 0,11; 0,85</b>	0,028 0,022 – 0,034	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,17; < 0,01; <b>0,62</b>	0,027 0,024 – 0,03	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,15; 0,05; <b>0,55</b>
DTC <sup>C</sup>	1,78 1,46 – 2,09	0,04; 0,03; 0,13 <b>4,17; 2,52; 13,14</b>	1,27 1,05 – 1,48	0,03; 0,02; 0,08 <b>2,96; 1,57; 7,88</b>	1,19 <sup>E</sup> 0,536 – 1,85	0,04; < 0,01; 0,07 <b>3,70; 0,87; 6,45</b>	1,07 0,74 – 1,39	0,02; < 0,01; 0,07 <b>2,78; 0,95; 6,46</b>
Endosulfan	0,130 0,099 – 0,16	0,03; 0,01; 0,10 <b>0,27; 0,10; 0,96</b>	0,108 0,083 – 0,133	0,02; < 0,01; 0,08 <b>0,22; 0,07; 0,78</b>	0,049 0,042 – 0,056	< 0,01; < 0,01; 0,03 0,09; 0,04; 0,31	0,053 0,048 – 0,057	0,01; < 0,01; 0,03 0,01; < 0,01; 0,03

**Tableau 2 Descripteurs statistiques, pour divers groupes d'âge de la population générale du Québec, des doses d'exposition et des indices de risque chroniques pour les 21 pesticides à prioriser de la période étudiée (suite)**

Pesticide <sup>A</sup>	Enfants : 1 à 3 ans		Enfants : 4 à 8 ans		Adultes : 19 à 50 ans		Tous : 1 à 79 ans	
	Doses (µg/kg/j) moyenne IC <sub>moy</sub>	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup> IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	Doses (µg/kg/j) moyenne IC <sub>moy</sub>	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup> IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	Doses (µg/kg/j) moyenne IC <sub>moy</sub>	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup> IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	Doses (µg/kg/j) moyenne IC <sub>moy</sub>	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup> IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>
Éthion	0,050 <sup>E</sup> 0,019 – 0,082	0,04; < 0,01; 0,15 0,21; < 0,01; 0,74	F	nd; < 0,01; < 0,2 nd; < 0,01; 0,95	0,015 <sup>E</sup> 0,007 – 0,023	0,01; < 0,01; 0,03 0,06; < 0,01; 0,15	0,022 0,016 – 0,027	0,01; < 0,01; 0,08 0,07; < 0,01; 0,41
ETU <sup>D</sup>	0,023 <sup>E</sup> 0,014 – 0,032	< 0,01; < 0,01; 0,03 0,4; 0,04; 1,59	0,026 0,015 – 0,036	< 0,01; < 0,01; 0,03 0,45; 0,06; 1,44	0,023 <sup>E</sup> 0,015 – 0,032	< 0,01; < 0,01; 0,02 0,40; 0,06; 1,05	0,019 0,015 – 0,024	< 0,01; < 0,01; 0,02 0,3; 0,06; 0,94
Imazalil	0,606 <sup>E</sup> 0,315 – 0,898	0,03; < 0,01; 0,16 0,07; < 0,01; 0,36	0,377 <sup>E</sup> 0,145 – 0,61	0,02; < 0,01; 0,08 0,05; < 0,01; 0,18	0,139 0,096 – 0,183	< 0,01; < 0,01; 0,03 0,01; < 0,01; 0,08	0,188 0,158 – 0,218	< 0,01; < 0,01; 0,04 0,02; < 0,01; 0,09
Iprodione	F	nd; < 0,01; 0,02 nd; < 0,01; 0,05	0,575 <sup>E</sup> 0,283 – 0,866	0,01; 0,01; 0,07 0,04; < 0,01; 0,21	0,163 0,118 – 0,208	< 0,01; < 0,01; 0,01 0,01; < 0,01; < 0,04	0,207 0,174 – 0,24	< 0,01; < 0,01; 0,02 0,01; < 0,01; 0,05
Méthamidophos	0,026 <sup>E</sup> 0,017 – 0,034	< 0,01; < 0,01; 0,03 0,68; 0,03; 2,38	0,025 0,018 – 0,031	< 0,01; < 0,01; 0,02 0,62; 0,06; 2,26	0,023 0,017 – 0,029	< 0,01; < 0,01; 0,02 0,58; 0,12; 1,91	0,021 0,018 – 0,024	< 0,01; < 0,01; 0,02 0,48; 0,11; 1,68
Méthidathion	F	nd; nd; 0,18 nd; nd; 0,35	0,033 <sup>E</sup> 0,018 – 0,049	0,02; < 0,01; 0,13 0,05; < 0,01; 0,25	0,016 0,011 – 0,020	0,01; < 0,01; 0,05 0,02; < 0,01; 0,1	0,018 0,015 – 0,021	0,01; < 0,01; 0,05 0,02; < 0,01; 0,1
Mirex	0,009 <sup>E</sup> 0,004 – 0,015	0,02; < 0,01; 0,05 0,08; < 0,01; 0,19	0,011 <sup>E</sup> 0,005 – 0,016	0,02; < 0,01; 0,1 0,08; < 0,01; 0,38	0,005 0,004 – 0,007	< 0,01; < 0,01; 0,03 0,04; < 0,01; 0,12	0,005 0,004 – 0,006	< 0,01; < 0,01; 0,03 0,03; < 0,01; 0,12
Pyrimiphos-méthyl	0,064 <sup>E</sup> 0,031 – 0,097	< 0,01; < 0,01; nd 1,45; 0,11; nd	F	nd; < 0,01; < 0,01 nd; 0,08; 3,22	0,012 <sup>E</sup> 0,007 – 0,016	< 0,01; < 0,01; 0,01 0,24; 0,04; 0,82	0,016 0,013 – 0,019	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,28; 0,04; 0,99
Ométhoate	0,019 0,013 – 0,025	0,06; 0,02; 0,18 0,08; 0,03; 0,23	0,015 0,01 – 0,021	0,05; 0,02; 0,15 0,07; 0,02; 0,19	0,009 0,006 – 0,012	0,03; < 0,01; 0,1 0,04; < 0,01; 0,13	0,009 0,007 – 0,01	0,03; < 0,01; 0,09 0,03; 0,01; 0,12

**Tableau 2 Descripteurs statistiques, pour divers groupes d'âge de la population générale du Québec, des doses d'exposition et des indices de risque chroniques pour les 21 pesticides à prioriser de la période étudiée (suite)**

Pesticide <sup>A</sup>	Enfants : 1 à 3 ans		Enfants : 4 à 8 ans		Adultes : 19 à 50 ans		Tous : 1 à 79 ans	
	Doses (µg/kg/j)	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>	Doses (µg/kg/j)	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>	Doses (µg/kg/j)	IR <sub>min</sub> <sup>B</sup> IR <sub>max</sub> <sup>B</sup>	
	moyenne IC <sub>moy</sub>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	moyenne IC <sub>moy</sub>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	moyenne IC <sub>moy</sub>	IC <sub>moy+</sub> ; 50 <sup>e</sup> ; 95 <sup>e</sup>	
Profénophos	0,004 <sup>E</sup> 0,001 – 0,007	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,14; < 0,01; <b>0,28</b>	<sup>F</sup>	nd; < 0,01; < 0,01 nd; nd; <b>0,72</b>	0,001 <sup>E</sup> 0,001 – 0,002	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,04; < 0,01; 0,11	0,002 0,001 – 0,002	< 0,01; < 0,01; < 0,01 0,04; 0,000; <b>0,29</b>
Prothiofos	0,004 <sup>E</sup> 0,001 – 0,006	0,06; < 0,01; 0,13 0,06; < 0,01; 0,13	<sup>F</sup>	nd; < 0,01; 0,32 nd; < 0,01; 0,32	0,001 <sup>E</sup> 0,001 – 0,002	0,02; < 0,01; 0,09 0,02; < 0,01; 0,09	0,002 0,001 – 0,002	0,02; < 0,01; 0,16 0,02; < 0,01; 0,16

<sup>A</sup> Le méthamidophos, le dicofol et la dieldrine n'étaient plus homologués au Canada au moment d'écrire ces lignes (<http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/pi-ip/index-fra.php>).

<sup>B</sup> Pour un pesticide donné, l'indice de risque minimal (IR<sub>min</sub>) est calculé au moyen de la VTR maximale (la plus permissive), alors que l'indice de risque maximal (IR<sub>max</sub>) est calculé à l'aide de la VTR minimale (la plus restrictive).

<sup>C</sup> Seul le terme dithiocarbamates (DTC), renvoyant à cette classe de pesticides non spécifiés, apparaît dans les fichiers de l'ACIA.

<sup>D</sup> L'éthylène thiourée (ETU) est le principal métabolite, physiologique et environnemental, des dithiocarbamates. Il ne présente toutefois pas d'activité biocide en soi.

<sup>E</sup> Estimation dont le coefficient de variation (CV) est compris entre 16,6 % et 33,3 % et donc est à utiliser avec prudence.

<sup>F</sup> Estimation dont le CV est ≥ 33,3 %; elle est donc non publiée.

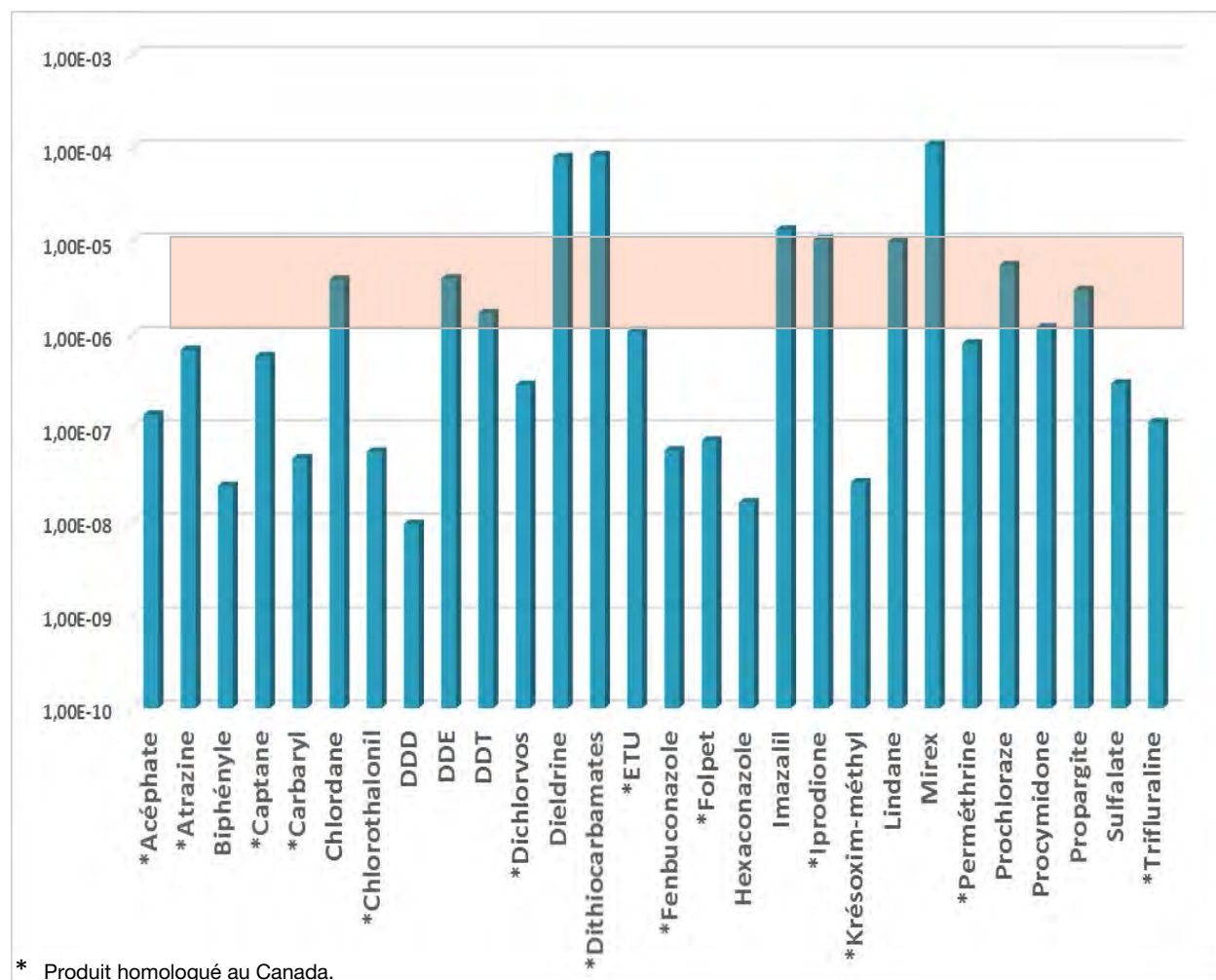
Note : Les caractères gras indiquent les indices de risque supérieurs à 1, alors que les indices de risque situés entre 0,2 et 1 sont surlignés en teinte grisée.

Abréviations : 50<sup>e</sup> : Risque pour la dose médiane d'exposition; 95<sup>e</sup> : Risque pour le 95e centile de la dose d'exposition; IC<sub>moy</sub> : Intervalle de confiance à 95 % sur la dose moyenne; IC<sub>moy+</sub> : Risque pour la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % sur la dose moyenne; nd, donnée non disponible par manque de puissance statistique sur le calcul de la dose d'exposition correspondante.

### 3.1.2 RISQUES CANCÉRIGÈNES

La figure 2 présente les risques cancérigènes calculés pour toute la population québécoise si l'on présume qu'elle est exposée, de manière continue et pendant 70 ans, aux 28 pesticides pour lesquels un coefficient de cancérogénicité est proposé par l'une des institutions sanitaires dans le monde.

**Figure 2 Risques cancérigènes pour les 28 pesticides auxquels un coefficient de cancérogénicité est associé et comparaison avec la plage de risque  $10^{-6}$ - $10^{-5}$**



Dans la figure 2, on observe que le risque cancérigène dépasse uniquement la valeur de  $1 \times 10^{-5}$  dans le cas de quatre pesticides. À l'heure actuelle, parmi ces pesticides, seul le groupe des dithiocarbamates (sur la base d'une valeur de q\* commune au mancozèbe, au manèbe et au métirame) est homologué au Canada. De même, on constate que les deux pesticides auxquels sont associés les plus hauts risques sont la dieldrine et le mirex, deux organochlorés dont l'usage est banni au pays. Sept autres substances, parmi lesquelles seule l'iprodione est homologuée au Canada, présentent un risque dépassant la valeur de  $1 \times 10^{-6}$ . Cette valeur constitue, selon l'INSPQ, le seuil qui commande la prise de moyens pour réduire l'exposition aux contaminants (ESRT-INSPQ, 2012). Par ailleurs, le risque total associé à l'exposition de la population québécoise concernée aux

28 pesticides est de  $3,25 \times 10^{-4}$  (soit environ 3 cas de cancer en excès sur 10 000 personnes exposées durant toute leur vie aux doses moyennes calculées ici). Si on considère une population québécoise de 8,3 millions d'habitants, cela correspond à 39 cas de cancer annuellement. De même, en excluant le risque associé aux organochlorés bannis internationalement (chlordane, dieldrine, DDT, DDD, DDE, lindane et mirex), ce nombre serait de  $1,19 \times 10^{-4}$ , soit 14 cas de cancer annuellement.

Le taux annuel de cas de cancer prévenus pour les différents sites de cancer indiqués dans le tableau 1 est noté dans le tableau 2. Selon que les aliments sont considérés dans des sous-catégories distinctes ou dans des grandes catégories, le nombre de cas de cancer prévenus annuellement au Québec par la consommation moyenne de fruits et de légumes rapportée ici varie minimalement de 41 à 45 par 100 000 habitants et maximalement de 47 à 53 par 100 000 habitants. Si ce nombre est ramené à l'échelle d'une population de 8,33 millions d'habitants comme celle du Québec, cela se traduit par au minimum 3 415 à 3 749 cas de cancer prévenus annuellement, et par au maximum 3 915 à 4 415 cas prévenus par année. Théoriquement, il s'agit là des cas de cancer qui seraient présumément apparus si les fruits et les légumes consommés tels qu'ils sont décrits dans la présente étude ne l'avaient pas été. Au minimum, le rapport entre le nombre de cas de cancer annuellement prévenus par la consommation de fruits et de légumes qui contenaient les résidus de pesticides pouvant potentiellement induire le cancer serait donc de 3 415/39, soit 88 pour 1. Au maximum, ce rapport serait de 4 336/39, soit 113 pour 1. Un chiffre général de 100 pour 1 apparaît donc comme une estimation raisonnable.

**Tableau 3 Nombre moyen maximal et minimal de cas annuels de cancer par 100 000 habitants prévenus par la consommation de fruits et de légumes dans la population québécoise, 2004-2008**

IC99 % sur les taux moyens d'incidence <sup>A</sup> de base par 100 000 habitants, par an ⇒	Nombre annuels de cas prévenus/100 000 habitants									
	Poumon		Estomac		Œsophage		Larynx		Bouche et pharynx	
	(98,5-104,7)		(10,8-12,9)		(4,3-5,6)		(4,7-6,2)		(10,8-12,9)	
Aliment (g/jour)	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Fruits, tous (141,93)	18,6	19,8			2,7	3,5	1,2	1,6	2,7	3,2
Agrumes seulement (18,65)					0,5	0,6	0,4	0,6	1	1,2
Légumes non amidonnés (151,73)			1,6	2	0,5	0,7	4	5,3	9,2	11
Vert et jaunes (128,13)			5,3	6,3						
Pâles ou blancs (8,43)			0,3	0,7						
Alliacés (13,91)			0,7	0,8						
Total, 3 sous-catégories (150,47)			6,3	7,8						
<b>Grand total<sup>B</sup></b>	<b>18,6</b>	<b>19,8</b>	<b>1,6 ou<sup>C</sup> 6,3</b>	<b>2 ou<sup>C</sup> 7,8</b>	<b>3,2</b>	<b>4,2</b>	<b>5,2</b>	<b>6,9</b>	<b>11,9</b>	<b>14,2</b>

<sup>A</sup> Source : Infocentre de santé publique du Québec (2016). Fichier des tumeurs, moyenne des années 2004 à 2008.

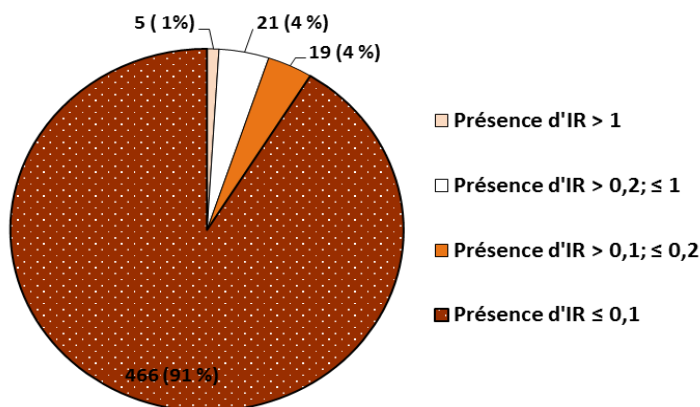
<sup>B</sup> Le total tous sites confondus résulte de la somme des valeurs pour chaque site, soit entre 41 et 45 cas au minimum et entre 47 et 53 cas au maximum.

<sup>C</sup> Selon que les légumes non amidonnés sont considérés ensemble ou de manière distincte pour les trois groupes.

### 3.2 Expositions et risques aigus associés aux résidus de pesticides pour la période de référence

Des doses d'exposition aiguës ont pu être calculées pour ce qui est de 551 combinaisons pesticide-aliment différentes, et ce, pour les 19 à 50 ans et l'ensemble de la population. Dans le cas des enfants âgés de 1 à 3 ans et de 4 à 8 ans, il a été respectivement possible de calculer des doses d'exposition pour 382 et 496 combinaisons différentes, en raison du nombre réduit de sujets qui avaient effectivement consommé les aliments dans ces groupes d'âge<sup>8</sup>. En tout, seules 26 combinaisons pesticide-aliment, sur les 551 évaluées, présentent des IR aigus supérieurs à 0,2 si l'on considère la VTR aiguë la plus sévère pour au moins un des centiles d'exposition et dans au moins un des groupes d'âge étudiés (voir la figure 3). Ces combinaisons sont présentées au tableau 4 et résultent de la présence des concentrations maximales de carbofuran dans les navets, de dithiocarbamates dans le chou et la laitue ainsi que de chlorpyrifos et d'éthion dans les oranges. Ce constat a été fait non seulement pour l'ensemble de la population, mais aussi pour les groupes d'âge des 19 à 50 ans dans le cas des dithiocarbamates dans la laitue, des enfants de moins de 9 ans pour ce qui est de l'éthion dans les oranges et des 4 à 8 ans quant au carbofuran dans les navets. En ce qui a trait aux deux dernières combinaisons pesticide-aliment, des IR très près de 1 (> 0,9) ont aussi été obtenus pour les 19 à 50 ans qui ont été exposés à l'éthion dans les oranges ou au carbofuran dans les navets de même que pour toute la population si l'on tient compte de l'exposition au carbofuran dans les oranges, aux dithiocarbamates dans la laitue et au chlorpyrifos dans les haricots (quoiqu'avec un IR > 0,8 au 97,5<sup>e</sup> centile). Enfin, la combinaison éthion-oranges est la seule pour laquelle des IR > 0,2 ont été obtenus lors du recours à la VTR maximale. L'imazalil et l'iprodione, dans respectivement les oranges et les pêches, constituent deux autres combinaisons dans le même cas, mais, dans les faits, l'IR est le même étant donné que la VTR maximale et minimale sont de même valeur. Notons que l'analyse des résultats sur la base de l'origine des aliments cultivés autant à l'étranger qu'au Canada n'a pas mis en lumière de différences (données non présentées).

**Figure 3 Répartition des IR aigus maximaux obtenus pour chacune des 551 combinaisons pesticide-aliment évaluées**



Enfin, tout comme pour les IR calculés pour l'exposition chronique, on observe des distributions de doses aiguës qui sont asymétriques à droite, suggérant que, dans la majorité des cas, les doses calculées et les IR correspondants sont faibles et qu'une minorité de doses sont élevées.

<sup>8</sup> Par souci de concision, les données brutes ne sont pas présentées ici, mais elles sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

**Tableau 4** Combinaisons pesticide-aliment pour lesquelles des IR aigus > 0,2 sont observés pour au moins un centile d'exposition et un groupe d'âge, si on considère les VTR minimales et maximales disponibles

Pesticide	Aliment	IR par centile d'exposition	Sous-groupe populationnel <sup>A</sup>			
			Toute la population	1 à 3 ans	4 à 8 ans	19 à 50 ans
			50; 90; 97,5	50; 90	50; 90	50; 90; 97,5
Captane	Fraises	Min.	0,02; 0,1; 0,13	0,05; nd	0,06; nd	0,02; nd; nd
		Max.	0,07; <b>0,23</b> ; 0,39	0,13; nd	0,19; nd	0,05; nd; nd
Carbofuran	Melons	Min.	0,01; 0,03; nd	nd; nd	0,02; nd	0,01; nd; nd
		Max.	0,16; 0,54; nd	nd; nd	<b>0,38</b> ; nd	<b>0,2</b> ; nd; nd
	Navets	Min.	0,07; 0,17; nd	nd; nd	0,07; nd	0,04; nd; nd
		Max.	<b>1,13</b> ; <b>2,89</b> ; nd	nd; nd	<b>1,23</b> ; nd	<b>0,94</b> ; nd; nd
	Oranges	Min.	< 0,01; 0,02; 0,06	0,04; nd	0,03; nd	< 0,01; 0,02; nd
		Max.	0,15; <b>0,36</b> ; <b>0,91</b>	<b>0,62</b> ; nd	<b>0,5</b> ; nd	0,13; <b>0,27</b> ; nd
Chlorpyrifos	Haricots	Min.	< 0,01; < 0,01; < 0,01	< 0,01; nd	< 0,01; nd	< 0,01; < 0,01; nd
		Max.	0,08; <b>0,27</b> ; <b>0,84</b>	<b>0,26</b> ; nd	0,11; nd	0,06; <b>0,24</b> ; nd
	Oranges	Min.	< 0,01; < 0,01; < 0,01	nd; nd	< 0,01; nd	< 0,01; < 0,01; nd
		Max.	0,19; <b>0,45</b> ; <b>1,14</b>	nd; nd	<b>0,62</b> ; nd	0,16; <b>0,34</b> ; nd
	Raisins	Min.	< 0,01; < 0,01; < 0,01	< 0,01; nd	< 0,01; < 0,01	< 0,01; < 0,01; nd
		Max.	0,05; <b>0,28</b> ; <b>0,85</b>	<b>0,12</b> ; nd	0,04; 0,11	0,06; <b>0,46</b> ; nd
DTC <sup>B</sup>	Brocoli	Min.	< 0,01; < 0,01; < 0,01	< 0,01; nd	< 0,01; nd	< 0,01; < 0,01; nd
		Max.	0,09; <b>0,31</b> ; <b>0,52</b>	<b>0,32</b> ; nd	0,18; nd	0,09; <b>0,26</b> ; nd
	Chou	Min.	< 0,01; < 0,01; 0,02	nd; nd	< 0,01; nd	< 0,01; < 0,01; nd
		Max.	0,08; <b>0,53</b> ; <b>1,52</b>	nd; nd	0,05; nd	0,08; <b>0,4</b> ; nd
Navets	Min.	< 0,01; < 0,01; nd	nd; nd	< 0,01; nd	< 0,01; nd; nd	
		Max.	0,12; <b>0,31</b> ; nd	nd; nd	0,13; nd	0,1; nd; nd
Laitue		Min.	< 0,01; < 0,01; < 0,01	< 0,01; nd	< 0,01; < 0,01	< 0,01; < 0,01; 0,01
		Max.	0,10; <b>0,38</b> ; <b>0,96</b>	<b>0,18</b> ; nd	<b>0,22</b> ; <b>0,53</b>	0,1; <b>0,41</b> ; <b>1,38</b>

**Tableau 4** Combinaisons pesticide-aliment pour lesquelles des IR aigus > 0,2 sont observés pour au moins un centile d'exposition et un groupe d'âge, si l'on considère les VTR minimales et maximales disponibles (suite)

Pesticide	Aliment	IR par centile d'exposition	Sous-groupe populationnel <sup>A</sup>			
			Toute la population	1 à 3 ans	4 à 8 ans	19 à 50 ans
			50; 90; 97,5	50; 90	50; 90	50; 90; 97,5
Endosulfan	Céleri	Min.	< 0,01; < 0,01; 0,02	nd; nd	< 0,01; 0,01	< 0,01; 0,01; 0,02
		Max.	0,02; 0,10; 0,28	nd; nd	0,04; 0,16	0,02; 0,1; 0,28
	Fraises	Min.	< 0,01; 0,02; 0,04	0,01; nd	0,02; nd	< 0,01; nd; nd
		Max.	0,1; 0,31; 0,53	0,18; nd	0,26; nd	0,07; nd; nd
	Laitue	Min.	< 0,01; < 0,01; 0,02	nd; nd	< 0,01; nd	< 0,01; 0,02; 0,03
		Max.	0,03; 0,1; 0,26	nd; nd	0,01; nd	0,03; 0,11; 0,37
Melons	Min.	< 0,01; 0,03; nd	nd; nd	0,02; nd	0,01; nd; nd	
	Max.	0,11; 0,39; nd	nd; nd	0,28; nd	0,15; nd; nd	
Pêches	Min.	< 0,01; 0,02; nd	nd; nd	0,03; nd	< 0,01; nd; nd	
	Max.	0,11; 0,27; nd	nd; nd	0,45; nd	0,1; nd; nd	
Haricots	Min.	< 0,01; < 0,01; 0,03	< 0,01; nd	< 0,01; nd	< 0,01; 0,01; nd	
	Max.	0,03; 0,11; 0,34	0,1; nd	0,04; nd	0,03; 0,01; nd	
Éthion	Oranges	Min Max	0,13; 0,32; 0,81 0,52; 1,28; 3,22	0,55; nd 2,18; nd	0,45; nd 1,78; nd	0,11; 0,24; nd 0,46; 0,97; nd
Imazalil	Oranges	Min. et Max. <sup>C</sup>	0,06; 0,14; 0,34	0,23; nd	0,19; nd	0,05; 0,1; nd
Iprodione	Pêches	Min. et Max. <sup>C</sup>	0,09; 0,23; nd	nd; nd	0,38; nd	0,09; nd; nd
Méthamidophos	Haricots	Min.	< 0,01; < 0,01; 0,03	< 0,01; < 0,01	< 0,01; nd	< 0,01; < 0,01; nd
		Max.	0,03; 0,09; 0,28	0,09; nd	0,04; nd	0,02; 0,08; nd
Laitue	Min.	< 0,01; 0,01; 0,03	< 0,01; < 0,01	< 0,01; 0,01	< 0,01; 0,01; 0,04	
	Max.	0,03; 0,1; 0,25	0,05; nd	0,05; 0,14	0,03; 0,11; 0,36	
Méthidathion	Oranges	Min.	< 0,01; 0,02; 0,06	0,04; nd	0,03; nd	< 0,01; 0,02; nd
		Max.	0,05; 0,11; 0,29	0,19; nd	0,16; nd	0,04; 0,09; nd
Thiabendazole	Pommes	Min.	< 0,01; < 0,01; < 0,01	< 0,01; 0,01	< 0,01; < 0,01	< 0,01; < 0,01; < 0,01
		Max.	0,02; 0,04; 0,08	0,06; 0,44	0,04; 0,1	0,01; 0,04; 0,04
Triazophos	Oranges	Min. et Max. <sup>C</sup>	0,04; 0,11; 0,26	0,18; nd	0,15; nd	0,04; 0,08; nd

<sup>A</sup> La variation dans les divers centiles considérés entre les sous-groupes populationnels s'explique par le nombre de sujets dans chaque sous-groupe sur lequel effectuer le calcul de ces centiles.

<sup>B</sup> Seul le terme dithiocarbamates (DTC), référant à cette classe de pesticides non spécifiés, apparaît dans les fichiers de l'ACIA.

<sup>C</sup> Il n'existe qu'une seule VTR aiguë recensée pour ces pesticides; les indices de risque maximaux et minimaux sont donc les mêmes.

Note : Les caractères gras indiquent les indices de risque supérieurs à 1; les indices de risque situés entre 0,2 et 1 sont surlignés en teinte grisée.

Abréviations : Max. : Maximal; Min. : Minimal; nd : donnée non disponible par manque de puissance statistique sur le calcul de la dose d'exposition correspondante.



### 3.3 Détermination des pesticides prioritaires pour la période étudiée

---

Le tableau 5 présente les pourcentages de détection et le nombre d'analyses effectuées par l'ACIA sur les 21 pesticides qui ont été mis en évidence sur la base des risques chroniques populationnels à la section 3.1 ainsi que sur la base des trois pesticides retenus uniquement du point de vue des risques aigus (captane, triazophos, thiabendazole; voir la section 3.2). Il faut noter que 9 substances sont mises en évidence sur la base à la fois des risques chroniques et aigus. Parce que le recours au calcul de doses individuelles a pour conséquence la possibilité que des doses plus élevées aient pu être obtenues pour des individus appartenant à d'autres groupes d'âge que les jeunes enfants, même si en moyenne ce sont les enfants qui sont les plus exposés, le choix de ne présenter aux sections précédentes que les résultats obtenus pour les enfants de 8 ans et moins et les adultes de 50 ans et moins aurait pu se traduire par une exclusion inappropriée d'un pesticide des étapes subséquentes de l'étude (voir les objectifs 3 à 5). Pour éviter cela, la présence, dans les autres groupes d'âge, d'IR supérieurs à 0,2 pour d'autres pesticides que les 24 sélectionnés jusqu'à maintenant a été vérifiée. Seule la propargite répond à ce critère, avec un  $IR_{max}$  de 0,24 pour le 95<sup>e</sup> centile de l'exposition des 51 ans et plus, exposition qui, après vérification, découle principalement de la consommation de prunes (< 70 % de la dose totale chez ce sous-groupe populationnel), mais également d'oranges, de tangerines et de nectarines (données non présentées). Ce pesticide est donc ajouté à la liste des pesticides jugés prioritaires pour la période à l'étude (voir le tableau 5).

Le nombre d'échantillons prélevés pour ces 24 pesticides (> 30) laisse supposer que l'analyse présentée ci-dessous (section 3.4) concernant ces mêmes pesticides et portant sur l'influence de divers facteurs sur l'exposition, et le risque en découlant, repose sur un échantillonnage relativement suffisant. De plus, bien que ces 25 pesticides représentent moins de 15 % du nombre total de pesticides mesurés par l'ACIA (169), l'exposition moyenne canadienne journalière cumulée pour ces 25 substances au cours de la période étudiée représente plus de 43 % de l'exposition moyenne totale aux 135 pesticides pour lesquels il a été possible d'évaluer le risque en raison de la disponibilité de VTR dans la littérature scientifique (2,65  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$  comparativement à 6,08  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$  – données non présentées).

**Tableau 5 Nombre d'analyses effectuées (et pourcentage de détection) dans les aliments canadiens et importés pour les 25 pesticides priorités de la période étudiée**

Pesticide <sup>A</sup>	Classe	Le produit est-il homologué au Canada? <sup>B</sup>	Nombre d'analyses effectuées (et % de détection), 2005-2008		
			Aliments canadiens	Aliments importés	Total
Captane*	Phtalimide	OUI	1 440 (24)	1 672 (19)	3 112 (21)
Carbofuran**	Carbamate	NON	107 (3)	142 (9)	249 (6)
Chlorpyrifos**	Organophosphoré	OUI	1 325 (3)	1 801 (16)	3 126 (11)
Chlorpyrifos-me	Organophosphoré	NON	0 (na)	38 (24)	38 (24)
Diazinon	Organophosphoré	OUI	819 (3)	548 (5)	1367 (4)
Dichloran	Organochloré	OUI	219 (3)	991 (15)	1 210 (12)
Dicofol	Organochloré	NON	919 (2)	843 (8)	1 762 (5)
Dieldrine**	Organochloré	NON	407 (6)	223 (5)	630 (5)
Diméthoate	Organophosphoré	OUI	866 (3)	335 (12)	1201 (5)
DTC**,***,C	Dithiocarbamate	OUI	2 336 (20)	2 855 (19)	5 191 (20)
Endosulfan**	Organochloré	OUI	1 967 (9)	1 725 (11)	3 692 (10)
Éthion**	Organophosphoré	NON	0 (na)	31 (9)	31 (9)
Éthylène thiourée	Dithiocarbamate	<sup>D</sup>	169 (4)	262 (36)	431 (11)
Imazalil**,***,C	Imidazole	NON	40 (5)	1 406 (47)	1 446 (46)
Iprodione**	Imidazole	OUI	1 265 (10)	1 390 (18)	2 655 (14)
Méthamidophos**	Organophosphoré	NON	464 (5)	789 (7)	1 253 (6)
Méthidathion**	Organophosphoré	NON	0 (na)	608 (13)	608 (13)
Mirex**	Organochloré	NON	70 (4)	60 (7)	130 (5)
Ométhoate	Organophosphoré	NON	0 (na)	97 (6)	97 (6)
Pyrimiphos-me	Organophosphoré	NON	0 (na)	53 (17)	53 (17)
Profénophos	Organophosphoré	NON	0 (na)	131 (12)	131 (12)
Propargite	Sulfite	NON	0 (na)	58 (17)	58 (17)
Prothiofos	Organophosphoré	NON	0 (na)	41 (17)	41 (17)
Thiabendazole*	Organochloré	OUI	767 (10)	1 540 (42)	2 307 (31)
Triazophos*	Organophosphoré	NON	0 (na)	109 (20)	109 (20)

<sup>A</sup> Priorisés sur la base des IR chroniques seulement ( ), des IR aigus seulement (\*), à la fois des IR chroniques et des IR aigus (\*\*); d'un risque cancérigène supérieur à  $1 \times 10^{-5}$  (\*\*\*)

<sup>B</sup> En date du 10 mars 2016 : <http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/pi-ip/index-fra.php>.

<sup>C</sup> Matière active non spécifiée dans les fichiers de l'ACIA; seul le terme désignant la classe des *dithiocarbamates* (DTC) est utilisé.

<sup>D</sup> Ne s'applique pas, car c'est un métabolite.

Abréviations : me : Méthyl; na : Non applicable.

### 3.4 Effet de facteurs influençant l'exposition sur le risque chronique évalué pour les pesticides priorités de la période étudiée

#### 3.4.1 EFFET DU NOMBRE DE PORTIONS DE FRUITS ET DE LÉGUMES CONSOMMÉES : AUTRE APPROXIMATION DE LA BALANCE RISQUES-BÉNÉFICES

Le tableau 6 permet d'évaluer l'influence du nombre de portions de fruits et de légumes consommées sur l'exposition aux résidus de pesticides et le risque qui en découle. Concrètement, cette évaluation permet de vérifier dans quelle mesure la consommation de 7 portions ou plus de fruits et de légumes peut entraîner une augmentation de l'exposition aux résidus de pesticides qui soit telle qu'elle dépasse les VTR chez les individus concernés (c'est-à-dire que des indices de risque  $> 1$  sont obtenus), alors que ce ne serait pas le cas chez les individus consommant un nombre

moins de portions de ces aliments. Autrement dit, cela permet d'estimer dans quelle mesure les bénéfices associés à une consommation accrue de fruits et de légumes frais s'accompagnent d'une augmentation de la probabilité de dépasser les VTR chroniques, ce qui correspond, en première approximation, à l'objectif 3 de la présente étude. Les valeurs indiquées dans le tableau 6 suggèrent que la consommation quotidienne de 5 portions ou plus de fruits et de légumes peut entraîner un dépassement de la VTR chronique minimale ( $IR_{max} > 1$ ) dans le cas du chlorpyrifos et des dithiocarbamates, alors que ce n'est pas le cas pour une consommation journalière inférieure à 5 portions. Dans le cas du méthamidophos, il faut consommer plus de 7 portions pour observer la même tendance. Si l'on considère plutôt l'IR seuil de 0,2, il faut ajouter le chlorpyrifos-méthyl, le pyrimiphos-méthyl, l'ETU, le carbofuran et la dieldrine à ces trois premiers pesticides lorsqu'on mesure l'effet de la consommation de plus de 7 portions. Toutefois, il faut uniquement ajouter le pyrimiphos-méthyl et l'ETU si c'est l'effet de la consommation de 5 ou de 6 portions qui est évalué en comparaison de la consommation de moins de 5 portions.

### 3.4.2 EFFET DES CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES

Les tableaux 7 à 9 présentent les distributions de doses totales moyennes d'exposition aux pesticides selon les variables socioéconomiques. Ainsi, le lieu de résidence n'a pas d'influence significative sur l'exposition (voir le tableau 7), et les doses moyennes d'exposition varient peu selon le revenu du ménage (voir le tableau 8). Seule la dose de captane augmente significativement avec le niveau de revenu, considérant que les IC95% sur la dose moyenne observée chez les Québécois vivant dans des ménages ayant le plus bas revenu ne chevauchent pas les IC95% de la dose moyenne de ceux ayant le revenu le plus élevé. Toutefois, la dose moyenne de captane pour la catégorie de revenu moyenne, soit bas-moyen, ne se situant pas entre les doses moyennes des deux autres catégories, on peut douter d'un effet réel du revenu sur l'exposition à ce pesticide. En ce qui concerne l'exposition en fonction du plus haut niveau de scolarité (tableau 9), on note une absence de chevauchement des IC95% pour le captane, le dichloran, le méthamidophos et le thiabendazole, ce qui suggère une différence significative de l'exposition. Dans ce cas, la scolarité la plus faible semble être associée à une exposition plus élevée pour 3 de ces 4 pesticides (excluant le méthamidophos). Cette différence s'estompe lorsqu'on compare la catégorie de scolarité intermédiaire avec la plus élevée.

Les IR obtenus aux tableaux 7 à 9 laissent supposer de manière générale que la probabilité d'obtenir des dépassements des VTR, c'est-à-dire des IR supérieurs à 1, n'est pas plus élevée chez les familles présentant un statut socioéconomique donné en comparaison des autres statuts. Par contre, on observe à l'occasion des fluctuations dans les IR selon les classes socioéconomiques considérées, variant entre des valeurs supérieures ou inférieures au seuil d'alerte de 0,2. Cela est le cas des IR maximaux obtenus pour le chlorpyrifos-méthyl en fonction du lieu de résidence (voir le tableau 7), pour le chlorpyrifos-méthyl et le pyrimiphos-méthyl dans le cas du revenu (tableau 8) ainsi que pour le diméthoate en ce qui concerne le plus haut niveau de scolarité atteint dans la famille (tableau 9).

Enfin, l'examen du risque cancérigène sous le même angle n'a mis en évidence que trois différences dignes de mention. Ainsi, ce risque est passé de plus petit que  $1 \times 10^{-5}$  à plus grand que cette valeur lorsqu'on compare d'abord la catégorie inférieure relative au nombre de portions quotidiennes de fruits et de légumes consommées aux catégories moyenne et supérieure pour l'imazalil et l'iprodione, puis la catégorie de revenu inférieure aux catégories moyenne et supérieure pour l'iprodione seulement.

**Tableau 6 Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon le nombre quotidien moyen de portions de fruits et de légumes consommées**

Pesticide	< 5 portions			5 à 6 portions			≥ 7 portions		
	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>A</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>A</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>A</sup>
Captane	0,142	0,109-0,176	< 0,01; < 0,01;	0,242	0,184-0,299	< 0,01; < 0,01	0,364	0,299-0,430	< 0,01; < 0;
Carbofuran	0,002	0,001-0,002	< 0,01; 0,03	0,004	0,003-0,006	< 0,01; 0,10	0,009	0,007-0,012	< 0,01; <u>0,2</u>
Chlorpyrifos	0,016	0,014-0,017	< 0,01; <u>0,57</u>	0,035	0,030-0,040	< 0,01; <b>1,33</b>	0,054	0,046-0,062	< 0,01; <b>2,07</b>
Chlorpyrifos-me	0,010	0,008-0,011	< 0,01; 0,11	0,014	0,011-0,018	< 0,01; 0,18	0,021	0,016-0,026	< 0,01; <u>0,26</u>
Diazinon	0,008	0,007-0,009	< 0,01; 0,05	0,017	0,014-0,020	< 0,01; 0,10	0,029	0,024-0,033	< 0,01; 0,17
Dichloran	0,041	0,031-0,051	< 0,01; 0,02	0,068	0,053-0,083	< 0,01; 0,03	0,126	0,105-0,147	< 0,01; 0,06
Dicofol	0,015	0,013-0,017	< 0,01; 0,04	0,044	0,033-0,054	0,027; 0,14	0,049	0,040-0,057	0,03; 0,14
Dieldrine	0,001	0,001-0,001	0,01; 0,02	0,003	0,002-0,003	0,03; 0,06	0,009	0,007-0,012	0,12; <u>0,24</u>
Diméthoate	0,012	0,010-0,013	< 0,01; 0,07	0,022	0,020-0,025	< 0,01; 0,13	0,056	0,046-0,066	< 0,01; 0,33
DTC <sup>B</sup>	0,451	0,412-0,490	0,01; <u>0,98</u>	0,835	0,740-0,929	0,02; <b>1,86</b>	2,295	1,232-3,358	0,07; <b>6,72</b>
Endosulfan	0,025	0,023-0,028	< 0,01; 0,05	0,049	0,043-0,054	0,01; 0,09	0,103 <sup>C</sup>	0,092-0,115	0,02; 0,19
Éthion	0,010	0,006-0,013	< 0,01; 0,03	0,023	0,015-0,032	0,02; 0,08	0,042 <sup>C</sup>	0,026-0,058	0,03; 0,15
ETU <sup>B</sup>	0,008	0,006-0,009	< 0,01; 0,11	0,014 <sup>C</sup>	0,011-0,016	< 0,01; <u>0,20</u>	0,044	0,031-0,057	0,01; <u>0,71</u>
Imazalil	0,088	0,069-0,107	< 0,01; < 0,01	0,227	0,169-0,285	0,01; 0,022	0,343	0,252-0,435	0,02; 0,03
Iprodione	0,121	0,084-0,158	< 0,01; < 0,01	0,227	0,164-0,290	< 0,01; 0,02	0,345	0,261-0,428	< 0,01; 0,02
Méthamidophos	0,009	0,008-0,010	< 0,01; <u>0,2</u>	0,020	0,015-0,024	< 0,01; <u>0,48</u>	0,043	0,034-0,053	0,01; <b>1,06</b>
Méthidathion	0,008	0,006-0,010	< 0,01; 0,01	0,027 <sup>C</sup>	0,016-0,038	0,02; 0,04	0,029	0,022-0,037	0,02; 0,04
Mirex	0,002	0,001-0,002	< 0,01; 0,01	0,004	0,003-0,005	< 0,01; 0,03	0,012	0,009-0,015	0,02; 0,08
Ométhoate	0,004	0,003-0,005	0,01; 0,02	0,007	0,005-0,008	0,02; 0,03	0,016	0,012-0,02	0,05; 0,07
Pyrimiphos-me	0,010	0,007-0,012	< 0,01; 0,18	0,015	0,011-0,020	< 0,01; <u>0,30</u>	0,023 <sup>C</sup>	0,015-0,031	< 0,01; <u>0,46</u>
Profénophos	0,001 <sup>C</sup>	0,001-0,001	< 0,01; 0,02	0,002 <sup>C</sup>	0,001-0,003	< 0,01; 0,06	0,004 <sup>C</sup>	0,002-0,005	< 0,01; 0,1
Propargite	0,076	0,054-0,098	< 0,01; 0,05	0,069 <sup>C</sup>	0,044-0,095	< 0,01; 0,05	0,081 <sup>C</sup>	0,051-0,110	< 0,01; 0,06
Prothiofos	0,001 <sup>C</sup>	0,001-0,001	0,01; 0,01	0,002 <sup>C</sup>	0,001-0,003	0,03; 0,03	0,004 <sup>C</sup>	0,002-0,005	0,05; 0,05
Thiabendazole	0,281	0,255-0,306	< 0,01; < 0,01	0,603	0,508-0,698	< 0,01; < 0,01	0,785	0,696 – 0,873	< 0,01; < 0,01;
Triazophos	0,031	0,025-0,038	0,04; 0,04	0,039 <sup>C</sup>	0,023-0,055	0,06; 0,06	0,042	0,032 – 0,051	0,05; 0,05

<sup>A</sup> Les indices de risque minimaux sont calculés à l'aide de la VTR la plus élevée, alors que les indices de risque maximaux sont calculés à l'aide de la VTR la plus faible. Les caractères gras indiquent les indices de risque supérieurs à 1, alors que les indices de risque compris entre 0,2 et 1 sont surlignés en teinte grisée.

<sup>B</sup> Seul le terme *dithiocarbamates* (DTC) apparaît dans les fichiers de l'ACIA. L'éthylène thiourée (ETU) en est leur principal métabolite.

<sup>C</sup> Estimation dont le CV est compris entre 16,6 % et 33,3 %; à utiliser avec prudence.

Abréviations : IC : Intervalle de confiance à 95 % sur la moyenne; ICs95 : Borne supérieure de l'IC; me : Méthyl; nd, donnée non disponible par manque de puissance statistique.

**Tableau 7 Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon la région de résidence**

Matière active	Région urbaine			Région rurale		
	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour ICs95 (min; max) <sup>A</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour ICs95 (min; max) <sup>A</sup>
Captane	0,218	0,188-0,248	< 0,01; < 0,01;	0,258	0,180-0,336	< 0,01; < 0,01;
Carbofuran	0,004	0,003-0,005	< 0,01; 0,08	0,005 <sup>D</sup>	0,003-0,007	< 0,01; 0,12
Chlorpyrifos	0,031	0,027-0,034	< 0,01; 1,13	0,003	0,026-0,034	< 0,01; 1,13
Chlorpyrifos-me	0,015	0,013-0,017	< 0,01; 0,17	0,014 <sup>D</sup>	0,008-0,020	< 0,01; 0,2
Diazinon	0,016	0,014-0,018	< 0,01; 0,09	0,015	0,011-0,019	< 0,01; 0,1
Dichloran	0,070	0,060-0,080	< 0,01; 0,03	0,075	0,055-0,095	< 0,01; 0,04
Dicofol	0,031	0,027-0,034	0,02; 0,09	0,028	0,021-0,036	0,02; 0,09
Dieldrine	0,004	0,003-0,005	0,05; 0,1	0,003	0,003-0,004	0,04; 0,08
Diméthoate	0,028	0,024-0,032	< 0,01; 0,16	0,021	0,018-0,025	< 0,01; 0,13
DTC <sup>B</sup>	1,118 <sup>D</sup>	0,713-1,522	0,03; 3,04	0,891	0,734-1,047	0,02; 2,09
Endosulfan	0,054	0,049-0,059	0,01; 0,1	0,05	0,042-0,057	0,01; 0,1
Éthion	0,021	0,016-0,026	0,01; 0,07	<sup>E</sup>	<sup>E</sup>	nd; nd
ETU <sup>C</sup>	0,020	0,015-0,026	< 0,01; 0,33	0,017	0,012-0,019	< 0,01; 0,24
Imazalil	0,183	0,155-0,212	< 0,01; 0,02	0,205 <sup>D</sup>	0,116-0,293	0,01; 0,02
Iprodione	0,212	0,173-0,250	< 0,01; 0,01	0,188 <sup>D</sup>	0,124-0,252	< 0,01; 0,01
Méthamidophos	0,021	0,018-0,025	< 0,01; 0,5	0,018	0,014-0,022	< 0,01; 0,44
Méthidathion	0,018	0,014-0,022	0,01; 0,02	0,016	0,011-0,021	0,01; 0,02
Mirex	0,005	0,004-0,006	< 0,01; 0,03	0,004	0,003-0,005	< 0,01; 0,03
Ométhoate	0,009	0,008-0,011	0,03; 0,04	0,007	0,006-0,009	0,02; 0,03
Pyrimiphos-me	0,015	0,013-0,018	< 0,01; 0,27	0,017	0,007-0,027	0,01; 0,4
Profénophos	0,002	0,001-0,002	< 0,01; 0,04	<sup>E</sup>	<sup>E</sup>	nd; nd
Propargite	0,076	0,057-0,096	< 0,01; 0,05	0,076 <sup>D</sup>	0,047-0,104	< 0,01; 0,05
Prothiophos	0,002	0,001-0,002	0,02; 0,02	0,002	0,001-0,003	0,03; 0,03
Thiabendazole	0,489	0,448-0,530	< 0,01; < 0,01;	0,488	0,422-0,554	< 0,01; < 0,01;
Triazophos	0,037	0,030-0,044	0,04; 0,04	0,042	0,028-0,056	0,06; 0,06

<sup>A</sup> Les indices de risque minimaux sont calculés à l'aide de la VTR la plus élevée, alors que les indices de risque maximaux sont calculés à l'aide de la VTR la plus faible.

<sup>B</sup> Seul le terme *dithiocarbamates* (DTC), renvoyant à la classe de pesticides individuels non spécifiés, apparaît dans les fichiers de l'ACIA.

<sup>C</sup> L'éthylène thiourée (ETU) est le principal métabolite, physiologique et environnemental, des dithiocarbamates. Il ne présente toutefois pas d'activité biocide en soi.

<sup>D</sup> Estimation dont le CV est compris entre 16,6 % et 33,3 %; à utiliser avec prudence.

<sup>E</sup> Estimation dont le CV est ≥ 33,3 %; elle n'est donc pas publiée.

Note : Les caractères gras indiquent les indices de risque supérieurs à 1, alors que les indices de risque compris entre 0,2 et 1 sont surlignés en teinte grisée.

Abréviations : IC : Intervalle de confiance à 95 % sur la moyenne; ICs95 : Borne supérieure de l'IC; me : Méthyl; nd : donnée non disponible par manque de puissance statistique sur le calcul de la dose d'exposition correspondante.

**Tableau 8 Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon le revenu du ménage<sup>A</sup>**

Pesticide	Revenu le plus bas			Revenu bas-moyen			Revenu le plus élevé		
	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>
Captane	0,133	0,103-0,164	< 0,01; < 0,01	0,276	0,206-0,346	< 0,01; < 0,01	0,218	0,166-0,269	< 0,01; < 0,01
Carbofuran	0,004	0,002- 0,006	< 0,01; 0,1	0,005	0,003-0,006	< 0,01; 0,1	0,004	0,003-0,005	< 0,01; 0,08
Chlorpyrifos	0,028	0,022-0,033	< 0,01; <b>1,1</b>	0,029	0,024-0,033	< 0,01; <b>1,1</b>	0,030	0,027-0,034	< 0,01; <b>1,13</b>
Chlorpyrifos-me	0,018	0,010-0,025	< 0,01; <b>0,25</b>	0,017	0,012-0,021	< 0,01; <b>0,21</b>	0,013	0,011-0,016	< 0,01; 0,16
Diazinon	0,015	0,011-0,018	< 0,01; 0,09	0,018	0,014-0,022	< 0,01; 0,11	0,015	0,013-0,017	< 0,01; 0,09
Dichloran	0,075	0,052-0,097	< 0,01; 0,04	0,078	0,059-0,096	< 0,01; 0,04	0,079	0,056-0,102	< 0,01; 0,04
Dicofol	0,028	0,020-0,036	0,02; 0,09	0,034	0,025-0,042	0,02; 0,11	0,030	0,024-0,037	0,02; 0,09
Dieldrine	0,002	0,002-0,003	0,03; 0,06	0,003	0,002-0,004	0,04; 0,08	0,004	0,003-0,006	0,06; 0,12
Diméthoate	0,021	0,015-0,027	< 0,01; 0,14	0,022	0,017-0,027	< 0,01; 0,14	0,032	0,026-0,038	< 0,01; 0,19
DTC <sup>C</sup>	F	F	nd; nd	0,820	0,660-0,979	0,02; <b>1,96</b>	0,932	0,820-1,043	0,02; <b>2,09</b>
Endosulfan	0,042	0,034-0,050	< 0,01; 0,08	0,049	0,041-0,056	< 0,01; 0,09	0,058	0,049-0,066	0,01; 0,11
Éthion	0,021 <sup>E</sup>	0,011-0,030	0,02; 0,08	0,029 <sup>E</sup>	0,016-0,042	0,02; 0,11	0,017 <sup>E</sup>	0,010-0,023	0,01; 0,06
ETU <sup>D</sup>	0,013	0,009-0,017	< 0,01; <b>0,21</b>	0,018 <sup>E</sup>	0,008-0,028	< 0,01; <b>0,35</b>	0,018	0,014-0,021	< 0,01; <b>0,26</b>
Imazalil	0,171 <sup>E</sup>	0,112-0,230	< 0,01; 0,02	0,231 <sup>E</sup>	0,154-0,307	0,01; 0,02	0,167	0,126-0,208	< 0,01; 0,02
Iprodione	0,144 <sup>E</sup>	0,090-0,198	< 0,01; 0,01	0,214 <sup>E</sup>	0,136-0,292	< 0,01; 0,02	0,212	0,152-0,272	< 0,01; 0,01
Méthamidophos	0,018 <sup>E</sup>	0,011-0,025	< 0,01; <b>0,5</b>	0,016	0,013-0,019	< 0,01; <b>0,38</b>	0,022	0,018-0,027	< 0,01; <b>0,54</b>
Méthidathion	0,015 <sup>E</sup>	0,008-0,021	0,01; 0,02	0,020 <sup>E</sup>	0,011-0,028	0,01; 0,03	0,018 <sup>E</sup>	0,012-0,024	0,01; 0,02
Mirex	0,003 <sup>E</sup>	0,002-0,005	< 0,01; 0,03	0,004	0,003-0,005	< 0,01; 0,03	0,006	0,004-0,007	< 0,01; 0,04
Ométhoate	0,007	0,005-0,01	0,03; 0,03	0,01	0,005-0,016	0,04; 0,05	0,008	0,006-0,009	0,02; 0,03
Pyrimiphos-me	0,017 <sup>E</sup>	0,010-0,024	< 0,01; <b>0,36</b>	0,023 <sup>E</sup>	0,014-0,031	< 0,01; <b>0,46</b>	0,013	0,009-0,016	< 0,01; <b>0,24</b>

**Tableau 8 Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon le revenu du ménage<sup>A</sup> (suite)**

Pesticide	Revenu le plus bas			Revenu bas-moyen			Revenu le plus élevé		
	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>s</sub> 95 (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>s</sub> 95 (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>s</sub> 95 (min; max) <sup>B</sup>
Profénophos	0,002 <sup>E</sup>	0,001-0,003	< 0,01; 0,06	0,003 <sup>E</sup>	0,001 – 0,004	< 0,01; 0,08	0,001 <sup>E</sup>	0,001-0,002	< 0,01; 0,04
Propargite	0,075 <sup>E</sup>	0,034-0,115	< 0,01; 0,06	0,075 <sup>E</sup>	0,049-0,101	< 0,01; 0,05	0,089 <sup>E</sup>	0,04-0,135	< 0,01; 0,07
Prothiofos	0,002 <sup>E</sup>	0,001-0,003	0,03; 0,03	0,003 <sup>E</sup>	0,001 – 0,004	0,04; 0,04	0,001 <sup>E</sup>	0,001-0,002	0,02; 0,02
Thiabendazole	0,466	0,393-0,540	< 0,01; < 0,01	0,505	0,419 – 0,592	< 0,01; < 0,01	0,503	0,427-0,579	< 0,01; < 0,01
Triazophos	0,037	0,030-0,045	0,05; 0,05	0,040	0,023 – 0,058	0,06; 0,06	0,033	0,021-0,046	0,05; 0,05

<sup>A</sup> Pour 3 des 4 catégories de revenu décrites à la sous-section 2.4.2.

<sup>B</sup> Les indices de risque minimaux (min) sont calculés au moyen de la VTR la plus élevée (permissive), alors que les indices de risque maximaux (max) sont calculés à l'aide de la VTR la plus faible (restrictive).

<sup>C</sup> Seul le terme *dithiocarbamates* (DTC), renvoyant à la classe de pesticides individuels non spécifiés, apparaît dans les fichiers de l'ACIA.

<sup>D</sup> L'éthylène thiourée (ETU) est le principal métabolite, physiologique et environnemental, des dithiocarbamates. Il ne présente toutefois pas d'activité biocide en soi.

<sup>E</sup> Estimation dont le CV est compris entre 16,6 % et 33,3 %; à utiliser avec prudence.

<sup>F</sup> Estimation dont le CV est ≥ 33,3 %; elle n'est donc pas publiée.

Note : Les caractères gras indiquent les indices de risque supérieurs à 1, alors que les indices de risque compris entre 0,2 et 1 sont surlignés en teinte grisée.

Abréviations : IC : Intervalle de confiance à 95 % sur la moyenne; IC<sub>s</sub>95 : Borne supérieure de l'IC; me : Méthyl; nd : donnée non disponible par manque de puissance statistique sur le calcul de la dose d'exposition correspondante.

**Tableau 9 Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon la scolarité<sup>A</sup>**

Pesticide	< DES			DES			DEPS		
	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>
Captane	0,300	0,256-0,344	< 0,01; < 0,01	0,176	0,112-0,240	< 0,01; < 0,01	0,189	0,142-0,235	< 0,01; < 0,01
Carbofuran	0,006	0,004-0,007	< 0,01; 0,12	0,002 <sup>E</sup>	0,001-0,003	< 0,01; 0,05	0,004	0,003-0,006	< 0,01; 0,1
Chlorpyrifos	0,032	0,030-0,035	< 0,01; <b>1,17</b>	0,028	0,021-0,034	< 0,01; <b>1,13</b>	0,031	0,025-0,037	< 0,01; 1,23
Chlorpyrifos-me	0,017	0,014-0,019	< 0,01; 0,19	0,012	0,009-0,015	< 0,01; 0,15	0,015	0,011-0,019	< 0,01; 0,19
Diazinon	0,018	0,015-0,020	< 0,01; 0,1	0,017 <sup>E</sup>	0,011-0,023	< 0,01; 0,12	0,015	0,012-0,017	< 0,01; 0,09
Dichloran	0,093	0,076-0,110	< 0,01; 0,04	0,056 <sup>E</sup>	0,033-0,079	< 0,01; 0,03	0,061	0,050-0,072	< 0,01; 0,03
Dicofol	0,034	0,029- 0,039	0,02; 0,1	0,032 <sup>E</sup>	0,020-0,045	0,02; 0,11	0,027	0,022-0,032	0,02; 0,08
Dieldrine	0,005	0,004-0,006	0,06; 0,12	0,002 <sup>E</sup>	0,001-0,003	0,03; 0,06	0,004 <sup>E</sup>	0,003-0,005	0,05; 0,1
Diméthoate	0,025	0,022-0,029	< 0,01; 0,15	0,029 <sup>E</sup>	0,010-0,047	< 0,01; <b>0,24</b>	0,028	0,023-0,033	< 0,01; 0,17
Dithiocarbamates <sup>C</sup>	0,895	0,813-0,976	0,02; <b>1,95</b>	0,944 <sup>E</sup>	0,430-1,458	0,03; <b>2,92</b>	1,316 <sup>E</sup>	0,573-2,059	0,04; 4,12
Endosulfan	0,058	0,052-0,063	0,01; 0,11	0,048 <sup>E</sup>	0,029-0,066	0,01; 0,11	0,053	0,046-0,060	0,01; 0,1
Éthion	0,025	0,017-0,033	0,02; 0,08	0,021 <sup>E</sup>	0,011-0,031	0,02; 0,08	0,018 <sup>E</sup>	0,010-0,027	0,02; 0,07
ETU <sup>D</sup>	0,015	0,013-0,017	< 0,01; <b>0,21</b>	0,021	0,010-0,033	< 0,01; <b>0,41</b>	0,024	0,015-0,033	< 0,01; <b>0,41</b>
Imazalil	0,212	0,166-0,258	< 0,01; 0,02	0,175 <sup>E</sup>	0,109-0,241	< 0,01; 0,02	0,171	0,121-0,221	< 0,01; 0,02
Iprodione	0,249	0,193-0,305	< 0,01; 0,02	0,186 <sup>E</sup>	0,074-0,297	< 0,01; 0,02	0,190	0,142-0,238	< 0,01; 0,01
Méthamidophos	0,016	0,014-0,018	< 0,01; <b>0,36</b>	F	F	nd; nd	0,023	0,019-0,027	< 0,01; <b>0,54</b>
Méthidathion	0,019	0,013-0,024	0,01; 0,02	0,016 <sup>E</sup>	0,008-0,024	0,01; 0,02	0,017	0,012-0,022	0,01; 0,02
Mirex	0,005	0,004-0,006	< 0,01; 0,03	F	F	nd; nd	0,005	0,004-0,006	< 0,01; 0,03
Ométhoate	0,009	0,008-0,011	0,03; 0,03	F	F	nd; nd	0,009	0,007-0,012	0,03; 0,04
Pyrimiphos-me	0,021	0,016-0,027	< 0,01; <b>0,4</b>	0,014 <sup>E</sup>	0,009-0,020	< 0,01; <b>0,3</b>	0,013 <sup>E</sup>	0,008-0,017	< 0,01; <b>0,25</b>



**Tableau 9 Risques chroniques des Québécois exposés aux résidus alimentaires de pesticides selon la scolarité<sup>A</sup> (suite)**

Pesticide	< DES			DES			DEPS		
	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>	Dose moyenne (µg/kg/j)	IC	Indice de risque pour IC <sub>95</sub> (min; max) <sup>B</sup>
Profénophos	0,002 <sup>E</sup>	0,002-0,003	< 0,01; 0,06	0,002 <sup>E</sup>	0,001-0,003	< 0,01; 0,06	0,002 <sup>E</sup>	0,001-0,002	< 0,01; 0,04
Propargite	0,106	0,077-0,135	< 0,01; 0,07	0,040 <sup>E</sup>	0,023-0,056	< 0,01; 0,03	0,065 <sup>E</sup>	0,039-0,091	< 0,01; 0,05
Prothiofos	0,002	0,001-0,003	0,03; 0,03	0,002 <sup>E</sup>	0,001-0,003	0,03; 0,03	0,002 <sup>E</sup>	0,001- 0,002	0,02; 0,02
Thiabendazole	0,635	0,570-0,700	< 0,01; < 0,01	0,390	0,315-0,466	< 0,01; < 0,01	0,403	0,348-0,459	< 0,01; < 0,01
Triazophos	0,049	0,036-0,063	0,06; 0,06	0,025	0,014-0,035	0,04; 0,04	0,035	0,026-0,043	0,04; 0,04

<sup>A</sup> Pour 3 des 4 catégories de revenu décrites à la sous-section 2.4.2.

<sup>B</sup> Les indices de risque minimaux (min) sont calculés au moyen de la VTR la plus élevée (permissive), alors que les indices de risque maximaux (max) sont calculés à l'aide de la VTR la plus faible (restrictive).

<sup>C</sup> Seul le terme dithiocarbamates (DTC), renvoyant à la classe de pesticides individuels non spécifiés, apparaît dans les fichiers de l'ACIA.

<sup>D</sup> L'éthylène thiourée (ETU) est le principal métabolite, physiologique et environnemental, des dithiocarbamates. Il ne présente toutefois pas d'activité biocide en soi.

<sup>E</sup> Estimation dont le CV est compris entre 16,6 % et 33,3 %; à utiliser avec prudence.

<sup>F</sup> Estimation dont le CV est ≥ 33,3 %, donc elle n'est pas publiée.

Note : Les caractères gras indiquent les indices de risque supérieurs à 1, alors que les indices de risque compris entre 0,2 et 1 sont surlignés en teinte grisée.

Abréviations : IC : Intervalle de confiance à 95 % sur la moyenne; IC<sub>95</sub> : Borne supérieure de l'IC; me : Méthyl; nd, donnée non disponible par manque de puissance statistique sur le calcul de la dose d'exposition correspondante.



## 4 Discussion

Cette étude porte sur les risques associés à l'exposition aux pesticides présents sous forme résiduelle dans les fruits et les légumes consommés par les Québécois pour la période de 2005 à 2008. Il s'agit de la première étude de ce type effectuée à l'échelle provinciale. L'objectif principal de ce travail était d'estimer les doses d'exposition théoriques chroniques et aiguës aux résidus de pesticides de la population du Québec à partir de sa consommation de fruits et de légumes et d'évaluer les risques qui y sont associés. Cette évaluation a été réalisée sur la base, d'une part, des mesures de résidus de pesticides effectuées par l'ACIA dans les fruits et les légumes vendus sur le marché canadien entre 2005 et 2008 et, d'autre part, des données individuelles sur la consommation quotidienne d'aliments des Québécois en 2004 (ESCC 2.2).

### 4.1 Signification et contextualisation des résultats obtenus

---

Les résultats d'évaluation du risque non cancérigène dressent un portrait généralement rassurant de l'exposition aux matières actives des formulations de pesticides mesurées dans les fruits et les légumes (on ne peut pas conclure toutefois en ce qui concerne les adjuvants et les matières inertes). En effet, les IR n'ont que très rarement dépassé la valeur de 1. Un dépassement ne s'est produit que pour les IR associés au chlorpyrifos, au dicofol, à la dieldrine, au diméthoate, à l'ETU, au méthamidophos, au pyrimiphos-méthyl et aux dithiocarbamates en exposition chronique (voir le tableau 2) de même qu'au chlorpyrifos, au carbofuran, aux dithiocarbamates, à l'éthion et à l'endosulfan en exposition aiguë (voir le tableau 2). De surcroît, 11 pesticides sont associés à des risques cancérigènes supérieurs au seuil de  $1 \times 10^{-6}$  considéré comme généralement négligeable par l'INSPQ (ESRT – INSPQ, 2012), incluant 4 pesticides pour lesquels le risque excède  $1 \times 10^{-5}$ , soit les dithiocarbamates, le mirex, la dieldrine et l'imazalil. Ces résultats sont en accord avec l'affirmation selon laquelle les limites réglementaires relatives aux résidus de pesticides dans les aliments sont respectées dans plus de 98 % des cas (Phaneuf *et al.*, 2013). Cependant, seuls 3 produits parmi les 25 ayant été mis en évidence de manière particulière ici (c'est-à-dire priorisés) ont dépassé les normes prescrites pour la période de 2012-2013 selon l'ACIA (2013a). Cet état de fait démontre qu'il ne faut donc pas se fier que sur les dépassements de normes pour discuter du risque sanitaire. Dans tous ces cas, les IR supérieurs à 1 étaient uniquement obtenus si les VTR les plus sévères existantes, lesquelles peuvent être inférieures aux VTR les plus permissives de plusieurs ordres de grandeur, étaient utilisées pour le calcul des IR. Parmi les pesticides priorisés, seule la dieldrine s'est vu attribuer une VTR chronique par Santé Canada, VTR correspondant à la VTR non cancérigène maximale (engendrant les IR minimaux indiqués ici qui sont deux fois inférieurs aux IR maximaux).

Il faut aussi rappeler que des facteurs d'incertitude, généralement considérés comme conservateurs, sont appliqués pour compenser l'incertitude inhérente au processus de détermination des VTR (U.S. EPA, 2003), processus qui comporte une part de subjectivité. Des jugements dissemblables sur les mêmes données, formulés par des évaluateurs différents, peuvent donc expliquer des variations parfois importantes entre les VTR retenues par diverses institutions sanitaires. Il en va de même pour les modèles d'extrapolation utilisés par ces institutions pour déterminer des coefficients de cancérogénicité. Dans le cas particulier des dithiocarbamates, qui ne constituent pas une matière active en soi mais bien une classe de pesticides, c'est sous ce vocable que les fichiers de l'ACIA présentaient les mesures effectuées sur les pesticides compris dans cette classe. Ainsi, le recours à la VTR non cancérigène la plus sévère (celle du propinèbe) afin de calculer les IR maximaux obtenus pour les dithiocarbamates revient à estimer en fait que le propinèbe engendre la totalité de l'exposition aux pesticides de cette classe. Or, si les dithiocarbamates constituent la catégorie de pesticides la plus souvent détectée dans les aliments, le pesticide le plus utilisé parmi ceux-ci au Québec est le mancozèbe (O. Samuel, 2016, communication personnelle), et à ce pesticide est

associée la VTR non cancérigène la plus permissive considérée pour l'évaluation du risque. Il apparaît donc raisonnable de suggérer que les niveaux de risque non cancérigène représentatifs des dithiocarbamates sont plus bas que ce que les valeurs d'IR<sub>max</sub> suggèrent au tableau 2, mais il est impossible de savoir précisément dans quelle mesure. Cette distorsion est vraisemblablement moins présente dans le cas du risque cancérigène évalué pour les dithiocarbamates, puisque le q\* employé est justement celui du mancozèbe (ce q\* s'appliquant également au manèbe et au métirame). Dans un même ordre d'idées, l'estimation du risque associé à l'exposition à l'ETU, qui est le métabolite commun des dithiocarbamates, est également moins sujette à cette distorsion. Ainsi, les résultats de la présente étude mettent en lumière, pour l'ETU seulement, des IR supérieurs à 1 à quelques occasions ainsi qu'un risque cancérigène légèrement inférieur à  $1 \times 10^{-6}$ . Idéalement, afin de réduire l'incertitude associée à l'estimation du risque pour les dithiocarbamates, l'exposition totale et les VTR spécifiques à chaque pesticide appartenant à cette classe devraient s'exprimer en termes de dose reçue équivalente d'ETU (en se basant sur la fraction métabolisée en ETU de chaque dithiocarbamate). Cependant, d'une part, puisque la proportion de la dose totale d'exposition aux dithiocarbamates attribuable à chaque pesticide concerné est inconnue, et, d'autre part, en raison de la présence simultanée sur les fruits et les légumes des substances mères (dithiocarbamates) et de leur métabolite ETU, les risques associés aux dithiocarbamates et à l'ETU doivent être considérés de manière distincte.

Pour ce qui est de l'exposition aiguë, les cas où des IR supérieurs à 1 ont été notés doivent aussi être mis en perspective. En effet, il a été considéré que les sujets ayant consommé les aliments indiqués étaient exposés à la concentration maximale de résidus répertoriée dans les fichiers de l'ACIA; dans la réalité, la probabilité que cela se produise est vraisemblablement faible. Comme pour l'exposition chronique, les IR supérieurs à 1 obtenus pour les dithiocarbamates dans le cas de l'exposition aiguë résultent de la prise en considération de la VTR la plus sévère parmi toutes les VTR de l'ensemble des pesticides de cette classe, soit celle pour le thirame. Dans les faits, plusieurs matières actives différentes avec des toxicités plus faibles peuvent avoir contribué à l'exposition totale de cette classe. Par ailleurs, les VTR aiguës les plus sévères pour le carbofuran, le chlorpyrifos et l'éthion sont respectivement 20, 200 et 4 fois plus restrictives que les VTR maximales. Il faut noter que, au moment d'écrire ces lignes, Santé Canada n'avait pas émis de VTR aiguë en dehors de celles émises par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) pour les pesticides étudiés dans le présent document. Comme les valeurs de l'ARLA découlent souvent de données de l'industrie, les auteurs du présent écrit ont choisi de ne pas les retenir.

Tant pour l'exposition chronique que pour l'exposition aiguë, des IR supérieurs à 1 sont généralement observés pour les centiles élevés de l'exposition, donc pour des cas théoriquement plus rares. En contrepartie, si l'on considère l'exposition médiane, donc celle en deçà de laquelle se trouve le niveau d'exposition de 50 % des sujets étudiés, les IR sont souvent inférieurs à 0,2. De même, comme il est mentionné précédemment, des variations en termes d'exposition ne se traduisent pas nécessairement par une variation similaire en termes de risque. En effet, les relations dose-réponse sur la base desquelles les VTR non cancérigènes sont élaborées sont généralement considérées comme non linéaires, et ce, en raison de la présence d'un seuil de toxicité. Ainsi, seule une augmentation de l'indice de risque au-delà de la valeur de 1 peut être considérée théoriquement comme étant associée à une augmentation significative du risque en comparaison d'un IR inférieur à 1. Autrement dit, un IR de 0,6 ne dénote pas un risque d'effets qui soit trois fois plus élevé qu'un IR de 0,2; il ne s'agit que d'une variation du rapport entre l'exposition et la VTR pertinente.

Comme le confirme la littérature scientifique portant sur les études d'exposition populationnelle aux substances chimiques, les doses estimées en fonction du poids corporel sont plus élevées pour les enfants que pour les groupes plus âgés (voir notamment U.S. EPA, 2008; Belleville, Buteau et Valcke,

2007; Valcke *et al.* 2006; Valcke et Krishnan, 2009). En effet, les enfants ingèrent plus d'aliments que les adultes par rapport à leur poids corporel. Toutefois, d'autres facteurs pourraient contribuer aux doses supérieures des enfants, dont la présence dans leur diète d'aliments spécifiques présentant des concentrations résiduelles de pesticides plus élevées. En outre, en plus des raisons mentionnées ci-dessus, il est possible que les faibles tailles d'échantillonnage des groupes d'âge comprenant des enfants, en raison d'une probabilité plus faible d'observer la même variété d'aliments consommée par les enfants, contribuent aux écarts de doses aiguës.

Bien que l'exercice de la sous-section 3.4.1 suggère que la consommation accrue de portions de fruits et de légumes (7 portions quotidiennes ou plus) engendre un risque supplémentaire par rapport à la consommation quotidienne de moins de 5 portions pour quelques résidus de pesticides (dithiocarbamates, chlorpyrifos, méthamidophos), les nuances détaillées au début de la présente section relativement à l'obtention d'IR supérieurs à 1 doivent être gardées en mémoire. De plus, il importe de rappeler l'importance de la consommation de fruits et de légumes variés au maintien d'une bonne santé. Ceux-ci sont des sources importantes de vitamines, de minéraux et de composés phytochimiques biologiquement actifs. Ils sont riches en antioxydants, des composés pouvant protéger des dommages oxydatifs induits par les pro-oxydants. Il est donc reconnu qu'une consommation élevée de fruits et de légumes a un effet protecteur contre les maladies chroniques, en particulier les maladies cardiovasculaires, le diabète, l'obésité et certains types de cancer (Institute of Medicine [IOM], 2006; OMS, 2012a; WCRF/AICR, 2007). En effet, les modèles alimentaires caractérisés par une consommation relativement accrue de fruits et de légumes ont souvent été associés à une réduction significative du risque de maladies coronariennes et d'accidents vasculaires cérébraux (Lock *et al.*, 2005; Dauchet *et al.*, 2006; He, Nowson et MacGregor, 2006, 2007; Law, 1998). De même, la littérature scientifique rapporte qu'une consommation élevée de fruits et de légumes permet de mieux contrôler la glycémie et réduit le risque de développer un diabète de type II d'approximativement 20 % chez les adultes qui consomment au moins 5 portions quotidiennes de fruits et de légumes comparativement à ceux qui n'en consomment pas (Ford et Mokdad, 2001). Enfin, d'autres études de cas indiquent qu'une alimentation riche en fruits et en légumes diminue le risque de développer différents types de cancer, en particulier les cancers du système digestif (oropharynx, œsophage, estomac, côlon, rectum) et du poumon (Key, 2011; Liu et Russell, 2008; WCRF/AICR, 1997, 2007; Tucker *et al.*, 1999; New *et al.*, 1997; New *et al.*, 2000; Prynne *et al.*, 2006). Des études récentes, ayant traité de la balance des risques toxicologiques en comparaison des bénéfices nutritionnels associés à la consommation de fruits et de légumes présentant de possibles résidus chimiques, ont clairement mis en évidence l'avantage protecteur des fruits et des légumes contre le cancer au détriment du risque d'induction de ce dernier (McCormack *et al.*, 2010; Reiss *et al.*, 2012; Baranski *et al.*, 2014). Ainsi, d'après l'évaluation de Reiss *et al.* (2012), si la moitié de la population des États-Unis augmentait sa consommation de fruits et de légumes d'une portion par jour, 20 000 cas de cancer pourraient être évités chaque année contre 10 cas additionnels de cancer causés par les résidus ingérés, soit un rapport de 2 000 pour 1. Les résultats obtenus dans la présente étude suggèrent encore un rapport nettement positif, mais moins important, soit de 100 pour 1 environ (voir la sous-section 3.1.2), mais ce rapport est vraisemblablement sous-estimé. En effet, le risque cancérigène associé aux résidus de pesticides a été estimé à l'aide de coefficients de cancérogénicité modélisés à partir de données animales, et ces coefficients sont reconnus pour être fortement conservateurs et donc pour avoir tendance à surestimer le risque. En contrepartie, les cas de cancer prévenus par la consommation de fruits et de légumes sont basés sur les risques relatifs estimés lors d'études épidémiologiques d'humains exposés en conditions réelles. Qui plus est, l'effet protecteur que reflètent ces risques relatifs inférieurs à 1 (voir le tableau 1) inclut l'effet cancérigène possible des résidus de pesticides présents dans les aliments que les participants des études épidémiologiques considérées ont ingérés. Ainsi, le rapport réel de la présente étude est vraisemblablement beaucoup plus élevé que

100 pour 1. D'autres éléments peuvent également contribuer à la différence entre le rapport obtenu ici et celui de Reiss *et al.* (2012). Ainsi, 10 pesticides analysés dans la présente étude, incluant les dithiocarbamates et le mirex, qui sont les principaux contributeurs au risque cancérogène total, n'ont pas été pris en compte dans l'analyse du risque cancérogène réalisée par Reiss *et al.* (2012). Par conséquent, le ratio entre le nombre de cas évités et le nombre de cas induits qu'ont obtenu ces auteurs serait plus bas, et se rapprocherait donc de celui obtenu dans la présente étude, si leur analyse avait inclus tous les pesticides considérés ici. Tout de même, tant les résultats de Reiss *et al.* (2012) que ceux de la présente étude permettent de consolider le message de santé publique promouvant les bénéfices nettement plus notables retirés de la consommation de fruits et de légumes comparativement aux risques que leur consommation engendre, et ce, sans même prendre en compte les bénéfices sur la réduction des autres problèmes de santé chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires.

Les résultats présentés à la sous-section 3.4.2 peuvent contribuer à documenter la perspective d'équité des risques associés aux résidus de pesticides en fonction des caractéristiques socioéconomiques. À cet égard, ils favorisent la prise en compte d'un principe directeur important dans le paradigme de gestion des risques en santé publique au Québec (Cortin *et al.*, 2016). Ces résultats suggèrent que les personnes ayant un revenu plus élevé ont une exposition chronique plus élevée au captane. Ce résultat serait également cohérent avec le fait que, dans les pays occidentaux, les personnes qui font partie de groupes socioéconomiques favorisés, en particulier celles dont le niveau d'instruction est plus élevé, ont souvent une meilleure alimentation que les personnes faisant partie de groupes défavorisés (Raine, 2005), ce qui se traduit par une consommation accrue de légumes et de fruits. Les individus vivant dans un ménage où le niveau de scolarité est plus faible ont présenté quant à eux des doses plus élevées pour certains pesticides comparativement aux individus vivant dans les ménages les plus scolarisés (thiabendazole, captane, dichloran). À titre d'hypothèse, cette situation pourrait être expliquée par le fait que, pour ces pesticides, l'achat d'aliments biologiques, plus accessibles aux nantis en raison de leur coût généralement plus élevé, contribue à la réduction de l'exposition. L'effet de la consommation d'aliments biologiques sur la réduction de l'exposition aux pesticides organophosphorés a été démontré par une surveillance biologique effectuée chez l'enfant (Curl, Fenske et Elgethun, 2003; Lu *et al.*, 2006) ou chez l'adulte (Oates *et al.*, 2014). De plus, les personnes défavorisées sont moins susceptibles de consommer de grandes variétés d'aliments, car ils évitent d'acheter les aliments plus chers (Raine, 2005). Or, il est raisonnable de penser qu'une alimentation non biologique, mais variée, si elle peut contribuer à augmenter le nombre de substances différentes auxquelles on est exposé, peut aussi contribuer à réduire l'exposition à des pesticides précis. Enfin, même si l'approvisionnement alimentaire est abondant au Québec, de grandes différences persistent quant à l'offre d'aliments sains et à l'accessibilité à ces derniers; l'offre d'aliments en région rurale étant parfois moindre qu'en région urbaine (Raine, 2005; Blanchet, Plante et Rochette, 2009; Blanchet et Rochette, 2014). Cette situation peut aboutir à une alimentation rurale moins variée. Par ailleurs, et malgré ce que suggère le tableau 7, les aliments consommés en zone rurale ne sont pas nécessairement moins contaminés par les résidus de pesticides. Ceci étant dit, il importe de rappeler que la présence de pesticides dans les aliments est plutôt ponctuelle et est en lien avec les pratiques agricoles. Ainsi, les tendances mentionnées ci-dessus sur l'exposition et le risque en fonction de variables socioéconomiques doivent être prises en compte avec prudence. Bien qu'il soit permis de croire que la relation entre les variables observées et l'exposition aux pesticides est essentiellement liée aux différences de consommation de fruits et de légumes en fonction de ces variables, on ne peut pas exclure que le niveau de contamination des aliments consommés soit aussi en cause. Ces hypothèses demeurent à être confirmées.

## 4.2 Considérations méthodologiques

---

Même si les résultats obtenus ici concernent exclusivement la période de 2005 à 2008, il est intéressant de noter que tous les pesticides ayant été ici mis en évidence de manière particulière (tableau 5) ont été soulignés dans le dernier rapport de l'ACIA couvrant la période de 2012-2013 (ACIA, 2013a). Ceci suggère, du moins en partie, que les résultats obtenus sont dans une certaine mesure extrapolables à la situation actuelle. L'utilisation de données individuelles relatives aux quantités de fruits et de légumes consommées par les Québécois constitue l'une des forces de cette étude. En effet, les données individuelles sur la consommation d'aliments tirées du volet nutrition de l'enquête de 2004 de Statistique Canada sont, à ce jour, les données les plus précises et les plus fiables pour la population québécoise. C'est pourquoi ces données ont été retenues pour la rédaction des *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec* (ESRT – INSPQ, 2012). Le caractère individuel des données employées dans la présente étude permet d'obtenir des distributions populationnelles de doses chroniques ou aiguës de pesticides. Par ailleurs, il existe des différences mineures entre la méthodologie employée pour calculer les doses chroniques individuelles de pesticides dans la présente étude et la méthodologie utilisée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, l'environnement et du travail dans les études de l'alimentation totale française (EAT 2 et EATi; Anses, 2011 et 2016)<sup>9</sup>. Les résultats obtenus dans ces deux études sont du reste assez similaires à ceux décrits ici, notamment en ce qui a trait aux concentrations généralement faibles mesurées dans les aliments de même qu'à la fréquence relativement élevée d'échantillons dont les concentrations étaient sous les limites de détection. Ainsi, pour la grande majorité des pesticides évalués dans l'étude française EAT 2, le risque est jugé nul, soit comme étant un « *risque pouvant être écarté pour la population générale* ». De fait, le diméthoate est le seul pesticide pour lequel le risque a été caractérisé comme « *ne pouvant être écarté pour certains groupes de consommateurs* ». En effet, dans le cas de ce pesticide, l'Anses a observé des dépassements de la valeur de référence pour des scénarios d'exposition prudents. De même, pour 9 autres pesticides, incluant 5 mis en évidence dans la présente étude (carbofuran, dithiocarbamates, diazinon, dieldrine, méthamidophos), l'Anses n'a pas conclu sur le risque en raison de limites de détection analytiques, jugées par les auteurs du rapport comme n'étant pas suffisamment basses pour permettre une évaluation quantitative robuste de l'exposition. Pour terminer, il faut souligner une distinction importante entre la présente étude et celle de l'Anses (2016). Contrairement, à ce qui a été fait dans le présent document, l'étude de l'organisme français a inclus l'analyse du risque pour les enfants de moins de 1 an. Toutefois, considérant, d'un côté, que les risques évalués ici pour les enfants de 1 à 4 ans se comparent à ceux évalués pour les enfants de 13 à 36 mois de l'étude de l'Anses et, d'autre part, que les risques pour les Français de moins de 1 an sont très faibles<sup>10</sup>, on peut penser qu'il en va de même pour les Québécois du même âge.

Alors que, pour l'exposition chronique, l'objectif était d'obtenir un portrait général moyen de l'exposition, ce qui commandait l'utilisation de valeurs moyennes de concentrations de résidus, l'estimation de l'exposition aiguë visait à déterminer des événements possibles, même s'ils étaient

---

<sup>9</sup> En 2011, l'Anses a analysé 445 substances (dont 280 résidus de pesticides) dans 212 types d'aliments et de boissons. Les données individuelles (n = 3 362) sur la consommation alimentaire des Français proviennent, quant à elles, de *l'Étude individuelle nationale des consommations alimentaires* (Agence française de sécurité sanitaire des aliments [Afssa], 2009). De plus, une étude ayant trait plus spécifiquement à l'alimentation infantile a porté sur 469 résidus de pesticides (substances mères et métabolites) mesurés dans 309 aliments, dont 219 considérés comme des aliments « infantiles » (Anses, 2016).

<sup>10</sup> Selon le scénario le plus conservateur considéré, le 90<sup>e</sup> centile d'exposition chronique a dépassé de 10 % la VTR non cancérigène de 36 substances actives dont seulement 3 sont, dans les faits, détectées. Dans le cas des 33 substances non détectées, le scénario d'exposition se base sur une prémisse de contamination des aliments sous la limite de détection analytique.

vraisemblablement rares, d'expositions accrues justifiant le recours aux concentrations maximales. Ainsi, les doses d'exposition aiguës pour chacun des pesticides étudiés ont été calculées pour chaque aliment les contenant. Une dose élevée peut donc résulter soit d'une concentration maximale élevée de pesticides, soit d'une consommation élevée de l'aliment dont il est question. Quoique l'utilisation d'une valeur maximale de concentration pour chaque combinaison pesticide-aliment soit indubitablement conservatrice, surtout pour les substances rarement détectées, cette méthode est cohérente avec l'approche conservatrice employée par l'Autorité européenne de sécurité des aliments dans une étude similaire (EFSA, 2010) et contribue à compenser le fait que l'approche suivie ici, basée sur des combinaisons individuelles pesticide-aliment, ne reflète pas la présence simultanée de plusieurs pesticides dans de nombreux aliments différents pouvant potentiellement être consommés en même temps par un seul individu.

Dans son étude mentionnée au paragraphe précédent, l'EFSA (2010) a appliqué un facteur de réduction de l'exposition aiguë et chronique pour prendre en compte le fait que certains aliments ne sont pas consommés sous la forme qu'ils ont quand on y mesure des pesticides dans le cadre de programmes de surveillance, notamment les fruits à pelure comme les oranges. Si l'on considère les pesticides mis en évidence ici, des facteurs ont été appliqués par l'EFSA pour les dithiocarbamates (0,88), l'imazalil (0,05), le méthamidophos (0,03) et le diméthoate (0,14) présents dans les oranges. L'application de tels facteurs dans la présente étude aurait vraisemblablement diminué le portrait du risque, dans la mesure où l'information fournie dans les documents de l'ACIA ne permet pas de confirmer clairement que les données en étant issues correspondent bien aux aliments tels qu'ils ont été consommés. Par ailleurs, la présente étude se distingue de celle de l'EFSA, tout comme de celles de l'Anses décrites plus haut, par le fait qu'une évaluation des risques cancérigènes associés à l'exposition aux pesticides a été réalisée.

La sélection des fruits et des légumes pour le calcul de l'exposition chronique ( $n = 89$ ) et de l'exposition aiguë ( $n = 30$ ) constitue, dans le présent écrit, une base représentative afin d'estimer l'exposition aux résidus de pesticides des Québécois pour la période de référence. En effet, cette sélection a été effectuée en fonction des quantités moyennes les plus élevées de fruits et de légumes consommées au Québec selon les résultats de l'ESCC 2.2. Quoique la sélection ait été faite suivant une approche légèrement différente de celle employée par Phaneuf *et al.* (2013) en raison de la disponibilité plus récente des données individuelles de consommation des aliments dans l'ESCC 2.2<sup>11</sup>, la liste des pesticides mis en évidence demeure comparable. En effet, 16 légumes et 12 fruits retenus dans l'analyse de Phaneuf *et al.* (2013) font partie des 17 légumes et des 13 fruits sélectionnés dans l'étude actuelle. À cette liste s'ajoutent la patate douce et le cantaloup. La liste des aliments retenus pour la présente étude est également similaire à celles employées dans d'autres analyses similaires. Par exemple, l'EFSA a compilé des données d'exposition pour 21 fruits et légumes dont la majorité figure dans les listes utilisées pour le calcul des doses chroniques et aiguës (respectivement 20 et 15). L'Anses, pour sa part, a retenu 13 fruits, dont 12 sont inclus dans la sélection actuelle, et 22 légumes, desquels seuls l'artichaut et le céleri-rave, n'ont pas été retenus ici.

L'évaluation de l'influence des variables socioéconomiques et du nombre de portions quotidiennes de fruits et de légumes consommées sur l'exposition alimentaire aux pesticides et le risque en découlant a été réalisée en considérant l'ensemble de la population; elle ne se limite donc pas à la population adulte. Cette considération méthodologique peut avoir comme effet d'augmenter la variance associée à l'exposition à chaque catégorie examinée, ce qui diminue la possibilité que les différences observées soient significatives. En contrepartie, l'inclusion, dans l'analyse, de tous les

---

<sup>11</sup> Par comparaison, Phaneuf *et al.* (2013) ont utilisé des données sur la consommation apparente des aliments, laquelle est établie sur la base des quantités d'aliments destinés à la consommation humaine, qui ont été écoulées au Canada.



individus de la population ajoute de la puissance statistique à l'exercice et permet de considérer les individus les plus sensibles, soit ceux présentant les doses d'exposition les plus élevées.

### 4.3 Principales limites et incertitudes

---

Les résultats présentés ici doivent être interprétés avec prudence. Premièrement, les données publiées par l'ACIA concernent des aliments échantillonnés partout au pays et ne permettent pas de distinction à l'échelle provinciale. En raison du caractère aléatoire de la stratégie d'échantillonnage employée, il est impossible de vérifier si les résultats d'échantillonnage obtenus pour l'ensemble du Canada sont représentatifs de ceux du Québec, ce qui est toutefois une prémisse nécessaire au présent travail en raison de la non-disponibilité de données québécoises. De plus, on présume, en ce qui concerne l'évaluation du risque cancérigène, que l'exposition caractérisée pour la période de référence considérée ici est représentative de la population québécoise sur une période de 70 ans, et ce, malgré l'évolution temporelle des pratiques, des habitudes alimentaires et du statut d'homologation de plusieurs des substances concernées. Ceci contribue vraisemblablement à surestimer le risque, puisque la plus grande part du risque cancérigène global calculé ici est attribuable à des pesticides organochlorés étant pour la plupart bannis au Canada et en voie de l'être dans plusieurs autres pays exportateurs de fruits et de légumes sur le marché canadien. L'exposition évaluée découle vraisemblablement de l'usage passé de pesticides ayant contaminé l'environnement par des restes persistants. On peut donc supposer que les concentrations environnementales de ces produits, et par la même occasion le risque leur étant associé, ont diminué depuis la période de référence et qu'elles continueront à diminuer.

Deuxièmement, la démarche d'évaluation du risque repose sur le recours à des VTR qui, en principe, traduisent l'état des connaissances toxicologiques et épidémiologiques du moment. Cependant, 25 pesticides évalués dans le présent écrit sont considérés comme potentiellement cancérigènes par divers organismes sanitaires sans pour autant qu'un coefficient de cancérogénicité ait pu y être rattaché<sup>12</sup>. Par conséquent, la seule classification qualitative par ces organismes ne permet pas d'évaluer quantitativement le risque de cancer étant potentiellement associé à ces pesticides. Ceci dit, si on émet l'hypothèse conservatrice que ces 25 pesticides auraient tous un coefficient de cancérogénicité équivalant à celui du dichlorvos – qui est le cancérigène le plus puissant parmi les substances encore homologuées au Canada pour lesquelles un  $q^*$  est disponible de même que l'un des plus puissants pesticides toutes substances confondues (voir le tableau 2 de l'annexe 4) – le risque cancérigène total calculé doublerait par rapport aux chiffres rapportés à la sous-section 3.1.2; on demeure donc dans le même ordre de grandeur. Il est aussi possible que des effets sur la santé qui n'ont pas encore été mis en évidence, ou du moins pas de manière suffisamment robuste, le soient dans les années à venir. Le cas échéant, cela pourrait commander une révision des VTR présentement en vigueur ou encore une évaluation quantitative du risque cancérigène. D'ailleurs, les VTR récentes sont souvent plus sévères que les anciennes, et des chercheurs émettent continuellement, dans la littérature scientifique, des hypothèses suggérant que les VTR en vigueur pourraient ne pas tenir compte de divers effets apparaissant à de plus faibles doses que ceux sous-tendant ces VTR (Vigouroux-Villard, 2006). Qui plus est, les VTR sont déterminées pour la matière active seulement, alors que les formulations appliquées contiennent aussi des ingrédients inertes pour lesquels les informations toxicologiques sont souvent méconnues.

---

<sup>12</sup> Les pesticides dont il est question ici sont les suivants : bénomyl, bifenthrine, butoxyde de pipéronyle, cyperméthrine, diazinon, dichloran, dicofof, diméthoate, flusilazole, linuron, malathion, méthidathion, métolachlore, o-phénylphénol, parathion, pendiméthaline, phosmet, pirimicarbe, propiconazole, propoxur, quinzozène, tébuconazole, thiabendazole, triadiméno, trifluraline et vinclozoline – voir le répertoire SAGe pesticides (<http://www.sagepesticides.qc.ca/>).

Troisièmement, il est important de rappeler que l'additivité des risques associés à plusieurs substances partageant le même mécanisme d'action (ex. : inhibition des cholinestérases par tous les pesticides organophosphorés ou carbamates) ou encore résultant de doses d'exposition aiguës à un même pesticide trouvé dans plusieurs aliments consommés par le même individu n'a pas été évaluée ici. Même si peu d'études ont été réalisées sur la synergie entre des pesticides ayant des mécanismes d'action différents, certaines d'entre elles ont suggéré de telles relations (Desplats *et al.*, 2012; Graillot *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2013). Toutefois, considérant les IR calculés, nettement inférieurs à 0,2 dans la très grande majorité des cas, de même que la prise en compte de la concentration maximale pour l'évaluation du risque aigu, il est peu probable que les doses totales d'exposition chronique ou aiguë à un pesticide donné, provenant de sources alimentaires et d'autres sources, génèrent un dépassement des VTR non cancérigènes. Ceci a de quoi rassurer, surtout si l'on prend en compte le fait que, d'une part, l'ingestion d'aliments en tant que principale source d'exposition de la population aux pesticides est bien documentée (Samuel *et al.*, 2010) et que, d'autre part, les jeunes enfants sont susceptibles d'être exposés à d'autres sources que celles provenant de l'alimentation en raison de certains comportements tels que ramper au sol et porter les mains à la bouche (Santé Canada, 2002).

Enfin, l'écart entre les valeurs maximales et minimales du nombre de cas de cancer prévenus par la consommation de fruits et de légumes illustre l'incertitude à propos des risques relatifs indiqués dans le tableau 1, incertitude qui découle vraisemblablement de la variabilité des patrons de consommation des divers fruits et légumes des études épidémiologiques ayant été incluses dans les méta-analyses du WCRF/AICR (2007). Si cette incertitude peut faire varier la valeur exacte du rapport entre le nombre de cas de cancer prévenus et le nombre de cas de cancer induits dans l'analyse risques/bénéfices réalisée à la fin de la sous-section 3.1.2, elle ne compromet pas l'ordre de grandeur de ce rapport estimé ici à au moins 100. Ceci est d'autant plus vrai que l'estimation du risque cancérigène repose sur des hypothèses prudentes de coefficients de cancérogénicité conservateurs modélisés à partir d'études animales, alors que l'effet protecteur de la consommation de fruits et de légumes repose sur des données réalistes observées dans des populations humaines.

#### 4.4 Portée de l'étude

---

En fin de compte, le dépassement d'une VTR ne signifie pas nécessairement que l'exposition en cause est directement problématique pour la santé, mais plutôt qu'elle peut être l'objet d'une attention particulière des autorités sanitaires ou du milieu agricole. C'est dans cette perspective que les résultats obtenus ici ont été présentés sous l'angle d'une démarche de priorisation reposant à la fois sur la toxicité et l'exposition, démarche étant cohérente avec d'autres exercices similaires (ex. : Sanderson *et al.*, 1997; Gunier *et al.*, 2001, Valcke *et al.*, 2005; Sujeng *et al.*, 2013; Dabrowski, Shadung et Wepener, 2014). En supposant que les mêmes pesticides soient toujours mesurés dans les mêmes aliments, ces résultats pourraient servir à orienter le cadre méthodologique d'un éventuel programme de surveillance accrue des pesticides présents dans les aliments vendus sur le marché québécois, car d'autres données pertinentes seront disponibles en 2017; Statistique Canada ayant conduit, en 2015, une étude semblable à celle de 2004, et cette étude pourrait alimenter la stratégie phytosanitaire du Québec (ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [MAPAQ], 2011), notamment par la détermination de pesticides plus problématiques en matière d'exposition alimentaire. Cette détermination devrait évidemment tenir compte du statut d'homologation des pesticides au Canada, quoiqu'il faille toujours prêter attention aux produits utilisés à l'étranger et pouvant se trouver dans les aliments importés.

## 5 Conclusion et recommandations

Le portrait général qu'a permis de dresser le présent écrit est généralement rassurant du point de vue des risques toxicologiques associés aux résidus de pesticides présents dans les fruits et les légumes québécois. Il importe, tout de même, de demeurer vigilant en raison, d'une part, des différents types d'effets sur la santé humaine, qui sont attribués dans la littérature scientifique à l'exposition aux pesticides, et, d'autre part, des incertitudes associées à l'approche méthodologique utilisée. Advenant que les pesticides soient toujours mesurés régulièrement dans les aliments, la présente étude peut être employée pour prioriser certains pesticides devant faire l'objet de mesures de gestion des risques pour la population générale, dans la mesure où on ne perd pas de vue que la couverture des programmes de détection des résidus de pesticides demeure limitée et que le portrait de l'exposition en découlant reste incomplet. Les résultats suggèrent, pour la période de référence de 2005 à 2008, que le chlorpyrifos, les dithiocarbamates, l'endosulfan et l'iprodione, homologués au Canada et priorités à la fois sur la base des risques chroniques et aigus, sont principalement concernés. Parmi les substances qui ne sont pas homologuées au Canada, mais qui peuvent se trouver dans les produits importés, on trouve le carbofuran, l'éthion, l'imazalil, le méthamidophos et le méthidathion; ces substances ont été déterminées comme étant prioritaires sur la base à la fois des risques aigus et chroniques. Quant aux autres pesticides mis en lumière, ils pourraient être pris en compte dans un second temps, puisqu'ils n'ont été déterminés qu'à partir des risques aigus ou chroniques, mais pas à partir des deux à la fois.

En ce qui a trait à la gestion des risques populationnels associés à l'exposition alimentaire aux pesticides, les classifications par niveau de risque, similaires à celles élaborées par l'Anses (2011) et l'EFSA (2010), pourraient servir de modèle. La cohérence avec les orientations du répertoire *SAGE pesticides* devrait aussi être prise en considération. La mise en place d'un programme de surveillance qui aurait recours aux données de consommation alimentaire dont dispose Statistique Canada de même qu'à celles sur la teneur en résidus de pesticides des aliments vendus au Québec permettrait de faire la surveillance continue de l'exposition de la population québécoise à ces résidus alimentaires. En effet, l'enquête nutritionnelle de Statistique Canada est planifiée tous les 10 ans, et les données produites par l'ACIA sont disponibles annuellement. Le recours aux données sur la teneur en résidus de pesticides des aliments vendus au Québec et consommés tels qu'ils ont été préparés permettrait également de bonifier l'évaluation de l'exposition et des risques. Ce recours pourrait aussi s'appliquer à d'autres contaminants environnementaux, le cas échéant.

Enfin, même si la consommation de fruits et de légumes peut engendrer une exposition aux pesticides employés dans leur culture et que les risques sanitaires découlant de cette exposition demeurent incertains, il reste que ces risques apparaissent plutôt faibles. À titre comparatif, les bénéfices importants qu'apporte la consommation régulière de fruits et de légumes sont bien documentés, et confirmés par les résultats de l'analyse risques/bénéfices obtenus ici. Par conséquent, il apparaît primordial, d'un point de vue de santé publique, de continuer à encourager la population à opter pour une alimentation saine et équilibrée, laquelle inclut la consommation d'importantes quantités d'une grande variété de fruits et de légumes. Toutefois, les risques cancérigènes obtenus dans le présent document n'apparaissent pas négligeables, même s'ils résultent d'analyses conservatrices. En raison donc des incertitudes qui demeurent quant aux risques réels que représente l'exposition à ces substances, il importe de continuer à favoriser la mise en place de mesures visant à réduire, autant que faire se peut, l'exposition de la population aux pesticides. Ces substances qui, à défaut d'être toujours prouvées comme étant néfastes à l'organisme humain, ne lui sont absolument pas nécessaires.



## Références

- Agence canadienne d'inspection des aliments. (2013a). *Programme national de surveillance des résidus chimiques – Rapport 2012-2013*. Ottawa, Ontario : Agence canadienne d'inspection des aliments.
- Agence canadienne d'inspection des aliments. (2013b). Aperçu - Programme national de vérification des résidus chimiques dans les fruits et légumes frais. Repéré à <http://www.inspection.gc.ca/aliments/fruits-et-legumes-frais/salubrite-des-aliments/residus-chimiques/aperçu/fra/1374514433922/1374514696857>
- Agence canadienne d'inspection des aliments. (s.d.-a). Programme national de surveillance des résidus chimiques – Rapport annuel 2005-2006 : aliments d'origine animale et végétale. Ottawa, Ontario : Agence canadienne d'inspection des aliments.
- Agence canadienne d'inspection des aliments. (s.d.-b) Programme national de surveillance des résidus chimiques – Rapport annuel 2006-2007 : aliments d'origine animale et végétale. Ottawa, Ontario : Agence canadienne d'inspection des aliments.
- Agence canadienne d'inspection des aliments. (s.d.-c). Programme national de surveillance des résidus chimiques – Rapport annuel 2007-2008 : aliments d'origine animale et végétale. Ottawa, Ontario : Agence canadienne d'inspection des aliments.
- Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. (2009). *Étude individuelle nationale des consommations alimentaires (INCA 2) 2006-2007*. Maisons-Alfort, France : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2011). *Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2) – Tome 2 : résidus de pesticides, additifs, acrylamide, hydrocarbures aromatiques polycycliques (Avis de l'Anses)*. Maisons-Alfort, France : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2016). *Étude de l'alimentation totale infantile (EATi) – Tome 2 – Partie 4 : Résultats relatifs aux résidus de pesticides* (Rapport d'expertise collective). Maisons-Alfort, France : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2015). Minimal risk levels (MRLs) list. Repéré à : <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrlist.asp>
- Australian Government (2015a). Acceptable daily intakes for agricultural and veterinary chemicals. Repéré à <http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/ocs-adi-list.htm>
- Australian Government. (2015b). Acute reference doses for agricultural and veterinary chemicals. Repéré à <http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/content/ocs-arfd-list.htm>
- Autorité européenne de sécurité des aliments. (2010). 2008 annual report on pesticides residues according to article 32 of regulation – EC (No 396/2005). *EFSA Journal*, 8(6). Repéré à <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1646/epdf>
- Autorité européenne de sécurité des aliments. (2013). The 2010 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 11(3). Repéré à <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2013.3130/epdf>

- Baranski, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R, Stewart, G. B., Leifert, C. (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(5), 794-811.
- Belleville, D., Buteau, S. et Valcke, M. (2007). La méthodologie d'évaluation du risque toxicologique et la santé des enfants. *Bulletin d'information en santé environnementale*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/la-methodologie-d-evaluation-du-risque-toxicologique-et-la-sante-des-enfants>
- Blanchet, C., Plante, C et Rochette, L. (2009). *La consommation alimentaire et les apports nutritionnels des adultes québécois*. Institut national de santé publique du Québec.
- Blanchet, C. et Rochette, L. (2014). Les achats alimentaires des Québécois de 2006 à 2010 au regard de la saine alimentation. Institut national de santé publique du Québec.
- Cortin, V., Laplante, L., Dionne, M., Filiatrault, F., Laliberté, C., Lessard, P., ..., Pouliot, B. (2016). *La gestion des risques en santé publique au Québec : cadre de référence*. Institut national de santé publique du Québec. Gouvernement du Québec. Repéré à [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2106\\_gestion\\_risques\\_sante\\_publicque.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2106_gestion_risques_sante_publicque.pdf)
- Curl, C. L., Fenske, R. A. et Elgethun, K. (2003). Organophosphorus pesticide exposure of urban and suburban preschool children with organic and conventional diets. *Environmental Health Perspectives*, 111(3), 377-382.
- Dabrowski, J., M., Shadung J. M. et Wepener, V. (2014). Prioritizing agricultural pesticides used in South Africa based on their environmental mobility and potential human health effects. *Environment International*, 62, 31-40.
- Dauchet, L., Amouyel, P., Hercberg, S. et Dallongeville, J. (2006). Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *The Journal of Nutrition*, 136(10), 2588-2593.
- Desplats, P., Patel, P., Kosberg, K., Mante, M., Patrick, C., Rockenstein, E., ... Masliah, E. (2012). Combined exposure to Maneb and Paraquat alters transcriptional regulation of neurogenesis-related genes in mice models of Parkinson's disease. *Molecular Neurodegeneration*, 7, 49.
- Équipe scientifique sur les risques toxicologiques. (2012). *Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1440\\_LignesDirectRealEvaRisqueToxicoOrigEnviroSanteHum.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1440_LignesDirectRealEvaRisqueToxicoOrigEnviroSanteHum.pdf)
- Ford, E. S. et Mokdad, A. H. (2001). Fruit and vegetable consumption and diabetes mellitus incidence among US adults. *Preventive medicine*, 32(1), 33-39.
- Graillot, V., Takakura, N., Le Hegarat, L., Fessard V., Audebert, M. et Cravedi, J.-P. (2012). Genotoxicity of pesticide mixtures present in the diet of the French population. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 53(3), 173-84.
- Gunier, R. B., Harnly M. E., Reynolds, P., Hertz, A. et Von Behren, J. (2001). Agricultural pesticide use in California: pesticide prioritization, use densities, and population distributions for a childhood cancer study. *Environmental Health Perspectives*, 109(10), 1071-1078.

- Harris, M. et Wan, Q. (2005). Keeping the diabetic heart healthy. *Australian Family Physician*, 34(6), 441-445.
- He, F. J., Nowson, C. A. et MacGregor, G. A. (2006). Fruit and vegetable consumption and stroke: meta-analysis of cohort studies. *Lancet*, 367(9507), 320-326.
- He, F. J., Nowson, C. A., Lucas, M. et MacGregor, G. A. (2007). Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: meta-analysis of cohort studies. *Journal of Human Hypertension*, 21(9), 717-728.
- Hernández, A. F., Parrón, T., Tsatsakis, A. M., Requena, M., Alarcón, R. et López-Guarnido, O. (2013). Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: their relevance to human health. *Toxicology*, 307, 136-145.
- Hitayezu, F. (2010). *Dépenses alimentaires des Québécois dans la grande distribution au détail en 2009*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- Institute of Medicine. (2006). *Dietary Reference Intakes*. The National academy press. Washington.
- Institut national de santé publique du Québec. (2012). *Programmation scientifique 2012-2015 : des expertises en constante évolution*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à [http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1427\\_ProgScient2012-2015\\_ExpertConstanteEvolu.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1427_ProgScient2012-2015_ExpertConstanteEvolu.pdf)
- Key, T. J. (2011). Fruit and vegetables and cancer risk. *British journal of cancer*, 104(1), 6-11.
- Linus Pauling Institute. (2010). *Micronutrient Information Center: Fruits and Vegetables*. Oregon State University, USA. En ligne : <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/foods/fruitveg/>
- Liu, C. et Russell, R. M. (2008). Nutrition and gastric cancer risk: an update. *Nutrition Reviews*, 66(5), 237-249.
- Liu, S., Serdula, M., Janket, S. J., Cook, N. R., Sesso, H. D., Willett, W. C., ..., Buring, J. E. (2004). A prospective study of fruit and vegetable intake and the risk of type 2 diabetes in women. *Diabetes Care*, 27(12), 2993-2996.
- Lock, K., Pomerleau, J., Causer, L., Altmann, D. R. et McKee, M. (2005). The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: implications for the global strategy on diet. *Bulletin of the World Health Organization*, 83(2), 100-108.
- Lu, C., Toepel, K., Irish, R., Fenske, R. A., Barr, D. B. et Bravo, R. (2006). Organic diets significantly lower children's dietary exposure to organophosphorus pesticides. *Environmental Health Perspectives*, 114(2), 260-263.
- McCormack, L. A., Laska, M. N., Larson, N. I. et Story, M. (2010). Review of the nutritional implications of farmers' markets and community gardens: a call for evaluation and research efforts. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(3), 399-408.
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. (2011). *Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021*. Gouvernement du Québec. Repéré à [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie\\_phytosanitaire.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf).
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. (2005). Manger au moins 5 portions de fruits et légumes par jour c'est facile! – Dépliant Repéré à <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-001223/>

- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. (2009). Plan ministériel de surveillance multithématique - Habitudes de vie, comportements et maladies chroniques – Volet 2 : surveillance nutritionnelle.
- National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion – Division of Nutrition, Physical Activity, and Obesity. (2013). *State indicator report on fruits and vegetables*. Atlanta, Géorgie, États-Unis : Centers for Disease Control and Prevention.
- New, S. A., Bolton-Smith, C., Grubb, D. A. et Reid, D. M. (1997). Nutritional influences on bone mineral density: a cross-sectional study in premenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65(6), 1831-1839.
- New, S. A., Robins, S. P., Campbell, M. K., Martin, J. C., Garton, M. J., Bolton-Smith, C., ..., Reid, D. M. (2000). Dietary influences on bone mass and bone metabolism: further evidence of a positive link between fruit and vegetable consumption and bone health? *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), 142-151.
- Nougadère, A., Reninger, J. C., Volatier, J. L. et Leblanc, J. C. (2011). Chronic dietary risk characterization for pesticide residues: a ranking and scoring method integrating agricultural uses and food contamination data. *Food and Chemical Toxicology*, 49(7), 1484-1510.
- Oates, L., Cohen, M., Braun, L., Schembri, A. et Taskova, R. (2014). Reduction in urinary organophosphate pesticide metabolites in adults after a week-long organic diet. *Environmental Research*, 132, 105-111.
- Organisation mondiale de la Santé. (2003). La FAO et l'OMS annoncent des mesures communes pour promouvoir la consommation de fruits et de légumes. Repéré à <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr84/fr/>.
- Organisation mondiale de la Santé. (2010). Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Repéré en 2011 à <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx>
- Organisation mondiale de la Santé. (2012a). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à <http://www.fao.org/docrep/005/AC911E/ac911e03.htm#TopOfPage>
- Organisation mondiale de la Santé. (2012b). Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPPR). Repéré à : <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database>
- Phaneuf, D., Belleville, D., Normandin, L. et Bourgault, M.-H. (2013). *Étude sur la présence de résidus chimiques dans les aliments consommés au Québec*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à [http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1592\\_ContamChimiqAlimentsConsommQc\\_EtudeExplo.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1592_ContamChimiqAlimentsConsommQc_EtudeExplo.pdf)
- Prynne, C. J., Mishra, G. D., O'Connell, M. A., Muniz, G., Laskey, M. A., Yan, L., ..., Ginty, F. (2006). Fruit and vegetable intakes and bone mineral status: a cross sectional study in 5 age and sex cohorts. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), 1420-1428.
- Raine, K. D. (2005) Les déterminants de la saine alimentation au Canada : aperçu et synthèse. *Revue canadienne de santé publique*, 96(3), S8-S15.



- Reiss, R., Johnston, J., Tucker, K., DeSesso, J. M. et Keen, C. L. (2012). Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 50(12), 4421-4427.
- Samuel, O., St-Laurent, L., Phaneuf, D., Buteau, S., Bourgault, M.-H., et Belleville, D. (2010). *Mesures de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à [http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1165\\_MesuresReducPesticidesAliments.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1165_MesuresReducPesticidesAliments.pdf)
- Sanderson, W. T., Talaska, G., Zaebst, D., Davis-King, K. et Calvert, G. (1997). Pesticide prioritization for a brain cancer case-control study. *Environmental Research*, 74(2), 133-144.
- Santé Canada. (2002). *Les priorités en matière de santé infantile à l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire – Document de principes* (SPN2002-01). Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada. Repéré à [http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt\\_formats/pacrb-dgapcr/pdf/pubs/pest/pol-guide/spn/spn2002-01-fra.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt_formats/pacrb-dgapcr/pdf/pubs/pest/pol-guide/spn/spn2002-01-fra.pdf)
- Santé Canada. (2006). Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes - cycle 2.2, nutrition (2004) : guide d'accès et d'interprétation des données. Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada. Repéré à [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt\\_formats/hpfb-dgpsa/pdf/surveill/cchs-guide-escc-fra.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/surveill/cchs-guide-escc-fra.pdf)
- Santé Canada. (2010a). L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada – Partie I : l'évaluation quantitative préliminaire des risques (éqpr) pour la santé humaine version 2.0. Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada. Repéré à [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contam/site/part-partie\\_i/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contam/site/part-partie_i/index-fra.php)
- Santé Canada. (2010b). L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada –, Partie II : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) de Santé Canada et paramètres de substances chimiques sélectionnées, version 2.0. Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada. Repéré à [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2012/sc-hc/H128-1-11-638-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/sc-hc/H128-1-11-638-fra.pdf)
- Santé Canada. (2011). *Bien manger avec le Guide alimentaire canadien*. Gouvernement du Canada. Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/food-guide-aliment/order-commander/index-fra.php>
- Santé Canada. (2013). Pesticides et aliments. Repéré à <http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pubs/pest/fact-fiche/pesticide-food-alim/index-fra.php>
- Sidhu, K. S. (1991). « Standard setting processes and regulations for environmental contaminants in drinking water: state versus federal needs and viewpoints », *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 13(3), 293-308.
- Statistique Canada. (2014). Instructions pour combiner des données de multiples cycles de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS). (document non publié)
- Statistique Canada. (2005). *Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC): Information détaillée pour 2004 (Cycle 2.2)*. Gouvernement du Canada. Repéré à [http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV\\_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5049](http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5049)
- Statistique Canada. (2010). *Healthy people, healthy places: fruit and vegetable consumption, importance of indicator* (rapport 82-229X). Résumé repéré à <http://www.statcan.gc.ca/pub/82-229-x/2009001/deter/fvc-eng.htm>

- Tucker, K. L., Hannan, M. T., Chen, H., Cupples, L. A., Wilson, P. W. et Kiel, D. P. (1999). Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69(4), 727-736.
- United States Environmental Protection Agency. (2003). *A review of the reference dose and reference concentration process* (pour le Risk Assessment Forum). Washington DC : United States Environmental Protection Agency.
- United States Environmental Protection Agency. (2008). *Child-specific exposure factors handbook – Final Report* (EPA/600/R-06/096). Washington, DC : United States Environmental Protection Agency.
- United States Environmental Protection Agency. (2016a). Pesticide reregistration status. Repéré à <https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/html/status.html>
- United States Environmental Protection Agency. (2016b). Pesticide reregistration status. Repéré à <http://www.epa.gov/iris/>
- Valcke, M., Chaverri, F., Monge, P., Bravo, V., Mergler, D., Partanen, T. et Wesseling, C. (2005). Pesticide prioritization for a case-control study on childhood leukemia in Costa Rica: a simple stepwise approach. *Environmental Research*, 97(3), 335-347.
- Valcke, M. et Krishnan, K. (2009). Physiologically-based pharmacokinetic modeling in the risk assessment of developmental toxicants. Dans : D. K. Hansen et B. D. Abbott (dir.). *Developmental toxicology* (3<sup>e</sup> édition., p. 243-273). New York : Informa Health Care Publishers.
- Valcke, M., Samuel, O., Bouchard, M., Dumas, P., Belleville, D. et Tremblay, C. (2006). Biological monitoring of exposure to organophosphate pesticides in children living in peri-urban areas of the province of Quebec, Canada. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 79(7), 568-577.
- Vigouroux-Villard, A. (2006). *Niveaux d'imprégnation de la population générale aux pesticides : sélection des substances à mesurer en priorité* (Rapport de stage du Master professionnel – Évaluation et gestion des risques sanitaires liés à l'environnement 2005-2006). Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/CHIM2005etENSPRa.pdf>
- Willett, W. W. (1998). *Nutritional epidemiology* (2<sup>e</sup> édition). États-Unis : Oxford University Press.
- World Cancer Research Fund et American Institute for Cancer Research. (1997). *Food, nutrition, and the prevention of cancer: a global perspective* (1<sup>er</sup> rapport). Washington, DC, États-Unis : World Cancer Research Fund.
- World Cancer Research Fund et American Institute for Cancer Research. (2007). *Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer: a global perspective* (2<sup>e</sup> rapport). Washington, D.C. : American Institute for Cancer Research.

## **Annexe 1**

**Considérations statistiques sur la pondération  
et la précision des estimations de consommation  
des aliments dans le cadre de l'enquête ESCC 2.2**



## Considérations statistiques sur la pondération et la précision des estimations de consommation des aliments dans le cadre de l'enquête ESCC 2.2

L'analyse des données de l'ESCC 2.2 a été soumise à des considérations statistiques précises afin de tenir compte de la distribution des variables et de la pondération des données (Statistique Canada, 2005). L'utilisation de poids d'enquête permet d'obtenir des estimations représentatives de la population à l'étude. Ainsi, un poids d'enquête est attribué à chaque personne incluse dans l'échantillon de personnes qui ont répondu à l'enquête. Ce poids correspond au nombre de personnes représentées par le répondant dans l'ensemble de la population. Puisque les données de l'ESCC 2.2 sont pondérées et que les biais potentiels associés à la non-réponse totale ont déjà été contrôlés, les résultats peuvent être généralisés à la population québécoise.

Le calcul de la variabilité d'échantillonnage est une étape essentielle dans l'analyse des données d'enquête en vue de vérifier la qualité des estimations obtenues. Ce calcul permet, entre autres choses, d'obtenir les coefficients de variation (CV) ainsi que les intervalles de confiance. La méthode d'estimation de la variabilité d'échantillonnage préconisée par Statistique Canada pour les données de l'ESCC 2.2 est la méthode du *bootstrap*, cette méthode étant la plus appropriée et la plus robuste statistiquement pour mesurer la variabilité des estimations.

La méthode du *bootstrap* est donc appliquée dans le cadre de la présente étude parce que l'information sur le plan d'échantillonnage doit être prise en compte lors du calcul des estimations de la variance.



## **Annexe 2**

**Caractéristiques des fruits et des légumes  
échantillonnés par l'ACIA (2005-2006, 2006-2007  
et 2007-2008) et des pesticides analysés**





## Caractéristiques des fruits et des légumes échantillonnés par l'ACIA (2005-2006, 2006-2007 et 2007-2008) et des pesticides analysés

**Tableau 1** Liste des 74 fruits et légumes frais canadiens

Abricots	Coriandre	Pak-choïs
Ail	Courges	Panais
Amélanches	Courgettes	Pêches
Aneth	Échalotes	Persil
Artichauts	Épinards	Piments de serre
Asperges	Fraises	Piments forts
Aubergines	Framboises	Poires
Bettes à carde	Haricots	Poireaux
Betteraves	Haricots, germe	Pois
Bleuets	Laitue	Pois mange-tout
Brocolis	Laitue à couper	Pois verts
Canneberges	Laitue chinoise	Poivrons
Carottes	Laitue de serre	Poivrons de serre
Céleris	Laitue frisée	Pommes
Céleris-raves	Légumes orientaux	Pommes de terre
Cerises	Maïs	Prunes
Champignons	Maïs sucré	Radis
Choux	Melons	Raisins
Choux chinois	Melons d'eau	Rhubarbe
Choux de Bruxelles	Menthe	Roquette
Choux de Chine	Navets	Rutabagas
Choux-fleurs	Nectarines	Tomates
Citrouilles	Oignons	Tomates de serre
Concombres	Oignons doux	Wasabi
Concombres de serre	Oignons verts	

**Tableau 2 Liste des 154 fruits et légumes frais importés**

Abricots	Courgettes	Mandores
Ail	Cresson	Mangoustans
Alkékenge	Daikons	Mangues
Ananas	Dashines (taro)	Margoses
Anis	Dattes	Melons
Artichauts	Doliques tubéreux	Melons d'eau
Asperges	Échalote	Melons miel
Atemoyas	Endives	Menthe
Aubergines	Épinards	Moutarde
Avocats	Escarole	Mûres
Bananes	Faux pak-choïs	Navets
Bananes à cuire	Feuilles de moutarde	Nectarines
Bananes plantains	Feuilles de pissenlit	Nèfles du Japon
Bananier, fleur	Figues	Noix de coco
Basilic	Figues de Barbarie	Oignons
Bettes à carde	Fines herbes	Oignons doux
Betteraves	Fraises	Oignons verts
Bleuets	Framboises	Okras chinois
Brocolfleurs	Fruits de la passion	Olives
Brocolis	Fruits de Sharon kaki	Oranges
Brocolis chinois	Gai choï (chou)	Origan
Canneberges	Gingembre	Pamplemousses
Cantaloups	Gombos	Panais
Carambole	Gourdes écarlates	Papayes
Carottes	Goyaves	Patates douces
Céleris	Grenades	Pêches
Cerises	Groseilles à maquereau	Persil
Cerises de terre	Haricots	Persil plat
Champignons	Ignames	Piments forts
Châtaignes	Jicamas	Pitahayas
Chérimoles	Jujubes	Poires
Chicorée	Kakis	Poires asiatiques
Choux	Kiwis	Poireaux
Choux chinois	Kumquats	Poireaux, fleur
Choux de Bruxelles	Laitue	Pois
Choux de Chine	Laitue à couper	Pois mange-tout
Choux frisés chinois	Laitue frisée	Pois verts
Choux verts frisés	Limes	Poivrons
Choux-fleurs	Litchis	Poivrons doux
Ciboulette	Longanes	Pomélos
Citrons	Lotus, racine	Pommes
Citrouilles	Maïs	Pommes de terre
Colocases	Maïs miniature	Pommes-poires
Concombres	Maïs sucré	Prunes
Courges	Malagas	Racines de nagaimo

**Tableau 3 Liste des 154 fruits et légumes frais importés (suite)**

Radis	Salsifis	Taros
Raisins	Sapotilles	Thym
Ramboutans	Tamarillos	Tomates
Riz sauvage de Mandchourie	Tamarins	Tomates cœur de bœuf
Roquette	Tangelos	Tomates de serre
	Tangerines	Yucca

**Tableau 4 Liste des 57 fruits et légumes importés transformés**

Abricots en conserve	Confiture d'oranges	Nectar de pêche
Abricots secs	Confiture de bleuets	Nectar de poire
Ananas en conserve	Confiture de fraises	Olives en conserve
Artichauts en conserve	Confiture de framboises	Oranges en conserve
Asperges congelées	Cornichons en conserve	Oranges et pamplemousse en conserve
Asperges en conserve	Courgettes congelées	Patates douces en conserve
Betteraves en conserve	Épinards en conserve	Pêches en conserve
Brocolis congelés	Fraises congelées	Piments forts en conserve
Carottes en conserve	Fraises en conserve	Poires en conserve
Cerises en conserve	Framboises congelées	Pois congelés
Champignons en conserve	Haricots congelés	Pois en conserve
Châtaignes d'eau en conserve	Haricots en conserve	Poivrons congelés
Choucroute en conserve	Jus d'ananas	Poivrons en conserve
Choux-fleurs congelés	Jus de mangue	Pommes en conserve
Citrouilles en conserve	Jus d'orange	Prunes en conserve
Cocktails de fruits en conserve	Jus de pomme	Purée de tomates
Cœurs de palmier en conserve	Jus de tomates	Rhubarbe congelée
Confiture d'abricots	Maïs congelé	Sauce tomate
	Maïs en conserve	Tomates en conserve
	Marmelade	

**Tableau 5 Liste des 69 pays d'origine des fruits et des légumes frais importés entre 2005 et 2008**

Afrique du Sud	Éthiopie	Nouvelle-Zélande
Algérie	France	Pakistan
Argentine	Ghana	Panama
Australie	Grèce	Pays-Bas
Bahamas	Groenland	Pérou
Bahreïn	Guatemala	Philippines
Belgique	Guinée équatoriale	Portugal
Belize	Haïti	République centrafricaine
Brésil	Honduras	République dominicaine
Chili	Hong Kong	Royaume-Uni
Chine	Îles vierges des États-Unis	Salvador
Chypre	Inde	Suisse
Colombie	Israël	Swaziland
Corée (république populaire démocratique)	Italie	Taiïwan
Corée, République	Jamaïque	Thaïlande
Costa Rica	Japon	Trinité-et-Tobago
Cuba	Jordanie	Tunisie
Danemark	Kenya	Turkménistan
Égypte	Malaisie	Turquie
El Salvador	Maroc	Uruguay
Équateur	Maurice	Vietnam
Espagne	Mexique	Zimbabwe
États-Unis	Namibie	
	Nicaragua	

**Tableau 6 Liste des 169 pesticides mesurés, entre 2005 et 2008, dans les fruits et les légumes frais canadiens ou importés<sup>A</sup>**

3-Hydroxycarbofurane	Cyfluthrine	Fénamiphos sulfone
Abamectine	Cyhalothrine	Fénamiphos sulfoxyde
Acéphate	Cyperméthrine	Fénarimol
Aldicarb sulfone	Cyprodinile	Fenbuconazole
Aldicarb sulfoxyde	Cyromazine	Fénitrothion
Aldicarbe	Dacthal (Chlorthal-diméthyl)	Fenpropathrine
Allidochlor	Daminozide	Fenvalérate
Aminocarbe	DC	Fludioxonil
Amitraze	DDE	Flusilazole
Atrazine	DDT	Flusilazole (population générale)
Azinphos-éthyle	Deltaméthrine	Folpet
Azinphos-méthyl	Déméton	Formétanate
Azoxystrobine	Deméton-S-méthyle	Hexaconazole
Benalaxyl	Déséthylatrazine	Imazalil
Bendiocarbe	Dialifos	Iprodione
Bénomyl	Diazinon	Krésoxim-méthyl
Bifenthrine	Diazinon o analogue	Lambda-cyhalothrine
Biphényle	Dichlofenthion	Lindane
Bromopropylate	Dichloran	Linuron
Buprofézine	Dichlorvos	Malathion
Butachlore	Dicofol	Métabolite de captane
Butoxyde de pipéronyle	Dieldrine	Métabolite de l'amitraze
Captane	Diméthoate	Métalaxyl
Carbaryl	Diphénylamine	Méthamidophos
Carbofurane	Dithiocarbamate <sup>B</sup>	Méthidathion
Chlordane	EDA	Méthiocarbe
Chlorfenson	Endosulfan sulfate	Méthomyl
Chlorothalonil	Endosulfane	Méthoprotryne
Chlorprophame	Endrine	Méthyl pentachlorophényl sulphide
Chlorpyriphos	Époxyde d'heptachlor	Métolachlore
Chlorpyriphos-méthyle	Esfenvalérate	Métribuzine
Chlorthal	Éthion	Mirex
Chlorthiamide	Éthylènediamine	Myclobutanil
Crotoxyphos	ETU	
	Fénamiphos	

o, p' - DDE	Pirimicarbe	Sulfone de phorate
o, p' - DDT	Pirimiphos-méthyl	Sulfoxyde de méthiocarbe
Ométhoate	Prochloraze	Tébuconazole
o-phénylphénol	Procymidone	Tecnazène
Oxadiazon	Profénofos	Tétradifon
Oxamyl	Promécarbe	Tétrasul
Oxycarboxine	Prométryne	Thiabenzadole
Oxyfluorène	Propargite	Triadiméfon
p,p' - DDD (p,p'-TDE)	Propiconazole	Triaménol
Parathion	Propoxur	Triazophos
Parathion-méthyle	Propyzamide	Trifloxystrobine
Penconazole	Prothiofos	Triflumizole
Pendiméthaline	Pyridabène	Trifluraline
Pentachloroaniline	Quinalphos	Vinclozoline
Perméthrine	Quintozone	α-BHC
Perméthrine (Trans)	Simazine	α-Endosulfane
Phenthoate	Simetryn	Δ-HCH
Phorate	β-BHC	
Phosalone	β-Endosulfane	
Phosmet	Sulfallate	

<sup>A</sup> La graphie des pesticides indiqués ici est la même que celle employée pour ces mêmes pesticides dans les fichiers de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA).

<sup>B</sup> Terme utilisé dans les fichiers de l'ACIA : inclut le mancozèbe, le métirame, manèbe, le zinèbe, le propinèbe, le ferbame, le thirame, le zirame et le sodium de metam et de dithiocarbamate.

## **Annexe 3**

**Liste des fruits et des légumes  
sélectionnés pour la présente étude**





## Liste des fruits et des légumes sélectionnés pour la présente étude

**Tableau 1** Liste des 89 fruits et légumes frais et transformés sélectionnés pour l'estimation de l'exposition chronique, classés par type d'aliment

Fruits, agrumes	Fruits, autres	Légumes				
		Amidonnés	Non amidonnés			
			Verts et jaunes	Pâles ou blancs	Alliacés	Autres
Citrons Limes Oranges Pamplemousses Tangerines	Abricots Ananas Pêches Kiwis Cocktails de fruits en conserve Poires Bananes Mangues Melons Nectar de poires Pommes Bleuets Dattes Nectarines Prunes Canneberges Cantaloups Raisins Figs Rhubarbe Fraises Cerises Framboises	Pommes de terre Panais	Artichauts Choux Germe de haricot Choux chinois Choux de Bruxelles Persil Haricots Asperges Avocats Laitue Concombres Cornichons Courgettes Pois mange-tout Pois verts* Cresson Brocolis Épinards Céleris Endives Carottes Patates douces* Citrouilles Courges Basilic Poivrons Origan Maïs sucré*	Gingembre Navets Radis Rutabagas Germe de soja Chou-fleur Champignons	Ail Ciboulette Poireaux Échalotes Oignons Oignons verts	Betteraves

\* Ce sont des aliments considérés comme amidonnés par les nutritionnistes, mais, en raison de certains nutriments qu'ils contiennent susceptibles de protéger contre le cancer, ils ont ici été classés dans le groupe des légumes « verts ou jaunes » afin d'être inclus dans l'analyse risques/bénéfices de la sous-section 3.1.2.

**Tableau 2** Liste des 30 fruits et légumes sélectionnés pour l'estimation de l'exposition aiguë

Ananas	Courges	Patates douces
Bananes	Fraises	Pêches
Brocolis	Haricots	Poires
Cantaloups	Laitue	Poivrons
Carottes	Maïs sucré	Pommes
Céleris	Mangues	Pommes de terre
Cerises	Melons	Raisins
Champignons	Navets	Tomates
Choux	Oignons	
Choux-fleurs	Oranges	
Concombres	Pamplemousses	

## **Annexe 4**

**Répertoire des valeurs toxicologiques de référence  
utilisées aux fins de l'évaluation du risque**



## Répertoire des valeurs toxicologiques de référence utilisées aux fins de l'évaluation du risque

**Tableau 1 Valeurs toxicologiques de référence non cancérogènes<sup>A</sup> associées à des expositions chroniques et aiguës par ingestion selon des organismes réglementaires canadiens<sup>B</sup>, américains<sup>C</sup>, européens<sup>D</sup> et internationaux<sup>E</sup>**

Pesticide	Valeurs toxicologiques de référence (µg/kg/j)					
	Chroniques			Aiguës		
	Min.	Max.	Références	Min.	Max.	Références
Abamectine	0,5	2,5	Australian Government (2015a); EU (2015)	0,5	5	Australian Government (2015b); EU (2015)
Acéphate	1,2	30	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)	5	100	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)
Aldicarbe	1	3	Santé Canada (2010b); EFSA (2010)	1	3	Australian Government (2015b); EFSA (2010)
Aldicarb sulfone	1	1	U.S. EPA (2016b)	-	-	
Amitraze	2	10	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	1,25	10	U.S. EPA (2016a); EU (2015)
Atrazine	1,8	35	U.S. EPA (2016a); U.S. EPA (2016b)	10	100	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Azinphos-éthyl	2	2	Australian Government; (2015a)	-	-	
Azinphos-méthyl	3	30	Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR] (2015); OMS (2012b)	10	100	ATSDR (2015); OMS (2012b)
Azoxystrobine	100	200	Australian Government (2015a); EFSA (2010)	-	-	
Bénalaxyl	40	70	EU (2015); OMS (2012b)	100	100	OMS (2012b)
Bendiocarbe	4	4	Australian Government (2015a)	-	-	
Bénomyl	20	100	EFSA (2010); OMS (2012b)	60	60	Australian Government (2015b)
Bifenthrine	10	15	Australian Government (2015a); U.S. EPA (2016b)	10	10	OMS (2012b)
Biphényle	12,5	125	EU (2015); OMS (2012b)	-	-	
Bromopropylate	30	30	EFSA (2010)	-	-	
Buprofézine	9	10	OMS (2012b); EFSA (2010)	500	500	EFSA (2010)
Butachlore	5	5	Australian Government (2015a)	-	-	
Butoxyde de pipéronyle	160	200	U.S. EPA (2016a); EU (2015)	6 300	6 300	U.S. EPA (2016a)
Captane	100	130	EFSA 2010; U.S. EPA 2016a	100	300	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)

**Tableau 1 Valeurs toxicologiques de référence non cancérogènes<sup>A</sup> associées à des expositions chroniques et aiguës par ingestion selon des organismes réglementaires canadiens<sup>B</sup>, américains<sup>C</sup>, européens<sup>D</sup> et internationaux<sup>E</sup> (suite)**

Pesticide	Valeurs toxicologiques de référence (µg/kg/j)					
	Chroniques			Aiguës		
	Min.	Max.	Références	Min.	Max.	Références
Carbaryl	7,5	100	EFSA 2010; U.S. EPA (2016b)	10	200	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Carbofuran	0,06	5	U.S. EPA (2016a); U.S. EPA (2016b)	0,06	1	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Chlordane	0,5	0,6	U.S. EPA (2016b); ATSDR (2015)	1	1	ATSDR (2015)
Chlorothalonil	10	20	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	600	600	EFSA (2010)
Chlorprophame	50	200	U.S. EPA (2016a); U.S. EPA (2016b)	500	2 500	EFSA (2010); U.S. EPA (2002)
Chlorpyrifos	0,03	10	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)	0,5	100	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)
Chlorpyrifos-méthyl	0,1	10	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)	1	100	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)
Chlorthiamide	50	50	Nougadère <i>et al.</i> (2011)	-	-	
Cyfluthrine	3	40	EU (2015); OMS 2012b	20	40	EU 2015; OMS (2012b)
Cyhalothrine	0,5	20	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	5	10	Australian Government (2015b); ATSDR (2015)
Cyperméthrine	10	50	U.S. EPA (2016b); EU (2015)	40	200	EFSA (2010); EU (2015)
Cyprodinile	20	37,5	Australien Government (2015a); U.S. EPA (2016a)	-	-	
Cyromazine	7,5	60	U.S. EPA (2016b); EU (2015)	100	100	EU (2015)
Dacthal (chlorthal-diméthyl)	10	10	U.S. EPA (2016b)	500	500	EU (2015)
Daminozide	150	700	U.S. EPA (2016b); Australian Government (2015a)	-	-	
DDT	0,5	10	ATSDR (2015); Santé Canada (2010b)	0,5	0,5	ATSDR (2015)
Deltaméthrine	10	10	EU (2015)	10	50	EFSA (2010); OMS (2012b)
Déméton	0,04	0,04	U.S. EPA (2016b)	-	-	
Deméthon-s-méthyl	0,3	0,3	Australian Government (2015a)	-	-	
Dialifos	1	1	Australian Government (2015a)	-	-	
Diazinon	0,2	5	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)	2,5	30	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Dichloran	2,5	80	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)	-	-	
Dichlorvos	0,08	4	EFSA (2013); OMS (2012b)	2	100	EU (2015); Australian Government (2015b)

**Tableau 1 Valeurs toxicologiques de référence non cancérogènes<sup>A</sup> associées à des expositions chroniques et aiguës par ingestion selon des organismes réglementaires canadiens<sup>B</sup>, américains<sup>C</sup>, européens<sup>D</sup> et internationaux<sup>E</sup> (suite)**

Pesticide	Valeurs toxicologiques de référence (µg/kg/j)					
	Chroniques			Aiguës		
	Min.	Max.	Références	Min.	Max.	Références
Dicofol	0,4	2	U.S. EPA (2016a); EU (2015)	50	200	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)
Dieldrine	0,05	0,1	U.S. EPA (2016b); ATSDR (2015)	3	3	EU (2015)
Diméthoate	0,2	20	U.S. EPA (2016b); Australian Government (2015a)	10	10	EFSA (2010)
Diphénylamine	20	80	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	-	-	
Dithiocarbamates <sup>F</sup>	0,5	50	Australian Government (2015a); EU (2015)	16,7	2 000	U.S. EPA (2016a); Australian Government (2015b)
Endosulfan	0,6	6,0	U.S. EPA (2016a); U.S. EPA (2016b)	1,5	20	U.S. EPA (2016a); EU (2015)
Endrine	0,2	2	EU (2015), ATSDR (2015)	-	-	
EPN	0,01	0,01	U.S. EPA (2016b)	-	-	
Époxyde d'heptachlor	0,013	0,013	U.S. EPA (2016b)	-	-	
Esfenvalérate	8	20	Australian Government (2015a); EU (2015)	50	50	EU (2015)
Éthion	0,4	2	ATSDR (2015); EU (2015)	0,5	2	U.S. EPA (2016a); ATSDR (2015)
ÉTU	0,08	4	U.S. EPA (2016b); OMS (2012b)	-	-	
Fénamiphos	0,1	0,8	U.S. EPA (2016a); EU (2015)	1,2	3	U.S. EPA (2016a); Australian Government (2015b)
Fénarimol	10	10	EU (2015)	20	20	EFSA (2010)
Fenbuconazole	6	30	EU (2015); OMS (2012b)	200	300	Australian Government (2015b); EU (2015)
Fénitrothion	1,3	6	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)	13	40	EFSA (2010); OMS (2012b)
Fenpropathrine	30	30	OMS (2012b)	-	-	
Fenvalérate	12,5	25	EU (2015); U.S. EPA (2016b)	-	-	
Fludioxonil	30	400	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	-	-	
Flusilazole	0,7	7	U.S. EPA (2016b); OMS (2012b)	5	20	EU (2015); EFSA (2010)
Folpet	90	100	U.S. EPA (2016a); EU (2015)	30	1 000	U.S. EPA (2016a)

**Tableau 1 Valeurs toxicologiques de référence non cancérogènes<sup>A</sup> associées à des expositions chroniques et aiguës par ingestion selon des organismes réglementaires canadiens<sup>B</sup>, américains<sup>C</sup>, européens<sup>D</sup> et internationaux<sup>E</sup> (suite)**

Pesticide	Valeurs toxicologiques de référence (µg/kg/j)					
	Chroniques			Aiguës		
	Min.	Max.	Références	Min.	Max.	Références
Formétanate	4	4	EU (2015)	5	5	EU (2015)
Hexaconazole	5	5	EFSA (2010)	5	5	EFSA (2010)
Imazalil	13	30	U.S. EPA (2016b); Australian Government (2015a)	50	50	EFSA (2010)
Iprodione	20	60	U.S. EPA (2016a); EU (2015)	60	60	U.S. EPA (2016a)
Krésoxim-méthyl	360	400	U.S. EPA (2016a); EU (2015)	-	-	
Lambda-cyhalothrine	1	20	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	7,5	20	EFSA (2010); OMS (2012b)
Lindane	0,3	5	U.S. EPA (2016b); EU (2015)	60	60	OMS (2012b)
Linuron	2	10	U.S. EPA (2016b); Australian Government (2015a)	30	30	EU (2015)
Malathion	20	300	U.S. EPA (2016b); OMS (2012b)	140	300	U.S. EPA (2016a), EFSA (2010)
Métalaxyl	30	80	Australian Government (2015a); EU 2015	500	500	EFSA (2010)
Méthamidophos	0,05	4	U.S. EPA (2016b); OMS (2012b)	1	10	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Méthidathion	1	2	U.S. EPA (2016b); Australian Government (2015a)	2	10	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)
Méthiocarbe	2	20	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	13	30	EFSA (2010); Australian Government (2015b)
Méthomyl	2,5	25	EU (2015); U.S. EPA (2016b)	2,5	20	EFSA (2010); OMS (2012b)
Métolachlore	80	150	EU (2015); U.S. EPA (2016b)	-	-	
Métribuzine	13	25	U.S. EPA (2016a); U.S. EPA (2016b)	20	250	EU (2015); Australian Government (2015b)
Mirex	0,2	0,8	U.S. EPA (2016b); ATSDR (2015)	-	-	
Myclobutanil	25	30	EU (2015); OMS (2012b)	310	310	EFSA (2010)
Ométhoate	0,3	0,4	EU (2015); Australian Government (2015a)	2	3	EFSA (2010); Australian Government (2015b)
O-phénylphénol	390	400	U.S. EPA (2016a); Australian Government (2015a)	-	-	
Oxadiazon	3,6	5	EU (2015); U.S. EPA (2016b)	-	-	
Oxamyl	1	25	EFSA (2010); U.S. EPA (2016b)	1	9	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)



**Tableau 1 Valeurs toxicologiques de référence non cancérogènes<sup>A</sup> associées à des expositions chroniques et aiguës par ingestion selon des organismes réglementaires canadiens<sup>B</sup>, américains<sup>C</sup>, européens<sup>D</sup> et internationaux<sup>E</sup> (suite)**

Pesticide	Valeurs toxicologiques de référence (µg/kg/j)					
	Chroniques			Aiguës		
	Min.	Max.	Références	Min.	Max.	Références
Oxycarboxine	150	150	Australian Government (2015a)	-	-	
Oxyfluorène	3	3	U.S. EPA (2016b)	300	300	EU 2015
Parathion	0,6	6	EU (2015); EFSA (2010)	5	10	EU 2015; Australian Government (2015b)
Parathion-méthyl	0,2	3	U.S. EPA (2016a); EU (2015)	1,1	30	U.S. EPA (2016a); EU (2015)
Penconazole	7	30	Australian Government (2015a); EFSA (2010)	500	500	EFSA (2010)
Pendiméthaline	40	125	U.S. EPA 2016b; EU 2015	-	-	
Perméthrine	50	250	U.S. EPA (2016b); U.S. EPA (2016a)	250	1 500	U.S. EPA (2016a); EU (2015)
Phenthoate	3	3	EU (2015)	-	-	
Phorate	0,5	0,7	Australian Government 2015a; EU 2015	3	3	EU (2015)
Phosalone	6	20	Australian Government (2015a); OMS (2012b)	100	300	EFSA (2010); OMS (2012b)
Phosmet	3	20	Nougadère <i>et al.</i> (2011); U.S. EPA (2016b)	45	200	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Pirimicarbe	2	35	Australian Government 2015a; EFSA 2010	100	100	EFSA (2010)
Pyrimiphos-méthyl	0,067	30	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)	5	200	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Prochloraze	9	10	U.S. EPA (2016b); EFSA (2010)	20	100	EFSA (2013); OMS (2012b)
Procymidone	2,8	100	EU (2015); OMS (2012b)	12	300	EFSA (2010); Australian Government (2015b)
Profénophos	0,05	30	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)	5	1 000	U.S. EPA (2016a); EFSA (2010)
Promécarbe	50	50	Nougadère <i>et al.</i> (2011)	-	-	
Prométryne	4	40	U.S. EPA (2016b); U.S. EPA (2016a)	-	-	
Propargite	2	40	Australian Government (2015a); U.S. EPA (2016a)	30	80	EFSA (2010); U.S. EPA (2016a)
Propiconazole	13	100	U.S. EPA (2016b); U.S. EPA (2016a)	300	300	U.S. EPA (2016a)
Propoxur	4	20	U.S. EPA (2016b); EU (2015)	-	-	
Propyzamide	20	80	EU (2015); U.S. EPA (2016a)	-	-	

**Tableau 1 Valeurs toxicologiques de référence non cancérogènes<sup>A</sup> associées à des expositions chroniques et aiguës par ingestion selon des organismes réglementaires canadiens<sup>B</sup>, américains<sup>C</sup>, européens<sup>D</sup> et internationaux<sup>E</sup> (suite)**

Pesticide	Valeurs toxicologiques de référence (µg/kg/j)					
	Chroniques			Aiguës		
	Min.	Max.	Références	Min.	Max.	Références
Prothiofos	0,1	0,1	Australian Government (2015a)	-	-	
Pyridabène	10	10	EU (2015)	50	50	EU (2015)
Quinalphos	0,5	0,5	U.S. EPA (2016b)	-	-	
Quintozène	3	200	U.S. EPA (2016b); EFSA (2010)	-	-	
Simazine	5	18	U.S. EPA (2016b); U.S. EPA (2016a)	300	300	U.S. EPA (2016a)
Tébuconazole	30	30	EFSA (2010)	30	30	EFSA (2010)
Tecnazène	20	20	EU (2015)	-	-	
Tétradifon	15	20	Nougadère <i>et al.</i> (2011); Australian Government (2015a)	-	-	
Thiabendazole	100	300	EFSA (2010); Australian Government (2015a)	100	1000	OMS (2010); OMS (2012b)
Triadiméfon	30	34	U.S. EPA (2016b); U.S. EPA (2016a)	34	80	U.S. EPA (2016a); EU (2015)
Triadiménol	30	60	EFSA (2010); Australian Government (2015a)	34	80	U.S. EPA (2016a); OMS (2012b)
Triazophos	1	1	EU (2015)	1	1	EU (2015)
Trifloxystrobine	40	100	OMS (2012b); EFSA (2010)	-	-	
Trifluraline	7,5	24	U.S. EPA (2016b); U.S. EPA (2016a)	1 000	1 000	U.S. EPA (2016a)
Triflumizole	12	40	Nougadère <i>et al.</i> (2011); Australian Government (2015a)	-	-	
Vinclozoline	5	25	EFSA (2010); U.S. EPA (2016b)	60	60	U.S. EPA (2016a)

<sup>A</sup> La recherche et la compilation des VTR ont été effectuées en 2011. Les pages Web des bases de données consultées à ce moment ont été mises à jour depuis par les organismes concernés. Conséquemment, dans le tableau, la date de la référence est postérieure à 2011.

<sup>B</sup> Santé Canada (2010b).

<sup>C</sup> U.S. EPA (2016a, 2016b); ATSDR (2015).

<sup>D</sup> EFSA (2010); EU (2015).

<sup>E</sup> Australian Government (2015a, 2015b); OMS (2010, 2012b); Nougadère *et al.* (2011).

<sup>F</sup> La famille des dithiocarbamates inclut 7 pesticides avec des VTR qui sont parfois différentes d'une matière active à l'autre. Ici, la VTR chronique minimale est celle du propinèbe, qui est la plus faible VTR (donc la plus sévère) parmi les 7 pesticides de la classe; la VTR chronique la plus élevée est celle qui est égale pour 3 composés, soit le mancozèbe, qui est la matière active la plus utilisée, le manèbe et le métirame. Dans le cas de l'exposition aiguë, la VTR la plus faible est celle du thirame, alors que la plus permissive est celle du propinèbe.

- Il n'existe pas de VTR non cancérogène pour ces substances; les risques associés n'ont donc pas été évalués.

**Tableau 2 Coefficients de cancérogénicité par voie orale disponibles pour les 28 pesticides considérés dans la présente étude**

Pesticide	Coefficient de cancérogénicité (q*, (µg/kg/j) <sup>-1</sup> )	Source <sup>A</sup>
Acéphate	8,70E-06	IRIS
Atrazine	2,30E-04	OEHHA
Biphényle	8,00E-06	IRIS
Captane	2,30E-06	OEHHA
Carbaryl	8,75E-07	IRIS
Chlordane <sup>B</sup>	1,30E-03	OEHHA <sup>B</sup>
Chlorothalonil	3,10E-06	OEHHA
DDD	2,40E-04	IRIS
DDE	3,40E-04	OEHHA, IRIS
DDT	3,40E-04	OEHHA, IRIS
Dichlorvos	2,90E-04	OEHHA, IRIS
Dieldrine	1,60E-02	OEHHA, IRIS
Dithiocarbamates <sup>C</sup>	6,01E-05	HHBPC
ETU	4,50E-05	OEHHA
Fenbuconazole	3,59E-06	IRIS, HHBP
Folpet	3,50E-06	IRIS
Hexaconazole	1,60E-05	HHBP
Imazalil	6,11E-05	HHBP
Iprodione	4,39E-05	HHBP
Krésoxim-méthyl	2,90E-06	HHBP
Lindane	1,10E-03	OEHHA
Mirex	1,80E-02	OEHHA
Perméthrine	9,57E-06	IRIS
Prochloraze	1,50E-04	IRIS
Procymidone	2,35E-05	HHBP
Propargite	3,27E-05	IRIS, HHBP
Sulfallate	1,90E-04	OEHHA
Trifluraline	7,70E-06	IRIS

<sup>A</sup> HHBP : *Human Health Benchmarks for Pesticides*. U.S. EPA. Récupéré à :

<https://iaspub.epa.gov/apex/pesticides/f?p=HHBP>

IRIS : *Integrated Risk Information System*. US EPA. Récupéré à :

[https://cfpub.epa.gov/ncea/iris\\_drafts/simple\\_list.cfm?list\\_type=pesticide](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/simple_list.cfm?list_type=pesticide).

OEHHA : *Office of Environmental Health Hazard Assessment*. CalEPA. Récupéré à : <http://oehha.ca.gov/chemicals>

<sup>B</sup> Un q\* de 0,35 (µg/kg/j)<sup>-1</sup> est également proposé par l'IRIS pour le chlordane, mais la valeur la plus prudente de l'OEHHA a été retenue aux fins de la présente étude.

<sup>C</sup> Cette valeur de q\* est appliquée par la U.S. EPA au mancozèbe, au manèbe et au métirame.



## **Annexe 5**

**Extrait du fichier Excel des statistiques descriptives  
des doses d'exposition des 169 pesticides considérés  
pour l'ensemble de la population étudiée**



**Extrait du fichier Excel des statistiques descriptives des doses d'exposition des 169 pesticides considérés pour l'ensemble de la population étudiée**

Pesticide	Statistique de dose (mg/kg/j)					Coeff. de variation (%)
	Moyenne arithmétique	IC 95 %	Médiane	95 <sup>e</sup> centile	97,5 <sup>e</sup> centile	
1-bhc						38,38
±-bhc						38,38
±-endosulfane	0,00380	0,003- 0,005	0,00180	0,01502	0,01803	10,04
2-bhc						38,38
3-hydroxycarbofurane	0,00829	0,007- 0,010	0,00235	0,03070	0,04626	8,67
Abamectine	0,00365	0,003- 0,004	0,00239	0,01079	0,01361	4,33
Acéphate	0,01367	0,012- 0,016	0,00544	0,04910	0,07082	7,81
Aldicarbe	0,00770	0,007- 0,008	0,00534	0,02298	0,03184	4,65
Allidochlor	0,00682	0,006- 0,008	0,00422	0,01933	0,02494	8,33
Aminocarbe	0,04252	0,034- 0,051	0,03171	0,12118	0,19440	10,23
Amitraze	0,00095	0,001- 0,001	0,00058	0,00258	0,00308	7,92
Atrazine	0,00257	0,002- 0,003	0,00107	0,01133	0,01567	12,59
Azinphos-éthyle	0,03546	0,029- 0,042	0,01817	0,10902	0,15368	8,96
Azinphos-méthyl	0,04118	0,034- 0,048	0,01944	0,14210	0,19837	8,73
Azoxystrobine	0,40706	0,298- 0,516	0,02294	1,80630	2,71367	13,66
Benalaxyl	0,01120	0,007- 0,015	0,00444	0,04148	0,07729	17,7
Bendiocarbe			0,00068			44,11
Bénomyl	0,10543	0,095- 0,116	0,04053	0,46545	0,67342	5,05
Bifenthrine	0,01240	0,011- 0,014	0,00615	0,04466	0,06480	4,81
Biphényle	0,00246	0,002- 0,003	0,00165	0,00743	0,01133	4,87
Bromopropylate	0,02667	0,022- 0,031	0,02129	0,07657	0,09807	8,13
Buprofézine	0,01025	0,009- 0,012	0,00491	0,03579	0,05926	7,2
Butachlore	0,01186	0,009- 0,015	0,00899			11,81
Butoxyde de pipéronyle	0,01986	0,017- 0,023	0,00665	0,09549	0,14210	7,44
Captane	0,22651	0,198- 0,255	0,03113	0,92616	1,73569	6,41
	0,05006	0,047- 0,054		0,18271	0,24437	

Pesticide	Statistique de dose (mg/kg/j)					Coeff. de variation (%)
	Moyenne arithmétique	IC 95 %	Médiane	95 <sup>e</sup> centile	97,5 <sup>e</sup> centile	
Carbaryl	0,00446	0,004- 0,005	0,02566	0,01857	0,03642	3,58
Carbofurane	0,00245	0,002- 0,003	0,00000	0,00769	0,00989	9,16
Chlordane	0,00821	0,005- 0,011	0,00165	0,03042	0,05668	4,69
Chlorfenson	0,01565	0,013- 0,018	0,00325	0,05665	0,09231	17,7
Chlorothalonil	0,90962	0,794- 1,025	0,00495	4,22385	5,79998	7,82
Chlorprophame	0,03056	0,028- 0,033	0,01885	0,09908	0,14559	6,48
Chlorpyriphos	0,01492	0,013- 0,017	0,01582	0,05121	0,08527	4,84
Chlorpyriphos-méthyle	0,00641	0,005- 0,007	0,00704	0,02248	0,03241	7,18
Chlorthal	0,00652	0,006- 0,007	0,00318	0,02302	0,02784	7,55
Chlorthiamide	0,00121	0,001- 0,002	0,00318	0,00416	0,00630	7,32
Crotoxyphos	0,01056	0,009- 0,013	0,00066	0,03957	0,05409	13,42
Cyfluthrine	0,00988	0,009- 0,011	0,00510	0,03314	0,04516	9,56
Cyhalothrine	0,03764	0,031- 0,044	0,00573	0,14251	0,21719	5,81
Cyperméthrine	0,02404	0,022- 0,026	0,01394	0,08631	0,11217	8,71
Cyprodinile	0,00516	0,004- 0,006	0,01032	0,01801	0,02544	4,77
Cyromazine	0,00230	0,002- 0,003	0,00292	0,00891	0,01214	7,36
Dacthal (chlorthal-diméthyl)	0,01127	0,010- 0,012	0,00105	0,03519	0,04862	6,05
Dde	0,00466	0,004- 0,005	0,00706	0,01639	0,02361	5,4
Ddt	0,00761	0,007- 0,008	0,00249	0,02371	0,02791	7,08
Deltaméthrine	0,00114	0,001- 0,001	0,00612	0,00819	0,01303	4,3
Déméthon-s-méthyle	0,00029	0,000- 0,000	0,00000	0,00000	0,00287	8,84
Déméton	0,00162	0,001- 0,003	0,00000	0,00760		18,52
Déséthylatrazine	0,01650	0,013- 0,020	0,00058	0,05628	0,08246	28,25
Dialifos	0,01595	0,014- 0,018	0,00937	0,06548	0,09777	10,05
Diazinon	0,00896	0,007- 0,011	0,00604	0,04070	0,05033	5,38
Diazinon o analogue	0,00240	0,002- 0,003	0,00370	0,00675	0,01000	9,38
Dichlofenthion	0,07109	0,062- 0,080	0,00173	0,35090	0,59256	5,4
Dichloran	0,00077	0,001- 0,001	0,01330	0,00454	0,00820	6,62



Pesticide	Statistique de dose (mg/kg/j)					Coeff. de variation (%)
	Moyenne arithmétique	IC 95 %	Médiane	95 <sup>e</sup> centile	97,5 <sup>e</sup> centile	
Dichlorvos	0,03017	0,027- 0,033	0,00000	0,13693	0,21784	7,11
Dicofol	0,00392	0,003- 0,005	0,00677	0,01376	0,02636	5,61
Dieldrine	0,02688	0,024- 0,030	0,00074	0,10955	0,18306	9,77
Diméthoate	0,09912	0,089- 0,110	0,00965	0,51731	0,68984	5,97
Diphénylamine	1,07017	0,748- 1,392	0,00451	3,23062	4,54797	5,38
Dithiocarbamate	0,05272	0,048- 0,057	0,47412	0,19751	0,30032	15,36
Endosulfane	0,00128	0,001- 0,001	0,02320	0,00816	0,01520	4,09
Endrine	0,34890	0,279- 0,419	0,00000	0,99429	1,59512	8,93
Epn			0,26023	0,00000	0,00024	10,23
Époxyde d'heptachlore	0,01377	0,012- 0,015	0,00000	0,04685	0,06482	45,17
Esfenvalérate	0,02158	0,016- 0,027	0,00724	0,16275	0,26666	5,51
Éthion	0,01948	0,015- 0,024	0,00000	0,07513	0,12891	12,45
Éthylène thiourée	0,55539	0,519- 0,592	0,00446	1,70629	2,25396	10,84
Éthylènediamine	0,00192	0,002- 0,002	0,37811	0,00553	0,00693	3,35
Fénamiphos	0,00366	0,003- 0,005	0,00134	0,01812	0,02933	5,3
Fénarimol	0,01488	0,013- 0,016	0,00020	0,04348	0,06248	15,91
Fenbuconazole	0,04357	0,037- 0,050	0,01068	0,15323	0,19904	5,22
Fénitrothion	0,01735	0,016- 0,019	0,02839	0,05734	0,08185	7,93
Fenprophathrine	0,01079	0,010- 0,012	0,00970	0,03672	0,05208	5,19
Fenvalérate	0,12403	0,103- 0,145	0,00416	0,61360	1,02605	4,74
Fudioxonil	0,00704	0,005- 0,009	0,00959	0,03043	0,04418	8,65
Flusilazole	0,01930	0,017- 0,021	0,00109	0,07936	0,10376	12,12
Folpet	0,03573	0,033- 0,038	0,00920	0,12981	0,18155	5,45
Formétanate			0,01897			3,82
-hch	0,00068	0,001- 0,001		0,00203	0,00298	38,38
Hexaconazole	0,18791	0,158- 0,218	0,00032	1,14862	1,65473	12
Imazalil	0,20664	0,174- 0,240	0,00997	1,02085	2,04653	8,19
Iprodione	0,00732	0,006- 0,009	0,03137	0,02919	0,03972	8,13

Pesticide	Statistique de dose (mg/kg/j)					Coeff. de variation (%)
	Moyenne arithmétique	IC 95 %	Médiane	95 <sup>e</sup> centile	97,5 <sup>e</sup> centile	
Krésoxim-méthyl	0,01351	0,011- 0,017	0,00283	0,04150	0,06450	9,76
Lambda-cyhalothrine	0,00745	0,006- 0,009	0,00686	0,02507	0,04112	11,33
Lindane	0,01007	0,009- 0,012	0,00379	0,03472	0,04905	7,44
Linuron	0,02824	0,025- 0,031	0,00561	0,11284	0,16080	7,29
Malathion	0,00959	0,008- 0,011	0,01028	0,05096	0,06149	5,25
Métabolite de captane	0,01581	0,014- 0,017	0,00286	0,05013	0,07576	8,17
Métabolite de l'amitraze	0,03733	0,033- 0,041	0,00874	0,14846	0,24569	5,44
Métalaxyl	0,02084	0,018- 0,024	0,01564	0,08412	0,13020	5,52
Méthamidophos	0,01762	0,015- 0,021	0,00550	0,10295	0,17725	7,47
Méthidathion	0,01946	0,016- 0,023	0,00000	0,07245	0,09699	8,73
Méthiocarbe	0,01490	0,014- 0,016	0,00897	0,05893	0,09148	9,31
Méthomyl	0,01025	0,007- 0,014	0,00625	0,03107	0,06531	4,48
Methoprotryne	0,00276	0,002- 0,003	0,00639	0,00776	0,01150	17,17
Méthyl pentachlorophényl sulph.	0,00509	0,004- 0,006	0,00199	0,01843	0,02688	5,4
Métolachlore	0,01235	0,011- 0,014	0,00220	0,03484	0,05035	6,1
Métribuzine	0,00514	0,004- 0,006	0,00884	0,02332	0,03794	5,32
Mirex	0,01780	0,016- 0,020	0,00000	0,07533	0,10824	8,37
Myclobutanil	0,00068	0,001- 0,001	0,00614	0,00314	0,00422	5,8
o,p' - dde	0,00161	0,001- 0,002	0,00023	0,00616	0,00844	7,51
o,p' - ddt	0,00898	0,007- 0,010	0,00076	0,03697	0,04975	8,81
Ométhoate	0,07064	0,063- 0,078	0,00334	0,33851	0,51410	8,63
O-phénylphénol	0,00940	0,008- 0,011	0,01552	0,04592	0,06349	5,44
Orthophénylphénol	0,00860	0,006- 0,012	0,00336	0,03187	0,05938	8,99
Oxadiazon	0,00610	0,006- 0,007	0,00341	0,02166	0,03105	17,7
Oxamyl	0,39805	0,273- 0,524	0,00320			4,32
Oxycarboxine	0,00238	0,002- 0,003	0,30811	0,00686	0,00975	16,09
p,p' - ddd (p,p' - tde)	0,00400	0,004- 0,004	0,00167	0,01279	0,01716	5,39
p,p' - dde	0,00255	0,002- 0,003	0,00248	0,00741	0,01185	4,5

Pesticide	Statistique de dose (mg/kg/j)					Coeff. de variation (%)
	Moyenne arithmétique	IC 95 %	Médiane	95 <sup>e</sup> centile	97,5 <sup>e</sup> centile	
p,p' - ddt	0,01851	0,014- 0,023	0,00172	0,06368	0,09650	5,48
Parathion			0,01009			13,42
Parathion-méthyle	0,00875	0,006- 0,011	0,00268	0,02929	0,06029	55,65
Penconazole	0,00345	0,003- 0,004	0,00515	0,01258	0,01938	13,17
Pendiméthaline	0,00311	0,003- 0,004	0,00160	0,00916	0,01576	8,1
Pentachloroaniline	0,06366	0,044- 0,084	0,00169	0,18364	0,35230	8,42
Perméthrine	0,02040	0,016- 0,024	0,01692	0,05813	0,09326	16,07
Phenthoate	0,00660	0,006- 0,007	0,01521	0,01857	0,02752	10,23
Phorate	0,04514	0,042- 0,048	0,00477	0,12427	0,16158	5,4
Phosalone	0,02323	0,020- 0,026	0,03340	0,12569	0,17821	3,77
Phosmet	0,01711	0,016- 0,019	0,00000	0,05556	0,08360	6,95
Pirimicarbe	0,01573	0,013- 0,019	0,01007	0,06644	0,10813	4,47
Pirimiphos-méthyl	0,03204	0,027- 0,037	0,00279	0,18386	0,26311	10,17
Prochloraze	0,04635	0,041- 0,051	0,00000	0,16761	0,22540	7,27
Procymidone	0,00185	0,001- 0,002	0,02276	0,01456	0,02338	5,5
Profénofos	0,00603	0,005- 0,007	0,00000	0,01710	0,02206	13,22
Promécarbe	0,00354	0,003- 0,004	0,00373	0,01316	0,02204	8,33
Prométryne	0,00687	0,006- 0,008	0,00143	0,02306	0,03244	11,92
Pronamide	0,07623	0,060- 0,092	0,00377	0,28182	0,48148	9,96
Propargite	0,01446	0,013- 0,016	0,03212	0,05020	0,06568	10,71
Propiconazole	0,00164	0,001- 0,002	0,00770	0,00526	0,00870	4,72
Propoxur	0,00107	0,001- 0,001	0,00074	0,00367	0,00556	17,05
Propyzamide	0,00189	0,001- 0,002	0,00058	0,01611	0,02298	13,42
Prothiofos	0,01330	0,012- 0,015	0,00000	0,04285	0,05522	11,83
Pyridabène	0,01360	0,011- 0,016	0,00715	0,03877	0,06220	5,47
Quinalophos	0,01187	0,010- 0,013	0,01015	0,03746	0,04954	10,23
Quintozone	0,03678	0,024- 0,050	0,00717	0,16872		5,92
Simazine	0,00584	0,005- 0,007	0,02522	0,02039	0,02880	18,39

Pesticide	Statistique de dose (mg/kg/j)					Coeff. de variation (%)
	Moyenne arithmétique	IC 95 %	Médiane	95 <sup>e</sup> centile	97,5 <sup>e</sup> centile	
Simetryn			0,00331			7,36
β-bhc	0,00329	0,003- 0,004		0,01302	0,01562	38,38
β-endosulfane	0,00192	0,002- 0,002	0,00156	0,00594	0,01179	10,04
Sulfallate	0,02966	0,027- 0,032	0,00098	0,08266	0,13116	8,48
Sulfate d'endosulfane	0,00841	0,008- 0,009	0,01877	0,02662	0,03681	3,74
Sulfone d'aldicarbe	0,00414	0,003- 0,005	0,00523	0,01801	0,02778	5,1
Sulfone de fénamiphos	0,00647	0,006- 0,007	0,00164	0,02035	0,02823	8,34
Sulfone de phorate	0,01534	0,014- 0,017	0,00396	0,04316	0,06396	5,66
Sulfoxyde d'aldicarbe	0,02382	0,021- 0,026	0,01108	0,06847	0,08587	5,4
Sulfoxyde de fénamiphos	0,07363	0,046- 0,101	0,01657	0,41369	0,63434	5,3
Sulfoxyde de méthiocarbe	0,01337	0,011- 0,016	0,00322	0,04515	0,08011	19,14
Tébuconazole	0,00246	0,002- 0,003	0,00182	0,00691	0,01024	8,26
Tecnazène	0,01617	0,014- 0,019	0,00177	0,05516	0,09927	5,4
Tétradifon	0,00237	0,002- 0,003	0,00438	0,00630		8,12
Tétrasil	0,48902	0,454- 0,524	0,00203	1,81583	2,40536	9,27
Thiabendazole	0,00751	0,006- 0,009	0,21039	0,03005	0,03635	3,67
Triadiméfon	0,02679	0,025- 0,029	0,00362	0,09192	0,12242	9,02
Triadiménol	0,03792	0,031- 0,045	0,01520	0,12217	0,13807	4,09
Triazophos	0,00483	0,004- 0,005	0,02502	0,01534	0,02307	8,89
Trifloxystrobine	0,00712	0,006- 0,008	0,00266	0,01975	0,02519	5,03
Triflumizole	0,01287	0,011- 0,015	0,00459	0,05185	0,07391	8,94
trifluraline	0,00685	0,006- 0,008	0,00433	0,03015	0,04658	7,78
Vinclozoline			0,00179			6,23

## **Annexe 6**

**Contribution relative des fruits et des légumes  
à l'exposition chronique totale de  
la population québécoise, 2004**



## Contribution relative des fruits et des légumes à l'exposition chronique totale de la population québécoise, 2004

Tableau 1 Pourcentage de la contribution de chaque fruit et de chaque légume à la dose chronique totale du pesticide indiqué

	Carbofuran	Chlorpyrifos	Chlorpyrifos-méthyl	Diazinon	Dichloran	Dicofol	Dieldrine	Diméthoate	Dithiocarbamates <sup>A</sup>	Endosulfan	Éthion	Éthylène thiourée	Imazalil	Iprodione	Méthamidophos	Méthidathion	Mirex	Pyrimiphos-méthyl	Profenophos	Prothiofos	
<b>Abricots</b>									< 1	< 1				< 1							
<b>Ail</b>									< 1												
<b>Ananas</b>									< 1				< 1								
<b>Asperges en conserve</b>												< 1									
<b>Asperges</b>		1							< 1				< 1								
<b>Aubergines</b>	1					< 1			< 1												
<b>Avocats</b>									< 1												
<b>Bananes</b>									3				2								
<b>Betteraves</b>		< 1					< 1		< 1					< 1							
<b>Bleuets</b>									< 1	4				2							
<b>Brocolis</b>		< 1						3	6	2											
<b>Canneberges</b>		< 1		< 1																	

**Tableau 1 Pourcentage de la contribution de chaque fruit et de chaque légume à la dose chronique totale du pesticide indiqué (suite)**

	Carbofuran	Chlorpyrifos	Chlorpyrifos-méthyl	Diazinon	Dichloran	Dicofof	Dieldrine	Diméthoate	Dithiocarbamates <sup>A</sup>	Endosulfan	Éthion	Éthylène thiourée	Imazailil	Iprodione	Méthamidophos	Méthidathion	Mirex	Pyrimiphos-méthyl	Profénophos	Prothiofos		
<b>Cantaloups</b>								7		2												
<b>Carottes</b>		5		22			8		2	3				1								
<b>Céleris</b>		1			28			2	1	13					2							
<b>Cerises</b>				< 1				2	< 1	< 1				1								
<b>Champignons en conserve</b>										< 1												
<b>Champignons</b>				1					1													
<b>Choux</b>				< 1					7	1		3		< 1	2							
<b>Choux chinois</b>		< 1		< 1					< 1	1		< 1	< 1	1	1		2					
<b>Choux de Bruxelles</b>		< 1							< 1	< 1				< 1	1							
<b>Choux-fleurs</b>				< 1				2	1													
<b>Ciboulette</b>		< 1								< 1												
<b>Citrons</b>	< 1	< 1				< 1			< 1		< 1		4			5		1				
<b>Citrouilles</b>							< 1		< 1													



**Tableau 1 Pourcentage de la contribution de chaque fruit et de chaque légume à la dose chronique totale du pesticide indiqué (suite)**

	Carbofuran	Chlorpyrifos	Chlorpyrifos-méthyl	Diazinon	Dichloran	Dicofof	Dieldrine	Diméthoate	Dithiocarbamates <sup>A</sup>	Endosulfan	Éthion	Éthylène thiourée	Imazalil	Iprodione	Méthamidophos	Méthidathion	Mirex	Pyrimiphos-méthyl	Profénophos	Prothiofos
<b>Concombres</b>	4	2			2	3	17	2	1	5		< 1	< 1	1	8		16			
<b>Courges</b>		< 1					5	3		< 1		12								
<b>Courgettes</b>	9				< 1		6		< 1	1					< 1					
<b>Cresson</b>									16											
<b>Dattes</b>									< 1											
<b>Échalotes</b>												< 1								
<b>Endives</b>							2		< 1					< 1						
<b>Épinards</b>		1			< 1			6	1	2		18		< 1						
<b>Figues</b>									< 1											
<b>Fraises</b>		< 1			< 1	4		4	2	12				3			11			
<b>Framboises</b>		< 1			< 1				< 1					3						
<b>Fruits de la passion</b>																			< 1	
<b>Gingembre</b>												< 1								

**Tableau 1 Pourcentage de la contribution de chaque fruit et de chaque légume à la dose chronique totale du pesticide indiqué (suite)**

	Carbofuran	Chlorpyrifos	Chlorpyrifos-méthyl	Diazinon	Dichloran	Dicofof	Dieldrine	Diméthoate	Dithiocarbamates <sup>A</sup>	Endosulfan	Éthion	Éthylène thiourée	Imazalil	Iprodione	Méthamidophos	Méthidathion	Mirex	Pyrimiphos-méthyl	Profénophos	Prothiofos	
<b>Haricots congelés</b>														< 1							
<b>Haricots</b>		15			2			6	2	6	8	16		1	11						
<b>Kiwis</b>		1							< 1				< 1	< 1							
<b>Laitue</b>		6		10	3			33	22	15		21		7	45		45				
<b>Limes</b>		< 1				< 1							< 1								
<b>Maïs sucré</b>								8	< 1												
<b>Mangues</b>									< 1												
<b>Melons</b>	9						38	3	1	7		5	< 1	< 1	5	7	23				
<b>Navets</b>	48								6												
<b>Nectarines</b>		1		< 1				1	< 1	1			2	16					< 1		
<b>Oignons</b>									1												
<b>Oignons verts</b>		< 1		< 1					< 1			< 1		< 1							

**Tableau 1 Pourcentage de la contribution de chaque fruit et de chaque légume à la dose chronique totale du pesticide indiqué (suite)**

	Carbofuran	Chlorpyrifos	Chlorpyrifos-méthyl	Diazinon	Dichloran	Dicofol	Dieldrine	Diméthoate	Dithiocarbamates <sup>A</sup>	Endosulfan	Éthion	Éthylène thiourée	Imazaili	Iprodione	Méthamidophos	Méthidathion	Mirex	Pyrimiphos-méthyl	Profénophos	Prothiofos	
<b>Olives conserve</b>		< 1								< 1											
<b>Oranges</b>	18	11	36	33		21			1				58	< 1		26		78	> 99	87	
<b>Origan</b>														< 1							
<b>Pamplemousses</b>	2	1				2			< 1				11			2					13
<b>Panais</b>				< 1										< 1							
<b>Patates douces</b>		4			38				5				5	3							
<b>Pêches en conserve</b>		< 1																			
<b>Pêches</b>		3		5	17	7			< 1	7			< 1	49							
<b>Persil</b>		< 1							< 1												
<b>Piments forts en conserve</b>		< 1																			
<b>Piments forts</b>		< 1				6			1	1		2			5						
<b>Poireaux</b>									< 1			< 1		< 1							
<b>Poires</b>		3	5		< 1	4			1	1			3	< 1			3				

**Tableau 1 Pourcentage de la contribution de chaque fruit et de chaque légume à la dose chronique totale du pesticide indiqué (suite)**

	Carbofuran	Chlorpyrifos	Chlorpyrifos-méthyl	Diazinon	Dichloran	Dicofol	Dieldrine	Diméthoate	Dithiocarbamates <sup>A</sup>	Endosulfan	Éthion	Éthylène thiourée	Imazalil	Iprodione	Méthamidophos	Méthidathion	Mirex	Pyrimiphos-méthyl	Profénophos	Prothiofos	
<b>Pois mange-tout</b>									< 1				< 1	< 1	< 1						
<b>Pois verts</b>		< 1						4	2	< 1		1		< 1	3						
<b>Poivrons</b>	9	5	37	3		2		2	1	2		3		< 1	3				20		
<b>Pommes</b>		4		10		19		10	4	6			3	3							
<b>Pommes de terre</b>		12			6		24		1	2		5		< 1							
<b>Prunes</b>		< 1			< 1				< 1	< 1			< 1	3							
<b>Radis</b>		< 1		< 1					< 1	< 1											
<b>Raisins</b>		6	22		< 1	3		3	1					4	4						
<b>Rhubarbe</b>									< 1												
<b>Rutabagas</b>	< 1	< 1							< 1												
<b>Tangerines</b>		9				22							12			52					
<b>Tomates</b>		7		12	3	8			2	5		11		1	9	8					

<sup>A</sup> Terme utilisé dans les fichiers de l'ACIA : inclut le mancozèbe, le métrame, le manèbe, le zinèbe, le propinèbe, le ferbame, le thirame, le zirame et le metan de sodium ou de dithiocarbamate.



[www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)