

santé

COLLECTION POLITIQUES PUBLIQUES ET

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

## Mesures de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments





# Mesures de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments

Direction de la santé environnementale  
et de la toxicologie

Septembre 2010

## **AUTEURS**

Onil Samuel

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Louis St-Laurent

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Denise Phaneuf

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Stéphane Buteau

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Marie-Hélène Bourgault

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Denis Belleville

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

## **SOUS LA COORDINATION DE**

Onil Samuel

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

## **SECRÉTARIAT**

Diane Bizier Blanchette

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

*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 – 4<sup>e</sup> TRIMESTRE 2010

BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC

BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA

ISSN : 1919-1731 (VERSION IMPRIMÉE)

ISSN : 1919-174X (PDF)

ISBN : 978-2-550-60386-3 (VERSION IMPRIMÉE)

ISBN : 978-2-550-60387-0 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2010)

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à souligner l'appui financier du ministère de la Santé et des Services sociaux qui a rendu possible la réalisation de ce travail.

Les auteurs désirent également souligner la contribution de nombreux collègues qui ont pris le temps de réviser ce document. Leurs commentaires judicieux ont permis d'approfondir la réflexion et d'améliorer la qualité de cette analyse de santé publique :

Daniel Bolduc, directeur adjoint  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Denis A. Roy, vice-président  
Vice-présidence aux affaires scientifiques

Pierre Bergeron  
Équipe sur les politiques publiques favorables à la santé  
Vice-présidence aux affaires scientifiques

Maude Chapados  
Équipe sur les politiques publiques favorables à la santé  
Vice-présidence aux affaires scientifiques

Roseline Lambert  
Équipe sur les politiques publiques favorables à la santé  
Vice-présidence aux affaires scientifiques

Kristina Maud Bergeron  
Équipe sur les politiques publiques favorables à la santé  
Vice-présidence aux affaires scientifiques



## AVANT-PROPOS

Cet avis s'inscrit dans l'offre de services que l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a présentée au ministère de la Santé et des Services sociaux pour le soutenir dans la mise en œuvre de l'article 54 de la *Loi sur la santé publique du Québec*. En vertu de cet article, le ministre de la Santé :

« est d'office le conseiller du gouvernement sur toute question de santé publique. Il donne aux autres ministres tout avis qu'il estime opportun pour promouvoir la santé et adopter des politiques aptes à favoriser une amélioration de l'état de santé et de bien-être de la population. À ce titre, il doit être consulté lors de l'élaboration des mesures prévues par les lois et règlements qui pourraient avoir un impact significatif sur la santé de la population. »

C'est donc en lien avec cette mission de soutien de l'INSPQ que la Table de coordination nationale de santé publique (TCNSP) a proposé à la suite du dépôt en février 2008 du rapport de la Commission sur l'avenir de l'agriculture et l'agroalimentaire québécois (CAAAQ), la mise en chantier d'un avis scientifique portant sur la question de l'impact des politiques agroalimentaires sur la santé. Cet avis devait alors alimenter la réflexion du gouvernement québécois dans sa volonté de renouveler ses politiques publiques du secteur agroalimentaire en 2010. Étant donné l'intérêt et la diversité des sujets à couvrir ainsi que l'expertise disponible à l'INSPQ, les travaux lancés ont finalement conduit à la production d'une collection de six rapports traitant d'enjeux distincts de santé publique en lien avec le secteur agroalimentaire.

Des six rapports proposés, quatre sont des avis qui exploitent la littérature scientifique et les meilleures données disponibles. Ces quatre avis couvrent respectivement les volets suivants : les blessures à la ferme, les impacts de l'agriculture sur la qualité de vie des communautés rurales et périurbaines, les saines habitudes de vie et l'obésité, et l'usage de pesticides dans la production d'aliments agricoles. Les deux autres rapports constituent quant à eux des portraits des positions scientifiques et politiques divergentes eu égard à des pratiques agricoles précises, soit l'usage d'antibiotiques et d'hormones dans la production d'aliments.



## RÉSUMÉ

La présence de pesticides dans les aliments de consommation tels les fruits et les légumes frais ou transformés est une source de préoccupation et un sujet on ne peut plus sensible pour la population. Si l'on considère les effets potentiels de certains de ces produits sur la santé, il apparaît justifié de vouloir documenter les bilans de résidus de pesticides dans les aliments et de proposer, le cas échéant, des moyens pour en diminuer les niveaux de contamination.

En matière de bilans de résidus de pesticides dans les aliments, il existe deux principales sources de données : le programme de surveillance fédéral de l'Agence canadienne d'inspection des aliments et le programme québécois du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Les données du premier programme ne sont plus publiées depuis 2005 alors que seules quelques données présentées dans des colloques sont disponibles pour le programme du MAPAQ. Dans ce contexte, il n'est possible de réaliser qu'un bilan sommaire des résidus de pesticides dans les aliments consommés au Canada et au Québec. À la lumière des données disponibles, les aliments contiennent des résidus de pesticides qui respectent généralement les normes édictées par Santé Canada, ce qui est plutôt rassurant. Cependant, des traces de pesticides sont régulièrement détectées dans les fruits et légumes frais et dans certains cas, plusieurs pesticides différents sont mesurés dans la même denrée. De plus, le même pesticide se retrouve parfois dans plus d'un aliment. Bien qu'il soit difficile de connaître l'impact sur la santé de la présence de ces produits dans certaines denrées, plusieurs études ont permis de mesurer des concentrations de pesticides dans des matrices biologiques humaines, comme l'urine et le sang, et des liens ont pu être faits entre ces mesures et la contamination alimentaire. Par ailleurs, certains pesticides qui étaient parmi les plus souvent mesurés possèdent des propriétés toxiques à long terme telles que les effets sur le développement ou la reproduction, la génotoxicité, les perturbations endocriniennes et le potentiel de cancérogénicité observés lors d'études chez les animaux de laboratoire. Si les données de résidus ne justifient pas de limiter la consommation de fruits et de légumes, qui sont reconnus pour avoir des effets bénéfiques sur la santé, la prudence s'impose toutefois et des efforts doivent continuer à être faits pour limiter la présence de ces produits dans les aliments.

Si les bilans de résidus de pesticides dans les aliments peuvent sembler relativement bons, il est toutefois difficile de tirer des conclusions fermes en raison de la faible diffusion des données. En ce sens, il est à espérer que les organismes responsables des programmes de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments soient plus transparents à l'avenir. Une telle approche de transparence dans la diffusion de l'information est observée dans l'ensemble des pays industrialisés comparables au Canada et tous sont d'avis du bien-fondé de cette approche basée sur la confiance.

Les actions visant à limiter les résidus de pesticides interviennent au niveau de l'établissement des normes et de leur surveillance ou des pratiques agricoles. D'un point de vue normatif, le Canada se compare très bien aux autres pays industrialisés. L'évaluation des pesticides et la détermination des limites maximales de résidus (LMR) sont des processus rigoureux et ils sont faits de façon similaire en Europe, en Australie, aux États-

Unis et au Canada. De plus, il y a un effort entre les pays dans le but d'harmoniser leurs normes afin de favoriser les échanges commerciaux. C'est le cas particulièrement pour le Canada et les États-Unis.

En matière de surveillance, les données recueillies au Québec comme au Canada ne permettent pas de faire un portrait global de l'exposition de la population générale, notamment en raison du nombre d'échantillons analysés et de l'absence d'une étude sur l'alimentation totale régulièrement mise à jour. Pour ce qui est du Québec, il apparaît que le programme de surveillance du MAPAQ pourrait être bonifié par une augmentation de l'échantillonnage.

En ce qui concerne les aspects agronomiques, il est important que les programmes d'enseignement fassent une place importante à l'acquisition des connaissances en lien avec la gestion sécuritaire des pesticides. Au Québec, si c'est généralement le cas dans les programmes d'enseignement professionnel et technique, force est de constater que les cours en lien avec cette thématique ne sont pas obligatoires dans les programmes universitaires d'enseignement destinés à la formation des agronomes. Une bonification des programmes de formation/information des intervenants agricoles est donc recommandée. Il est démontré dans la littérature scientifique que l'agriculture biologique et certains outils comme la gestion intégrée des ennemis des cultures ont fait leurs preuves en matière de diminution des résidus de pesticides dans les aliments. Conséquemment, la promotion de ces pratiques ne pourra qu'avoir des effets positifs sur les bilans de résidus de pesticides dans les aliments consommés au Québec. À l'instar de plusieurs pays, le Québec a développé des outils d'aide à la décision intéressants afin de favoriser le choix de pesticides à moindre risque pour répondre à des problématiques phytosanitaires particulières. Des outils comme SAgE pesticides et l'indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ) permettraient certainement de limiter la présence des pesticides plus toxiques dans les aliments, mais des efforts doivent être consacrés à l'intégration de ces outils dans les pratiques agricoles courantes. Des actions dans ce sens ont par ailleurs été proposées par le ministère de la Santé et des Services sociaux ainsi que par l'Institut national de santé publique du Québec lors des travaux de repositionnement de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture. Au Québec, les services-conseils sont au cœur des pratiques menant à une gestion encore plus rationnelle des pesticides. Comme ces professionnels assurent maintenant en partie un service d'expertise autrefois fournis par le MAPAQ, il apparaît important de soutenir ces groupes.

Même si l'ensemble du milieu agricole québécois mise beaucoup sur la sécurité alimentaire et met en place de nombreuses mesures pour maintenir de grands standards de qualité, des efforts peuvent encore être faits pour maintenir ou, mieux encore, améliorer les bilans de résidus de pesticides dans les aliments.

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>                                                                                                   | <b>IX</b> |
| <b>LISTE DES FIGURES.....</b>                                                                                                     | <b>IX</b> |
| <b>LISTE DES ABRÉVIATIONS.....</b>                                                                                                | <b>XI</b> |
| <b>1 INTRODUCTION .....</b>                                                                                                       | <b>1</b>  |
| <b>2 MÉTHODOLOGIE .....</b>                                                                                                       | <b>3</b>  |
| <b>3 LA PRÉSENCE DE PESTICIDES DANS LES ALIMENTS .....</b>                                                                        | <b>5</b>  |
| 3.1 Données fédérales .....                                                                                                       | 5         |
| 3.1.1 Des pesticides peuvent être retrouvés dans les fruits et les légumes<br>et dans les aliments composites ou transformés..... | 6         |
| 3.1.2 Peu de pesticides se retrouvent dans les viandes et dans les œufs .....                                                     | 9         |
| 3.1.3 Les concentrations en pesticides sont généralement conformes aux<br>normes.....                                             | 9         |
| 3.1.4 Un aliment peut parfois contenir plus d'un pesticide .....                                                                  | 10        |
| 3.1.5 Un pesticide peut se retrouver dans plus d'un aliment .....                                                                 | 10        |
| 3.2 Données provinciales .....                                                                                                    | 10        |
| 3.3 Identification des pesticides prioritaires en matière d'exposition de la<br>population .....                                  | 11        |
| 3.4 La toxicité des principaux pesticides retrouvés dans les aliments.....                                                        | 15        |
| <b>4 EXPOSITION AUX PESTICIDES ET RISQUE POPULATIONNEL.....</b>                                                                   | <b>17</b> |
| 4.1 Les études d'exposition aux pesticides en lien avec la consommation<br>d'aliments .....                                       | 17        |
| 4.2 Appréciation du risque populationnel en lien avec la présence de pesticides<br>dans les aliments.....                         | 19        |
| <b>5 LE RÔLE DES NORMES POUR LIMITER LA CONTAMINATION DES ALIMENTS<br/>PAR LES PESTICIDES AU CANADA ET AU QUÉBEC.....</b>         | <b>21</b> |
| 5.1 Homologation et évaluation des risques toxicologiques des pesticides .....                                                    | 22        |
| 5.2 Les limites maximales de résidus (LMR).....                                                                                   | 22        |
| 5.3 Les délais avant récolte .....                                                                                                | 25        |
| 5.4 Les programmes de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments....                                                | 25        |
| 5.4.1 Le programme canadien de surveillance.....                                                                                  | 26        |
| 5.4.2 Le programme québécois de surveillance .....                                                                                | 30        |
| 5.4.3 Comparaison des modèles canadien et québécois de surveillance<br>des résidus de pesticides .....                            | 35        |
| 5.4.4 Principaux programmes de surveillance mis en place à l'étranger.....                                                        | 36        |
| 5.4.5 Comparaisons des principaux programmes de surveillance mis en<br>place à l'étranger .....                                   | 45        |

|                 |                                                                                                                                                                                                           |            |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6</b>        | <b>CERTAINS ASPECTS AGRONOMIQUES POUVANT AVOIR UN IMPACT SUR LA CONTAMINATION DES ALIMENTS PAR LES PESTICIDES.....</b>                                                                                    | <b>49</b>  |
| 6.1             | La formation académique.....                                                                                                                                                                              | 49         |
| 6.2             | Les outils d'aide à la décision.....                                                                                                                                                                      | 51         |
| 6.3             | La gestion intégrée des ennemis des cultures et l'agriculture biologique .....                                                                                                                            | 54         |
| 6.4             | Les services-conseils .....                                                                                                                                                                               | 60         |
| <b>7</b>        | <b>CONCLUSIONS ET PISTES D'ACTION .....</b>                                                                                                                                                               | <b>63</b>  |
| 7.1             | Bonification des programmes de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments .....                                                                                                             | 63         |
| 7.2             | Transparence dans la diffusion des données de surveillance.....                                                                                                                                           | 65         |
| 7.3             | Bonification des programmes de formation/information des intervenants agricoles.....                                                                                                                      | 66         |
| 7.4             | Intégration des outils d'aide à la décision et de réduction du risque .....                                                                                                                               | 67         |
| 7.5             | Promotion de la Gestion intégrée des ennemis des cultures et de l'agriculture biologique .....                                                                                                            | 68         |
| 7.6             | Soutien aux services-conseils non liés.....                                                                                                                                                               | 70         |
| 7.7             | Rôle accru du MAPAQ face à son homologue fédéral.....                                                                                                                                                     | 71         |
| <b>8</b>        | <b>RÉFÉRENCES.....</b>                                                                                                                                                                                    | <b>73</b>  |
| <b>ANNEXE 1</b> | <b>SIGNIFICATION DES NIVEAUX DE RISQUE TEL QUE DÉCRIT DANS LE DOCUMENT MÉTHODOLOGIQUE DE L'INDICATEUR DE RISQUE DES PESTICIDES DU QUÉBEC (IRPEQ) (SAMUEL <i>ET AL.</i>, 2007).....</b>                    | <b>85</b>  |
| <b>ANNEXE 2</b> | <b>ÉTUDES DE SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION AUX PESTICIDES EN LIEN AVEC LA CONSOMMATION D'ALIMENTS .....</b>                                                                                     | <b>93</b>  |
| <b>ANNEXE 3</b> | <b>MÉTABOLITES DES MATIÈRES ACTIVES DES DIFFÉRENTES CLASSES CHIMIQUES ÉVALUÉES DANS LES ÉTUDES DE SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION AUX PESTICIDES EN LIEN AVEC LA CONSOMMATION D'ALIMENTS.....</b> | <b>105</b> |

## LISTE DES TABLEAUX

|           |                                                                                                                              |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 | Présence de pesticides dans les analyses faites par l'ACIA sur les fruits et légumes frais entre 2002 et 2007.....           | 7  |
| Tableau 2 | Nombre d'échantillons de fruits et de légumes frais analysés par la méthode de multi-résidus (AMR) .....                     | 8  |
| Tableau 3 | Taux de détection du pesticide le plus souvent retrouvé dans chacune des classes chimiques .....                             | 8  |
| Tableau 4 | Nombre d'analyses de fruits et de légumes effectuées par le laboratoire du MAPAQ .....                                       | 11 |
| Tableau 5 | Classement des pesticides selon la fréquence de détection dans les végétaux canadiens et importés de 2002 à 2005 .....       | 12 |
| Tableau 6 | Classement des fruits et des légumes frais en fonction de leur consommation apparente au Canada en 2007 .....                | 13 |
| Tableau 7 | Classement des pesticides les plus fréquemment détectés par l'ACIA entre 2002 et 2005 en fonction de leur indice total ..... | 14 |
| Tableau 8 | Effets à long terme des pesticides les plus susceptibles d'exposer la population canadienne .....                            | 16 |
| Tableau 9 | Comparaison des modèles de surveillance présentés dans les sections précédentes .....                                        | 46 |

## LISTE DES FIGURES

|          |                                                                                                                   |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 | Les composantes de la mise en œuvre de la gestion intégrée des ennemis des cultures (adapté d'AUSVEG, 2010) ..... | 56 |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|



## LISTE DES ABRÉVIATIONS

|           |                                                                            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|
| ACIA      | Agence canadienne d'inspection des aliments                                |
| AELE      | Association européenne de libre échange                                    |
| AFLF      | Alliance pour les fruits et les légumes frais                              |
| AFSSET    | Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail    |
| ARLA      | Agence de la réglementation de la lutte antiparasitaire                    |
| AMS       | Agricultural Marketing Service                                             |
| ANZFA     | Australia New Zealand Food Authority                                       |
| AQIS      | Australian Quarantin and Inspection Service                                |
| ATDS      | <i>Australian total diet survey</i>                                        |
| CAAQ      | Commission sur l'avenir de l'agriculture et l'agroalimentaire québécois    |
| CCAE      | Clubs-conseils en agroenvironnement                                        |
| CE        | Commission européenne                                                      |
| CMA       | concentration maximale acceptable                                          |
| CQIASA    | Centre québécois d'inspection des aliments et de santé animale             |
| CSFII     | <i>Continuing Survey of Food Intakes by Individuals</i>                    |
| DAFFA     | Department of agriculture, fisheries and forestry-Australia                |
| DEEM-FCID | <i>Dietary Exposure Evaluation Mode – Food Commodity Intake Database</i>   |
| DLEAA     | Direction du laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires           |
| DSEP      | détection sans examen physique                                             |
| DWPE      | <i>Detention Without Physical Examination</i>                              |
| EBDC      | éthylène-bis-dithiocarbamates                                              |
| EFSA      | Agence européenne de sécurité alimentaire (European Food Safety Authority) |
| EPA       | U.S. Environmental Protection Agency                                       |
| ERL       | <i>extraneous residue limit</i>                                            |
| FAO       | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture        |
| FAS       | Foreign Agricultural Service                                               |
| FDA       | U.S. Food and Drug Administration                                          |
| FSANZ     | <i>Food Standards Australia New Zealand</i>                                |
| FSIS      | Food Safety and Inspection Service                                         |
| GIEC      | gestion intégrée des ennemis des cultures                                  |
| IRPeQ     | Indicateur de risque des pesticides du Québec                              |
| ha        | hectare                                                                    |
| ITA       | Institut de technologie agroalimentaire                                    |
| LD        | limite de détection                                                        |

|        |                                                                          |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|
| LMR    | limite maximale de résidus                                               |
| LOR    | <i>level of reporting</i>                                                |
| LQ     | limite de quantification                                                 |
| MAPAQ  | Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec |
| MDDEP  | Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs      |
| MELS   | Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport                          |
| MJC    | Ministère de la Justice du Canada                                        |
| NRS    | <i>National Residue Survey</i>                                           |
| OMAFRA | Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs                  |
| PAEF   | plan agroenvironnemental de fertilisation                                |
| PDP    | <i>Pesticide Data Program</i>                                            |
| PRC    | Pesticide Residues Committee                                             |
| PNSRC  | Programme national de surveillance des résidus chimiques                 |
| RTI    | Research Triangle Institute                                              |
| SOFAD  | Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec      |
| SRD    | sans résidus détectables                                                 |
| TCNSP  | Table de coordination nationale de santé publique                        |
| TDS    | <i>Total Diet Study</i>                                                  |
| TFI    | <i>Treatment Frequency Index</i>                                         |
| UQAM   | Université du Québec à Montréal                                          |
| UE     | Union européenne                                                         |
| UPA    | Union des producteurs agricoles                                          |
| USDA   | United States Department of Agriculture                                  |

## 1 INTRODUCTION

La présence de pesticides dans les aliments comme les fruits et les légumes frais constitue une source de préoccupation pour la population québécoise. Au cours des dernières années, certaines diffusions médiatiques (Deglise, 2007) ou certains rapports publiés par des groupes de protection de l'environnement (Boyd, 2006) ont contribué à accentuer ces craintes. Les organisations fédérales et provinciales responsables de la surveillance des résidus de pesticides dans les aliments se veulent rassurantes à l'égard de la présence de ces produits dans les denrées consommées au Canada, mais les données de ces programmes de surveillance sont peu accessibles, notamment au Québec. En 2006, l'Institut national de santé publique du Québec (Valcke *et al.*, 2006) publiait une étude qui démontrait que les enfants québécois étaient exposés à des niveaux de résidus de pesticides organophosphorés relativement plus élevés que ceux retrouvés dans la littérature scientifique. Les auteurs avaient ciblé l'alimentation comme source probable de l'exposition. Bien que cette hypothèse ne fût pas scientifiquement vérifiée, il demeure que la présence des pesticides dans les aliments consommés au Québec suscite toujours de nombreuses interrogations. C'est dans ce contexte que l'INSPQ a réalisé une évaluation de la situation à la lumière des données disponibles et qu'il propose certaines pistes d'action pour maintenir la qualité des aliments dont la production peut faire appel à l'utilisation de produits phytosanitaires. Certaines approches permettant une réduction de l'utilisation des pesticides ont aussi été documentées.



## 2 MÉTHODOLOGIE

La première étape de l'avis consistait à faire une synthèse des données relatives à la présence de résidus de pesticides dans les aliments consommés au Québec et au Canada. Pour les données fédérales, les informations ont été tirées principalement des rapports de l'Agence canadienne d'inspection des aliments concernant les résidus de pesticides dans les aliments (ACIA, 2009a) et du document de travail intitulé *Portrait analytique de l'exposition de la population à la contamination chimique des aliments consommés au Québec* qui devrait être rendu public au cours de la prochaine année (Phaneuf et al., à paraître). Pour ce qui est des données provinciales de surveillance des pesticides par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), elles ne sont pas publiées et les données sommaires présentées dans le présent document proviennent de présentations dans des colloques ou des congrès. Une demande a été adressée au MAPAQ pour valider la compilation effectuée, mais celle-ci est demeurée sans réponse. Les bilans présentés visent principalement les résidus de pesticides dans les fruits et les légumes. Les céréales sont exclues, notamment parce que les programmes généraux de surveillance canadien et québécois ne ciblent pas spécifiquement ces aliments. Des données sommaires en lien avec la présence de pesticides dans des aliments transformés à base de céréales ont toutefois été publiées par l'ACIA (2009d) dans le cadre d'une étude spécifique sur les résidus de produits chimiques dans les aliments destinés aux enfants.

Afin de bien cibler l'importance de la problématique à l'étude, un portrait sommaire de la toxicité des principaux pesticides concernés a été réalisé à l'aide de SAgE pesticides, une base de données développée par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). La signification des niveaux de risques pour chacun des effets a été attribuée sur la base des critères proposés par l'Indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ) (Samuel et al., 2007). Les documents de décision publiés par les organismes responsables de l'évaluation toxicologique des pesticides dans le cadre des processus d'homologation ont aussi été consultés. Le choix des pesticides a été fait à l'aide des indices de priorisation proposés par Phaneuf et al. (à paraître). Ces indices sont basés sur les données de surveillance publiées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et les données de consommation fournies par Santé Canada.

Une revue de la littérature a été réalisée afin de relever les principales études d'exposition aux pesticides en lien avec la consommation d'aliments. Plus précisément, la recherche ciblait les études de biosurveillance visant à évaluer la relation entre les niveaux de marqueurs biologiques de pesticides et la consommation d'aliments. Les bases de données utilisées ont été PubMed<sup>1</sup>, Health and Safety Science (CSA Illumina) et EMBASE (OvidSP). Les expressions et mots clés employés pour la recherche étaient les suivants : *pesticide*,

---

<sup>1</sup> L'expression utilisée pour la recherche dans Pubmed à l'aide de MeSH est la suivante : ("Organophosphorus Compounds"[Mesh] OR "Insecticides"[Mesh] OR "Herbicides"[Mesh] OR "Pesticides"[Mesh] OR "Pesticide Residues"[Mesh] OR "Pyrethrins"[Mesh]) AND ("Diet"[Mesh:noexp] OR "Food"[Mesh] OR "Food Contamination"[Mesh]) AND "Environmental Monitoring"[Mesh].

*organophosphorus compounds, pyrethrins, pesticide residues, biologic monitoring, biomonitoring, environmental monitoring, food, food contamination, diet.*

Le choix des thématiques pouvant avoir un impact sur une diminution de l'utilisation des pesticides et des résidus de ces produits dans les aliments a été réalisé à la suite d'une revue de littérature sommaire, la consultation de différents experts du milieu agricole et à partir de certaines informations obtenues lors des consultations effectuées dans le cadre du repositionnement de la Stratégie phytosanitaire québécoise. Les principales expressions et les mots clés employés pour la recherche dans les bases de données ou sur Internet étaient les suivants : *pesticide residues, pesticides in food, food contamination, pesticide risk indicator, integrated pest management, IPM, human diet, reducing pesticides residues, risk reduction policies, sustainable development, organic diet*. Toutes les études retenues dans le cadre de cet avis devaient avoir fait l'objet d'une publication dans une revue scientifique obligeant une évaluation par les pairs. Par ailleurs, ces études couvraient principalement la période 1995 à 2010.

Les activités permettant de limiter la contamination des aliments par les pesticides au Canada et au Québec ont été soigneusement examinées en commençant par les aspects normatifs tels les limites maximales de résidus et les délais avant récolte. Des documents techniques de l'Agence de la réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada ont été consultés ainsi que les textes de loi régissant l'emploi des pesticides au Canada. La description des programmes québécois et canadien de surveillance des pesticides dans les aliments a pu être réalisée à la suite des entrevues semi-structurées à l'aide d'un questionnaire ouvert avec des responsables des programmes de surveillance de la Direction du laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires (DLEAA) du MAPAQ et de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). L'information concernant le programme canadien a été complétée avec les publications disponibles sur le site de l'agence. Enfin, une comparaison des principaux programmes de surveillance mis en place au niveau international a également été effectuée sur la base des documents disponibles sur le site Internet des divers organismes concernés.

## 3 LA PRÉSENCE DE PESTICIDES DANS LES ALIMENTS

### 3.1 DONNÉES FÉDÉRALES

Les informations contenues dans cette section sont tirées principalement des rapports de l'Agence canadienne d'inspection des aliments concernant les résidus de pesticides dans les aliments (ACIA, 2009a) et du document de travail intitulé *Portrait analytique de l'exposition de la population à la contamination chimique des aliments consommés au Québec* qui devrait être rendu public au cours de l'année 2010 (Phaneuf et al., à paraître).

Mis à part certaines données présentées dans des colloques ou des congrès, les données de surveillance provinciales de résidus de pesticides dans les aliments ne sont pas disponibles pour consultation. Au niveau fédéral, seules les données générées entre 2002 et 2005 par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) sont disponibles pour le Programme national de surveillance des résidus chimiques (PNSRC). L'ACIA a aussi publié des données en lien avec des programmes spécifiques de résidus de pesticides dans les aliments destinés aux enfants (ACIA, 2009c), dans les concentrés de jus de fruit (ACIA, 2010a) et dans les produits de tomates transformées (2010b). De plus, quelques rapports spécifiques réalisés par Santé Canada sont disponibles (la description détaillée de ces programmes de surveillance est présentée à la section 5.1.3). Afin de définir l'importance de la contamination des aliments par les résidus de pesticides, Phaneuf et al. (à paraître) ont utilisé les données fédérales pour réaliser un portrait analytique de l'exposition de la population à ces produits.

L'ACIA analyse annuellement les résidus chimiques de dizaines de milliers d'aliments non préparés et non transformés dans le cadre du PNSRC (ACIA, 2004a et b). Les aliments, d'origine canadienne ou importée, sont prélevés de façon aléatoire partout au pays au cours de l'année financière (du 1<sup>er</sup> avril au 31 mars). Ce programme prévoit aussi des échantillonnages ciblés sur des produits ou des lots suspects tant canadiens qu'importés. Les résultats des activités de surveillance des résidus de pesticides ont été publiés dans des rapports jusqu'en 2005 sur le site Internet de l'Agence (ACIA, 2009a). On y retrouve le nombre d'échantillons avec des résidus de pesticides et ceux hors norme pour chaque contaminant ainsi que leur concentration moyenne, minimale et maximale.

La recherche de pesticides dans les aliments se fait à l'aide de deux types de méthodes analytiques. Certaines des analyses sont réalisées à l'aide de méthodes spécifiques à un produit comme c'est le cas pour l'alar, l'amtaze, le benomyl, les dithiocarbamates, l'éthylènediamine, le thiabendazole et la perméthrine. Les autres pesticides sont mesurés par une méthode multi-résidus (AMR) qui permet la détection simultanée de nombreuses matières actives.

En 2002-2003, 2003-2004 et 2004-2005, respectivement 10 967, 9 865 et 11 050 résultats d'analyses de pesticides réalisées sur les fruits et les légumes frais d'origine canadienne (domestiques) sont rapportés dans les fichiers de l'ACIA. Au cours des mêmes années, 33 832, 29 863 et 24 840 résultats d'analyses de pesticides faites sur les fruits et les légumes frais importés sont rapportés dans les fichiers de l'ACIA.

En complémentarité avec le programme de surveillance des résidus de pesticides de l'ACIA, Santé Canada réalise les études sur l'alimentation totale (Santé Canada, 2009). Pour ce faire, l'organisme analyse certains contaminants dans des aliments régulièrement consommés par la population et qui sont recueillis dans 3 ou 4 épiceries de grandes villes canadiennes. Afin de refléter le plus fidèlement possible les situations d'exposition de la population, ces aliments sont préparés tel qu'ils le seraient par les ménages canadiens moyens (ex. : lavés, pelés, cuits). Ils sont ensuite homogénéisés pour former des aliments composites à partir desquels différentes substances sont recherchées (ex. : pesticides, BPC, médicaments vétérinaires). Les données des études réalisées entre 1992 et 2007 sont publiées sur le site Internet de Santé Canada (Santé Canada, 2009). Santé Canada a analysé le contenu de pesticides dans les aliments de 1993 à 1998. Montréal, en 1993, fut la seule ville québécoise ayant participé à ces études au cours de cette période. Ces données, ainsi qu'une synthèse publiée par Newsome *et al.* (2000) des résultats obtenus entre 1992 et 1996 dans 6 villes canadiennes, ont été examinées dans le cadre du présent avis.

Santé Canada réalise occasionnellement d'autres études notamment sur des substances non incluses au programme de surveillance de l'ACIA ou dont la présence dans les aliments nécessite d'être davantage documentée. Pour ces études, seules celles publiées depuis l'année 2000 ont été retenues en accordant une importance plus grande à celles réalisées au Québec. Quatre d'entre elles présentent des données sur les pesticides. Deux concernent la présence de carbamates dans des aliments consommés par les enfants (Rawn *et al.* 2004 et Rawn *et al.* 2006a). Les autres études portent spécifiquement sur la présence de captane et d'organophosphorés dans des pommes récoltées dans des vergers du Québec (Rawn *et al.* 2006b et Rawn *et al.* 2007).

### **3.1.1 Des pesticides peuvent être retrouvés dans les fruits et les légumes et dans les aliments composites ou transformés**

Le tableau 1 résume les données sur la présence de résidus de pesticides dans les analyses de fruits et légumes frais effectuées par l'ACIA entre 2002 et 2005 ainsi que les taux de conformité pour la même période et s'étendant jusqu'en 2007.

**Tableau 1** Présence de pesticides dans les analyses faites par l'ACIA sur les fruits et légumes frais entre 2002 et 2007

| Période                                   | Analyses | Analyses avec résidus de pesticides (%) | Résultats hors norme (%) | Taux de conformité (%) |
|-------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <b><i>Fruits et légumes canadiens</i></b> |          |                                         |                          |                        |
| 2002-2003                                 | 10 967   | 1 181 (10,77)                           | 78 (0,71)                | 99,29                  |
| 2003-2004                                 | 9 865    | 752 (7,62)                              | 20 (0,20)                | 99,80                  |
| 2004-2005                                 | 11 050   | 1 051 (9,51)                            | 26 (0,24)                | 99,76                  |
| 2005-2006*                                | n.d.     | n.d.                                    | n.d.                     | 99,90                  |
| 2006-2007*                                | n.d.     | n.d.                                    | n.d.                     | 99,85                  |
| <b><i>Fruits et légumes importés</i></b>  |          |                                         |                          |                        |
| 2002-2003                                 | 33 832   | 4 191 (12,39)                           | 193 (0,57)               | 99,43                  |
| 2003-2004                                 | 29 863   | 3 452 (11,56)                           | 122 (0,41)               | 99,59                  |
| 2004-2005                                 | 24 840   | 2 501 (10,07)                           | 139 (0,56)               | 99,44                  |
| 2005-2006*                                | n.d.     | n.d.                                    | n.d.                     | 99,03                  |
| 2006-2007*                                | n.d.     | n.d.                                    | n.d.                     | 99,09                  |

Source : Phaneuf *et al.* (à paraître).

\* Charlebois, 2008.

n.d. = non disponible.

Les pourcentages d'analyses révélant la présence de résidus de pesticides (10,77 %, 7,62 % et 9,51 %) pour les fruits et les légumes domestiques étaient légèrement inférieurs à ceux provenant des analyses effectuées sur les produits importés (12,4 %, 11,56 % et 10,07 %). De plus, le taux de conformité était généralement supérieur pour les produits frais canadiens.

Le tableau qui suit est plus représentatif du nombre d'échantillons de fruits et de légumes frais prélevés et analysés par l'ACIA avec la méthode de multi-résidus entre 2002 et 2005. Cette méthode analytique est appliquée généralement à la plupart des échantillons alors que les méthodes plus spécifiques ne s'adressent qu'à un nombre plus limité de denrées. Comme plusieurs résultats d'analyses sont rapportés pour un même échantillon, cela explique pourquoi le nombre de résultats au tableau 1 est supérieur à celui du tableau 2.

**Tableau 2** Nombre d'échantillons de fruits et de légumes frais analysés par la méthode de multi-résidus (AMR)

| Période                     | Total  | Échantillons sans résidus de pesticides |       | Échantillons avec résidus de pesticides |       | Résultats en non conformité |      | Taux de conformité |
|-----------------------------|--------|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------------|-------|-----------------------------|------|--------------------|
|                             | N      | N                                       | %     | N                                       | %     | N                           | %    | %                  |
| Fruits et légumes canadiens |        |                                         |       |                                         |       |                             |      |                    |
| 2002-2003                   | 3 023  | 2 391                                   | 79,09 | 632                                     | 20,91 | 67                          | 2,22 | 97,78              |
| 2003-2004                   | 2 398  | 1 903                                   | 79,36 | 495                                     | 20,64 | 17                          | 0,71 | 99,29              |
| 2004-2005                   | 1 835  | 1 414                                   | 77,06 | 421                                     | 22,94 | 12                          | 0,65 | 99,35              |
| Fruits et légumes importés  |        |                                         |       |                                         |       |                             |      |                    |
| 2002-2003                   | 14 893 | 12 228                                  | 82,11 | 2 665                                   | 17,89 | 146                         | 0,99 | 99,01              |
| 2003-2004                   | 12 713 | 10 249                                  | 80,62 | 2 464                                   | 19,38 | 66                          | 0,52 | 99,48              |
| 2004-2005                   | 5 816  | 4 432                                   | 79,20 | 1 384                                   | 23,80 | 67                          | 1,15 | 98,85              |

Source : Phaneuf *et al.* (à paraître).

Selon les données du tableau 2, de 2002 à 2005, la proportion moyenne d'échantillons positifs, c'est-à-dire qui contiennent au moins un résidu de pesticides, était de 21,50 % pour les aliments canadiens et de 20,36 % pour les aliments importés.

Selon l'étude sur l'alimentation totale réalisée à Montréal, environ 50 % des 140 aliments composites recueillis contenaient au moins un pesticide. Par ailleurs, Newsome *et al.* (2000) ont regroupé les pesticides mesurés dans le cadre des études sur l'alimentation totale en 4 principales classes chimiques (organochlorés, organophosphorés, carbamates et pesticides divers). Pour chacune de ces classes, le taux de détection du pesticide le plus souvent retrouvé est présenté au tableau 3.

**Tableau 3** Taux de détection du pesticide le plus souvent retrouvé dans chacune des classes chimiques

| Classe chimique de pesticides | Pesticide le plus souvent détectés | Pourcentage de détection (%) |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Organochlorés                 | <i>p,p'</i> -DDE                   | 28,9                         |
| Organophosphorés              | Malathion                          | 23,9                         |
| Carbamates                    | Carbaryl                           | 5,6                          |
| Pesticides divers             | Captane                            | 14,5                         |

Source : Phaneuf *et al.* (à paraître).

Pour les programmes spécifiques de résidus de pesticides dans les aliments destinés aux enfants (ACIA, 2009c), dans les concentrés de jus de fruits (ACIA, 2010a) et dans les produits de tomates transformées (2010b), au moins un pesticide a été mesuré dans 9,71 %, 21,51 % et 15,82 % de l'ensemble des échantillons domestiques et importés analysés.

Les quelques données concernant les résidus de pesticides dans les céréales montrent que 15 % des céréales non biologiques contenaient des niveaux de résidus considérés acceptables par l'ACIA. Cependant, ces produits respectaient généralement les LMR avec un taux de conformité de près de 99 % (ACIA, 2009d).

En ce qui concerne les autres études spécifiques menées par Santé Canada, Rawn *et al.* (2004 et 2006a) ont détecté du carbaryl dans 49 % des jus de pomme et dans 82 % des jus de raisin analysés. Dans les aliments pour enfant, ce taux atteignait 19 % dans les desserts aux fruits. Enfin, toutes les pommes analysées par Rawn *et al.* (2006b et 2007) contenaient du captane ou des organophosphorés même si les délais prescrits entre les arrosages et la cueillette (délai avant récolte) furent respectés.

### **3.1.2 Peu de pesticides se retrouvent dans les viandes et dans les œufs**

Peu de pesticides sont détectés dans les analyses de viande réalisées par l'ACIA (2001a). Le taux de détection maximal a atteint 6,6 % en 2003-2004 (perméthrine dans du gras de veau) suivi par un taux de 4,2 % en 2004-2005 (PCP dans le foie de porc). Quant au DDT et son métabolite le DDE, ils sont toujours détectés dans un faible pourcentage d'échantillons, et ce, quelle que soit la viande testée.

Les taux de détections sont encore plus faibles en ce qui concerne les œufs. Ainsi sur les 606 œufs canadiens pour lesquels des pesticides ont été recherchés par la méthode AMR entre 2002-2005, un seul échantillon était positif pour le DDE. Également, un seul des 258 échantillons canadiens contenait des pyréthrinoïdes (deltaméthrine) en 2004-2005, seule période où cette classe de pesticides a été recherchée. Aucun pesticide n'a été retrouvé dans les œufs importés.

### **3.1.3 Les concentrations en pesticides sont généralement conformes aux normes**

Selon les tableaux 1 et 2, les concentrations de pesticides mesurées par l'ACIA, dans le cadre du PSRC, respectaient presque toujours les limites maximales de résidus permises (LMR). En effet, des taux de conformité au-delà de 99 % sont observés autant dans les échantillons de fruits et de légumes frais canadiens que dans les produits importés. De plus, aucun échantillon hors norme n'a été trouvé dans les viandes et dans les œufs testés par l'ACIA. Les données en lien avec des programmes spécifiques de résidus de pesticides dans les aliments destinés aux enfants (ACIA, 2009c), dans les concentrés de jus de fruits (ACIA, 2010a) et dans les produits de tomates transformées (2010b) démontrent aussi des résultats similaires avec des taux de conformité respectifs de 98,8 %, 100 % et 100 %.

Tous les aliments composites sur les 140 de l'étude sur l'alimentation totale de 1993 à Montréal étaient conformes. Par contre, pour les aliments échantillonnés à cette période, peu de LMR étaient en vigueur.

Rawn *et al.* (2004 et 2006a) n'ont pas comparé les concentrations de carbamates mesurées dans les aliments consommés par les enfants avec les LMR. Cependant, ils ont calculé les doses auxquelles seraient exposés les enfants qui ingèreraient ces aliments. Toutes les doses d'exposition estimées étaient inférieures aux doses quotidiennes admissibles (aiguës

et chroniques). Enfin, toutes les concentrations de résidus de captane et d'organophosphorés mesurées dans des pommes du Québec par Rawn *et al.* (2006b et 2007) étaient conformes aux LMR.

### **3.1.4 Un aliment peut parfois contenir plus d'un pesticide**

Les données générées par le programme de surveillance de l'ACIA indiquent que les aliments peuvent parfois contenir plusieurs pesticides différents. À titre d'exemple, d'après les données de l'ACIA, en 2004-2005, différents lots de pommes (30, 4 et 4 autres) contenaient respectivement 2, 3 et 4 pesticides différents. Pour la même année, 25 lots de pommes en provenance des États-Unis contenaient 2 résidus différents alors que 6 autres en comptaient 3.

Les données des programmes spécifiques de résidus de pesticides dans les aliments destinés aux enfants (ACIA, 2009c), dans les concentrés de jus de fruits (ACIA, 2010a) et dans les produits de tomates transformées (2010b) permettent de faire le même constat avec 2 %, 7,54 % et 2,7 % respectivement des échantillons qui démontraient plus d'un résidu détectable.

Par ailleurs, près de 79 % des aliments testés positifs pour la présence de résidus lors de l'étude sur l'alimentation totale effectuée à Montréal contenait plus d'un pesticide. Le beurre d'arachide comportait le plus de pesticides différents, soit 15. Il était suivi des barres de chocolat (11), des biscuits (9), du maïs éclaté pour four à micro-ondes (8), des concombres, des graines écalées et des prunes, pruneaux et prunes en boîte (7). La présence de plusieurs pesticides dans un aliment a également été observée par Newsome *et al.* (2000) dans la compilation des études sur l'alimentation totale réalisées dans 6 villes canadiennes.

### **3.1.5 Un pesticide peut se retrouver dans plus d'un aliment**

Plusieurs aliments pourraient contribuer à l'exposition alimentaire à un même pesticide. Par exemple, l'ACIA a identifié du bénomyl dans 7 des 16 légumes et dans 7 des 13 fruits les plus consommés au Canada pour la période étudiée de 2002 à 2005 (ACIA, 2009a). De plus, l'agence a retrouvé du DDE dans des analyses de gras de bœuf, de porc, de poulet, de veau, de dindon et de mouton. Le DDE est un métabolite du DDT, un pesticide interdit d'utilisation depuis plusieurs années mais qui est toujours présent dans l'environnement.

Au cours de l'étude sur l'alimentation totale de 1993 à Montréal, l'endosulfan a été détecté 41 fois soit dans une proportion de 29 % des aliments composites recueillis. Parmi les pesticides retrouvés, le diazinon, le malathion et le chlorpyrifos ont été identifiés dans respectivement 36, 25 et 16 des aliments testés.

## **3.2 DONNÉES PROVINCIALES**

Les données provinciales de surveillance des pesticides par le MAPAQ ne sont pas publiées (voir section 5.1.3) et les seules données accessibles proviennent de présentations dans des colloques ou des congrès. Le tableau 4 présente les résultats de la surveillance pour la période de 1996 à 2007. Comme ces données ne proviennent pas de rapports officiels, une

demande a été effectuée auprès du MAPAQ pour valider les données de ce tableau. Cette demande est cependant demeurée sans réponse.

**Tableau 4 Nombre d'analyses de fruits et de légumes effectuées par le laboratoire du MAPAQ**

| Année financière       | Nombre d'échantillons |        |             | % échantillons hors norme domestique |
|------------------------|-----------------------|--------|-------------|--------------------------------------|
|                        | Total                 | Québec | Hors Québec |                                      |
| 1996-1997 <sup>1</sup> | 402                   | n.d.   | n.d.        | 4,0                                  |
| 1997-1998 <sup>1</sup> | 443                   | 259    | 194         | 3,0                                  |
| 1998-1999 <sup>1</sup> | 785                   | 503    | 282         | 0,8                                  |
| 1999-2000 <sup>1</sup> | 1 000                 | 830    | 170         | 1,0                                  |
| 2000-2001 <sup>1</sup> | 980                   | 873    | 107         | 0,3                                  |
| 2001-2002 <sup>1</sup> | 618                   | 557    | 61          | 1,5                                  |
| 2002-2003 <sup>1</sup> | 651                   | 562    | 111         | 1,7                                  |
| 2003-2004 <sup>3</sup> | 479                   | 374    | 105         | n.d.                                 |
| 2004-2005 <sup>2</sup> | n.d.                  | ~ 500  | n.d.        | 1,5                                  |
| 2004-2005 <sup>3</sup> | 436                   | 386    | 50          | n.d.                                 |
| 2005-2006 <sup>3</sup> | 344                   | 329    | 15          | n.d.                                 |
| 2006-2007 <sup>3</sup> | 600                   | 600    | -           | n.d.                                 |

<sup>1</sup> Richard, 2003.

<sup>2</sup> Richard, 2006a.

<sup>3</sup> Richard, 2006b.

n.d. = non disponible.

Ces données, quoique très partielles indiquent une importante diminution des résultats hors norme à partir de 1998. Bien que les résultats du programme de surveillance des résidus de pesticides du MAPAQ ne soient pas publics, les informations disponibles semblent indiquer une diminution encore plus marquée à partir de 2005 et seraient du même ordre de grandeur que les résultats observés par l'ACIA (Richard, 2009). Il est cependant difficile de comparer les données fédérales et provinciales car les échantillonnages du Québec ciblaient plus particulièrement certaines cultures.

### 3.3 IDENTIFICATION DES PESTICIDES PRIORITAIRES EN MATIÈRE D'EXPOSITION DE LA POPULATION

À partir des données de surveillance publiées par l'ACIA et de celles sur la consommation fournies par Santé Canada, Phaneuf *et al.* (à paraître) ont dressé une liste de pesticides pour lesquels la population canadienne serait le plus susceptible d'être exposée. Pour établir cette liste, les auteurs ont suivi le protocole suivant :

Dans un premier temps, pour chacune des 3 périodes de référence citées au tableau 2, un rang a été attribué aux 20 pesticides les plus fréquemment détectés dans l'ensemble des fruits et des légumes canadiens et importés, le rang 1 étant la fréquence de détection la plus élevée. À partir de cette liste, une seconde étape de sélection a permis de déterminer une

liste des produits les plus détectés. Pour être inscrit à cette liste, un pesticide devait faire partie des 20 substances les plus détectées durant les 3 périodes ou il devait avoir été identifié comme une des 10 substances les plus détectées pour une période donnée. Cette liste est présentée au tableau 5. Le classement diffère en fonction de la provenance des végétaux car les méthodes de lutte contre les ravageurs et les ravageurs eux-mêmes peuvent différer selon les pays d'où proviennent les aliments. Par ailleurs, il peut aussi exister des différences dans la liste des pesticides homologués disponibles dans les différents pays.

**Tableau 5 Classement des pesticides selon la fréquence de détection dans les végétaux canadiens et importés de 2002 à 2005**

| Rang | Pesticides                         |                                   |
|------|------------------------------------|-----------------------------------|
|      | <i>Fruits et légumes canadiens</i> | <i>Fruits et légumes importés</i> |
| 1    | Éthylènediamine                    | Éthylènediamine                   |
| 2    | Chlorprophame                      | Thiabendazole                     |
| 3    | Captane                            | Dithiocarbamates                  |
| 4    | Dithiocarbamates                   | Perméthrine                       |
| 5    | Endosulfan                         | Imazalil                          |
| 6    | Iprodione                          | Diphénylamine                     |
| 7    | Diphénylamine                      | Captane                           |
| 8    | Carbaryl                           | Iprodione                         |
| 9    | Myclobutanil                       | O-phénylphénol                    |
| 10   | Thiabendazole                      | Méthamidophos                     |
| 11   | Diméthoate                         | Carbaryl                          |
| 12   | Perméthrine                        | Chlorpyrifos                      |
| 13   | Bénomyl                            | Chlorprophame                     |
| 14   |                                    | Endosulfan                        |
| 15   |                                    | Méthomyl                          |
| 16   |                                    | Bénomyl                           |

Source : Phaneuf *et al.* (à paraître).

Le processus a permis de sélectionner 13 pesticides les plus fréquemment retrouvés dans les fruits et les légumes canadiens et 16 dans les fruits et les légumes importés. L'éthylènediamine arrive au 1<sup>er</sup> rang quelle que soit la provenance des aliments. Par ailleurs, l'imazalil, le O-phénylphénol, le méthamidophos et le chlorpyrifos ont été mesurés seulement dans des fruits et des légumes importés. À l'inverse, le myclobutanil et le diméthoate ont été retrouvés seulement dans les fruits et les légumes canadiens.

1. Dans une deuxième étape de cet exercice de priorisation, une liste des aliments les plus consommés au Canada a été établie d'après les statistiques sur les aliments pour 2007 de Statistique Canada (2008). Ce document présente des données sur la quantité d'aliments disponibles pour la consommation colligées à partir des renseignements d'approvisionnement alimentaire canadien. Ces données ont ensuite été ajustées pour les

pertes qui surviennent aux points de vente au détail, dans les ménages, lors de la cuisson et dans l'assiette afin de produire des statistiques de consommation apparente. Les fruits et les légumes frais les plus fréquemment consommés parmi ceux qui se retrouvent dans la base de données de l'ACIA ont donc été sélectionnés (tableau 6).

**Tableau 6 Classement des fruits et des légumes frais en fonction de leur consommation apparente au Canada en 2007**

| Fruits frais               |             |                  | Légumes frais                                   |             |                  |
|----------------------------|-------------|------------------|-------------------------------------------------|-------------|------------------|
|                            | Kg/pers./an | % <sup>(1)</sup> |                                                 | Kg/pers./an | % <sup>(1)</sup> |
| <i>pommes</i>              | 6,58        | 6,2              | <i>pommes de terre fraîches et transformées</i> | 28,22       | 26,6             |
| <i>bananes</i>             | 6,54        | 6,2              | <i>laitue</i>                                   | 5,79        | 5,5              |
| <i>oranges</i>             | 4,42        | 4,2              | <i>tomates</i>                                  | 5,24        | 4,9              |
| <i>melons</i>              | 4,01        | 3,8              | <i>carottes</i>                                 | 4,61        | 4,4              |
| <i>raisins</i>             | 3,46        | 3,3              | <i>oignons et échalotes</i>                     | 4,47        | 4,2              |
| <i>fraises</i>             | 2,02        | 1,9              | <i>choux</i>                                    | 2,68        | 2,5              |
| <i>poires</i>              | 1,59        | 1,5              | <i>concombres</i>                               | 2,58        | 2,4              |
| <i>ananas</i>              | 1,08        | 1,0              | <i>céleri</i>                                   | 2,23        | 2,1              |
| <i>dattes</i>              | 0,98        | 0,9              | <i>piments (poivrons)</i>                       | 2,14        | 2,0              |
| <i>pêches</i>              | 0,67        | 0,6              | <i>citrouilles et courges</i>                   | 1,37        | 1,3              |
| <i>bleuets</i>             | 0,64        | 0,6              | <i>brocolis</i>                                 | 1,33        | 1,3              |
| <i>goyaves et mangues</i>  | 0,64        | 0,6              | <i>champignons</i>                              | 0,94        | 0,9              |
| <i>pamplemousses</i>       | 0,57        | 0,5              | <i>maïs</i>                                     | 0,63        | 0,57             |
| <i>prunes</i>              | 0,56        | 0,5              | <i>haricots vert et jaune</i>                   | 0,63        | 0,6              |
| <i>cerises</i>             | 0,52        | 0,5              | <i>rutabagas et navets</i>                      | 0,60        | 0,6              |
|                            |             |                  | <i>choux-fleurs</i>                             | 0,59        | 0,6              |
| <b>Consommation totale</b> | <b>38,2</b> |                  |                                                 | <b>67,7</b> |                  |

<sup>(1)</sup> Le pourcentage de la consommation apparente des aliments représente la consommation en kg/personne/an par rapport à la quantité totale de fruits et de légumes frais disponibles (c.-à-d. 105,9 kg/personne/an).

Source : Phaneuf *et al.* (à paraître).

2. Dans un troisième temps, Phaneuf *et al.* (à paraître) ont déterminé des indices de priorisation tenant compte des données de surveillance publiées par l'ACIA et des données de consommation fournies par Santé Canada. Les pesticides du tableau 5 ont été priorisés en fonction de leur taux de détection dans les aliments les plus fréquemment consommés et des taux de consommation de ces aliments. Par exemple, entre 2002 et 2005, le taux de détection moyen du chlorprophame dans les pommes de terre d'origine importée est de 20,1 %. Ce chiffre a été multiplié par le pourcentage de consommation apparente de la pomme de terre (26,6 % selon le tableau 6) pour obtenir un indice de 535,24. Le même calcul a été repris avec les pommes de terre d'origine canadienne ainsi qu'avec tous les légumes importés et canadiens du tableau 6 pour lesquels l'ACIA a détecté du chlorprophame. La somme de ces indices donne un indice « légume » de 1 324,37 pour ce pesticide (tableau 7). Puis, le même exercice a été répété avec les

fruits. L'indice total représente l'addition des indices « légume » et « fruit ». Le tableau 7 montre le classement des pesticides les plus souvent détectés par ordre décroissant de leur indice total.

**Tableau 7 Classement des pesticides les plus fréquemment détectés par l'ACIA entre 2002 et 2005 en fonction de leur indice total**

| Nom du pesticide                                    | Indice légume | Indice fruit | Indice total | Type de pesticide (classe chimique)                                 |
|-----------------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------------------------------------------------------------|
| Chlorprophame                                       | 1 324,37      | 2,18         | 1 327        | Herbicide, régulateur de croissance (carbamate)                     |
| Dithiocarbamates (mancozèbe, manèbe, thirame, etc.) | 712,66        | 140,33       | 853          | Fongicide (dithiocarbamates-exprimé sous forme de CS <sup>2</sup> ) |
| Thiabendazole                                       | 170,47        | 442,72       | 613          | Fongicide (benzimidazole)                                           |
| Perméthrine                                         | 209,24        | 58,40        | 268          | Insecticide (pyréthrynoïde)                                         |
| Bénomyl                                             | 77,23         | 187,45       | 265          | Fongicide (carbamate)                                               |
| Captane                                             | 19,96         | 232,78       | 253          | Fongicide (phthalimide)                                             |
| Diphénylamine                                       | 6,34          | 240,94       | 247          | Fongicide, anti-échaudure pommes, poires (aucun)                    |
| Endosulfan                                          | 115,48        | 64,27        | 180          | Insecticide (organochloré)                                          |
| Carbaryl                                            | 39,10         | 95,19        | 134          | Insecticide (carbamate)                                             |
| Iprodione                                           | 44,46         | 78,70        | 123          | Fongicide (dicarboximide)                                           |
| Imazalil                                            | 0,00          | 110,54       | 111          | Fongicide (imidazole)                                               |
| Myclobutanil                                        | 35,73         | 68,20        | 104          | Fongicide (triazole)                                                |
| Méthamidophos                                       | 59,77         | 26,63        | 86           | Insecticide (organophosphoré)                                       |
| Chlorpyrifos                                        | 40,57         | 25,66        | 66           | Insecticide (organophosphoré)                                       |
| Méthomyl                                            | 31,49         | 24,43        | 56           | Insecticide (carbamate)                                             |
| O-phénylphénol                                      | 9,19          | 30,92        | 40           | Fongicide, agent de conservation (aucune)                           |
| Diméthoate                                          | 27,26         | 13,20        | 40           | Insecticide (organophosphoré)                                       |

Source : Phaneuf *et al.* (à paraître).

L'éthylènediamine qui apparaît au tableau 5 n'a pas été retenu pour l'exercice de priorisation, car bien qu'il puisse être un produit de dégradation des pesticides du groupe EBDC (éthylène-bis-dithiocarbamate; ex. : manèbe, mancozèbe), l'ACIA considère qu'il peut également provenir de sources industrielles. Il est donc impossible de conclure hors de tout doute que la présence de ce produit reflète une utilisation de pesticides EBDC. Le chlorprophame est surtout détecté dans la pomme de terre, l'aliment le plus consommé par les Canadiens. Ce produit est utilisé lors de l'entreposage pour empêcher la germination (Santé Canada, 2010).

Les dithiocarbamates sont principalement identifiés dans les légumes, plus spécifiquement dans le chou, le brocoli et le chou-fleur. Même chose pour la perméthrine qui est fréquente dans la laitue, le céleri et le brocoli. L'indice du thiabendazole provient en majorité de sa présence dans des pommes, des oranges, des poires et des pamplemousses importés. Comme mentionné plus haut, le bénomyl est retrouvé dans plusieurs types de fruits et de légumes. Le captane est principalement détecté dans les fraises et les bleuets ainsi que dans les pommes canadiennes et dans les raisins importés. La diphénylamine est surtout présente dans les pommes. De son côté, l'imazalil est détecté quasi exclusivement dans les agrumes.

Le tableau 7 montre que la population canadienne peut potentiellement être exposée à l'ensemble des types de pesticides (herbicides, fongicides et insecticides) et à plusieurs groupes chimiques ayant des effets toxiques caractéristiques et variés. Par contre, comme il a déjà été discuté, la quasi-totalité des concentrations de pesticides mesurées dans les aliments est conforme aux limites maximales de résidus permises qui se situent généralement bien en-deçà de la quantité qui pourrait soulever des préoccupations pour la santé.

### **3.4 LA TOXICITÉ DES PRINCIPAUX PESTICIDES RETROUVÉS DANS LES ALIMENTS**

Bien que les bilans de la présence de pesticides dans les aliments soient relativement bons si l'on considère le faible pourcentage de produits ne respectant pas les normes, il demeure que des traces de ces produits ont été détectées dans près de 20 % des échantillons domestiques ou importés pour la période de 2002 à 2005 et que plusieurs produits peuvent parfois être mesurés dans un même échantillon. De plus, certains pesticides peuvent être retrouvés dans plus d'un aliment. Le risque associé à ces traces de pesticides est très difficile à caractériser et de nombreuses incertitudes persistent sur les effets à long terme de l'exposition chronique à de faibles doses de pesticides. Le risque résulte de deux facteurs importants à savoir l'exposition et la toxicité intrinsèque des molécules. Bien que les données disponibles sur la présence de pesticides dans les aliments, et donc sur le potentiel d'exposition, sont relativement rassurantes, tout au moins en ce qui concerne les dépassements de normes, il apparaît intéressant de caractériser la toxicité des pesticides priorisés par Phaneuf *et al.* (à paraître) sur la base de la fréquence de leur détection et de leur importance dans le régime alimentaire des Canadiens. Le tableau 8 présente les principales caractéristiques toxicologiques pour les effets à long terme de ces produits. La base de données de SAgE pesticides (2010) développée par l'INSPQ, le MDDEP et le MAPAQ a été utilisée pour documenter ces effets. Les critères ayant servi à déterminer les niveaux de risques pour chacun de ces effets sont décrits dans le document méthodologique de l'Indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ) (Samuel *et al.*, 2007) et sont présentés à l'annexe 1.

**Tableau 8 Effets à long terme des pesticides les plus susceptibles d'exposer la population canadienne**

| Nom du pesticide | Appréciation du risque cancérigène chez l'humain | Génotoxicité          | Perturbateur endocrinien | Effets sur la reproduction | Effets sur le développement |
|------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Chlorprophame    | peu probable*                                    | non                   | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| Mancozèbe***     | <b>possible</b>                                  | données insuffisantes | <b>potentiel</b>         | aucun                      | données insuffisantes       |
| Manèbe***        | <b>probable</b>                                  | non                   | <b>potentiel</b>         | aucun                      | <b>suspectés</b>            |
| Thirame***       | peu probable                                     | non                   | peu probable             | non                        | <b>confirmés</b>            |
| Thiabendazole    | <b>probable</b>                                  | non                   | <b>potentiel</b>         | aucun                      | aucun                       |
| Perméthrine      | <b>probable</b>                                  | données insuffisantes | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| Bénomyl‡         | <b>possible</b>                                  | <b>potentielle</b>    | données insuffisantes    | <b>confirmés</b>           | <b>confirmés</b>            |
| Captane          | <b>possible</b>                                  | non                   | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| Diphénylamine    | peu probable                                     | non                   | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| Endosulfan       | peu probable                                     | non                   | <b>potentiel</b>         | aucun                      | aucun                       |
| Carbaryl         | <b>probable</b>                                  | non                   | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| Iprodione        | <b>probable</b>                                  | non                   | <b>potentiel</b>         | aucun                      | aucun                       |
| Imazalil**       | <b>probable</b>                                  | non                   | <b>potentiel</b>         | <b>suspectés</b>           | aucun                       |
| Myclobutanil     | peu probable                                     | non                   | données insuffisantes    | aucun                      | aucun                       |
| Méthamidophos    | peu probable                                     | non                   | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| Méthomyl         | peu probable                                     | <b>potentielle</b>    | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| O-phénylphénol   | <b>Possible</b>                                  | non                   | peu probable             | aucun                      | aucun                       |
| Diméthoate       | <b>possible</b>                                  | <b>potentielle</b>    | peu probable             | aucun                      | aucun                       |

\* La signification des niveaux de risques est décrite dans le document méthodologique de l'Indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ) (Samuel *et al.*, 2007).

\*\* EPA (2002 a, b).

\*\*\* Exemples de pesticides dithiocarbamates.

‡ Ces données proviennent du module expert de SAgE pesticides mais ne sont pas accessibles publiquement aux utilisateurs en raison du caractère de non-homologation du bénomyl.

Les données présentées au tableau 8 indiquent que plus de la moitié des pesticides priorisés par Phaneuf *et al.* (à paraître) ont été classés comme cancérigènes possibles ou probables par des organismes internationaux comme l'EPA, Santé Canada ou l'OMS. Par ailleurs, 16 % ont un potentiel génotoxique, 32 % sont des perturbateurs endocriniens potentiels et 26 % ont démontré des effets potentiels sur le développement ou sur la reproduction lors d'études chez les animaux de laboratoire. Les normes élaborées pour les résidus de pesticides dans les aliments tiennent compte des connaissances en lien avec la toxicité à court et à long terme exigées lors du processus d'homologation des différents pesticides et généralement, des facteurs d'incertitude sont utilisés lors de l'élaboration de ces normes. Par exemple, ils doivent tenir compte de l'extrapolation des données provenant des expérimentations animales à l'humain et des différences de sensibilité individuelle pour une espèce. Cependant, des incertitudes persistent en matière de risques toxicologiques pour des expositions chroniques à de faibles doses de pesticides et/ou à des mélanges de pesticides différents.

## 4 EXPOSITION AUX PESTICIDES ET RISQUE POPULATIONNEL

### 4.1 LES ÉTUDES D'EXPOSITION AUX PESTICIDES EN LIEN AVEC LA CONSOMMATION D'ALIMENTS

Les études sur la surveillance biologique de l'exposition aux pesticides en lien avec l'alimentation sont résumées dans les tableaux 1 à 3 de l'annexe 2. Les pesticides concernés sont principalement les organophosphorés, les pyréthrinoïdes et, à un moindre niveau, les organochlorés et les carbamates. L'exposition aux pesticides est d'ordinaire évaluée à l'aide de marqueurs biologiques urinaires, ou plus rarement, à partir de mesures dans le sang. Les métabolites mesurés varient d'une étude à l'autre en fonction du type de pesticide ciblé. Les tableaux 1 à 4 de l'annexe 3 présentent une vue d'ensemble des principaux métabolites et des pesticides auxquels ils sont associés. Il est à noter que les unités utilisées pour rapporter les niveaux de métabolites urinaires mesurés peuvent différer d'une étude à l'autre, ce qui peut rendre difficile la comparaison des résultats.

Environ 75 % des pesticides organophosphorés seront métabolisés chez l'humain en composés dialkylphosphates (DAP) (Barr *et al.*, 2004). On compte six métabolites DAP sous la forme diméthyl ou diéthyl, soit le diméthylphosphate (DMP), le diméthylthiophosphate (DMTP), le diméthyldithiophosphate (DMDTP), le diéthylphosphate (DEP), le diéthylthiophosphate (DETP) et le diéthyldithiophosphate (DEDTP). Bien que les DAP ne soient pas des marqueurs spécifiques, la nature du groupe alkyl peut renseigner sur les pesticides potentiels auxquels un individu a été exposé. De plus, il existe des métabolites urinaires plus spécifiques à certains pesticides organophosphorés, tels les acides mono- et di- carboxyliques du malathion (MCA et MDA) et le 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCPY), respectivement des métabolites du malathion et du chlorpyrifos.

En ce qui concerne les pyréthrinoïdes, les métabolites urinaires principalement mesurés dans les études consultées sont l'acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA), l'acide *cis*-dichlorovinyl-diméthyl-cyclo-propanoïque (*cis*-DCCA), l'acide *trans*-dichlorovinyl-diméthylcyclopropanoïque (*trans*-DCCA), l'acide chrysanthémum dicarboxylique (CDCA) et l'acide fluorophénoxybenzoïque (FPBA). Ce dernier est un métabolite spécifique à la cyfluthrine, alors que le 3-PBA est un marqueur biologique commun à la majorité des pyréthrinoïdes de synthèse, à l'exception de la cyfluthrine.

L'apport de l'alimentation sur les niveaux de marqueurs biologiques, comme les métabolites urinaires mesurés, peut être estimé à partir de questionnaires portant sur les habitudes de vie et l'alimentation, par comparaison d'un régime conventionnel avec une diète organique, ou encore à partir de mesures des concentrations dans les aliments et dans d'autres médias environnementaux (poussières, air, etc.). Dans certains cas, bien que la consommation alimentaire n'ait pas été documentée, son apport peut être déduit à partir des résultats obtenus. Par exemple, dans l'étude de Bouchard *et al.* (2006), les niveaux de métabolites urinaires de pesticides organophosphorés mesurés chez des travailleurs de serres horticoles se sont avérés comparables à ceux de la population générale, suggérant ainsi que l'exposition surviendrait principalement par ingestion d'aliments.

De façon générale, les études relevées établissent un lien qualitatif entre la consommation d'aliments et l'exposition aux pesticides. Dans les études de Couture *et al.* (2009) et d'Apréa *et al.* (1996; 2000), les enfants présentaient des taux de métabolites urinaires de pesticides plus élevés que les adultes. Ceci pourrait être expliqué par l'alimentation, du fait que les enfants ont tendance à avoir une plus grande consommation de fruits frais, de légumes et de jus de fruits, par unité de poids corporel, que les adultes. Des résultats divergents ont toutefois été obtenus dans les études de Heudorf *et al.* (2001a; 2004), où les concentrations de métabolites urinaires des enfants n'étaient pas significativement différentes de celles des adultes. Néanmoins dans l'étude de Heudorf *et al.* (2004), on observe une certaine diminution, selon l'âge, de la valeur maximale ainsi que des 75<sup>e</sup> et 95<sup>e</sup> centiles des concentrations de métabolites urinaires mesurées.

Les études de biosurveillance caractérisant l'alimentation à l'aide d'un questionnaire ne s'avèrent pas concluantes. Alors que certaines de ces études suggèrent un lien entre la consommation de fruits frais et de jus de fruits, et les niveaux de métabolites urinaires (Apréa *et al.*, 2000; Becker *et al.*, 2006; Couture *et al.*, 2009), dans d'autres, aucune corrélation n'a pu être établie entre les teneurs de marqueurs biologiques mesurées et la quantité d'aliments consommés (Fortin *et al.*, 2008; Jakszyn *et al.*, 2009; Kieska *et al.*, 2002). Les questionnaires alimentaires ont tendance à regrouper plus d'un aliment afin de caractériser la consommation, ce qui influence les résultats et nuit à l'identification des aliments qui constituent les principales sources d'exposition aux pesticides.

Comparativement aux études avec questionnaire, la comparaison d'une alimentation biologique avec une autre de type conventionnel s'avère a priori un indicateur plus fiable de l'apport de la consommation alimentaire à l'exposition totale aux pesticides. L'utilisation d'une diète organique a mis en évidence une différence significative des niveaux de métabolites urinaires de pesticides organophosphorés. Dans l'étude de Lu *et al.* (2001), 6 alkylphosphates ont été analysés dans l'urine de 96 enfants d'âge préscolaire. Chez un seul individu, aucun des 6 métabolites urinaires analysés n'a pu être détecté. Les parents de cet enfant ont rapporté n'acheter que des produits biologiques. Dans l'étude de Curl *et al.* (2003), les enfants ayant une alimentation à base d'aliments biologiques présentaient des concentrations médianes et moyennes de DMTP plus de 5 fois inférieures à ceux ayant un apport alimentaire conventionnel (0,03  $\mu\text{mol/l}$  et 0,17  $\mu\text{mol/l}$  respectivement,  $p = 0,0003$ ). Dans les études de Lu *et al.* (2006a; 2008), une diminution de MDA et de TCPY a aussi été notée conséquemment à l'adoption d'une diète organique. Ces métabolites sont respectivement associés au malathion et au chlorpyrifos, deux pesticides organophosphorés généralement utilisés dans la culture des fruits, des légumes et des céréales. Le passage de la diète conventionnelle à la diète organique a également engendré une diminution des concentrations de métabolites urinaires de pyréthrinoides (Lu *et al.*, 2006b; 2009). Toutefois, les auteurs concluent que l'exposition aux pyréthrinoides serait davantage attribuable à l'utilisation en milieu résidentiel de ces insecticides qu'à l'alimentation.

Un lien qualitatif entre la consommation d'aliments et les niveaux de marqueurs biologiques de pesticides mesurés a également été établi à partir des concentrations de pesticides mesurées dans divers médias environnementaux comme l'air et l'eau par exemple. Aucune corrélation n'a pu être établie entre les concentrations de pyréthrinoides et de chlorpyrifos mesurées dans les poussières intérieures et les niveaux de leurs métabolites retrouvés dans

l'urine des habitants (Butte *et al.*, 1998; Heudorf *et al.*, 2004; Heudorf et Angerer, 2001a). Ces résultats tendent à suggérer que l'alimentation serait la principale source d'exposition à ces pesticides. Dans une étude où les concentrations de pesticides ont été mesurées dans les aliments, Macintosh *et al.* (2001) ont observé des concentrations de TCPY significativement plus élevées chez les individus consommant des denrées dans lesquels le chlorpyrifos avait été détecté.

Finalement, plusieurs autres études ont pu être relevées, dans lesquelles il y a eu des mesures de métabolites urinaires de pesticides sans toutefois que les auteurs aient fait de lien avec l'alimentation. Parmi celles-ci, mentionnons les études de Ye *et al.* (2008), Castorina *et al.* (2003), et Berkowitz *et al.* (2003) qui rapportent des niveaux de métabolites urinaires de pesticides mesurés chez des femmes enceintes. Diverses études rapportent des concentrations urinaires de différents métabolites de pesticides organophosphorés mesurés chez des enfants, sans toutefois que la consommation alimentaire ait été documentée (Arcury *et al.*, 2006; Loewenherz *et al.*, 1997; Panuwet *et al.*, 2009; Valcke *et al.*, 2006 et Wilson *et al.*, 2003). Dans l'étude de Valcke et ses collaborateurs (2006) réalisée au Québec avec des enfants de 3 à 7 ans, les auteurs ont soulevé l'hypothèse que les niveaux généralement plus élevés de DAP observés pourraient possiblement être associés à une consommation moyenne plus élevée de fruits et de légumes. Les principales études de mesures de concentrations de métabolites urinaires d'insecticides chez les populations non exposées en milieu professionnel sont présentées dans Bouvier *et al.* (2005).

#### **4.2 APPRÉCIATION DU RISQUE POPULATIONNEL EN LIEN AVEC LA PRÉSENCE DE PESTICIDES DANS LES ALIMENTS**

Il est actuellement impossible de conclure sur le niveau de risques sanitaires attribuables à la présence de pesticides dans les aliments en raison particulièrement des limites statistiques des données disponibles. Les dernières données publiées par l'ACIA et le MAPAQ montrent que les normes sont généralement respectées, ce qui est plutôt rassurant. À ce titre, les données canadiennes et québécoises semblent être comparables aux données publiées par plusieurs autres pays industrialisés. Par ailleurs, sur la base d'échanges à huit clos avec des représentants des organisations responsables de la surveillance des résidus de pesticides dans les aliments, il semble que les bilans canadiens et québécois s'améliorent encore en matière de dépassements de normes. Cependant, il est encore fréquent de retrouver des traces de pesticides dans les fruits et les légumes. De plus, plusieurs études d'exposition aux pesticides font des liens qualitatifs ou quantitatifs avec la consommation d'aliments et plusieurs pesticides prioritaires sur la base de leur détection et de leur présence dans les aliments les plus consommés présentent des effets toxiques chroniques potentiels. Ainsi, certains pesticides présentent des effets sur le développement ou la reproduction, la génotoxicité, les perturbations endocriniennes et le potentiel de cancérogénicité. Dans ce contexte, il serait approprié de pouvoir réaliser une évaluation des risques toxicologiques sur la base de données statistiquement représentatives et à jour, d'autant plus que la dernière étude sur l'alimentation totale traitant de la présence de pesticides dans les aliments au Québec remonte à 1993. Même si les données sommaires disponibles permettent d'entrevoir des risques réduits, il sera impossible de réaliser une telle analyse des risques sans que des données statistiquement fiables soient générées.



## 5 LE RÔLE DES NORMES POUR LIMITER LA CONTAMINATION DES ALIMENTS PAR LES PESTICIDES AU CANADA ET AU QUÉBEC

En vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* (LPA) du gouvernement fédéral, la notion de pesticide inclut tous les produits tels que les insecticides, les fongicides, les rodenticides, les herbicides, les antimicrobiens, les insectifuges, les produits chimiques pour piscines qui sont utilisés pour prévenir, détruire, éloigner ou réduire le nombre de ravageurs. Ces produits, bien qu'ils soient des outils utiles et incontournables selon la majorité des intervenants agricoles, peuvent avoir des impacts négatifs pour la santé humaine et l'environnement. Dans ce contexte, les différents paliers de gouvernement ont réglementé l'usage des pesticides et, en ce qui concerne plus particulièrement les résidus dans les aliments, ont développé des normes et des systèmes de surveillance des résidus de pesticides.

Au niveau fédéral, l'homologation des pesticides est encadrée par la *Loi sur les produits antiparasitaires* (LPA). L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada est chargée d'administrer cette loi dont l'application est encadrée par une série de règlements. L'ARLA est aussi responsable d'établir des limites maximales de résidus (LMR) de pesticides pour les différentes combinaisons pesticide-aliment et d'évaluer l'acceptabilité des délais avant-récolte proposés par les titulaires d'homologations. La surveillance des résidus de pesticides dans les aliments au niveau canadien est assumée par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA).

En matière de juridiction provinciale, la *Loi sur les pesticides*, administrée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), vise à promouvoir une utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides. Elle prévoit plus particulièrement certaines obligations relatives à la qualification des utilisateurs et des vendeurs et le maintien d'un registre provincial des ventes et de l'utilisation des pesticides. Le Règlement sur les permis et certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides qui a été adopté en vertu de la *Loi sur les pesticides* prévoit l'obligation de posséder un permis pour les entreprises œuvrant dans la vente et l'utilisation de pesticides. Ce règlement prévoit aussi l'obligation de posséder un certificat de qualification pour les utilisateurs et la tenue de registres d'achats et d'utilisation pour les entreprises. Le Code de gestion des pesticides met de l'avant des normes rigoureuses pour encadrer l'usage et la vente des pesticides. Les exigences du Code comprennent des règles à l'intention des titulaires de permis et de certificats, soit les commerces de vente de pesticides, les utilisateurs commerciaux et privés incluant les producteurs agricoles et forestiers. Certaines dispositions s'adressent aux citoyens. Conformément à la *Loi sur la qualité de l'environnement* et aux règlements qui en découlent, certains projets sont assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement; certains utilisateurs doivent obtenir un certificat d'autorisation et des normes assurent le maintien d'une eau potable de qualité. Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) gère aussi un programme de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments afin de s'assurer de la conformité aux normes établies par l'ARLA.

## **5.1 HOMOLOGATION ET ÉVALUATION DES RISQUES TOXICOLOGIQUES DES PESTICIDES**

Avant qu'un pesticide ne soit commercialisé et que son utilisation soit permise au Canada, l'ARLA évalue le produit en profondeur pour s'assurer qu'il ne présente pas de risques pour la santé et l'environnement (ARLA, 2003 a,b,c). En plus de sa toxicité, l'ARLA évalue plus particulièrement les risques alimentaire, professionnel et résidentiel du produit. Une quantité appréciable de données sont nécessaires pour l'évaluation des nouvelles matières actives, des nouvelles préparations commerciales, des nouvelles utilisations de produits existants ou pour la réévaluation de produits déjà homologués. Pour ce faire, l'ARLA requiert des demandeurs ou des titulaires d'homologation une grande batterie de tests de toxicité effectués, entre autres, sur des animaux de laboratoire. De telles études sont menées aussi bien pour les effets à court terme (effets aigus) que pour ceux à long terme (effets chroniques). Pour les effets chroniques autres que le cancer, les animaux de laboratoire sont exposés à différentes doses afin de déterminer une dose sans effets nocifs. À cette valeur, on applique un facteur d'incertitude, généralement de 100, pour tenir compte de l'extrapolation des données animales à l'humain, mais aussi des différences de sensibilité entre les individus. La valeur obtenue est la dose journalière admissible (DJA) ou dose de référence chronique qui théoriquement constitue le niveau d'exposition auquel un individu peut être exposé tous les jours de son existence sans que surviennent d'effets sur sa santé. Pour les risques liés au cancer, des tests de longue durée sont aussi effectués sur les animaux de laboratoire pour estimer les niveaux auxquels il est peu probable que survienne un risque non négligeable. Finalement, des études sur la toxicité développementale pour le fœtus lorsque la mère est exposée ainsi que des études sur la reproduction sont requises.

Les résultats de ces études toxicologiques sont considérés pour la détermination des différentes normes visant à assurer la sécurité des aliments au Canada.

## **5.2 LES LIMITES MAXIMALES DE RÉSIDUS (LMR)**

Santé Canada doit s'assurer que la consommation d'un résidu de pesticide demeurant sur un aliment lorsque le produit est utilisé conformément au mode d'emploi de l'étiquette ne représente pas de risque inacceptable pour la santé. Pour ce faire, elle doit établir des limites maximales de résidus (LMR) pour chaque combinaison pesticide-culture pour laquelle un pesticide est homologué. La LPA prévoit que l'ARLA doit tenir compte, lors de l'évaluation des risques pour les personnes, de l'exposition globale aux produits antiparasitaires, des effets cumulatifs des produits et des différentes sensibilités de certains sous-groupes de la population, notamment les nourrissons, les enfants, les femmes enceintes et les personnes âgées (MJC, 2009c). Ces considérations doivent donc être prises en compte lors de la détermination des LMR. Les LMR fixées pour chaque combinaison pesticide-culture se situent généralement bien en deçà de la quantité qui pourrait soulever des préoccupations pour la santé. Ainsi, les LMR ne constituent pas des limites toxicologiques et leur dépassement dénote plutôt un mauvais usage d'un pesticide qu'un risque pour les consommateurs. Cependant, comme ces normes visent la sécurité alimentaire, chaque dépassement peut faire l'objet d'une intervention du MAPAQ, de l'ACIA ou l'ARLA, selon leur niveau de juridiction.

## Processus de détermination des LMR au Canada

La détermination des LMR est un processus très rigoureux qui doit tenir compte de plusieurs facteurs telles la toxicité des pesticides et de leurs produits de dégradation, la quantité du pesticide appliqué et sa fréquence d'application et la quantité d'un résidu de pesticide qui est retrouvé sur ou dans un aliment au moment de sa mise en marché ou de sa préparation. L'ARLA doit s'assurer que les LMR sont sécuritaires, et ce, tant pour les aliments produits au Canada que pour ceux provenant de l'importation.

Pour la détermination des LMR, l'ARLA doit connaître les taux maximums de résidus de pesticides possiblement présents dans les aliments. Ce sont les fabricants de pesticides qui doivent soumettre ces données essentielles à l'organisme de réglementation fédéral. Par exemple, ils doivent présenter les résultats des essais au champ à la dose d'application la plus élevée permise sur l'étiquette du produit. De plus, ces compagnies doivent fournir des informations sur les niveaux de résidus retrouvés dans les aliments transformés, par exemple le jus de pomme ou la pâte de tomate. Des données sur les résidus de pesticides dans les produits animaux sont également requises si le bétail est exposé à ces produits par contact direct ou par son alimentation.

Pour déterminer des LMR qui atteignent les objectifs d'innocuité des aliments, l'ARLA réalise des évaluations des risques aigus et chroniques d'exposition aux pesticides dans les denrées selon une démarche progressive dite par paliers (ARLA, 2003a, b, c). De façon générale, la quantité de données nécessaires pour préciser les estimations des niveaux d'exposition augmentent à chaque nouveau palier. Par exemple, pour les deux types d'exposition à court et à long terme, les deux premiers paliers faisant partie de l'évaluation initiale font appel à un scénario plutôt défavorable qui suppose que les résidus atteignent la limite maximale permise et que 100 % des cultures soient traitées avec le pesticide. De plus, des facteurs de concentration par défaut sont habituellement utilisés pour tous les produits transformés. À ces paliers, les analyses sont réalisées à l'aide d'une approche déterministe qui vise à s'assurer que l'exposition potentielle sera inférieure à un niveau de dose (dose de référence) dont on est raisonnablement certain qu'il ne produira pas d'effets nocifs. Comme les valeurs de résidus utilisées à ces paliers ne sont pas nécessairement représentatives des pratiques normales d'utilisation des pesticides et qu'elles ne tiennent pas compte des nombreux facteurs pouvant favoriser la dégradation du pesticide entre le moment de la cueillette et de la consommation, l'évaluation du risque peut avoir tendance à surestimer les niveaux réels des résidus de pesticides dans les aliments. Lorsque les estimations de l'exposition aux paliers inférieurs ne sont pas une source de préoccupation, l'ARLA n'effectuera pas d'évaluations plus précises. Dans le cas contraire, on procèdera à des analyses de niveaux de paliers supérieurs qui exploitent davantage toutes les données disponibles. Ces estimations plus réalistes prennent en compte le pourcentage factuel des cultures traitées, les données du *Pesticide Data Program* de l'USDA, des données de surveillance de l'ACIA, les études de dissipation dans l'environnement, les études de traitement des données sur le panier de provisions, etc. Dans le cas de l'exposition aiguë, on pourra faire appel à des techniques probabilistes telles les analyses de Monte Carlo pour faire des estimations plus précises qui utilisent des intrants supplémentaires comme les données sur le lavage et la cuisson des aliments, des données sur la dégradation des produits et autres.

Les évaluations des risques associés à l'exposition alimentaire aiguë et chronique sont réalisées à l'aide du modèle *Dietary Exposure Evaluation Mode – Food Commodity Intake Database* (DEEM-FCID<sup>MD</sup>, version 2.03), qui est appliqué aux données à jour sur la consommation alimentaire tirées des enquêtes permanentes du *Continuing Survey of Food Intakes by Individuals* de l'United States Department of Agriculture (1994-1996 et 1998).

### **Comparaison des LMR canadiennes avec les LMR proposées au niveau international**

Au Canada, plus de 6 150 LMR ont été fixées pour autant de combinaisons spécifiques pesticide-aliment (ARLA, 2010). Cependant, il existe au moins autant, sinon plus, de combinaisons pesticide-aliment pour lesquelles il n'y a pas de LMR et qu'une valeur par défaut leur est attribuée. Dans ces cas, le Règlement sur les aliments et drogues prévoit une limite de concentration maximale de 0,1 ppm (LMR générale) pour les résidus de pesticides dans les aliments produits au Canada ou importés (ARLA, 2006; MJC, 2009d). L'objectif de cette LMR générale était d'interdire la vente d'aliments falsifiés en vertu de la *Loi sur les aliments et drogues* (LAD). Or dans la pratique, même si la vente d'aliments contenant jusqu'à 0,1 ppm est autorisée, de bonnes pratiques agricoles permettent d'obtenir une concentration de résidus bien inférieure à cette valeur, ce qui milite en faveur de l'abandon de cette norme générale. La situation actuelle peut entraîner la présence de pesticides dans les aliments à des concentrations plus élevées qu'il ne paraît justifié. En effet, des aliments peuvent entrer au Canada avec des résidus de pesticides qui excèdent les LMR déterminées par d'autres pays et dans certains cas, qui contiennent des produits interdits d'utilisation au Canada. La norme générale est d'autant plus désuète qu'elle avait été établie à 0,1 ppm à la fin des années 1970 parce que les capacités analytiques de l'époque ne permettaient pas de détecter des pesticides à des concentrations plus faibles que 0,05 ppm ce qui n'est plus le cas. Face à cette réalité, l'ARLA a donc entrepris de remplacer de façon graduelle la norme générale par des LMR spécifiques.

Même si le processus de remplacement de la norme par défaut risque de s'échelonner sur un bon nombre d'années, la procédure sera facilitée pour les années à venir. En effet, le 16 juin 2008, le projet de loi C-28 est venu modifier la LAD afin de permettre la fixation légale des LMR de pesticides en vertu de la LPA (MJC, 2009a, c). Ce changement a permis d'accélérer l'adoption de moyens permettant de fixer, de réviser et de révoquer des LMR de pesticides sans occasionner d'effets négatifs sur la sécurité des aliments. De plus, comme le Canada s'est associé avec les États-Unis pour réaliser des examens scientifiques mixtes en matière de détermination de certaines LMR, cette modification permet d'autoriser l'utilisation des produits antiparasitaires en même temps dans les deux pays, et ce, avec des LMR harmonisées. Cette façon de procéder facilite le commerce et assure une plus grande protection simultanée aux consommateurs des deux pays. Ce processus d'harmonisation apparaît logique si l'on considère qu'une grande partie des aliments importés au Canada provient des États-Unis ou transite par ce pays. L'ARLA envisage aussi d'utiliser les LMR du Codex égales ou inférieures à 0,1 ppm pour les aliments importés quand il n'y a pas de valeurs américaines. La Commission du Codex Alimentarius a été créée en 1963 par la FAO et l'OMS afin d'élaborer des normes alimentaires dont des limites maximales de résidus de pesticides dans les aliments. Les normes du Codex servent généralement de références pour les aliments visés par le commerce international.

### **5.3 LES DÉLAIS AVANT RÉCOLTE**

Les délais avant récolte sont les périodes minimales à respecter entre la dernière application de pesticides sur une culture et la récolte de celle-ci, ou sa mise en pâturage ou fauchage pour l'alimentation des animaux. Le respect de ce délai demeure la principale mesure préventive pour assurer l'innocuité des aliments. En effet, une culture récoltée avant l'expiration de ce délai pourrait contenir un taux résiduel de pesticide qui dépasse la limite maximale de résidus (LMR) fixée par l'ARLA. Lors de la soumission d'une demande d'homologation, le titulaire doit fournir plusieurs renseignements sur l'emploi proposé du produit dont notamment le type de parasites ciblés (mauvaises herbes, insectes, champignons, etc.) et les cultures visées, le dosage, les modes et le nombre d'applications, les mélanges possibles, les équipements requis et le délai avant récolte proposé. Le délai avant récolte est évalué par l'ARLA en fonction du profil d'emploi et des essais de résidus au champ. Ces derniers fournissent des données sur la dégradation des résidus par les microorganismes et le métabolisme des plantes, de l'élimination des résidus en fonction des conditions climatiques et de la variation des résidus due à la croissance des plantes. En considérant la limite maximale de résidus établie ou proposée, l'ARLA évalue si le délai avant récolte est acceptable avant d'accorder l'homologation du produit.

Le délai avant récolte retenu pour une combinaison aliment-pesticide est présenté sur l'étiquette du produit phytosanitaire. En matière de sécurité alimentaire, le respect de ce délai constitue, avec l'utilisation de bonnes pratiques agricoles et de techniques alternatives aux pesticides, la principale mesure préventive permettant d'assurer des niveaux résiduels de pesticides dans les aliments considérés comme sécuritaires pour les consommateurs.

### **5.4 LES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE DES RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES ALIMENTS**

Généralement, les programmes de surveillance de résidus de pesticides dans les denrées alimentaires visent à contrôler de façon régulière les aliments qui sont consommés le plus souvent et qui constituent une part significative du régime alimentaire de base. Ces programmes cherchent à vérifier que les résidus n'excèdent pas les limites maximales de résidus (LMR) déterminées par les institutions gouvernementales responsables de l'évaluation des risques alimentaires et ainsi s'assurer que l'apport des résidus de pesticides dans les aliments se situe à des niveaux acceptables pour la santé humaine. En plus de ces objectifs de protection de la santé publique, ces programmes de surveillance répondent aussi à des enjeux économiques. En effet, en démontrant l'innocuité des aliments produits, les pays concernés s'assurent d'un meilleur accès aux marchés locaux et étrangers.

Les résidus de pesticides contenus dans les denrées alimentaires produites au Québec sont évalués par deux programmes de surveillance, soit un au provincial et l'autre au fédéral. Le programme québécois est géré par la Direction du laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires (DLEAA) du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et le Programme canadien de surveillance des résidus chimiques (PSRC) relève de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Bien que ces programmes soient complémentaires, ils possèdent des objectifs différents et leurs propres spécificités.

La description de ceux-ci a pu être réalisée à la suite des entrevues avec des responsables des programmes de surveillance de la DLEAA et de l'ACIA.

#### **5.4.1 Le programme canadien de surveillance**

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) est l'organisme canadien chargé de faire respecter la réglementation sur la salubrité des aliments, la santé des animaux et la protection des végétaux. L'ACIA dirige un programme national d'échantillonnage pour la détection des résidus chimiques. Ce programme vise, entre autres, à contrôler la concentration de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes produits au pays ou provenant de l'importation. Les activités d'inspection, d'échantillonnage, de vérification et de contrôle de conformité menées par l'ACIA dans le cadre de ce programme de surveillance permettent l'application de la *Loi sur les produits agricoles au Canada* ainsi que la *Loi sur les aliments et drogues* et contribuent à assurer la qualité des fruits et des légumes provenant du Canada ou importés d'autres pays.

Le Programme de surveillance des résidus chimiques (PSRC) de l'ACIA possède plusieurs volets. Une partie du programme concerne la présence de pesticides, d'autres produits chimiques agricoles, de polluants environnementaux (métaux lourds) et d'autres impuretés dans les produits d'origine agricole dont les fruits et les légumes frais, les fruits et les légumes transformés et le sirop d'érable. L'ACIA s'intéresse aussi aux pesticides dans les produits transformés destinés aux nourrissons et aux enfants (viandes, jus, compotes, fruits et légumes). Il existe aussi un programme de surveillance des résidus chimiques pour les produits d'origine animale dont les viandes, les produits laitiers, le miel, etc. mais il touche surtout les métaux lourds, les antibiotiques, les hormones et très peu les pesticides. Concernant la présence de pesticides dans les aliments, le programme de surveillance ayant trait aux fruits et aux légumes frais est de loin le plus important.

Dans le cadre du volet enquête du PSRC de l'ACIA, l'échantillonnage des fruits et des légumes n'est généralement pas ciblé. Dans ce contexte, l'échantillonnage se fait habituellement de façon aléatoire et n'est pas orienté vers des cibles (par exemple un type de produit, un producteur en particulier ou une région donnée). Les échantillons sont traités et analysés dans le seul but de fournir des données sur la présence et les concentrations de résidus chimiques dans des populations d'échantillons prédéterminées. Les lots échantillonnés ne sont pas retenus ou mis en quarantaine et ils se retrouvent habituellement sur le marché de la consommation avant que les résultats des analyses de laboratoire ne soient connus. Le volet enquête du programme de surveillance générale de l'ACIA permet, selon les besoins, de déterminer l'exposition alimentaire humaine et d'en évaluer les risques, de détecter certaines tendances, de cerner des problèmes éventuels et d'identifier les groupes de population à risque, d'établir des normes et des directives et enfin d'évaluer l'efficacité des programmes.

Même si l'échantillonnage prévu par le volet enquête du programme de surveillance du PSRC est en grande partie aléatoire, certains éléments sont particulièrement pris en compte lors de la planification des activités. Le premier est en lien avec l'importance de la consommation des aliments. Si une denrée est consommée en grande quantité, on effectuera davantage de prélèvements pour cette catégorie de produits. Par exemple, on

pourrait échantillonner 3 fois plus de pommes de terre que de pruneaux afin que le programme soit représentatif des habitudes de consommation de la population. Le programme d'échantillonnage vise aussi les aliments frais sur lesquels on utilise des pesticides connus comme étant plus toxiques. Ces données permettent à l'ACIA de procéder à des évaluations de risque pour certains pesticides en particulier. Finalement, l'historique de la contamination pourra être considéré. Dans ce cas, on favorisera le prélèvement de denrées pour lesquelles les résultats des analyses des années précédentes ont révélé des problèmes de non-conformité, soit des dépassements de LMR ou l'utilisation de pesticides interdits ou non homologués pour une culture. Concernant les pesticides non autorisés sur une culture, il est important de rappeler que jusqu'à ce que toutes les LMR soient révisées au Canada, il y a toujours une norme par défaut de 0,1 ppm qui s'applique. Par conséquent, si un produit retrouvé n'est pas homologué pour une culture et que la LMR ne dépasse pas la norme canadienne par défaut, il n'y a pas de situation de non-conformité, et ce, même si une LMR plus restrictive peut exister dans le pays exportateur.

Durant la période allant de 1990 à 2000, l'ACIA prélevait environ 12 000 à 15 000 échantillons de fruits et de légumes frais annuellement. Depuis ce temps, une diminution de la taille d'échantillonnage a été observée et celle-ci s'est stabilisée à environ 8 500 prélèvements annuels. De ce nombre, près de 6 200 proviennent de l'importation alors qu'environ 2 300 correspondent à des lots de fruits et de légumes frais canadiens. L'échantillonnage est généralement réparti entre quatre régions : les provinces maritimes, le Québec et l'Ontario et l'Ouest canadien. Près du quart de l'échantillonnage canadien est effectué au Québec. Depuis 2008, l'échantillonnage québécois se fait principalement dans les régions de Montréal et Québec, et ce, chez une trentaine de grossistes en fruits et en légumes frais et à un moindre niveau, dans les marchés publics. Cela permet de prendre en considération la situation des petits marchés locaux. Pour les années 2006-2007, les prélèvements étaient effectués auprès des grands centres de distribution (entrepôts des principaux détaillants en alimentation : Métro, Loblaws, Sobeys). Actuellement, dans le cadre du volet enquête de son programme de surveillance, l'ACIA prélève environ 132 fruits et légumes différents provenant de l'importation et 60 produits frais issus de cultures canadiennes. Année après année, les cultures évaluées sont à peu près les mêmes. Toutefois, sur le total des échantillons, environ 10 % peut concerner de nouvelles cultures ou des denrées en provenance d'un nouveau pays. La commercialisation des fruits et des légumes frais sur le marché canadien est très diversifiée. Selon l'Alliance pour les fruits et les légumes frais (AFLF, 2006), on estime que plus de 400 variétés différentes de fruits et de légumes frais y sont vendues. De plus, il y aurait au Canada environ 1 500 importateurs de fruits et légumes frais (Martin, 2009).

Selon un représentant de l'ACIA<sup>2</sup>, pour faire un échantillonnage statistiquement représentatif, il faudrait que l'Agence prélève pour analyse environ 1 % des cargaisons de fruits et de légumes qui sont consommés au Canada, ce qui représenterait environ 40 000 échantillons. Ce chiffre est bien au-delà des capacités de l'agence qui prélève environ 0,25 % de ces denrées. Cet échantillonnage serait équivalent à ce qui est prélevé aux États-Unis et l'ACIA juge que c'est suffisant. L'ACIA n'utilise pas d'approche statistique probabiliste

<sup>2</sup> Martin D (2009). Communication personnelle. Agronome et spécialiste en fruits et légumes frais, Réseau de programme produits végétaux de l'Agence canadienne d'inspection des aliments.

basée sur la probabilité de mesurer un dépassement de LMR pour déterminer le nombre d'échantillons à analyser pour une culture en particulier. Selon l'ACIA, le programme de surveillance n'est pas conçu pour fournir des estimations statistiques très exactes des pourcentages d'infraction pouvant favoriser l'exposition d'une population. Bien que la précision diminue avec les échantillons plus petits, on peut quand même en tirer de l'information très utile (ACIA, 2009). Il va de soi que des petits échantillons doivent être analysés sur de plus longues périodes avant qu'on puisse tirer des conclusions significatives en lien avec les données recueillies. Par ailleurs, si la présence préoccupante d'un pesticide dans une denrée en particulier est révélée lors de la phase enquête ou de surveillance générale, il est possible pour l'ACIA de réajuster ses plans d'échantillonnage. L'efficacité de la stratégie corrective ne signifie pas nécessairement que l'on augmente le niveau de surveillance, mais qu'on mette en place des moyens efficaces de suivi ou que l'on procède à un échantillonnage ciblé.

Les analyses de laboratoire de l'ACIA pour vérifier la présence de pesticides dans les fruits et les légumes, dans le cadre de ses activités générales de surveillance pour le volet enquête, sont effectuées par trois laboratoires privés et accrédités. Ceux-ci ne sont pas tenus d'utiliser les méthodes de l'ACIA mais ils doivent se servir de méthodes basées sur des modes opératoires normalisés qui sont accrédités par une tierce partie (ex. : Canadian Association for Laboratory Accreditation Inc) et qui satisfont aux limites de détection (LD), aux limites de quantification (LQ) et aux seuils de déclaration établis par l'ACIA.

Les fruits et les légumes sont soumis actuellement au dépistage d'environ 285 substances chimiques, pesticides ou métabolites de ces produits. Une analyse multi-résidus est utilisée pour détecter une grande variété de composés chimiques. Au besoin, l'ACIA réalise des analyses additionnelles utilisant un protocole d'analyse spécifique, applicable à une substance en particulier, par exemple les pesticides de la famille des éthylène-bis-dithiocarbamates (EBDC). L'ACIA publie sur son site Internet une liste de substances chimiques qui font partie de la méthode d'analyse multi-résidus dans les fruits et les légumes (ACIA, 2009b). Généralement, les niveaux de résidus supérieurs aux LMR sont confirmés par une méthode analytique plus précise. L'ACIA vise à incorporer au total dans ses analyses environ 400 substances chimiques d'ici 2011-2012. La limite de quantification dans un échantillon de fruits et de légumes serait selon la méthode actuelle de 0,010 ppm pour les carbamates et de 0,017 ppm ou de 0,034 ppm pour les autres pesticides pour la méthode de multi-résidus. Compte tenu des différentes matrices évaluées à l'égard de la présence de pesticides et de la variabilité possible des limites de détection (LD), un résultat positif n'est déclaré que s'il dépasse la limite de quantification (LQ). Pour l'instant, la limite de détection des pesticides dans les fruits et les légumes serait de 0,001 ppm pour la plupart des denrées. Les précisions sur les méthodes spécifiques d'analyse d'un seul résidu peuvent être différentes. Pour les échantillons du volet enquête, le délai pour l'obtention du résultat analytique dépend du type de résidu. Il peut aller jusqu'à 45 jours après l'échantillonnage pour les pesticides. En moyenne, l'analyse des échantillons s'effectue en 21 jours civils.

Concernant la disponibilité des données, sur le site Internet de l'ACIA, la dernière publication des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes remonte aux résultats pour l'année financière 2004-2005 (1<sup>er</sup> avril au 31 mars). Depuis, l'agence a imposé un embargo sur ses résultats principalement en raison de la mauvaise interprétation qui pourrait être faite des

résultats. Cette situation est mieux décrite plus loin dans la section portant sur le programme québécois de surveillance. L'ACIA reconnaît tout de même que l'information contenue dans leurs rapports a intérêt à être mieux expliquée et vulgarisée à l'avenir avant d'être transmise au grand public<sup>3</sup>. Actuellement, le seul moyen d'avoir des données plus récentes concernant le Programme national de surveillance des résidus chimiques (PNSRC) sur les pesticides dans les fruits et légumes serait de passer par la *Loi sur l'accès à l'information* du Canada. Certains rapports spécifiques présentant, par exemple, des données en lien avec la consommation d'aliments pour les enfants sont aussi occasionnellement diffusés sur le site Internet de l'ACIA.

Pour ce qui est des résultats eux-mêmes, le nombre d'échantillons prélevés dans chaque culture n'est pas suffisant pour évaluer les risques populationnels selon l'ACIA (2006). Si le programme d'échantillonnage ne vise pas à produire des estimations statistiques très précises quant aux pourcentages de violation dans une population donnée, ces estimations constituent une information auxiliaire très utile. Pour estimer un certain risque dans la population, il faudrait des échantillons plus importants. Selon l'ACIA, par exemple, si aucun échantillon non conforme n'est détecté dans un échantillonnage de 300 lots, on peut en déduire avec un niveau de confiance de 95 % que le taux de violation dans la population est inférieur à 1 % (ACIA, 2006). Le programme de surveillance générale vise principalement à vérifier la contamination dans une culture ou un lieu de provenance en particulier dans le but d'apporter des mesures correctives si nécessaire. Les données ne constituent donc pas un portrait global pour toute l'industrie.

Les données du programme de surveillance de l'ACIA pour les fruits et les légumes domestiques, donc produits au Canada, ne sont pas analysées par région ou selon leur province d'origine. L'ACIA se dit incapable d'identifier avec précision la provenance des denrées car un produit acheté par exemple dans un marché en Ontario pourrait provenir du Québec sans que l'on puisse identifier sa provenance. Donc, il est impossible de se servir des données de l'ACIA pour faire une analyse de la situation québécoise en ce qui a trait à la contamination des denrées comme les fruits et les légumes par les pesticides. Selon les observations obtenues lors d'entrevues avec des représentants de l'ACIA et du MAPAQ, il y a d'ailleurs peu ou pas d'échanges de résultats entre les organisations concernant les données de surveillance. Et tel qu'expliqué plus loin, on ne peut comparer les résultats des deux programmes.

Lorsque des produits sont trouvés non conformes aux LMR, ils sont soumis au volet surveillance mis en place par l'ACIA. Cette étape sert à confirmer les résultats positifs présumés et à déterminer les cas suspects. L'activité de surveillance cible généralement un produit particulier et exige le prélèvement et l'analyse d'échantillons de cinq lots différents. Si tous ces lots sont jugés conformes aux limites réglementaires canadiennes, le produit est renvoyé à la liste d'enquête. Cependant, si l'un des cinq échantillons est jugé non conforme à la LMR, le produit passe au volet conformité.

---

<sup>3</sup> Martin D (2009). Communication personnelle. Agronome et spécialiste en fruits et légumes frais, Réseau de programme produits végétaux de l'Agence canadienne d'inspection des aliments.

Le volet conformité vise à retirer le produit contaminé du marché. La mesure de réglementation cible toujours une source particulière, comme le producteur ou l'expéditeur. Le produit est retiré du marché jusqu'à ce qu'au moins cinq lots aient été analysés dans un laboratoire reconnu, aux frais du producteur ou de l'expéditeur. Si les cinq échantillons sont jugés conformes aux limites réglementaires canadiennes, le produit est retiré du volet conformité et assujéti au volet enquête. Dans les faits, c'est plutôt rare que des produits soient retirés et saisis. Cela ne représente que 0,01 % des cas et il n'y a jamais eu de rappel de produits pour les pesticides<sup>4</sup>. Et pour cause, le délai entre l'échantillonnage et l'analyse fait en sorte que la denrée ne se retrouve plus chez le distributeur, mais sur le marché ou elle a déjà été consommée. Les problèmes de traçabilité des aliments constituent un autre facteur qui explique que peu de produits sont retirés du marché.

Lorsqu'un cas de non-conformité se présente, l'ACIA a une entente d'échange d'information avec l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA), et ce, principalement pour les cas d'usage non permis. Dans la situation où il y a une utilisation d'un produit non autorisé, l'Agence pourra effectuer un suivi chez le producteur fautif pourvu qu'il soit canadien.

Tous les résultats mesurés non conformes à la LMR sont traités de la même façon, peu importe qu'ils proviennent du Canada, des États-Unis ou d'un autre pays. Depuis 1998, le Canada a une entente avec les États-Unis concernant les procédures d'échantillonnage. Avant cette période, les produits canadiens étaient saisis aux douanes américaines selon le principe du « hold and test ». Ce processus pouvait bloquer jusqu'à 1 500 lots de fruits et légumes aux douanes jusqu'à ce que les résultats d'analyses de pesticides soient connus, ce qui n'est plus le cas. Le Canada n'a jamais mis en place une telle politique de saisie envers des fruits et des légumes américains. Par contre, certains produits importés (environ 15) sont sous protection phytosanitaire. Cela signifie qu'ils font partie d'un programme spécifique dont les lots de fruits ou de légumes doivent être soumis à l'inspection avant la mise en marché.

#### **5.4.2 Le programme québécois de surveillance**

Au Québec, le programme québécois de surveillance des pesticides dans les fruits et les légumes est géré par la Direction du laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires (DLEAA). La DLEAA fait partie du Centre québécois d'inspection des aliments et de santé animale (CQIASA), dont la mission est de contribuer à la protection de la santé publique et à l'amélioration de la santé animale en exerçant une surveillance de toute la chaîne bioalimentaire. Cette mission vise à s'assurer que les aliments demeurent sécuritaires à toutes les étapes de leur production, de leur transformation, de leur distribution et de leur préparation finale pour la consommation. L'objectif est d'écarter les aliments qui présentent ou sont susceptibles de présenter un risque pour la santé des consommatrices et des consommateurs québécois (MAPAQ, 2010).

---

<sup>4</sup> Martin D (2009). Communication personnelle. Agronome et spécialiste en fruits et légumes frais, Réseau de programme produits végétaux de l'Agence canadienne d'inspection des aliments.

Les diverses activités du laboratoire servent, entre autres, à soutenir des programmes d'inspection spécifiques dans le but d'apporter les correctifs appropriés si nécessaire. En tout temps, les inspectrices et les inspecteurs peuvent soumettre des échantillons à la DLEAA afin de vérifier l'innocuité, la qualité et l'authenticité des denrées alimentaires. À cet égard, les analyses microbiologiques, chimiques, biochimiques et organoleptiques constituent des outils privilégiés pour soutenir le travail d'inspection. Parmi les expertises de la DLEAA, il y a, entre autres, l'analyse du lait, des résidus de médicaments dans les viandes, de la microbiologie, de la biochimie et de la physicochimie et les résidus de pesticides. Ces derniers font l'objet d'un important programme de surveillance particulièrement dans les fruits et dans les légumes frais. Il peut y avoir à l'occasion de petits projets pilotes ponctuels visant d'autres aliments comme le miel afin de mesurer quelques pesticides particuliers qui pourraient être en relation avec la surmortalité qui affecte les populations d'abeilles (Deschênes, 2009).

Le programme québécois de vérification des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes comporte à la fois des activités de surveillance ciblées et générales. Année après année, ce sont les mêmes cultures qui sont échantillonnées par le MAPAQ pour des fins d'analyse avec quelques modifications sporadiques. Ces cultures sont au nombre d'environ 14 fruits et légumes. Elles sont choisies principalement en raison de l'importance de leur consommation au sein de la population, mais également en fonction de leur historique de contamination. Par exemple, l'échantillonnage sera davantage ciblé s'il se présente une situation particulière dans une culture qui demande une utilisation inhabituelle d'un pesticide ou si l'on décide de vérifier un produit en émergence. Le choix des cultures à échantillonner se fait aussi à la suite d'échanges avec l'ACIA, un comité ad hoc de consultation et le milieu agricole. L'échantillonnage est généralement aléatoire dans ce sens que l'on ne choisit pas une provenance particulière pour un échantillon ou un mode de culture. Il se peut par exemple que des produits biologiques soient échantillonnés, mais ce, de façon non ciblée et ces produits sont traités au même titre que les produits de culture conventionnelle (Deschênes, 2009).

Depuis 2006, l'échantillonnage des fruits et légumes pour le MAPAQ est effectué par des inspecteurs de l'ACIA sur la base d'une entente entre les deux organismes pour partager leurs ressources. Tout comme l'échantillonnage fait au Québec dans le cadre du programme canadien de surveillance des résidus chimiques, l'échantillonnage du programme du MAPAQ est réalisé principalement dans les régions de Montréal et Québec depuis 2008 et ce, chez une trentaine de grossistes en fruits et légumes frais et à un moindre niveau dans les marchés publics. Pour les années 2006-2007, les prélèvements étaient effectués dans les grands centres de distribution (6 entrepôts des principaux détaillants en alimentation : Métro, Loblaws, Sobeys). Les inspecteurs du MAPAQ font aussi des prélèvements complémentaires dans les marchés publics, dans les kiosques en bordure de route ou dans des petits marchés. Selon les années, le MAPAQ échantillonnait principalement des fruits et légumes domestiques frais et, de façon non systématique, une petite part de denrées importées fraîches. Cependant depuis 2008, le MAPAQ a mis en place un programme de comparaison des résultats de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes domestiques et importés. Ce programme doit s'échelonner sur quelques années. La grandeur de l'échantillonnage effectuée entre 1998 et 2006 varie environ de 400 à

1 000 prélèvements (Richard, 2003, 2006a, 2006b). Selon le responsable du laboratoire de la DLEAA, la capacité analytique du laboratoire d'analyse des pesticides permettrait en théorie de traiter près de 3 000 échantillons par année. Cependant, le manque de ressources humaines et budgétaires ne permet pas d'atteindre cet objectif. La capacité actuelle du laboratoire serait de près de la moitié de la capacité analytique soit moins de 1 500 échantillons. En fait, rien ne démontre officiellement que le MAPAQ, selon les données disponibles, ait déjà traité plus de 1 000 échantillons.

Il y a plus de 10 ans, le MAPAQ a fait appel au Bureau de la statistique du Québec (BSQ) afin de concevoir un protocole d'échantillonnage visant à évaluer la contamination de 14 fruits et légumes frais du Québec dans le cadre de son programme de surveillance (BSQ, 1998). La proposition du BSQ devait permettre de suivre pendant 3 ans, d'une façon statistiquement fiable, l'évolution de pesticides dans des produits horticoles sentinelles. Le premier scénario proposé par le BSQ visait à estimer le taux de contamination des fruits et des légumes sur la base d'une marge d'erreur de 5 % et d'une limite de confiance de 95 %. Selon ce scénario, il était recommandé d'analyser 300 échantillons pour chacune des cultures, soit 4 200 au total. Si l'on désirait obtenir un plan d'échantillonnage qui permettait d'éliminer les sources de variabilité liées à la région et au lieu de prélèvement, il aurait fallu doubler le nombre d'échantillons, soit 600 prélèvements par culture pour un total de 8 400. Il va sans dire que pour ce scénario, l'atteinte des objectifs était très élevée par rapport aux moyens du laboratoire du MAPAQ. Le second scénario qui aurait permis de maintenir les objectifs de précision proposait de faire l'étude avec 600 prélèvements par culture, mais en diminuant le nombre de celles-ci. En choisissant cette option, le laboratoire n'aurait eu de l'information que sur les seules cultures retenues. Le dernier scénario proposait de subdiviser le nombre maximum d'échantillons réalisable de façon égale pour chacune des cultures. Cependant, ce scénario a le désavantage de diminuer la fiabilité des résultats statistiques. C'est toutefois le scénario qui est appliqué présentement par la DLEAA. Il permet de suivre les cultures dans le temps, mais la fiabilité statistique des résultats est très faible.

Le laboratoire de la DLEAA est accrédité selon ISO/CEI 17025 par le Conseil canadien des normes (N°131) ce qui en principe assure une grande qualité des résultats. Le laboratoire responsable de la surveillance des pesticides met aussi en œuvre une série de programmes de développement méthodologique en vue d'accroître la précision, la spécificité ou la sensibilité des méthodes et d'élargir l'éventail des analyses offertes. Le nombre d'analyses a passablement augmenté depuis la fin de la dernière décennie passant d'environ 70 substances chimiques à près de 300, toujours en utilisant une méthode de multi-résidus. C'est environ le même nombre de produits que ceux analysés par l'ACIA à quelques différences près. La DLEAA analyse en effet certains nouveaux pesticides qui ne sont pas considérés par l'ACIA. Cependant, la DLEAA ne réalise pas d'analyses additionnelles au moyen d'un protocole d'analyse spécifique, applicable à une substance en particulier comme le fait l'ACIA. On évoque des problèmes analytiques et logistiques pour analyser certains pesticides tels que les éthylène-bis-dithiocarbamates (EBDC) pour lesquels on constate des infractions à l'ACIA et à l'Agence européenne de sécurité alimentaire (EFSA, 2009). Le laboratoire du MAPAQ vise à avoir plus de 440 pesticides à son répertoire en 2011 (Deschênes, 2009). La liste des pesticides ou des métabolites analysés n'est pas disponible

publiquement afin de ne pas nuire à l'efficacité du volet contrôle du programme de surveillance. De plus, les limites de détection ou de quantification utilisées par le laboratoire du MAPAQ ne sont pas connues. Normalement, lorsque les échantillons sont envoyés au laboratoire par les inspecteurs, ils sont traités en dedans de 7 heures (réfrigérés, broyés et congelés à - 20 °C) et analysés trois semaines plus tard en général.

Le MAPAQ ne publie pas les résultats du programme de surveillance des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes et on ne retrouve aucun rapport officiel à cet effet sur son site Internet. Les seules données disponibles proviennent de 2 présentations effectuées dans des colloques et d'un document informel d'une page émanant du site internet du ministère (Richard, 2003; 2006a et 2006b). Les quelques résultats disponibles sont très succincts puisqu'ils décrivent rarement les pesticides hors norme en cause, le nombre d'aliments qui contiennent plusieurs résidus, etc. Le laboratoire explique principalement son refus de publier ses résultats par les risques de mauvaise compréhension des données qui pourraient avoir un effet plus négatif que positif, même lorsque les résultats indiquent un bon bilan en matière de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes du Québec. On peut citer en exemple un article paru dans le journal *Le Devoir*, et qui, selon le MAPAQ, interprétait de façon inappropriée les résultats de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes de la campagne 2004-2005 (Deglise, 2007; Richard 2006a). Cette interprétation des résultats jugée erronée avait par la suite été reprise à profusion par des groupes de pression. La sous-ministre adjointe à la Direction générale de l'Alimentation du ministère avait alors dû intervenir pour apporter des précisions sur la situation concernant la présence de pesticides dans les fruits et les légumes du Québec et pour laquelle on présentait un portrait peu reluisant (Dubuc, 2007). Une entente de divulgation de résultats demeure possible pour les intervenants scientifiques, dont ceux du milieu de la santé, mais elle devrait faire l'objet d'un encadrement par des conditions très rigoureuses et les données ne seraient pas disponibles pour les médias ni le public. Des travaux visant à développer un tel protocole d'entente entre le MAPAQ et l'INSPQ ont déjà été entrepris.

Même s'ils étaient publiés, les résultats québécois d'analyses de pesticides dans les fruits et les légumes ne pourraient pas être utilisés pour évaluer les risques populationnels. Le programme n'a pas été conçu pour offrir un portrait statistique de la contamination des fruits et des légumes. Le programme a plutôt été développé dans le but de mener à des actions ciblées significatives, c'est-à-dire apporter des correctifs à des situations hors norme grâce à des activités d'inspection. Lors des situations de non-conformité exprimées par des dépassements de LMR, le MAPAQ n'a pas recours de façon systématique à des analyses des risques aigus ou chroniques. Par contre, s'il juge qu'il peut y avoir une atteinte à la santé, une évaluation du risque aigu seulement pourra être faite.

L'application du programme de surveillance sur les pesticides se fait en vertu de la *Loi sur les produits alimentaires* et du Règlement sur les fruits et les légumes frais s'y rattachant (Gouvernement du Québec, 2010 b,c). Elle s'effectue en trois étapes : surveillance, correction et suivi. Comme il a été mentionné, le programme de surveillance consiste à prélever au hasard des fruits et des légumes frais chez une trentaine de grossistes (depuis 2008) et les marchés publics dans le but de déceler les pratiques illégales. On considère que les produits disponibles dans ces centres de distribution sont représentatifs d'une grande

proportion des fruits et des légumes frais consommés au Québec et que les échantillonnages qui y sont faits ciblent le mieux les aliments qui sont disponibles pour les consommateurs québécois. Si des aliments produits au Québec contiennent des résidus de pesticides au-delà de la norme légale, le service d'inspection des aliments intervient pour informer et corriger la situation. Cette action corrective s'effectue en deux étapes. Dans un premier temps, de nouveaux prélèvements sont effectués à court terme chez le producteur fautif après le constat de non-conformité. Si les aliments comportent toujours des risques pour la santé des consommateurs, des pénalités allant jusqu'à la destruction des aliments peuvent être appliquées. Deuxièmement, les producteurs fautifs font aussi l'objet d'un suivi particulier au cours de l'année suivante pour s'assurer que les correctifs appropriés ont été apportés. Une évaluation sommaire du risque pour la santé découlant de la non-conformité peut servir à déterminer l'importance de l'infraction et du montant à payer pour cette dernière. Bien que ces situations soient rares, il est déjà arrivé par le passé qu'un propriétaire retire volontairement ses produits du marché. De plus, la destruction d'un champ contaminé a déjà été effectuée sur une base volontaire, à la suite de l'accord du propriétaire. Lorsqu'un produit hors norme provient de l'importation, l'information est transmise à l'ACIA qui assure alors le suivi du volet surveillance et conformité s'il y a lieu.

Le programme québécois de surveillance des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes n'est pas le seul qui existe à une échelle provinciale. En effet, le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales (OMAFRA) de l'Ontario possède aussi un programme de contrôle de la salubrité des aliments. Ce programme comprend l'analyse de fruits et de légumes cultivés en Ontario pour déterminer s'ils sont contaminés par des résidus de pesticides et (ou) des pathogènes. Les échantillons sont recueillis dans les points de vente partout dans la province, y compris dans les kiosques de vente à la ferme, les stands de fruits et de légumes, les installations de transformation et les marchés d'agriculteurs. La plupart des échantillons sont recueillis durant la saison de croissance en Ontario, c'est-à-dire de mai à septembre. Tous les échantillons sont analysés par les services de laboratoire de l'Université de Guelph. Les échantillons recueillis aux fins d'analyses chimiques sont soumis à des tests pour déterminer la présence de plus de 250 résidus de produits chimiques agricoles, y compris les carbonates de méthyle, composés organochlorés, composés organoazotés, composés organophosphatés, éthylènebis-dithiocarbamates (EBDC) et dithiocarbamates. La teneur en résidus est comparée à la limite maximale des résidus (LMR) établie par Santé Canada. Le nombre d'échantillons et les produits spécifiques analysés changent d'une année à l'autre. Le programme utilise une approche basée sur le risque pour élaborer ses plans d'échantillonnage, et tient compte des habitudes de consommation, des superficies de production, des habitudes de cuisson et d'autres facteurs de risques pour déterminer le nombre d'échantillons à recueillir et les produits à cibler. En raison du nombre relativement faible d'échantillons prélevés, les données recueillies dans le cadre de ce programme ne sont pas considérées comme statistiquement représentatives de l'état de l'industrie des fruits et des légumes de l'Ontario. Au cours de la saison 2008, environ 243 échantillons de fruits et de légumes frais et 121 échantillons de fruits et de légumes ayant subi une transformation minimale ont été recueillis aux fins d'analyse chimique. Au cours de la saison de croissance de 2009-2010, environ 240 échantillons de fruits et de légumes frais ont été recueillis aux fins d'analyse chimique.

Les données du programme de surveillance ontarien ne sont pas publiées à l'intention du grand public actuellement. Les résultats ont cependant été fournis à certaines associations sectorielles. L'OMAFRA élabore en ce moment une méthode pour déposer ces données de manière officielle sur le site Web du ministère afin d'en faire part au public, et ce, à compter de la saison d'échantillonnage de 2010. Lorsque des échantillons non conformes sont trouvés, le personnel du ministère travaille avec le producteur pour déterminer les raisons de cette non-conformité. Une visite à la ferme, un examen des registres, un nouvel échantillonnage du produit, etc. peuvent alors être effectués. L'emphase est mise sur la sensibilisation du producteur afin de prévenir d'autres cas de non-conformité. Chez ces producteurs, de nouveaux échantillons sont recueillis les saisons suivantes, et ce, jusqu'à ce que leurs produits soient conformes pendant deux années consécutives. L'ACIA et (ou) le ministère de la Santé et des Soins de longue durée sont informés si la teneur en produit chimique est extrêmement élevée et peut présenter une source d'inquiétude d'un point de vue de la salubrité alimentaire. Cependant, ces situations sont extrêmement rares (Young, 2010).

#### **5.4.3 Comparaison des modèles canadien et québécois de surveillance des résidus de pesticides**

En résumé, on peut tirer plusieurs constats des programmes de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments du MAPAQ et de l'ACIA. Même s'il existe une étroite collaboration entre ces organismes gouvernementaux, celle-ci se situe uniquement au niveau de l'échange et de la comparaison de résultats générés par les deux programmes (Martin, 2009; Deschesnes, 2009). La collaboration s'inscrit plutôt dans un partage des compétences pour le prélèvement des échantillons de fruits et de légumes puisque l'ACIA échantillonne au Québec pour le MAPAQ en même temps qu'elle réalise son propre échantillonnage. Les deux organismes ont également des discussions concernant surtout des aspects méthodologiques et analytiques. Le seul échange de résultats est la transmission par le MAPAQ à l'ACIA des cas de non-conformité pour des fruits et de légumes importés. De fait, la comparaison des données de l'ACIA et du MAPAQ n'est pas nécessairement possible en raison de différences observées entre les deux laboratoires du point de vue analytique. Bien que leur liste de produits se ressemble, tous les pesticides et métabolites potentiellement présents dans les aliments ne sont pas analysés par chacune des organisations. Certains produits sont traités par le MAPAQ alors qu'ils ne le sont pas par l'ACIA et vice-versa. De plus, les méthodes analytiques diffèrent et il n'est pas garanti que les limites de détection ou de quantification soient les mêmes. Également, la compilation des données de l'ACIA ne permet pas d'extraire les données pour le Québec. Enfin, les objectifs des deux programmes sont très différents. D'une part, le programme de l'ACIA est non ciblé et il vise un plus grand nombre de cultures alors que celui du Québec comporte à la fois une surveillance ciblée et générale et touche généralement 14 cultures seulement ou moins et certaines peuvent varier d'une année à l'autre.

Pour ce qui est des résultats eux-mêmes, le nombre d'échantillons prélevés dans chaque culture autant par le MAPAQ que l'ACIA n'est pas suffisant pour évaluer les risques populationnels. Ceci constitue une faiblesse des deux programmes. D'un point de vue statistique, les résultats sont peu fiables. Cependant, si le programme d'échantillonnage ne vise pas à produire des estimations statistiques très précises quant aux pourcentages de

violation dans une population donnée, ces estimations constituent une information auxiliaire très utile en permettant de repérer quelles cultures sont les plus contaminées, ce qui peut permettre d'ajuster ultérieurement l'échantillonnage. Le programme fédéral qui est moins ciblé couvre un éventail plus large de cultures de fruits et de légumes domestiques que celui du Québec (60 vs 14 ou moins) ce qui lui permet d'exercer une surveillance plus générale. Cela peut servir à déceler un problème ponctuel dans une culture en particulier. Au niveau analytique, l'ACIA mène au besoin des analyses additionnelles au moyen d'un protocole d'analyse spécifique, applicable à une substance en particulier, par exemple pour les pesticides de la famille des éthylène-bis-dithiocarbamates (EBDC), ce que le MAPAQ ne fait pas. Ceci peut constituer un avantage pour le programme fédéral, car si l'on prend précisément l'exemple des pesticides EDBC, ce sont des substances qui sont retrouvées fréquemment en Europe sur la liste des contaminants ou des produits en non-conformité (EFSA, 2009). Par contre à l'inverse, la DLEAA analyse des nouveaux pesticides qui ne font pas encore partie de la méthode de multi-résidus de l'ACIA.

#### **5.4.4 Principaux programmes de surveillance mis en place à l'étranger**

##### **Union européenne**

Tout comme le Canada, l'Europe a mis en place un programme de surveillance de la contamination des aliments par les pesticides. Ce programme regroupe actuellement 27 pays membres de l'Union européenne (UE) ainsi que la Norvège et l'Islande, deux pays de l'Association européenne de libre échange (AELE) ayant signé l'entente sur l'espace économique européen. En accord avec la législation européenne, les pays membres de l'UE et de l'AELE doivent adhérer à un programme national de surveillance des résidus de pesticides et fournir leurs résultats à la Commission européenne (CE). Il est important de préciser que les stratégies d'échantillonnage des différents pays participants à ce programme ne sont pas toujours harmonisées et qu'elles sont souvent orientées selon une approche de risque visant à identifier les arrivages ou les lots d'aliments non conformes. Ainsi, les participants prennent généralement en compte les résultats et leurs expériences des années antérieures et mettent souvent l'accent sur la surveillance de produits ayant une forte probabilité de non-conformité. Dans ce contexte, les données générées par les programmes nationaux ne sont pas toujours représentatives des niveaux de résidus présents dans les aliments disponibles en Europe et c'est pourquoi la CE a aussi développé un programme de surveillance harmonisé pour l'UE. Ce programme vise à produire des données statistiquement représentatives des résidus de pesticides retrouvés dans les fruits, les légumes et les céréales accessibles aux consommateurs européens, et ce, notamment afin d'estimer de façon plus précise l'exposition alimentaire actuelle de cette population.

Le dernier rapport disponible présente les données de résidus de pesticides mesurés en 2008 dans l'UE (EFSA, 2010). Il s'agit du second rapport réalisé par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), le premier concernait l'année 2007 (EFSA, 2009). L'EFSA, créée en 2002, est une organisation indépendante ayant comme mandat de produire des avis scientifiques et des communications sur les risques associés à la chaîne alimentaire. Elle fait partie du programme global visant à améliorer la sécurité alimentaire de l'UE, à assurer un niveau élevé de protection des consommateurs et à restaurer et maintenir la confiance dans l'approvisionnement alimentaire dans l'Union européenne.

Les données en lien avec les programmes nationaux indiquent que 70 143 échantillons visant quelque 200 produits alimentaires ont été analysés pour l'année 2008. Bien que chaque pays n'était pas en mesure d'analyser tous les pesticides homologués, les méthodes analytiques disponibles pour l'Europe permettaient de dépister un total de 862 pesticides différents dans les échantillons d'aliments. Au total, des résidus de 365 pesticides différents ont été trouvés dans les fruits et les légumes alors que ce nombre était de 76 pour les céréales. Plus de 96 % des échantillons analysés étaient en deçà de la limite légale permise. Par ailleurs, les données indiquent que les dépassements des LMR édictées par la CE sont plus souvent observés dans les échantillons de produits importés de trois pays non spécifiés (7,6 %) que dans les échantillons de denrées d'origine européenne (2,4 %). Ces résultats démontrent l'importance de tenir compte de l'origine des produits lors de la planification de l'échantillonnage. D'ailleurs, l'EFSA note que la part des échantillons domestiques et importés doit refléter la situation du marché national.

Le rapport porte une attention particulière aux résidus de pesticides dans les aliments pour bébé. Selon la législation européenne, la concentration d'un pesticide qui peut se retrouver dans un aliment pour bébé ne doit pas dépasser 0,01 ppm. Pour l'année étudiée, 0,2 % des 2 062 échantillons de nourriture pour bébé contenaient des résidus dépassant cette LMR.

Les données spécifiques au programme de surveillance harmonisé font référence à la présence de pesticides dans 9 produits alimentaires prioritaires pour l'évaluation de 2008 (oranges, mandarines, poires, pommes de terre, carottes, concombres, épinards, fèves et riz). Ces derniers ont été choisis sur la base de l'importance de leur consommation. Des produits différents font l'objet d'une évaluation chaque année. Par exemple, les pommes, les choux, les poireaux, la laitue, les tomates, les pêches et les hybrides similaires, le seigle, l'avoine et les fraises ont été investigués en 2007 alors que d'autres denrées seront ciblées en 2009. Les cultures évaluées de 2007 à 2009 permettront de recueillir des données statistiquement représentatives pour 40 à 95 % de l'apport alimentaire journalier total d'origine végétale (EFSA, 2009). Pour la campagne de 2008, 78 pesticides différents ont été analysés. Il est important de noter qu'afin d'obtenir des informations représentatives des niveaux de résidus de pesticides dans les fruits, les légumes et les céréales, l'EFSA utilise un plan d'échantillonnage basé sur des statistiques tel que proposé par le Codex Alimentarius (1994). Un nombre minimum d'échantillons à récolter par aliment a été estimé pour chaque pays sur la base de la taille de sa population. Les résultats indiquent un dépassement de LMR pour 2,2 % des 11 610 des échantillons analysés. Des résidus respectant les normes en cours ont été détectés dans 35,7 % des échantillons alors qu'aucune trace de pesticides n'a été mesurée dans 62,1 % des échantillons.

Comme plusieurs pesticides différents peuvent se retrouver dans les aliments et que la présence de résidus multiples est un facteur important à considérer lors de l'évaluation de l'exposition des consommateurs, les pays européens doivent déclarer la présence de ces résidus multiples dans les échantillons. En considérant les résultats du programme national et du programme harmonisé de l'Union européenne, 27 % des échantillons analysés pour les différents programmes de surveillance contenaient deux pesticides ou plus. Depuis 1997, on observe une tendance à la hausse des résidus multiples dans les produits disponibles sur le marché européen.

En plus de rapporter de façon détaillée les résultats de résidus de pesticides fournis par les pays participants, le rapport annuel de l'EFSA (2010) présente une évaluation de l'exposition alimentaire actuelle des consommateurs européens aux pesticides. Tout comme les rapports précédents de la CE, des évaluations des risques aigus et chroniques pour la santé des consommateurs ont été réalisées afin de vérifier si les dépassements de LMR pouvaient effectivement représenter un risque pour la santé de la population. Ces évaluations sont réalisées à partir des données de surveillance plus représentatives du programme harmonisé. En raison de certaines limites liées à la précision des données de résidus dans les aliments, des scénarios très conservateurs surestimant l'exposition sont utilisés. L'exercice d'évaluation des risques toxicologiques à partir des données de surveillance permet aux autorités européennes de juger des impacts potentiels des niveaux de résidus de pesticides mesurés et de proposer des actions correctives lorsque nécessaire.

Pour l'évaluation des risques à court terme, l'EFSA retient un scénario du pire cas réaliste impliquant un consommateur qui ingère des aliments contenant les plus hauts taux de résidus de pesticides mesurés. Les évaluations des risques aigus pour l'année 2008 ont permis à l'EFSA (2010) d'identifier 35 combinaisons pesticide-aliment potentiellement à risque pour le consommateur. Cependant, la survenue d'événements critiques a été jugée très improbable en raison de la faible fréquence de détection de résidus élevés et d'une consommation représentative d'un pire cas réaliste. Les données générées ont permis de mieux gérer le risque en retirant certaines autorisations ou en diminuant la valeur des LMR pour 11 combinaisons pesticide-aliment pour lesquelles des situations d'exposition critiques ne pouvaient être exclues.

La caractérisation de l'exposition à long terme des consommateurs est réalisée en calculant une dose maximale journalière théorique pour chaque régime alimentaire identifié. Ainsi, cette exposition est calculée en considérant l'ingestion de portions moyennes de denrées contenant des niveaux de résidus moyens durant une vie entière. Selon le modèle de déclaration actuel, les pays participants soumettent leurs données sous une forme regroupée. En effet, plutôt que de rapporter les résultats d'analyse pour chaque échantillon, 13 classes de niveaux de résidus avec des écarts de concentration prédéfinis ont été proposées et seul le nombre d'échantillons présents dans chacune de ces classes est indiqué. En l'absence de données individuelles pour chaque échantillon, la valeur supérieure de la classe a été retenue pour chaque groupe d'échantillons compris dans cette classe. Comme l'évaluation de l'exposition chronique est réalisée en utilisant une valeur moyenne dérivée des valeurs limites supérieures de chaque classe de résidus, l'EFSA considère l'approche très conservatrice. Les évaluations de risque chronique pour les consommateurs ont permis de conclure que pour toutes les matières actives évaluées, les niveaux d'exposition ne présentaient pas de risque significatif pour les consommateurs.

## États-Unis

Aux États-Unis, trois agences gouvernementales partagent la responsabilité de la réglementation des pesticides (FDA, 2009). L'Agence de protection de l'environnement (EPA) est responsable de l'homologation des pesticides et détermine les valeurs maximales de résidus de ces produits permises dans les aliments. Le Service de sécurité alimentaire et de l'inspection (FSIS) du département de l'Agriculture américain (USDA) est responsable

des produits de la viande, de la volaille et de certains produits à base d'œufs. La Food and Drug Administration (FDA) est responsable de faire respecter la conformité aux normes des aliments domestiques et importés circulant sur le marché américain en gérant un programme de surveillance réglementaire basé sur un échantillonnage ciblé. Un second programme permet de recueillir des données sur la fréquence de détection et les niveaux de résidus de pesticides. En effet, la FDA recueille aussi des données sur certaines combinaisons pesticide-aliment afin de documenter un panier de provisions type dans le cadre de l'étude sur la diète totale. Depuis 1991, l'Agricultural Marketing Service (AMS) de l'USDA a mis en place un programme d'analyse des résidus de pesticides appelé le *Pesticide Data Program* (PDP) ciblant les produits agricoles frais ainsi que différents aliments transformés. Dans le cadre de ce programme, des ententes sont prises avec les États pour réaliser l'échantillonnage et les analyses.

Dans le cadre de son programme de surveillance réglementaire, la FDA analyse le contenu en résidus de pesticides de lots individuels de produits domestiques et importés afin de faire respecter les normes établies par l'EPA. Les échantillons de produits domestiques sont collectés le plus près possible du point de production dans le système de distribution alors que les échantillons de produits importés sont prélevés au point d'entrée sur le marché américain. Les produits frais sont principalement ciblés, mais certains produits transformés sont inclus dans l'échantillonnage.

Dans le cas des produits domestiques, lorsque dans un aliment des résidus dépassent la limite maximale déterminée par l'EPA ou le niveau d'action réglementaire de la FDA, ou lorsque des résidus sont mesurés pour des produits pour lesquels aucune LMR n'a été déterminée par l'EPA, le lot restant encore disponible est généralement retiré du commerce. La FDA peut aussi transmettre une lettre de mise en garde aux producteurs fautifs et invoquer d'autres sanctions comme la saisie ou une injonction pour corriger la cause de l'infraction. Pour les produits d'importation, les envois contenant des résidus hors norme n'obtiennent pas l'autorisation d'accès au commerce américain. Une détention sans examen physique (DSEP, traduction de DWPE) peut aussi être invoquée pour des importations futures d'un produit, et ce, sur la base de la découverte d'une seule cargaison hors norme. Le Congrès a effectivement autorisé la FDA à refuser l'entrée de produits réglementés sur la base d'informations, autres que celles de l'examen de l'échantillon, qui pourraient laisser croire que le produit est en violation avec le *Food Drug and Cosmetic Act* (FDCA). La FDCA est la loi qui confère à la FDA l'autorité en matière de surveillance des aliments. L'importation de produits contenant des résidus de pesticides illégaux répond à ce critère. Une DSEP peut être imposée à un produit pour un producteur spécifique, un manufacturier, un distributeur, une région géographique ou un pays si le problème est reconnu comme suffisamment généralisé. Des alertes à l'importation décrivant les DSEP en cours sont disponibles sur le Web et il faut que les contrevenants démontrent que le problème a été résolu, et ce, sur une base suffisamment permanente, pour que le produit en cause soit libéré de la mesure de rétention. Un minimum de 5 cargaisons respectant les normes, démontré avec un rapport d'analyse provenant d'un laboratoire privé est nécessaire pour mettre fin à une DSEP.

Plusieurs facteurs sont considérés par la FDA lors de la planification du type et de l'origine des produits à échantillonner pour le programme de surveillance réglementaire : analyse des problèmes antérieurs rencontrés dans une région, évaluation récente des combinaisons denrée-pesticides par l'USDA ou de la FDA, renseignements régionaux sur l'utilisation des pesticides, importance de l'aliment dans le régime alimentaire, volume des denrées individuelles d'aliments domestiques et importés disponibles aux États-Unis, l'origine des produits importés, les caractéristiques chimiques et toxicologiques du pesticide concerné. Comme ce programme vise à assurer le respect des normes, il est basé sur un échantillonnage ciblé.

Les analyses sont principalement faites à l'aide de méthodes multi-résidus qui permettent de détecter près de la moitié des 400 pesticides pour lesquels l'EPA a développé une LMR, et plusieurs autres pesticides pour lesquels il n'y a actuellement pas de normes. Les méthodes multi-résidus les plus utilisées permettent aussi de mesurer plusieurs métabolites, impuretés et produits de dégradation des pesticides. Des méthodes individuelles ou des méthodes multi-résidus sélectives sont aussi utilisées à l'occasion pour la détermination des résidus de pesticides dans les aliments. Les méthodes analytiques de la FDA (2009) permettent généralement de mesurer des résidus de pesticides bien en deçà des LMR prescrites pour les différentes combinaisons pesticides-cultures évaluées par le programme de surveillance américain. Alors que ces LMR se situent généralement entre 0,1 et 50 ppm, il est parfois possible de mesurer une concentration aussi basse que 0,005 ppm pour un pesticide individuel. Les données présentées dans les rapports américains incluent les cas de détection à l'état de trace et non pas seulement les cas de dépassement.

L'étude sur la diète totale ou *Total Diet Study* (TDS) est différente du programme de surveillance réglementaire du fait qu'elle ne vise pas les résidus de pesticides dans les produits frais, mais plutôt dans les aliments préparés et prêts à la consommation. Dans ce cas, les échantillons sont lavés et/ou cuits avant l'analyse afin de simuler le type de manipulation que fait normalement le consommateur. Les aliments à l'étude sont échantillonnés comme panier de provisions comprenant près de 300 aliments différents représentant le régime moyen d'un consommateur américain. Quatre paniers de provisions régionaux sont élaborés chaque année et pour chacun d'eux, les échantillons sont prélevés dans trois villes différentes de la région ciblée. Ces prélèvements sont combinés afin de former un échantillon composite qui fera l'objet de l'analyse. Les résultats analytiques du programme sont relativement accessibles et peuvent être consultés dans plusieurs publications de la FDA ou sur son site Internet (FDA, 2009). Les analyses se font avec des méthodes analytiques améliorées qui sont de 10 à 100 fois plus sensibles que celles utilisées pour le programme réglementaire, ce qui constitue une autre particularité de la TDS.

Même si le programme sur la TDS n'est pas de nature réglementaire, une enquête est habituellement entreprise lorsque des résidus hors norme sont mesurés dans les aliments ou lorsqu'un produit contient un pesticide pour lequel il n'existe pas de LMR. Par ailleurs, cette enquête peut mener à des contrôles réglementaires ultérieurs sur les aliments ou sur les ingrédients suspects.

La majorité des échantillons analysés dans le cadre du programme de la FDA sont de type surveillance, du fait qu'aucune information préalable ou preuve ne permet de croire qu'une cargaison d'aliments puisse contenir des résidus illégaux. Cependant, la surveillance réalisée par la FDA ne se fait pas complètement au hasard car un biais est introduit principalement parce que l'échantillonnage met l'emphase sur des produits et des régions d'origine ayant un historique de violation et à un moindre niveau, en ciblant les cargaisons de grande taille. En 1991, la FDA a mandaté le Research Triangle Institute (RTI) pour concevoir une approche statistique pour mener une étude sur les résidus de pesticides. Dans son rapport, le RTI reconnaissait que le programme de la FDA n'utilisait pas une approche probabiliste en raison de ces biais de sélection. Selon le RTI, une approche de type probabiliste devrait tenir compte de nombreux autres éléments comme une très grande couverture des denrées consommées. En 1992-1993, la FDA a conduit une étude statistique sur 4 denrées en se basant sur les recommandations du RTI. Les résultats de cette étude corroboraient le postulat de la FDA voulant que son programme de surveillance, lorsque comparé à un autre ayant une approche statistique, permettait de faire des estimés raisonnablement fiables des résidus de pesticides dans les aliments disponibles sur le marché américain et ce, spécialement lorsque les données étaient analysées sur un horizon de plusieurs années et que les résidus étaient généralement en deçà des LMR américaines. C'est donc sur cette base que la FDA a maintenu le format de son programme de surveillance. Elle y a cependant ajouté son étude complémentaire sur la diète totale. Cette dernière, en raison de son approche méthodologique, constitue un système d'alerte précoce permettant de détecter beaucoup plus de résidus de pesticides, et ce, avec une plus grande sensibilité.

Les résultats de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes provenant des échantillons domestiques et importés évalués par le programme de la FDA pour l'année 2007 démontrent que la contamination de ces aliments est généralement faible avec une moyenne de 2,7 % d'infraction pour les échantillons domestique et de 4,3 % pour les produits importés. Cependant, des résidus en deçà de la LMR ont été détectés en moyenne dans 35 % des échantillons domestiques et importés (FDA, 2009).

L'importance du *Pesticide Data Program* (PDP) de l'USDA (2010) pour générer des données de résidus de pesticides scientifiquement fiables est reconnue par le Congrès américain. Ce programme qui utilise les méthodes de laboratoire des plus récentes a permis de mesurer les résidus de pesticides dans les fruits et les légumes frais et transformés, mais aussi dans les céréales, les produits laitiers, les produits de la viande et les différentes formes d'eau de consommation.

L'AMS collabore étroitement avec l'EPA et d'autres parties prenantes, incluant l'industrie et les groupes de producteurs, afin d'établir les priorités du programme et les directions à prendre. Les États participants ont aussi un rôle clé dans cette planification, et ce, particulièrement en matière d'assurance qualité. En parallèle, le National Agricultural Statistics Service (NASS) assure un soutien en matière d'échantillonnage et fournit des données statistiquement fiables sur les usages de produits chimiques dans chaque État.

Le PDP cible principalement les aliments consommés par les nourrissons et les enfants et fournit des données cruciales et réalistes sur les résidus de pesticides à l'EPA pour ses évaluations de l'exposition alimentaire aux pesticides. Les données du PDP sont aussi accessibles et utilisées par la FDA, le Foreign Agricultural Service (FAS), les États participants, les institutions d'enseignement, les manufacturiers de produits chimiques, les groupes environnementaux, les organisations de sécurité alimentaire, et les représentants du secteur privé des groupes de producteurs en alimentation. Les données du PDP sont aussi utilisées par le gouvernement et la communauté agricole pour examiner des problèmes de résidus de pesticides qui pourraient avoir une incidence sur les bonnes pratiques agricoles en lien avec les objectifs de la gestion intégrée des cultures et du marché américain, particulièrement dans le contexte du marché global.

Les échantillons requis par le PDP sont recueillis dans le système de distribution alimentaire, et ce, en suivant un plan d'échantillonnage statistiquement fiable afin de s'assurer que les données soient représentatives de l'exposition alimentaire aux États-Unis. Les fruits, les légumes et les produits laitiers sont recueillis sur plus de 550 sites. Une denrée est généralement évaluée pour deux années consécutives et elle est réintroduite au programme à un intervalle de 5 ans.

Les départements de l'agriculture des différents États américains travaillent avec l'USDA pour recueillir et analyser les échantillons. Trois laboratoires fédéraux contribuent aussi aux analyses.

En 2008, le PDP a analysé les résidus dans 13 381 échantillons, dont 10 382 fruits et légumes (USDA, 2009). Au total, 16 fruits frais et légumes ont été examinés (asperge, bleuet, fraise, brocoli, épinard, patate, patate douce, céleri, maïs sucré, haricot vert, nectarine, oignon vert, pêche, chou vert, courge d'été et tomate) ainsi que 5 produits transformés (jus de raisin et de pomme, bleuet congelé, maïs sucré congelé et haricot sec en boîte).

## **Australie**

La surveillance de résidus de pesticides dans les aliments fait partie de la stratégie globale du Department of agriculture, fisheries and forestry-Australia (DAFFA) qui vise la réduction des résidus chimiques dans les produits de consommation. Le programme de surveillance australien cherche, entre autres, à identifier certains problèmes potentiels comme le non-respect de bonnes pratiques agricoles et la priorisation des actions visant à produire des denrées répondant aux exigences des marchés domestiques et internationaux. Le DAFFA gère 2 programmes dont le but est de documenter les niveaux de résidus de pesticides dans la nourriture. Il y en a un sur les produits domestiques (*National Residue Survey (NRS)*) et le deuxième cible les produits importés (*Imported Food Surveys*).

Les principaux objectifs du NRS sont de fournir une assistance aux industries participantes afin qu'elles puissent augmenter et maintenir un accès aux marchés internationaux, de soutenir la commercialisation de produits domestiques australiens et d'aider à réduire les risques d'infraction aux normes australiennes et internationales (DAFFA, 2009; Reichstein, 2008). Les projets de surveillance de résidus de pesticides mis en place par le NRS sont d'ailleurs développés en collaboration avec l'industrie. Une des particularités du programme

de surveillance géré par le NRS est le prélèvement d'une taxe à l'industrie, ce qui constitue sa principale source de financement. De plus, certains groupes industriels financent le NRS directement, par entente contractuelle, pour réaliser une surveillance aléatoire des résidus, l'évaluation des performances et le contrôle de qualité dans les laboratoires. Même si le NRS n'exige pas que les industries participent au NRS, plusieurs le font dans le but de répondre aux exigences d'accès au marché ou de l'exportation ou simplement pour satisfaire aux obligations des normes nationales.

Généralement, les campagnes d'échantillonnage visent des fongicides, des insecticides, des acaricides, des fumigants et des herbicides homologués. Certains produits très persistants dans l'environnement, comme les insecticides organochlorés, peuvent aussi être analysés même s'ils ne sont plus homologués en Australie. Les services analytiques sont réalisés par des laboratoires des secteurs public et privé qui sont sélectionnés selon leur capacité à répondre à des exigences en matière de compétence et d'accréditation.

Dans le cadre du NRS, l'analyse des aliments s'effectue suite à un échantillonnage aléatoire ou ciblé. Les résidus sont classés comme « présent » si leur concentration est supérieure à la limite de déclaration (LOR) établie pour les besoins du NRS. Habituellement, la LOR est établie entre 10 et 20 % de la limite maximale de résidus légale (LMR<sup>5</sup>), de la limite maximale de résidus d'origine étrangère (ERL<sup>6</sup>) ou de la concentration maximale acceptable (CMA<sup>7</sup>) de résidus. Quand aucune LMR ou ERL n'a été développée par les autorités australiennes pour une combinaison pesticide-aliment, aucun résidu du pesticide ne peut être considéré acceptable dans l'aliment concerné. Par contre, si aucune CMA n'a été déterminée pour une combinaison pesticide-aliment, le producteur doit maintenir les niveaux de résidus de pesticides aussi bas qu'il est raisonnablement possible de le faire, mais il est accepté qu'un faible niveau de contamination puisse être inévitable.

La sélection des combinaisons pesticide-aliment à inscrire à ce programme de surveillance se fait selon une approche du risque tenant compte de nombreux facteurs comme la perception du risque pour la santé de la combinaison pesticide-aliment au niveau international et/ou domestique, la probabilité de retrouver des résidus de pesticides dans le produit (mauvaise utilisation, persistance dans la culture, etc.). On prendra également en considération l'ampleur et les résultats des campagnes de surveillance antérieures, les normes australiennes sur les résidus et les exigences des partenaires commerciaux pour l'accès aux marchés ainsi que l'existence d'un programme d'échantillonnage et de méthodes analytiques appropriées.

Comme certains pays importateurs peuvent avoir des exigences particulières en matière de présence de résidus de certains pesticides, il arrive que la liste des produits faisant partie du programme de surveillance du NRS contienne des pesticides qui ne sont pas homologués en Australie.

---

<sup>5</sup> Concentration maximale de résidus légalement permise dans les aliments. Elle est déterminée sur la base des pratiques sécuritaires officiellement autorisées pour le produit.

<sup>6</sup> Limites maximales de résidus permises pour un pesticide provenant d'une source environnementale autre que l'utilisation directe ou indirecte du pesticide dans ou sur les aliments. Des ERL ont été déterminées pour certains pesticides organochlorés qui ne sont plus en usage en Australie (ex. : DDT et dieldrin).

<sup>7</sup> Concentration maximale de résidus acceptable dans les aliments.

Lorsque des échantillons ont des niveaux de résidus dépassant la norme ou le niveau d'action réglementaire, le laboratoire doit en informer immédiatement le NRS qui informe à son tour l'autorité gouvernementale responsable. Celle-ci a la responsabilité de retracer l'origine de l'échantillon afin de prévenir des infractions futures. Les actions subséquentes varient en fonction du type de produit et d'aliment et sont identifiées par l'autorité législative gouvernementale du territoire ou de l'État concerné. Les actions mises en place varient d'un simple avis dans le cas d'une infraction mineure jusqu'à la mise en quarantaine des produits concernés ou le dépôt de poursuites judiciaires lorsque les infractions sont plus graves.

Les données relatives aux campagnes d'échantillonnage font l'objet d'un rapport annuel facilement accessible sur Internet. Des données détaillées sont présentées pour toutes les combinaisons de pesticide-aliment. Pour l'année 2006-2007, 3 335 échantillons de 14 céréales différentes ont été analysés pour un total de 169 206 résultats analytiques.

L'*Imported Food Surveys* est géré par l'Australian Quarantin and Inspection Service (AQIS, 2007). Le but de ce programme de surveillance est de fournir un portrait de la contamination des produits horticoles importés. Ce programme est indépendant du régime de contrôle normal qui vise 5 % des expéditions en importation. Pour l'année 2006-2007, par exemple, 50 échantillons ont été récoltés dans les 4 principales régions d'accès à l'Australie. Les produits horticoles frais sont principalement ciblés, mais un petit nombre de produits emballés séchés ou congelés ont été analysés. Au total, 27 produits horticoles ont été ciblés par la campagne d'échantillonnage. Le nombre d'échantillons par produit était relativement faible et se situait entre 1 et 10 échantillons alors que 139 pesticides avaient été recherchés dans ces prélèvements pour un total de 6 950 résultats analytiques.

Un troisième programme a été mis en place, l'*Australian Total Diet Survey* (ATDS) afin d'estimer les niveaux d'exposition aux résidus de pesticides et autres contaminants contenus dans le régime alimentaire australien (FSANZ, 2003). Ce dernier programme cible les aliments sous une forme « prêts à être consommés » provenant tant des marchés domestiques que de l'importation. En complément à ces programmes, des enquêtes ponctuelles peuvent être menées par les autorités de la santé et de l'agriculture sur des problématiques spécifiques et inquiétantes afin de déterminer si les producteurs respectent la loi.

Les ATDS sont réalisées approximativement tous les deux ans depuis 1970. Comme les ATDS visent à vérifier si les résidus de pesticides dans la diète totale représentent un risque inacceptable pour la santé humaine, les échantillons de produits alimentaires doivent subir certaines manipulations avant d'être analysés. Par exemple, certains fruits peuvent être préalablement pelés alors que certains légumes peuvent être cuits afin d'obtenir des données de résidus de pesticides qui tiennent compte de la dégradation potentielle découlant du procédé de transformation (FSANZ, 2003).

Les ATDS sont réalisées sous la supervision de l'Australia New Zealand Food Authority (ANZFA) et impliquent la coopération des départements de santé, ou l'équivalent, de chacun des États et des Territoires septentrionaux. Les États et les Territoires sont responsables de l'achat et de la préparation des échantillons. Toutes les étapes, de l'échantillonnage à

l'analyse, doivent être réalisées en accord avec des procédures d'assurance qualité reconnues (FSANZ, 2003).

Les denrées échantillonnées doivent être représentatives des principaux groupes d'aliments faisant partie d'une diète acceptable d'un point de vue nutritionnel pour la population générale. Ces groupes sont le pain et les céréales, les fruits et les légumes, le lait et les produits laitiers, la viande et ses substituts ainsi que les gras et les huiles. Les aliments qui présentent un intérêt particulier en raison de leur potentiel de contamination par un pesticide peuvent aussi être insérés dans l'étude. Certaines denrées peuvent aussi être incluses en raison de leur consommation importante par des sous-groupes de la population. Trois principaux groupes d'aliments sont généralement échantillonnés : les aliments essentiels qui sont au cœur de la diète australienne (ex. : pain, bœuf, œuf, lait, jus d'orange, margarine, pomme de terre et tomate), les aliments régionaux pour lesquels des variations des niveaux de résidus peuvent être anticipées (principalement des fruits, des légumes et de la viande) et les aliments nationaux qui sont disponibles dans tout le pays et pour lesquels aucune variation des niveaux de résidus n'est suspectée (ex. : biscuits sucrés, thon en conserve et céréale pour enfant). Le choix des aliments échantillonnés peut varier d'une campagne à l'autre afin d'avoir un portrait relativement global de l'exposition des consommateurs.

Tous les aliments échantillonnés sont analysés pour déterminer les résidus d'une centaine de pesticides tels des organochlorés, des organophosphorés, des carbamates, des pyréthrinoides de synthèse, de nombreux fongicides ainsi que différentes autres classes de pesticides moins courantes. L'exposition alimentaire à ces différents pesticides est estimée pour divers groupes d'âge et comparée à des indicateurs de risques toxicologiques telle la dose journalière acceptable. Selon les résultats obtenus, il peut être recommandé d'augmenter ou de diminuer la fréquence de l'échantillonnage des pesticides dans les ATDS futures ou de mettre l'emphasis sur certaines catégories de pesticides.

#### **5.4.5 Comparaisons des principaux programmes de surveillance mis en place à l'étranger**

Comme il a été présenté dans les sections précédentes, plusieurs pays ont développé des modèles de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments. Ceux-ci prennent différentes formes, mais ils visent tous à assurer la sécurité des consommateurs et à produire des denrées répondant aux exigences des marchés domestiques et internationaux. Comme l'objectif premier du présent avis scientifique est de faire des recommandations visant à bonifier la politique agroalimentaire du gouvernement du Québec, il apparaissait pertinent de comparer les modèles de surveillance québécois et canadiens avec les principaux modèles répertoriés dans la littérature, et ce, sur la base de certains éléments considérés importants par plusieurs des organisations gestionnaires de ce type de programme.

Le tableau 9 compare les modèles de surveillance présentés dans les sections précédentes.

**Tableau 9 Comparaison des modèles de surveillance présentés dans les sections précédentes**

| ÉLÉMENTS DE COMPARAISON                                                      | PROGRAMME DE SURVEILLANCE |               |     |      |      |       |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------|-----|------|------|-------|
|                                                                              | ACIA                      | MAPAQ (DLEAA) | FDA | USDA | EFSA | DAFFA |
| Accessibilité des données                                                    |                           |               | X   | X    | X    | X     |
| Approche statistique pour la détermination du nombre d'échantillons          |                           |               |     | X    | X    | *     |
| Approche basée sur le risque pour la planification du plan d'échantillonnage | X                         | X             | X   | X    | X    | X     |
| Évaluation des risques pour les consommateurs lors de dépassements des LMR   | *                         | *             | X   |      | X    | *     |
| Étude sur la diète totale régulièrement mise à jour**                        | N.A.                      | N.A.          | X   | N.A. | X    | X     |
| Programme ciblant les aliments pour enfants                                  | X                         | *             |     | X    | X    | X     |
| Surveillance des produits importés                                           | X                         | X             | X   |      | X    | X     |
| Analyse des données par région (province, état, région d'une province)       |                           | *             | X   | X    | X    | X     |
| Échantillonnage général                                                      | X                         | *             | X   | X    | X    | X     |
| Échantillonnage ciblé                                                        | *                         | X             | X   | X    | X    | X     |
| Surveillance de produits transformés                                         | X                         |               | X   |      |      | X     |
| Mesures correctives potentielles en cas de non-conformité                    | X                         | X             | X   | X    | X    | X     |
| Surveillance spécifique des produits biologiques                             |                           |               |     |      |      |       |
| Laboratoires accrédités                                                      | X                         | X             | X   | X    | X    | X     |

X Observé sur une base permanente ou très régulière.

\* Observé occasionnellement seulement.

\*\* Au Canada, les études sur la diète totale sont réalisées par Santé Canada. La dernière étude ayant évalué l'exposition alimentaire aux pesticides d'un échantillon de la population québécoise remonte à 1993.

N.A. Non applicable.

Il est difficile de comparer les différents programmes de surveillance car ceux-ci ont parfois des objectifs très différents. Toutefois, les programmes de l'ACIA et de la DLEAA se démarquent à deux niveaux. Premièrement, les données générées par ces programmes ne sont pas ou peu accessibles, contrairement à l'ensemble des programmes évalués. Alors que la plupart favorisent la diffusion de l'information, l'ACIA et la DLEAA sont très sélectifs dans la transmission des informations relatives à leur programme de surveillance. Ceux-ci justifient leur position par la crainte que les résultats soient mal interprétés dans la population et par les médias, et ce, même s'ils considèrent que les bilans de contamination des aliments par les pesticides sont relativement bons au Canada et au Québec. Pour des résultats très comparables, les gestionnaires des programmes de surveillance américains, européens et australiens ont préféré prendre une approche de transparence.

Le second point sur lequel diffèrent les programmes de l'ACIA et de la DLEAA est en lien avec la capacité à établir une représentation régionale de l'exposition. Les données générées ne permettent pas vraiment de faire un portrait de l'exposition de la population québécoise. Par exemple, les données québécoises produites par l'ACIA sont intégrées aux données globales pour tout le pays et il semble impossible de générer un rapport de données spécifique à une province. Par ailleurs, les évaluations de la DLEAA sont très ciblées et ne peuvent être utilisées pour établir un portrait de l'exposition des Québécois même si les quelques résultats disponibles laissent supposer que les données de résidus de pesticides dans les aliments dépassent rarement les normes. Une autre limite importante des programmes de surveillance se situe au niveau de l'importance de l'échantillonnage, notamment en ce qui concerne les produits importés. Le nombre limité d'échantillons pour certaines cultures de provenance étrangère ne permet pas toujours de faire un portrait objectif de la contamination potentielle de ces produits. Considérant que de plus en plus de fruits et de légumes proviennent d'autres pays ou de nouveaux fournisseurs comme la Chine, il apparaîtrait approprié d'évaluer la qualité de ces produits afin de déterminer si des ajustements doivent être faits en matière de respect des normes canadiennes.



## **6 CERTAINS ASPECTS AGRONOMIQUES POUVANT AVOIR UN IMPACT SUR LA CONTAMINATION DES ALIMENTS PAR LES PESTICIDES**

### **6.1 LA FORMATION ACADÉMIQUE**

Au Québec, plusieurs institutions d'enseignement proposent des programmes axés sur l'enseignement de techniques de production agricole. Considérant que l'emploi de pesticides constitue encore l'approche la plus utilisée pour contrôler les ennemis des cultures, il apparaît logique de croire que ces différents programmes offrent des cours obligatoires sur l'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides, et ce, en consacrant un volet spécifique aux pratiques visant à limiter la présence de pesticides dans les aliments comme les fruits et les légumes.

L'Institut de technologie agroalimentaire (ITA) qui relève du MAPAQ, offre par l'entremise de ses deux campus de St-Hyacinthe et de La Pocatière, des programmes de niveau collégial axés sur les compétences. Cela implique que les étudiants doivent être capables de mettre en pratique les connaissances acquises dans le cadre de leur formation, ce qui n'est pas obligatoire pour l'obtention du certificat de qualification pour les utilisateurs exigé par le Règlement sur les permis et certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides (c. P 9.3, r.0.1). Le campus de La Pocatière propose aussi une formation de niveau professionnel. Les étudiants inscrits à ces programmes de formation en lien avec la production horticole doivent suivre une formation sur l'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides qui traitent, entre autres, des notions de respect des étiquettes, des délais avant récolte et des nombreuses pratiques agricoles qui visent à limiter les résidus de pesticides. À La Pocatière, un cours spécifique est destiné à l'acquisition de ces connaissances (Lavoie, 2010) alors qu'à Saint-Hyacinthe, ces notions ne sont pas enseignées dans un cours porteur, mais à travers trois cours différents axés sur la pratique des techniques agricoles (Mercier, 2010).

Plusieurs cégeps et centres de formation professionnelle offrent aussi une formation en agriculture et en horticulture axée sur les compétences. Ces programmes répondent aux exigences du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. L'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides est inscrite dans les compétences nécessaires à acquérir pour le programme professionnel de production horticole (MELS, 1998). En ce qui concerne les programmes de niveau collégial, celui portant sur la gestion et l'exploitation d'entreprise agricole avec spécialisation en production végétale intègre un cours spécifique à l'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides (MELS, 2010). Les programmes de formation professionnelle et collégiale sont souvent harmonisés. En effet, le contenu académique de la première année du programme collégial est généralement le même que celui enseigné dans le cadre du programme professionnel. Il a été impossible de savoir si ces programmes de formation traitaient spécifiquement des résidus de pesticides dans les aliments. À la lumière des consultations faites, il semble que les informations en lien avec ce volet soient plutôt intégrées à différents autres aspects liés à la gestion sécuritaire des pesticides comme le respect de l'étiquette et de la réglementation ainsi que l'importance de la lutte intégrée.

Au niveau de l'enseignement universitaire menant au diplôme d'agronome, il est important de spécifier que peu de cours traitent de l'utilisation des pesticides. À l'Université Laval, par exemple, le seul cours offert en lien avec l'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides est offert sur une base optionnelle seulement. Il semble toutefois que le cours soit relativement populaire et suivi par un nombre important d'étudiants même s'il n'est pas obligatoire (Fortin, 2010). L'autre université québécoise offrant une formation pouvant mener au titre d'agronome est l'Université McGill. À la lumière d'une consultation du contenu du programme de cette institution d'enseignement, aucun cours obligatoire portant spécifiquement sur la gestion rationnelle et sécuritaire des pesticides ne serait offert (McGill, 2010).

Bien que non directement associées à l'enseignement d'un programme de formation agricole, l'Université du Québec à Montréal (UQUAM) et l'Université de Sherbrooke offrent une formation en science de l'environnement et de gestion des ennemis des cultures et des pesticides. Les cours offerts sont d'ordre général, mais abordent la question des risques à la santé de façon sommaire.

La *Loi sur les pesticides*, administrée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) prévoit certaines obligations relatives à la qualification des utilisateurs des pesticides (Gouvernement du Québec, 2010a). Le Règlement sur les permis et certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides (c. P-9.3, r.0.1) qui a été adopté en vertu de cette loi, prévoit l'obligation de posséder un permis pour les entreprises œuvrant dans la vente et l'utilisation de pesticides. Ce règlement exige aussi l'obligation de posséder un certificat de qualification pour les utilisateurs. La Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec (SOFAD) a le mandat de développer les outils pédagogiques utilisés pour assurer la formation obligatoire des utilisateurs de pesticides. Différents guides d'apprentissage généraux ou spécifiques ont été développés à cet effet. Les informations générales sont présentées dans le guide principal ou « tronc commun » (SOFAD, 2003) qui s'adresse à toutes les catégories d'utilisateurs alors que des guides spécifiques ont été développés pour certains milieux professionnels comme l'horticulture ornementale et la gestion parasitaire. Le document « tronc commun » ne fait généralement pas référence de façon particulière à la question des pesticides dans les aliments mis à part le fait que l'existence de délais avant récolte soit spécifiée à deux endroits sans qu'on élabore sur le sujet. Les différents volets liés à la santé et à la sécurité en matière d'utilisation des pesticides sont davantage axés sur la protection des utilisateurs. Contrairement au programme d'enseignement du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, le programme de formation développé par la SOFAD vise l'acquisition de connaissances plutôt que l'obtention de compétence. On ne peut conclure à l'absence de formation sur la question des activités préventives à mettre en place pour limiter les résidus de pesticides dans les aliments et sur les effets potentiels des pesticides sur la santé des consommateurs sur la seule base du contenu des documents de la SOFAD. La raison est que les formateurs ont une grande latitude sur la façon de présenter le contenu de la formation. Cependant, il apparaît que la thématique des pesticides dans les aliments de consommation prend peu de place dans les différents sujets traités par ce programme de certification obligatoire.

De façon générale, les différents programmes de formation académique axés sur l'enseignement de techniques de production agricole semblent peu mettre l'accent sur la problématique des pesticides dans les aliments bien que certains sujets enseignés discutent de moyens qui jouent un rôle important dans la diminution des niveaux de contamination. Par exemple, les programmes d'enseignement professionnel et technique intègrent certains éléments de la lutte intégrée dans les compétences à acquérir.

Les carences en matière d'enseignement spécifique sur l'utilisation sécuritaire des pesticides se font particulièrement sentir dans le cas de la formation des agronomes qui n'ont pas l'obligation de suivre au moins un cours sur l'utilisation sécuritaire des pesticides. S'il est vrai que les enseignements sur la nécessité de respecter les étiquettes et les bonnes pratiques agricoles permettent d'assurer en grande partie le respect des normes de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes, il serait tout de même plus que pertinent d'intégrer un volet obligatoire spécifique à l'utilisation sécuritaire des pesticides dans les programmes d'enseignement en lien avec la production végétale. De plus, la problématique des pesticides dans les denrées alimentaires devrait nécessairement faire partie de cette formation.

Au cours de la période 2009-2010, l'INSPQ a collaboré aux travaux de repositionnement de la Stratégie phytosanitaire québécoise, à titre de représentant du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Les besoins de formation en matière de lutte intégrée et d'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides ont clairement été identifiés lors de ces travaux. Par ailleurs, de nombreux intervenants ont noté l'importance d'accroître les activités de recherche sur les alternatives aux pesticides.

## **6.2 LES OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION**

Parmi les moyens visant à diminuer les risques des pesticides dans les aliments, l'utilisation des produits phytosanitaires à risques réduits est, avec le respect des délais avant récolte et des bonnes pratiques agronomiques, une des approches les plus prometteuses. Cependant, les informations concernant les risques toxicologiques et environnementaux des pesticides sont généralement difficiles à trouver pour les conseillers agricoles et encore plus pour les producteurs. Il existe bien sûr de nombreuses bases de données dans Internet mais celles-ci ne sont pas toutes mises à jour et validées par des scientifiques et sont souvent présentées dans un format qui ne facilite pas leur consultation rapide. Si l'on considère que le temps est très précieux en période de production agricole, notamment en raison de la charge de travail, les intervenants doivent avoir accès à des outils qui fournissent rapidement des informations de qualité. Par ailleurs, si la recherche de produits peu toxiques est importante, il faut aussi être conscient que les producteurs sont confrontés à des besoins en matière d'efficacité phytosanitaire et dans ce contexte, des outils d'aide à la décision plus globaux sont souvent plus appréciés que les simples bases de données.

Plusieurs outils ont été développés au cours des dernières années afin de caractériser les risques sanitaires et environnementaux des pesticides (Day, 2002; Demers, 2001; Devillers *et al.*, 2005; Duchesne *et al.*, 2003; Reus *et al.*, 2002). Certains, comme le « Model Indice Pesticide » développé par le ministère de l'Agriculture de l'État de la Nouvelle-Galles du Sud, en Australie, visaient principalement à aider les producteurs agricoles à réduire la quantité

de résidus de pesticides sur les récoltes pour les cultures de fruits (Duchesne *et al.*, 2003). Beaucoup de ces outils ont été développés pour faire des bilans et mesurer la réduction des risques liés aux pesticides agricoles. Cependant, peu de ceux-ci permettent de répondre au besoin de doter le Québec d'un outil qui permettrait de caractériser le risque pour la santé et l'environnement des pesticides utilisés sur son territoire et de favoriser l'utilisation de produits à faibles impacts, tout en aidant les utilisateurs à faire des choix plus judicieux, et ce, dans un contexte de lutte intégrée et de réduction des risques liés aux pesticides. C'est pourquoi, le MAPAQ, le MDDEP et l'INSPQ ont développé l'IRPeQ, l'indicateur de risque des pesticides du Québec (Samuel *et al.*, 2007). Les volets santé et environnement de l'IRPeQ permettent d'établir un diagnostic situationnel et évolutif des risques découlant de l'utilisation des pesticides à différents niveaux. À l'échelle du producteur, il facilite le choix de pesticides les moins à risque pour la santé humaine et l'environnement. À l'échelle d'une entreprise ou d'un secteur, il permet l'analyse de l'évolution des risques liés aux pesticides utilisés par une entreprise ou dans un secteur d'activité (p. ex. : ferme maraîchère, verger, entreprise d'entretien paysager, golf). Il facilite aussi la prise en compte des risques relatifs aux pesticides lors de la planification saisonnière des interventions phytosanitaires et des stratégies de lutte contre les ennemis des cultures. Au niveau provincial, il peut être utilisé pour faire des bilans des risques pour la santé et l'environnement liés aux pesticides utilisés ou vendus en plus de permettre l'évaluation et le suivi de l'impact des diverses mesures d'atténuation des risques relatifs aux pesticides.

La prise en compte des risques pour la santé et l'environnement dans le développement d'un indicateur visant à caractériser l'usage des pesticides était très importante pour les acteurs qui ont développé l'IRPeQ et ce, tant pour le volet diagnostique que le volet visant le choix des pesticides à moindre risque. En matière de diagnostique, plusieurs indicateurs d'évolution de l'usage global des pesticides visant à suivre les résultats de l'application de politiques de réduction de ces produits ont été proposés dans la littérature. Ces indicateurs tiennent généralement compte des quantités de pesticides utilisées pour une surface de culture donnée, et ce, sans tenir compte spécifiquement du risque. C'est le cas du TFI (*Treatment Frequency Index*) utilisé au Danemark (Baschet et Pingault, 2009) pour suivre l'évolution de son ambitieux plan de réduction des pesticides. Par ailleurs, la France a retenu deux indicateurs de pression du même type afin de suivre l'évolution de son plan national de réduction de l'utilisation de pesticides *Ecophyto 2018*. Le premier indicateur considère la quantité de substances actives vendues (QSA) et le second, le NODU, vise à définir, pour chaque substance active, une « dose unité » unique qui permet de trouver une unité commune pour agréger des substances actives très différentes. Ces indicateurs de suivi, principalement basés sur les ventes, sont utiles lors des premières phases des programmes de réduction de pesticides, mais atteignent leurs limites dès que la phase initiale de réduction, généralement plus intensive, est complétée. L'exemple du Danemark illustre bien ce phénomène, ce pays ayant de la difficulté à atteindre son objectif de diminution de l'indice TFI malgré l'instauration d'une taxe sur les pesticides (Baschet et Pingault, 2009).

Au Québec, le MDDEP prépare un bilan annuel des ventes de pesticides depuis plusieurs années. Selon ces bilans, les ventes de pesticides, qui étaient relativement stables depuis l'année de référence 1997, ont augmenté depuis 2005 (Gorse et Dion, 2009). Cependant, on peut constater que les indicateurs de risque environnement et santé calculés à partir de la

méthodologie de l'IRPeQ sont proportionnellement plus faibles que les ventes pour la plupart des années. Ce constat est nettement plus marqué pour les années 2005 et 2006. Cela indique que les ingrédients actifs vendus au cours de ces années étaient moins à risque que ceux vendus en 1997. Ce constat nous amène à conclure qu'un indicateur de suivi tenant compte du risque reflète davantage la réalité qu'un indicateur tenant compte uniquement des ventes. Lorsqu'on rapporte les résultats sur la base d'un hectare (ha), la tendance à la régression des indices de risques santé et environnement est encore plus marquée malgré une augmentation des superficies cultivées. Lors de l'élaboration de la dernière stratégie phytosanitaire du MAPAQ en 1992, une cible de réduction de 50 % des ventes de pesticides au Québec à l'horizon de l'an 2000 avait été proposée. Les résultats escomptés n'ont malheureusement pas été atteints et il aurait été facile de conclure à un échec de la stratégie. Cependant, l'intégration de l'IRPeQ au bilan des ventes a permis de constater que même si les ventes n'avaient pas diminué au niveau escompté, les risques pour la santé et l'environnement avaient diminué de façon significative depuis 1997. Bien que l'objectif premier de réduire de façon notable l'emploi des pesticides en agriculture est toujours pertinent, il apparaît maintenant plus logique de miser sur une diminution des risques que présentent ces produits pour la santé et l'environnement. C'est d'ailleurs sur la base de ce constat que la cible de la nouvelle stratégie phytosanitaire québécoise 2010 en agriculture s'oriente davantage vers une diminution des risques sanitaires et environnementaux plutôt que sur une diminution de l'utilisation de pesticides.

Cet outil méthodologique qui calcule des indices de risques pour la santé et l'environnement a été intégré à l'IRPeQ express, un logiciel qui permet de tenir un registre des pesticides et d'effectuer le calcul et le suivi annuel des risques des produits utilisés à la ferme. Bergkvist (2004) soulève la nécessité d'être capable d'estimer le risque de l'utilisation des pesticides au niveau de la ferme dans une stratégie globale de diminution des risques. Il note l'importance que les fermiers puissent évaluer leur propre progrès en matière de réduction des risques, ce qui peut augmenter leur niveau de sensibilisation, leur intérêt et leur participation à un programme national de réduction des risques. L'IRPeQ a aussi été intégré à un outil d'aide à la décision, SAgE pesticides (2010), qui se veut un outil d'information sur les risques pour la santé et l'environnement ainsi que sur les usages agricoles pour une gestion rationnelle et sécuritaire des pesticides au Québec. L'outil permet notamment de connaître et d'apprécier les risques pour la santé et l'environnement des traitements phytosanitaires homologués dans une culture et selon leurs usages. Il facilite aussi la consultation des données concernant les effets toxiques des matières actives sur la santé humaine et sur les organismes non ciblés ainsi que des renseignements sur le comportement de ces produits dans l'environnement. Finalement, il permet de consulter les données de base sur les produits commerciaux, dont la gestion de la résistance et des mesures préventives pour la santé et l'environnement.

Il existe peu d'informations sur l'efficacité des outils d'aide à la décision et des indicateurs de risques pour modifier les pratiques agricoles en matière d'utilisation des pesticides car la majorité des indicateurs de risques ont été développés dans le but d'évaluer l'efficacité des politiques de réduction de risque. SAgE pesticides, qui a précisément été développé pour aider les utilisateurs à choisir les produits à plus faible risque, a été mis à l'essai pendant presque deux ans avant d'être rendu officiel à l'hiver 2010. Il est donc encore trop tôt pour

connaître l'impact d'un tel outil sur les pratiques agricoles québécoises. L'IRPeQ express commence à être utilisé dans plusieurs milieux agricoles, soit dans le cadre de projets expérimentaux ou dans des activités régulières de conseillers agricoles. Bien que des activités de formation ponctuelles aient été offertes, notamment à des groupes de conseillers agricoles, ces outils sont encore relativement peu connus des producteurs. Un projet de formation accréditée par l'Ordre des agronomes du Québec est actuellement évalué afin de mieux structurer la formation sur cet outil (Boivin, 2010).

Le risque toxicologique se résume par une équation simple. En effet, ce risque est fonction de la toxicité du contaminant ainsi que du niveau d'exposition. Cette équation est aussi pertinente lorsqu'on aborde la question des risques des pesticides dans les aliments et en ce sens, l'intégration des outils d'aide à la décision favorisant l'utilisation de produits à faible risque devrait contribuer à diminuer les risques alimentaires pour les consommateurs. S'il est vrai que les bilans actuels de contamination des aliments, à la lumière des données disponibles, semblent relativement bons au Canada comme au Québec, il n'en demeure pas moins que certains produits retrouvés à l'état de trace possèdent des caractéristiques toxicologiques qui laissent des doutes sur leur innocuité. La diminution des risques pour la santé et l'environnement observée depuis 1997 est principalement attribuable à l'abandon de certaines molécules chimiques par les fabricants de pesticides. Le développement récent d'outils comme SAgE pesticides et IRPeQ pourra certainement contribuer à soutenir la diminution des risques souhaitée pour le futur. Un des critères ayant encadré le développement de l'IRPeQ était qu'il puisse contribuer à orienter l'utilisateur de pesticides vers des choix plus judicieux pour la protection de la santé humaine. Le développement de SAgE pesticides et de l'IRPeQ express a permis d'opérationnaliser la méthodologie de l'IRPeQ dans ce sens, mais les intervenants du milieu agricole s'entendent pour affirmer que des efforts devront être consentis pour faire connaître les outils et former la communauté agricole à leur utilisation. Des consultations récentes effectuées auprès de tous les intervenants du milieu agricole, dans le cadre du repositionnement de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, ont permis de mettre en évidence l'importance de maintenir ces outils et de mieux les faire connaître pour qu'ils soient bien intégrés dans les pratiques agricoles. L'utilisation d'outils favorisant l'utilisation de pesticides à moindre risque ne doit pas faire abstraction des dangers liés au développement de la résistance chez certains organismes nuisibles ou de toutes les autres considérations agronomiques. Cependant, l'intégration de ces outils à d'autres approches de saine gestion agricole peut certainement contribuer à limiter la présence de résidus de pesticides plus toxiques dans les fruits et les légumes.

### **6.3 LA GESTION INTÉGRÉE DES ENNEMIS DES CULTURES ET L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

De nombreuses techniques adoptées pour réduire l'impact des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes, les bonnes pratiques culturales et la gestion intégrée des ennemis des cultures (GIEC) (qui est synonyme de lutte intégrée), sont les plus populaires (Trevisan *et al.*, 1997).

La GIEC peut être définie comme une méthode décisionnelle qui a recours à toutes les techniques de prévention et de protection des cultures nécessaires pour réduire les populations d'organismes nuisibles de façon efficace et économique, tout en respectant l'environnement (MAPAQ, 2005). Le Comité restreint de travail (CRT) mis en place en 2010 pour proposer un plan de repositionnement de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture considère que la notion de protection de la santé publique doit être ajoutée à cette définition tout comme le suggère l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2002).

« **Integrated Pest Management (IPM)** means the careful consideration of all available pest control techniques and subsequent integration of appropriate measures that discourage the development of pest populations and keep pesticides and other interventions to levels that are economically justified and reduce or minimize risks to human health and the environment. IPM emphasizes the growth of a healthy crop with the least possible disruption to agro-ecosystems and encourages natural pest control mechanisms. »

La figure 1 proposée par le CRT, adaptée du schéma de l'organisation australienne AUSVEG (2010), présente les principaux éléments de la gestion intégrée des ennemis des cultures.

Sans exclure toutes les utilisations de pesticides, la GIEC propose l'intégration systémique d'un ensemble de moyens visant à assurer une agriculture durable dans le respect de la santé et de l'environnement. En 1992, on l'a mentionnée, le MAPAQ mettait en place sa première Stratégie phytosanitaire, avec la participation de divers partenaires, dont le ministère de l'Environnement et l'Union des producteurs agricoles (UPA). L'objectif étant de réduire, à l'horizon de l'an 2000, de 50 % l'emploi des pesticides en agriculture. En 1997, la Stratégie phytosanitaire amorçait un recentrage autour de la lutte intégrée. Au fil des ans, tout en maintenant l'idée première de réduire de façon notable l'emploi des pesticides en agriculture, la Stratégie phytosanitaire s'est transformée peu à peu, le mot d'ordre devenant : « Rationaliser, réduire et remplacer l'emploi des pesticides en agriculture, afin de diminuer les risques que présentent ces produits pour la santé et l'environnement ». En 2008, la Commission sur l'avenir de l'agriculture et l'agroalimentaire québécois (CAAAQ) recommandait que « le gouvernement développe des stratégies qui permettent de mobiliser le secteur agricole et les chercheurs afin de permettre aux producteurs agricoles de minimiser l'utilisation des pesticides ». Elle ajoutait à cela la volonté des producteurs agricoles et des intervenants en milieu agricole de prendre une plus grande part dans la détermination des orientations et à la mise en œuvre de la Stratégie phytosanitaire (Moffet, 2010).

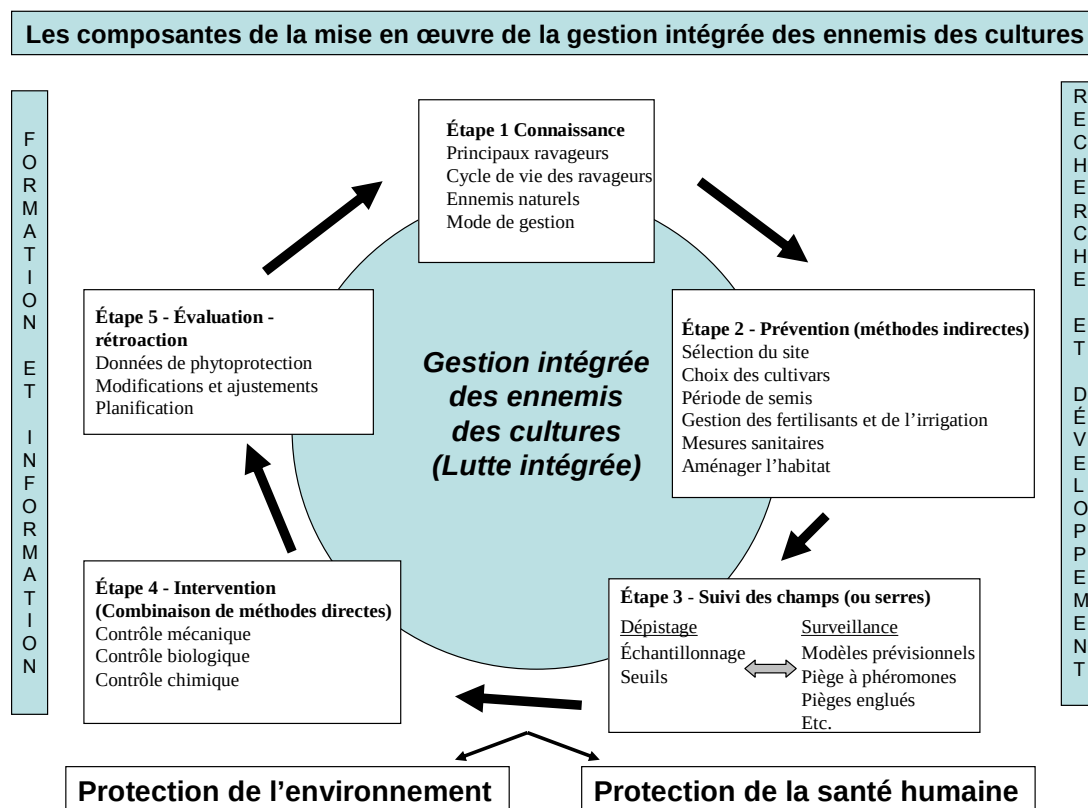


**Figure 1 Les composantes de la mise en œuvre de la gestion intégrée des ennemis des cultures (adapté d'AUSVEG, 2010)**

Au Québec, la lutte intégrée est particulièrement bien implantée dans le milieu de la pomiculture. Dans le guide de gestion intégrée des ennemis du pommier, Morin et Chouinard (2001) identifient certaines raisons de pratiquer la lutte intégrée alors que la lutte classique est plus simple :

- Pour utiliser un minimum de pesticides avec un maximum d'efficacité et ainsi réduire les risques (pour l'utilisateur et sa famille, le consommateur et l'environnement) reliés à l'utilisation de ces produits;
- Pour répondre à une demande croissante de la population pour les aliments produits selon des méthodes plus écologiques;
- Pour développer ou conserver des marchés et mieux faire face au développement de la production fruitière intégrée dans plusieurs pays du monde.

Dans la littérature sur les modes de gestion agricole et dans le discours des promoteurs de la GIEC (ou lutte intégrée), l'argument de la sécurité alimentaire et de la réduction des résidus de pesticides dans les aliments est souvent mis de l'avant pour vendre cette approche préventive globale de lutte antiparasitaire. Par ailleurs, comme ce fut démontré dans le milieu de la pomiculture au Québec (Morin et Chouinard, 2001) et dans d'autres types de cultures, la réduction des interventions phytosanitaires est souvent proportionnelle aux efforts faits pour implanter une approche de gestion intégrée.

Selon le dernier portrait agroenvironnemental des fermes du Québec (MAPAQ, 2007), 51 % des entreprises agricoles québécoises seraient en processus d'adoption ou pratiqueraient la GIEC. Il est difficile d'avoir un portrait juste de l'implantation réelle de la GIEC au Québec en raison de l'absence d'un indicateur performant pour mesurer ce taux d'imprégnation. De plus, même si les entreprises agricoles n'intègrent pas toutes les étapes du processus de GIEC, plusieurs ont mis en place certains éléments-clés de ce mode de gestion agronomique. Selon le bilan 2006-2007 de la coordination des clubs-conseils en agroenvironnement et sur la base des superficies qui font l'objet d'une intervention phytosanitaire, ce sont 20 % des aires cultivées qui seraient sous lutte intégrée, mais le pourcentage des surfaces en processus d'adoption de la lutte intégrée serait probablement de 50 % et plus. Par ailleurs, même si les entreprises agricoles ne mettent pas en pratique toutes les étapes de la GIEC, 67 % des superficies feraient l'objet d'un dépistage d'ennemis des cultures. Par ailleurs, 9 % des superficies subiraient un désherbage mécanique, 19 % ne seraient pas traitées avec des pesticides et 10 % feraient l'objet d'une utilisation réduite de pesticides (traitement en bandes et doses réduites). Dans le milieu de la pomiculture, 70 % des entreprises seraient en production fruitière intégrée.

Différents programmes ou activités ont été mis en place par le MAPAQ et ses partenaires pour faciliter l'adoption des pratiques de GIEC au Québec. Par exemple, des cahiers d'autoévaluation ont été développés pour plusieurs cultures. Ce sont des outils de sensibilisation et d'éducation qui présentent un éventail de pratiques susceptibles d'améliorer la performance des entreprises agricoles en matière de GIEC. Ils visent à faciliter l'introduction progressive et coordonnée de la lutte intégrée à la ferme. Entre 1998 et 2003, de nombreux rapports techniques ont été produits dans le cadre du Programme agroenvironnemental de soutien à la Stratégie phytosanitaire (1998-2003). Ces rapports d'études visaient souvent à développer ou à bonifier des éléments techniques applicables à la GIEC dans des entreprises agricoles (Agri-réseau, 2010).

Plusieurs programmes de soutien financier pour la recherche et l'innovation ont été mis en place au cours des dernières années. Ils visaient directement ou indirectement à favoriser une gestion agricole sécuritaire, et dans certains cas, à encourager la GIEC. Par exemple, le volet 2 du Programme de soutien à l'innovation horticole sous la responsabilité du MAPAQ encourageait à développer des outils ou de méthodes en soutien à la lutte intégrée. Le Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire du MAPAQ a pour objectif d'aider l'industrie à répondre aux attentes de la société à l'égard de trois enjeux : le développement économique et régional, la sécurité des aliments et la santé animale, de même que la protection de l'environnement. Il vise notamment à stimuler l'avancement des connaissances scientifiques pratiques qui sont susceptibles de soutenir l'industrie agroalimentaire québécoise dans une perspective de développement durable.

Dans la foulée de la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois, le secteur de l'agriculture biologique avait été identifié comme prioritaire. En réponse, le MAPAQ a développé trois nouveaux programmes. Le Programme Innovbio et le Programme d'appui à la mise en marché des produits biologiques ont pour but l'aide au développement du secteur biologique en vue d'améliorer sa capacité concurrentielle. Le Programme d'appui à la conversion à l'agriculture biologique cherche à favoriser la transition des activités agricoles avec intrants chimiques vers l'agriculture biologique.

Les études traitant de l'effet de la mise en place de la GIEC sur les niveaux résiduels de pesticides dans les fruits et les légumes frais sont peu nombreuses. Trumble et Alvarez-Rodriguez (1993) ont démontré la faisabilité technique et la rentabilité économique de l'implantation de la GIEC dans l'industrie de la tomate au Mexique. Ils notent aussi qu'en plus d'une réduction des coûts, ce mode de gestion agricole permettait de réduire le potentiel de développement de la résistance aux pesticides, de réduire la possibilité d'exposition à des produits toxiques pour les mammifères et autres organismes non visés et de diminuer les chances de contamination des fruits.

Baker *et al.* (2002) ont réalisé une étude comparative de résidus de pesticides dans des aliments identifiés sur le marché comme provenant de cultures conventionnelles (avec utilisation de pesticides), de production en mode de gestion intégrée des ennemis des cultures/sans résidus détectables (GIEC/SRD) et de cultures biologiques. Cette étude a été réalisée à partir des données générées par les programmes d'échantillonnage de l'USDA (*Pesticide Data Program*), du *Marketplace Surveillance Program* du California Department of Pesticide Regulation et du programme d'échantillonnage privé de la Consumers Union. Les produits étiquetés GIEC-/SRD ne sont pas disponibles au Canada, mais ils font concurrence aux aliments issus de la culture biologique sur les marchés américains. Les comparaisons pour des résidus et des cultures spécifiques démontrent que les concentrations de pesticides dans les aliments étiquetés comme étant des produits biologiques sont systématiquement plus faibles que dans les autres catégories. Bien que plus élevés que dans les produits d'appellation biologique, les résidus mesurés dans les produits GIEC/SRD étaient plus faibles que ceux provenant des produits conventionnels. Les données démontrent aussi que des résidus multiples sont significativement plus importants dans les aliments d'appellation conventionnelle que dans les autres types de produits et qu'ils sont très rarement observés dans les produits biologiques. Il est important de rappeler que la GIEC n'exclut pas toute utilisation de pesticides, mais qu'elle vise plutôt à diminuer de façon significative l'utilisation de ces produits par la mise en place de certaines pratiques agronomiques durables.

Trevisan *et al.* (1997) ont évalué l'impact de GIEC sur les niveaux de résidus de pesticides dans la diète humaine, principalement dans les fruits et les légumes telle la poire qui représente une culture importante en Italie. L'étude, d'une durée de 4 ans, a démontré que la GIEC était une technique utile pour diminuer la quantité de résidus de pesticides dans les poires. Certaines variables comme le nombre de traitements et le délai entre le dernier traitement et la cueillette étaient associées aux différents niveaux de résidus mesurés. Par ailleurs, l'étude a aussi démontré qu'il était parfois difficile de diminuer le nombre de traitements avec certains pesticides en raison de problématiques régionales comme la présence importante d'un ennemi des cultures ou des conditions météorologiques particulières. De façon globale, les auteurs concluent que la mise en place de bonnes pratiques agricoles comme celles préconisées par le GIEC permettait de ne pas excéder les LMR.

Singh *et al.* (2008) ont réalisé une étude afin de comparer les niveaux de résidus de pesticides dans des mangues cultivées selon deux approches différentes, soit de GIEC, soit conventionnelle. Les produits de GIEC ont été récoltés dans des vergers expérimentaux supervisés où des pesticides biologiques et des pièges à phéromones étaient utilisés et dans lesquels des pesticides chimiques étaient appliqués uniquement au besoin. Les produits

conventionnels provenaient de vergers pour lesquels des pesticides étaient appliqués par le fermier sur la base de ses propres connaissances agronomiques ou selon les recommandations de son vendeur de pesticides. Aucun pesticide n'a été détecté dans les fruits produits selon l'approche de GIEC tel que défini pour cette étude. Par contre, les produits conventionnels analysés contenaient des résidus de pesticides. Toutefois, ils ne dépassaient pas les normes prescrites par la FAO/WHO. Les mêmes auteurs ont trouvé des résultats similaires lors d'une autre étude de comparaison dans des vergers de pommes (Singh *et al.*, 2009). Toutefois, la différence entre les deux approches agronomiques était moins marquée dans cette dernière étude.

Dans une autre étude réalisée en Inde, Arora (2009) a mesuré des résidus d'insecticides significativement moins élevés dans des fruits (gombos et aubergines) produits selon une approche de GIEC comparativement à ceux issus d'une technique de lutte classique. Pour cette étude, la méthode de GIEC permettait l'utilisation de pesticides qu'en dernier recours seulement.

Mladenova et Shtereva (2009) ont effectué une étude en Bulgarie dont un des objectifs était d'évaluer l'efficacité de la GIEC pour minimiser les résidus de pesticides dans les pommes. Ils ont comparé les résidus de pesticides dans quatre variétés de pommes produites selon une approche agronomique classique, une méthode de lutte intégrée et une variante basée sur la culture biologique (témoin). Des résidus plus élevés de fénitrothion et de chlorpyrifos ont été mesurés dans les fruits cultivés selon l'approche classique, et ce, essentiellement dans la pelure des fruits. Seulement de très faibles concentrations de triadiménol et de fénitrothion ont été mesurées dans la pelure des fruits cultivés selon la technique de GIEC. Les auteurs concluent que leurs résultats indiquent que la GIEC permet une production plus sécuritaire des pommes que la méthode conventionnelle.

Bien qu'il existe peu d'études nord-américaines sur l'impact de la GIEC sur les niveaux de résidus de pesticides dans les aliments, plusieurs recherches étrangères semblent indiquer que cette approche s'avère efficace, et ce, principalement dans la culture des fruits et des légumes. Les études trouvées ne sont pas très explicites quant à la définition de la GIEC mise en place par les entreprises agricoles ayant participé aux recherches. Cependant, la pratique visant à n'utiliser des pesticides qu'en dernier recours était constante dans toutes ces études.

Au Québec, le secteur de l'agriculture biologique représente environ 2 % du marché global de l'alimentation. Ce secteur d'activité connaît toutefois une progression constante avec une croissance de près de 15 % par année. Cette production accuse cependant un retard important face à la demande des consommateurs et aux exigences des transformateurs (CRAAQ, 2006). L'importance de l'agriculture biologique pour limiter l'exposition alimentaire aux pesticides ne peut être remise en cause. Comme démontré à la section 4, les personnes ayant une alimentation à base d'aliments biologiques présentaient généralement des concentrations médianes et moyennes de certains pesticides inférieures à celles ayant un apport alimentaire conventionnel. La consommation de produits biologiques est souvent présentée comme un incontournable en matière de sécurité alimentaire par différents groupes d'intérêts. Cependant, les produits biologiques sont souvent plus dispendieux en raison des modes de production plus exigeants et des rendements moins élevés et ils ne

sont pas à la portée de toutes les bourses. S'il faut continuer à soutenir le développement d'une agriculture offrant le moins de résidus possible dans les aliments, les limites au niveau de l'accès aux produits biologiques ne doivent pas constituer un frein à la consommation de fruits et de légumes frais.

Même s'il a déjà été mentionné que le risque associé à la présence de pesticides dans les fruits et les légumes est très difficile à caractériser et que de nombreuses incertitudes persistent sur les effets à long terme de l'exposition chronique à de faibles doses de pesticides, il demeure que les connaissances scientifiques militent en faveur de la consommation régulière de fruits et de légumes. Les vitamines, les minéraux et les substances chimiques que l'on trouve dans les fruits et légumes sont indispensables pour la santé. En effet, les légumes et les fruits sont de bonnes sources de fibres alimentaires, de vitamines A et C, d'acide folique, de magnésium et de potassium. Consommés en quantité suffisante, ils peuvent réduire le risque d'être atteint d'une maladie chronique comme les maladies cardiovasculaires, l'obésité, le diabète ou le cancer (Blanchet *et al.*, 2009). Il y a quelques années, la FAO considérait qu'accroître la consommation de fruits et de légumes était un enjeu fondamental de santé publique à l'heure actuelle (FAO, 2003). Cela semble toujours le cas, car au Québec en 2004, il n'y avait que 61 % des adultes de 19 ans et plus qui consommaient au moins 5 portions de fruits et de légumes par jour alors que le guide alimentaire canadien en propose 8 à 10 portions (Blanchet *et al.*, 2009). À la lumière des connaissances actuelles, il apparaît que les bénéfices sanitaires de la consommation de fruits et de légumes sont très importants. Les risques potentiels représentés par la présence occasionnelle de faibles résidus de pesticides dans ces aliments ne devraient pas inciter à moins consommer ces denrées, mais des efforts doivent continuer à être faits pour en diminuer les teneurs en pesticides.

Si l'approche de la GIEC semble prometteuse en matière de réduction de l'utilisation des pesticides, elle a encore besoin d'être soutenue par le développement de méthodes alternatives à l'utilisation de pesticides. Il en va de même en ce qui concerne l'agriculture biologique. La très grande majorité des produits biologiques consommés au Québec sont importés. Si la nécessité d'augmenter l'offre de produits biologiques québécois est reconnue, cette hausse semble être conditionnelle au développement d'outils techniques pour permettre aux producteurs de se développer, d'être plus performants et d'être compétitifs face à la concurrence (CRAAQ, 2006). Les recommandations faites par le Groupe de travail sur les priorités de recherche du Comité de l'agriculture biologique du Centre de référence en agriculture biologique en agroalimentaire du Québec démontrent bien ces besoins (CRAAQ, 2006).

## **6.4 LES SERVICES-CONSEILS**

Beaucoup d'intervenants du milieu agricole québécois et ailleurs dans le monde considèrent que les services-conseils ont un rôle capital dans la promotion de la gestion raisonnée des pesticides. Au Danemark, selon le témoignage des agriculteurs, les progrès accomplis dans la première phase du programme national de réduction de pesticides, le *Pesticide Action Plan* (PAP), n'ont été possibles que parce que les conseillers du Danish Agricultural Advisory Service (DAAS) étaient disponibles et que leurs conseils étaient pertinents et de qualité. Dans ce pays, 3 500 techniciens, indépendants des organismes économiques, accompagnent les producteurs vers un usage moindre de pesticides. Par ailleurs, même si

les producteurs contribuent financièrement à l'accès à ces services-conseils depuis le début des années 2000, ils étaient encore 85 % à y adhérer en 2009.

Au Québec, les services-conseils sont relativement bien implantés et regroupés en deux catégories. La première est représentée par les services-conseils non liés, c'est-à-dire constitués des services professionnels et techniques qui n'ont aucun lien avec la vente d'un bien ni aucune obligation d'acquisition et de promotion d'un bien. Cette catégorie comprend deux principaux groupes, les clubs-conseils en agroenvironnement (CCAÉ) et les services-conseils en gestion et encadrement technique administrés par les réseaux Agriconseils. La seconde catégorie regroupant quelque 350 détaillants et 5 ou 6 distributeurs est en lien avec le secteur de l'agrochimie et offre également des services-conseils, notamment en matière de dépistage à la ferme par l'entremise de près de 200 intervenants.

Les clubs-conseils en agroenvironnement (CCAÉ) ont vu le jour en 1993 dans le cadre du Plan Vert. Ce sont des regroupements volontaires de producteurs dont l'objectif est de favoriser le développement durable de leur entreprise en adoptant des pratiques respectueuses de l'environnement (Guy, 2008). Depuis leur création, les CCAÉ ont connu un essor considérable. Au 31 mars 2009, 8 340 exploitations agricoles étaient des membres actifs des 81 CCAÉ et près de 300 écoconseillers les accompagnaient dans leur démarche agroenvironnementale (CCAÉ, 2009). Un CCAÉ regroupe en moyenne 100 exploitations agricoles pour lesquelles en moyenne près de quatre écoconseillers sont embauchés afin d'assurer la prestation de services-conseils en agroenvironnement. Les CCAÉ bénéficient du soutien financier des gouvernements du Canada et du Québec. Pour le programme Prime-Vert, le gouvernement du Québec versera de 2009 à 2013, une contribution de 156,6 M\$ à laquelle s'ajoute 40 M\$ du gouvernement du Canada provenant de l'Accord *Cultivons l'avenir* pour soutenir plusieurs volets de ce programme. Cet accord-cadre comprend, pour l'ensemble des programmes à frais partagés, une enveloppe financière de 192 M\$, avec des contributions respectives des gouvernements du Canada et du Québec de 60 et 40 %. Les CCAÉ sont également financés par les entreprises agricoles au moyen d'une cotisation annuelle ou par la facturation de services-conseils individuels.

L'entente pour le financement des clubs-conseils en agroenvironnement et la planification agroenvironnementale à la ferme a facilité l'introduction d'un outil de travail, le Plan d'accompagnement agroenvironnemental (PAA) auprès des exploitations agricoles. Ce processus consiste à réaliser un diagnostic de l'exploitation agricole et à cibler les actions à mettre en œuvre afin d'aider celle-ci à atteindre ses objectifs agroenvironnementaux. Par la suite, il permet aux entreprises agricoles de réaliser les actions recommandées et de les évaluer annuellement. Au cours des dernières années, les CCEA ont été impliqués de façon importante dans la réalisation du plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF). Entre le 1<sup>er</sup> avril 2007 et le 31 mars 2008, 95 % des exploitations agricoles membres des CCAÉ ont obtenu un PAEF. Le rôle des CCAÉ dans la réduction des surplus de phosphore a été significatif au Québec et les résultats obtenus démontrent la grande expertise des clubs-conseils dans ce domaine. Or, cette activité a pris énormément de place comparativement à celles visant la réduction des pesticides. Une plus grande implication des CCAÉ dans ce domaine est souhaitée par plusieurs intervenants-clés du milieu agricole notamment en raison du taux d'imprégnation de ces clubs-conseils. On peut citer en exemple le Club agroenvironnemental Agro-Pommes qui réalise chaque année des essais visant à

développer des moyens de lutte nécessitant moins de pesticides. Les résultats de ces essais, diffusés auprès des pomiculteurs, permettent d'améliorer les interventions de lutte contre plusieurs insectes et maladies (PAA, 2008). Des implications similaires des CCAE dans d'autres milieux de cultures végétales favoriseraient certainement des diminutions importantes de l'utilisation de pesticides. L'implication nouvelle des CCAE dans la réduction de l'utilisation et de la gestion raisonnée des pesticides montre déjà des résultats positifs (CCAIE, 2009). Pour l'année 2007-2008 par exemple, des traitements réduits ont été utilisés sur près de 15 % des superficies ayant fait l'objet d'une intervention phytosanitaire. Les techniques d'utilisation réduite des herbicides regroupent la pulvérisation en bandes, les doses réduites d'herbicides et la combinaison de celles-ci avec d'autres méthodes comme le sarclage mécanique. Ces différents procédés permettent de réduire de 30 à 50 % la quantité d'herbicides utilisés. Par ailleurs, les surfaces en culture sans herbicide représentaient au même moment 173 591 ha chez les exploitations membres des CCAE. La pratique de la lutte intégrée a connu une croissance importante au cours des dernières années. Ainsi, les superficies où la lutte intégrée est pratiquée en totalité ont augmenté de plus de 16 %, passant de 97 933 ha en 2004-2005 à 113 139 ha en 2007-2008. Cette pratique représente 12 % des espaces en culture sur lesquels on utilise des pesticides. Le dépistage est une étape importante qui mène généralement à l'adoption de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures. Entre 2006-2007 et 2007-2008, les étendues dépistées ont augmenté passant de 388 257 ha à 399 813 ha.

Les 22 services-conseils en gestion et encadrement technique (CET) ont pour mission de combler certains besoins particuliers d'encadrement technique dans des domaines spécifiques (la phytoprotection, la régie des cultures, la conservation des sols et la régie de certains élevages), d'appuyer le développement d'expertise dans les domaines non traditionnels et de favoriser la réduction du recours aux pesticides par une aide spécifique à l'embauche de dépisteurs (Guy, 2008). Les clubs d'encadrement technique sont généralement très présents en productions maraîchères et fruitières, incluant la pomme de terre. Les CET ont certainement un rôle important à jouer dans la diminution de l'utilisation de pesticides, l'utilisation des pesticides à moindre risque et par extension, la réduction des risques de contamination des aliments par des produits phytosanitaires.

L'importance des services-conseils indépendants comme courroie de transmission des connaissances en matière de réduction de l'utilisation des pesticides n'est plus à démontrer. Leur rôle dans les activités de dépistage est important et il est à souhaiter qu'ils puissent prendre de plus en plus de place en matière de gestion rationnelle et sécuritaire des pesticides. Les services-conseils indépendants ont de plus repris de nombreuses tâches autrefois réalisées par les conseillers du MAPAQ. Dans ce sens, une entente de partenariat est intervenue entre le MAPAQ et l'UPA, concernant le développement durable des exploitations agricoles. Son objectif général est de développer et de rendre disponibles des services-conseils de qualité pour l'ensemble des exploitations agricoles. Cet accord entré en vigueur le 1<sup>er</sup> avril 2009 prendra fin le 31 mars 2013. Il couvre notamment les services-conseils agroenvironnementaux desservis par les clubs-conseils en agroenvironnement ainsi que les services-conseils en gestion et encadrement technique. Il apparaît important de continuer à soutenir les services-conseils indépendants qui idéalement devraient prendre de plus en plus de place en matière de gestion rationnelle et sécuritaire des pesticides et comme promoteurs de la GIEC.

## 7 CONCLUSIONS ET PISTES D'ACTION

Dans un premier temps, il est important de préciser que les bilans statistiques de résidus de pesticides dans les aliments présentés dans ce rapport se limitent principalement aux données fédérales publiées entre 2002 et 2005. Il est donc possible que le bilan actuel soit différent, et ce, pour plusieurs raisons. D'une part, le marché des pesticides évolue rapidement et de nombreuses nouvelles matières actives ont été proposées au cours des dernières années. D'autre part, la venue de nouvelles problématiques phytosanitaires a pu modifier le portrait d'utilisation de certains pesticides. On peut aussi penser à l'offre de fruits et de légumes qui est plus grande en raison de l'arrivée de plus en plus de nouveaux produits en provenance de pays émergents ou encore de nouvelles productions domestiques.

À la lumière des données disponibles, tant au fédéral qu'au Québec, il apparaît que les bilans de contamination par les pesticides des aliments mis en marché sont relativement rassurants, tout au moins en ce qui concerne les dépassements de normes. Il est toutefois important de garder en mémoire que les données disponibles sont parcellaires et que de faibles concentrations de pesticides sont encore régulièrement retrouvées dans les fruits et légumes. Dans certains cas, plusieurs pesticides peuvent se retrouver dans un aliment et parfois, un pesticide peut se retrouver dans plusieurs aliments. Par ailleurs, aucune étude sur l'alimentation totale, tout au moins pour les pesticides, n'a été réalisée au Québec depuis 1993. Considérant les incertitudes qui persistent sur les effets à long terme de l'exposition alimentaire à de faibles doses de produits phytosanitaires, il faut continuer à faire la promotion de méthodes qui peuvent permettre de diminuer l'utilisation des pesticides à risques plus élevés et d'encourager les pratiques agricoles limitant l'utilisation de ces produits.

Les sections qui suivent reprennent plus en détails les pistes de solution proposées par l'INSPQ pour réduire les résidus de pesticides dans les aliments et de façon plus globale, rationaliser l'utilisation de ces produits.

### 7.1 BONIFICATION DES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE DES RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES ALIMENTS

La surveillance des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes s'avère être une activité nécessaire pour s'assurer que les producteurs vont prendre des mesures pour respecter les normes établies par les organismes gouvernementaux. Actuellement, le programme québécois cible annuellement les mêmes cultures avec quelques modifications selon les années. Cependant, la quantité d'échantillons analysés annuellement ne permet pas vraiment de réaliser un portrait statistiquement fiable de la contamination par les pesticides des aliments vendus au Québec, et ce, particulièrement en ce qui concerne les produits importés. Les données complémentaires produites par l'ACIA permettraient de bonifier le portrait québécois, mais ces données sont amalgamées avec l'ensemble des données des autres provinces et ne peuvent être traitées de façon indépendante selon les représentants de l'ACIA. Même s'il existe une grande collaboration entre le MAPAQ et l'ACIA, notamment en matière d'échantillonnage, et qu'il serait intéressant que les données des deux organisations puissent être utilisées pour réaliser le bilan québécois, certaines

contraintes d'ordre méthodologique rendent cette fusion des données presque impossible. En effet, les analyses de résidus de pesticides effectuées par les deux paliers de gouvernement ne sont pas réalisées à l'aide des mêmes méthodes analytiques et des différences sont aussi observées en matière de protocoles de conservation des échantillons. La solution privilégiée se trouve donc dans l'augmentation du nombre d'échantillons dans le programme québécois. Elle pourrait par ailleurs pallier, du moins en partie, à l'absence d'étude récente sur la diète totale en matière d'exposition alimentaire aux pesticides. Cependant, même si la capacité analytique du laboratoire d'analyse des pesticides permettrait en théorie de traiter près de 3 000 échantillons par année, il est possible que les besoins en ressources humaines et financières nécessaires à l'atteinte de cet objectif ne puissent être comblés à court ou à moyen terme en raison des contraintes budgétaires imposées aux différents ministères. Dans ce contexte, il faudra probablement plutôt miser sur une stratégie différente pour la sélection du nombre de cultures à surveiller. Tout comme l'avait déjà proposé le BSQ (1998) dans son second scénario, il serait pertinent d'améliorer la précision des données en augmentant le nombre d'échantillons pour un nombre limité de cultures prioritaires, qui pourraient changer aux 3 ans. Il est important de faire la surveillance d'une culture sur une période de plusieurs années pour tenir compte des variations incontrôlables des besoins en phytoprotection. Par exemple, des conditions météorologiques particulières pour une année donnée pourraient entraîner une utilisation différente de pesticides pour cette période. Il va sans dire qu'une culture qui aurait un historique de présence de pesticides importante ou qui ferait l'objet de situations de non-conformité répétées serait conservée à long terme sur la liste des cultures prioritaires. Comme les activités du MAPAQ visent aussi à assurer le contrôle des entreprises en infraction, des budgets devraient être maintenus pour ce type de surveillance ciblée, et ce, pour les principales cultures.

Une procédure de priorisation devrait être mise en place pour la sélection des cultures qui pourraient faire l'objet d'un échantillonnage élargi. Cette procédure devrait tenir compte de l'historique des données de surveillance disponibles ainsi que des données de consommation fournies par Santé Canada comme le propose Phaneuf *et al.* (à paraître) pour dresser la liste de pesticides pour lesquels la population canadienne serait la plus susceptible d'être exposée. Cet indice pourrait par ailleurs être modulé par un facteur qui tient compte de la toxicité des pesticides, tel que l'indicateur de risque toxicologique déterminé par l'IRPeQ (Samuel *et al.*, 2007). La détermination des cultures prioritaires pourrait alors être faite en considérant celles qui utilisent le plus les pesticides à risques plus élevés.

Actuellement, un comité *ad hoc* se réunit une fois par année afin de discuter des priorités de surveillance pour l'année à venir. Le choix des cultures est généralement orienté sur la base des résultats des activités de surveillance antérieures, en fonction de l'importance de la production ou en considérant l'absence de données pour une culture en particulier. Ce comité qui regroupe des professionnels de l'ACIA, de Santé-Canada, du MAPAQ et de l'INSPQ pourrait se pencher sur une procédure de priorisation des cultures plus élaborée qui tient compte des éléments rapportés précédemment.

## 7.2 TRANSPARENCE DANS LA DIFFUSION DES DONNÉES DE SURVEILLANCE

En plus du programme de surveillance qu'il serait important de bonifier, il faut également constater un manque de transparence en matière de divulgation des informations en lien avec les activités de surveillance des pesticides dans les aliments, et ce, aux deux paliers de gouvernement. Au MAPAQ, la diffusion des résultats est un sujet d'une grande sensibilité que le ministère explique par l'interprétation souvent négative des résultats par les médias et des groupes de pression, ce qui insécuriserait la population même lorsque les résultats indiquent un bon bilan en matière de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes du Québec. Cette tendance à ne pas vouloir divulguer les données de surveillance va à l'encontre des pratiques mises en place et fortement encouragées dans plusieurs pays occidentaux.

En effet, que ce soit la FDA ou l'USDA avec le *Pesticide Data Program* aux États-Unis, l'EFSA de la Communauté européenne, le Pesticide Residues Committee (PRC) au Royaume-Uni ou encore le DAFFA en Australie, tous les organismes publient les résultats de leur programme de surveillance des pesticides dans les aliments (DAFFA, 2009; EFSA, 2009; FDA, 2009; PRC, 2010; USDA, 2009). La plupart le font assez rapidement, généralement moins de 2 ans après la campagne d'échantillonnage. Par exemple, le PRC le publie ses données en moins d'un an en plus de dévoiler son plan d'échantillonnage pour l'année en cours (PRC, 2010). Cet organisme a même publié à la fin de mai 2010 sa proposition d'échantillonnage pour la campagne 2011. En matière de transparence, certains organismes vont encore plus loin en organisant des présentations auxquelles le public ou les associations (professionnelles, de protection de l'environnement et des consommateurs, etc.) peuvent assister. Il est alors possible de questionner les experts au sujet des pesticides dans les aliments et les breuvages (PRC, 2010). L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) préconise une approche similaire en invitant les diverses parties prenantes lors de présentations scientifiques et en leur permettant de participer aux discussions (Boutrais R, 2009).

En Europe, il existe une directive de l'Union européenne concernant l'accès du public à l'information en matière d'environnement (UE, 2003). Elle stipule : « Afin de sensibiliser davantage le public aux questions d'environnement et d'améliorer la protection de l'environnement, les autorités publiques devraient, lorsque cela est justifié, mettre à disposition et diffuser les informations relatives à l'environnement qui sont en rapport avec leurs fonctions, en particulier au moyen des technologies de télécommunication informatique et/ou des technologies électroniques lorsque celles-ci sont disponibles ». On entend par information environnementale toute information disponible sous forme écrite, visuelle, sonore, électronique ou toute autre forme matérielle, concernant, entre autres, la contamination de la chaîne alimentaire. L'OMS ajoute qu'il faut favoriser la compréhension du public afin de renforcer la confiance dans la sécurité de l'offre alimentaire (FAO, 2007). Cela signifie que ce n'est pas tout de publier les résultats des programmes de surveillance, il faut encore savoir comment les présenter et les expliquer. L'EFSA, entre autres, s'acquitte très bien de cette tâche (EFSA, 2009). Il faut identifier à qui le message s'adresse lors de la publication, concevoir le message pour les groupes visés et utiliser les véhicules de communication les plus appropriés pour interagir avec ces groupes.

Sans nécessairement impliquer au départ les parties prenantes dans le processus de décision comme le préconise la FAO, il est nécessaire d'établir des stratégies efficaces de communication s'adressant à ces groupes (FAO, 2006). D'ailleurs, plusieurs pays dont la Nouvelle-Zélande et l'Australie s'inspirent de ces principes (FSANZ, 2009). Il faut, entre autres, connaître la perception du public, des groupes environnementaux, des producteurs agricoles et des autres groupes impliqués avant de publier les résultats. Pour certains, le résultat peut être plus important que le risque lui-même et c'est pour cela qu'il faut identifier et être sensible aux conséquences liées à sa diffusion. L'OMS conclut qu'il est important d'assurer l'ouverture, la transparence et la flexibilité dans toutes les activités de communications. Publier des résultats sans les expliquer peut mener à des répercussions comme celles qu'a connues le MAPAQ il y a quelques années et qui ont mené à la non-diffusion des résultats du programme de surveillance. Il est bien important lors de la communication des résultats de bien expliquer le risque et d'expliquer comment on tient compte des incertitudes, par exemple.

La publication des résultats, ce n'est pas seulement de l'information pour le grand public, mais c'est aussi pour renseigner les producteurs agricoles. Ils bénéficieraient grandement de connaître les résultats de la contamination des aliments par les pesticides. Ce sont des renseignements précieux qui leur indiquent où ils doivent mettre des efforts pour améliorer leur pratique et diminuer encore plus les niveaux de résidus de pesticides dans les aliments. Cela pourrait les inciter à modifier leur pratique, telle que l'utilisation de doses réduites ou de pesticides moins toxiques. Lors des rencontres de discussion sur le repositionnement de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, des producteurs ont émis le souhait de connaître les résultats des programmes de surveillance dans le but de modifier leur pratique.

Avec des bilans qui semblent plutôt bons en matière de contamination des aliments par les pesticides, le MAPAQ aurait probablement beaucoup à gagner à publier ses résultats. Cette ouverture permettrait de diminuer la méfiance des associations de protection de l'environnement et du public. De plus, cela pourrait bénéficier à la Stratégie phytosanitaire et aux producteurs qui visent à offrir des produits d'une grande qualité.

### **7.3 BONIFICATION DES PROGRAMMES DE FORMATION/INFORMATION DES INTERVENANTS AGRICOLES**

Bien que les programmes de surveillance soient d'une grande importance pour diminuer les résidus de pesticides dans les aliments, il demeure que les bonnes pratiques agronomiques constituent la base du processus permettant d'atteindre l'objectif de salubrité des fruits et des légumes. L'acquisition des connaissances en matière de saine gestion des problèmes phytosanitaires peut se faire à l'échelle professionnelle, technique ou universitaire. Dans les deux premiers cas, les programmes proposent différents cours obligatoires traitant de la gestion rationnelle et sécuritaire des pesticides alors que les notions de gestion intégrée des ennemis des cultures complètent l'acquisition des connaissances de base pouvant mener à l'atteinte de cet objectif. Il serait cependant intéressant d'intégrer une section spécifique à la problématique des résidus de pesticides dans les aliments dans ces programmes de formation, d'autant plus que les travailleurs agricoles ayant complété cet enseignement ont souvent la responsabilité de faire les traitements phytosanitaires.

Au Québec, de nombreuses responsabilités en matière de services-conseils sont assignées à des agronomes. Ceux-ci conseillent les producteurs sur les approches phytosanitaires à privilégier et lorsque nécessaire, sur les pesticides à utiliser. Bien que la formation universitaire des agronomes soit généralement relativement complète pour les sujets en lien avec les pratiques culturales, ces professionnels ne sont pas toujours formés en matière d'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides en raison du caractère non obligatoire du cours abordant ces aspects. Ceux qui auront à utiliser des pesticides doivent bien sûr détenir la certification du MDDEP mais cette formation obligatoire vise moins l'acquisition de compétences que l'acquisition sommaire de connaissances. Dans ce contexte, il faut s'assurer que les institutions d'enseignement intègrent dans leur programme l'acquisition de compétences en lien avec les pratiques culturales visant une utilisation rationnelle et sécuritaire de pesticides. Par ailleurs, à la lumière des informations reçues, la question des résidus de pesticides dans les aliments n'est pas abordée de façon systématique dans les programmes d'enseignement universitaire. Le MAPAQ pourrait avoir un plus grand rôle à jouer dans la détermination des objectifs d'enseignement des programmes de formation agricole. Dans ce sens, les relations privilégiées de ce ministère avec une institution d'enseignement comme l'ITA ou avec l'Ordre des agronomes pourraient être mises à profit.

#### **7.4 INTÉGRATION DES OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION ET DE RÉDUCTION DU RISQUE**

Au Québec, des efforts significatifs ont été réalisés dans le développement d'un indicateur de risque des pesticides (Samuel *et al.*, 2004) et d'un outil intégré d'aide à la décision (SAGe pesticides, 2010). Comme déjà mentionné, ces outils sont le fruit des efforts concertés du MAPAQ, du MDDEP et de l'INSPQ et font partie intégrante d'une stratégie plus globale visant à soutenir une adoption accrue de la gestion intégrée des ennemis des cultures au Québec, une approche qui soutient le développement durable de l'agriculture. En mai 2009, ils ont d'ailleurs été cités à ce titre lors de la 17<sup>e</sup> session de la Commission du développement durable de l'Organisation des nations unies en mai 2009 (ONU, 2009). Bien qu'ils ne visent pas principalement la réduction des résidus de pesticides dans les aliments, ces outils favorisent le choix des produits les moins à risque et ils devraient contribuer à la réduction des risques potentiels de l'exposition alimentaire pour lesquels il demeure encore des incertitudes scientifiques en lien avec l'exposition combinée à de faibles doses de pesticides.

Le potentiel éducatif de ces outils, qui ont maintenant dépassé le stade de validation, a été reconnu par les intervenants agricoles, et ils devraient maintenant être intégrés aux pratiques de gestion agronomique. Cependant, leur intégration dans les pratiques régulières est relativement lente en raison du jeune âge de ces instruments de travail d'une part, mais aussi parce que leur utilisation suppose des changements importants dans les pratiques en plus d'être confrontée à la réalité de certaines considérations économiques. Ces outils proposent d'aborder la gestion antiparasitaire différemment et le changement fait souvent peur. C'est dans ce contexte que des efforts devraient être faits pour mieux faire connaître ces outils, notamment par leur intégration aux différents programmes d'enseignement et par la mise en place d'activités de formation et de sensibilisation.

Au cours des dernières années, il a souvent été question de mettre en place des conditions à l'attribution d'aide financière au milieu agricole. L'écoconditionnalité est probablement le meilleur exemple pour illustrer ce discours. En Europe, par exemple, tous les agriculteurs recevant des paiements directs sont soumis à l'écoconditionnalité obligatoire depuis 2005 (CE, 2010). Cette approche est définie par la Commission européenne (CE) comme un mécanisme qui subordonne les paiements directs au respect par les agriculteurs de normes de base concernant l'environnement, la sécurité alimentaire, la santé animale et végétale, le bien-être des animaux et le maintien des terres dans de bonnes conditions agricoles et environnementales. Le 13 mai 2004 au Québec, le gouvernement annonçait ses orientations sur le développement durable de la production porcine et rendait publics, du même souffle, ses énoncés d'écoconditionnalité applicables à l'ensemble de la production agricole (Provençal, 2010). Cette position découlait en partie du constat que les instruments classiques de l'État tels les politiques agricoles, alimentaires et scientifiques, les programmes de soutien financier, et autres avaient probablement atteint leurs limites en matière de protection de l'environnement. Cette démarche mise principalement sur la protection de l'environnement et le domaine de la protection de la santé publique n'est touché que par la bande. Dans le cadre d'une démarche de réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides, il pourrait être tentant d'exiger l'utilisation de l'IRPeQ comme condition à l'obtention d'aide financière d'autant plus que cet outil pourrait permettre des gains tant en matière de santé publique que d'environnement. Or, le Vérificateur général du Québec notait en 1996 que le régime coercitif de la réglementation environnementale n'est pas suffisant pour assurer un développement durable en matière agricole. Il est logique de croire que ce constat s'applique probablement en matière de protection de la santé publique (Gouvernement du Québec, 1996; *dans* Provençal, 2010). Devant une telle évidence, il apparaît plus logique de miser sur la formation et la sensibilisation et d'évaluer la possibilité de mettre en place des mesures incitatives, plutôt que coercitives, à l'utilisation de SAgE pesticides et de l'IRPeQ Express.

L'utilisation d'un indicateur de risque et d'un outil d'aide à la décision peut certainement contribuer à diminuer les risques globaux d'utilisation des pesticides, et par extension des risques associés aux résidus de pesticides dans les aliments, mais ces outils ont leurs limites. Pour que des gains appréciables soient observés, il faudra aussi faire des efforts à mettre en place différentes alternatives aux pesticides et miser sur le développement de molécules plus sécuritaires. Par ailleurs, des mécanismes devraient être prévus pour évaluer le niveau d'utilisation des outils d'aide à la décision comme SAgE pesticides et IRPeQ Express et de leur impact à plus ou moins long terme sur la diminution des risques pour l'environnement et la santé.

## **7.5 PROMOTION DE LA GESTION INTÉGRÉE DES ENNEMIS DES CULTURES ET DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

Il a été démontré que la mise en place d'activités comme la GIEC pouvait contribuer à la diminution des risques liés à l'utilisation des pesticides et même à la réduction des résidus de pesticides dans les aliments. Parmi les stratégies de répression des ennemis des cultures, l'utilisation des pesticides est encore le moyen le plus utilisé aujourd'hui. S'il est possible de miser sur l'utilisation des pesticides à plus faibles risques en intégrant des outils comme l'IRPeQ, la diminution de l'utilisation des pesticides et des risques de contamination

doit certainement passer par une gestion plus intégrée des ennemis des cultures. Cependant, il est peu probable que des changements profonds soient réalisés à ce niveau sans que des approches alternatives aux pesticides soient développées et dans ce sens, il est important que le milieu de la recherche soit mis à contribution et que des réseaux d'échange de connaissances soient développés. Le secteur de la pomiculture québécois constitue un bel exemple de réussite en la matière et la mise en place de structures similaires devrait être encouragée dans d'autres secteurs d'activité culturelle.

Le gouvernement a tout avantage à soutenir le développement de la GIEC au Québec. Toutefois, il est important qu'il se donne les outils nécessaires à l'évaluation de ses programmes et de ses politiques. Dans ce sens, il doit prioriser le développement d'indicateurs clairs pour être en mesure de connaître le niveau d'imprégnation de la GIEC et ainsi, mieux cibler les besoins et orienter ses programmes de soutien.

En 1999, la division de la santé environnementale et de la sécurité (EHS) de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE, 1999) qui représente plus de 30 pays industrialisés en Amérique du Nord, en Europe et dans le Pacifique, publiait ses conclusions et ses recommandations à la suite d'un atelier international sur la GIEC et la réduction des risques des pesticides. En plus des représentants gouvernementaux de nombreux pays, des experts indépendants en matière de GIEC, des agriculteurs et des associations d'agriculteurs, des chercheurs spécialisés en agronomie, des conseillers agricoles, des distributeurs en alimentation, des manufacturiers de pesticides chimiques et biologiques ainsi que des environnementalistes ont participé aux discussions. Les participants devaient répondre à 5 questions en lien avec la GIEC. Celles-ci portaient sur la contribution de la GIEC à la diminution des risques des pesticides, sur les conditions de succès de la GIEC, sur les principales barrières et incitatifs à l'implantation de la GIEC, sur les indicateurs de suivi du progrès de cette approche et finalement sur le rôle que devraient tenir les gouvernements, les organisations internationales et les autres intervenants pour augmenter l'adoption de la GIEC.

Les participants étaient d'accord avec le fait que la GIEC pouvait contribuer de façon importante à la réduction des risques des pesticides notamment en encourageant l'utilisation d'alternatives aux pesticides ou de pesticides à risques réduits et une meilleure connaissance des techniques de gestion agricole, des ennemis des cultures et des écosystèmes (OCDE, 1999). Par ailleurs, ils concluaient aussi que cette approche représentait une part importante de la gestion intégrée des cultures et de l'agriculture durable. Plusieurs pistes ont été proposées pour assurer le succès de la mise en œuvre de la GIEC. Premièrement, il est important d'impliquer les producteurs dans les activités de recherche et la mise en œuvre de la GIEC. Les projets de GIEC devraient par ailleurs être planifiés de façon rigoureuse en identifiant bien les besoins, les buts, les stratégies d'implantation et les indicateurs de suivi. La mise en place d'un partenariat entre tous les intervenants concernés et le développement d'un marché pour les produits issus de la GIEC seraient par ailleurs tout aussi importante. Il faut aussi créer une volonté politique et des structures de soutien, notamment en faisant une place importante à la GIEC dans la politique gouvernementale sur les pesticides et en supportant financièrement la recherche et le transfert des connaissances. L'appui aux agriculteurs, que ce soit en matière de formation, de reconnaissance des efforts faits ou d'assistance financière lors de la période de transition

est aussi une condition de succès. Enfin, des moyens comme des incitatifs commerciaux et l'identification de priorités d'homologation pourraient être mis à profit pour favoriser le développement de l'industrie de contrôle biologique des ennemis des cultures et des alternatives aux pesticides chimiques.

Les différents groupes de discussion en sont venus à la conclusion que les gouvernements devaient jouer un rôle central dans la promotion, le soutien et la mise en œuvre de la GIEC. Toutefois, le développement d'une telle approche doit souvent faire face à de nombreuses barrières dont la connaissance pourra faciliter la mise en œuvre du processus d'implantation (OCDE, 1999). Par exemple, de nombreuses difficultés sont souvent rencontrées en ce qui a trait aux orientations et à la structuration de la recherche sur la GIEC. Par ailleurs, peu de politiques gouvernementales favorisent le développement de la GIEC. De plus, le manque d'outils et de stratégies alternatives ne favorise pas la transition des producteurs agricoles, et ce, surtout en l'absence d'aide financière. Les systèmes d'homologation ne favorisent pas non plus la promotion de la GIEC notamment en raison du manque d'harmonisation au niveau international et de la lenteur à approuver de nouveaux outils pour la GIEC. Par ailleurs, la résistance aux changements des producteurs, souvent pour des considérations économiques ou en raison de l'absence de marché pour les produits issus de la GIEC, constitue un frein majeur à la mise en place de cette approche de gestion agricole. Enfin, la promotion des pesticides chimiques par les producteurs de ces produits, les organisations d'aide au développement ou les gouvernements se fait pour la plupart du temps au détriment d'autres outils de contrôle antiparasitaire, incluant la GIEC.

La croissance de l'agriculture biologique semble accuser un retard au Québec, et ce, bien que la demande pour les produits issus de ce mode de culture soit importante. Il va de soi qu'il ne faut pas nécessairement miser sur les produits biologiques pour avoir une alimentation possédant de bonnes qualités nutritives, les études ayant démontré que les fruits et les légumes cultivés selon des approches plus traditionnelles possèdent généralement ces qualités (AFSSA, 2003; Dangour *et al.*, 2009). Ces données sont importantes, car actuellement, les produits biologiques ne sont pas accessibles à tous en raison des coûts plus importants de ces denrées. Cependant, il a quand même été démontré que les produits biologiques pouvaient limiter l'exposition aux pesticides et il apparaît logique d'appuyer ce type d'agriculture beaucoup plus exigeante pour les producteurs. Dans ce sens, le MAPAQ devrait continuer à soutenir financièrement les producteurs qui visent à faire une transition d'un mode de production traditionnel vers une approche biologique. Par ailleurs, tout comme c'est le cas pour la GIEC, des efforts devraient être faits pour encourager la communauté scientifique à travailler au développement d'alternatives aux pesticides. Dans ce sens, le gouvernement pourrait évaluer ses programmes de soutien financier à la recherche agricole en priorisant les projets qui misent sur la réduction des risques des pesticides.

## **7.6 SOUTIEN AUX SERVICES-CONSEILS NON LIÉS**

Le MAPAQ mise beaucoup sur les différents services-conseils non liés à l'industrie des pesticides pour rationaliser l'utilisation des pesticides et promouvoir les bonnes pratiques agricoles comme la GIEC. Par ailleurs, l'efficacité des travaux de ces groupes-conseils dans la diminution de l'utilisation des pesticides a fait ses preuves dans plusieurs types de

cultures. Au cours des dernières années, plusieurs programmes gouvernementaux ont voulu faciliter le travail des regroupements de professionnels comme les clubs-conseils en agroenvironnement (CCAÉ) et les services-conseils en gestion et encadrement technique. Même si ces groupes sont de plus en plus présents dans le paysage agricole, ils ne peuvent pas toujours répondre à l'ensemble des besoins en lien avec l'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides en raison notamment de la charge de travail importante. Les clubs d'encadrement technique se vouent en grande partie à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires et à la mise en place de bonnes pratiques agricoles, mais leur imprégnation auprès des producteurs agricoles mériterait d'être accrue. Les clubs-conseils en agroenvironnement qui ont été jusqu'à tout récemment, principalement impliqués dans la réalisation du plan agroenvironnemental de fertilisation et de bilans de phosphore, sont de plus en plus concernés par le développement de moyens de lutte nécessitant moins de pesticides, ce qui devrait contribuer à combler une partie des besoins du milieu agricole. Les services-conseils en lien avec le secteur de l'agrochimie sont aussi très présents en matière de lutte antiparasitaire, mais il est clair qu'en raison de leurs objectifs de vente et de rentabilité économique, la diminution de l'utilisation de pesticides n'est pas au sommet de leur liste de priorités.

Même si le recours aux services-conseils a connu une croissance significative dans la dernière décennie, il apparaît important d'accroître encore l'adhésion à ces réseaux créés par et pour les producteurs. Comme les groupes-conseils répondent maintenant en partie à un service d'expertise autrefois fourni par le MAPAQ, ce dernier doit s'assurer de soutenir ces réseaux qui connaissent certaines limites. Par exemple, certains intervenants consultés ont soulevé le manque de ressources spécialisées en GIEC dans les services-conseils non liés et la difficulté à maintenir un niveau élevé d'expertise dans certaines cultures notamment en raison du départ à la retraite de certains experts et d'un taux de roulement parfois important au niveau des ressources humaines des clubs-conseils. Par ailleurs, de grands défis devront être relevés à l'avenir afin d'assurer des modes de production agricole durable et les services-conseils non liés auront certainement un rôle très important à y jouer. Ils sont dans une position privilégiée en raison de leur proximité avec les producteurs et dans ce sens, le MAPAQ a intérêt à soutenir ces groupes mais aussi à sensibiliser les producteurs à utiliser leurs services.

## **7.7 RÔLE ACCRU DU MAPAQ FACE À SON HOMOLOGUE FÉDÉRAL**

Les responsabilités en lien avec le volet normalisation relèvent plutôt du gouvernement fédéral. Cependant, il serait bien vu que le gouvernement du Québec, par l'entremise du MAPAQ, soutienne l'adoption accélérée de LMR pour les combinaisons aliments-pesticides qui ont actuellement une LMR par défaut. De plus, le MAPAQ pourrait discuter avec son homologue canadien de la façon d'harmoniser les LMR avec celles de certains pays exportateurs comme les États-Unis. Suivant une logique de protection de la santé publique, la LMR la plus restrictive devrait cependant s'appliquer si les justifications scientifiques à la base de sa détermination sont appropriées.

Au cours des différentes rencontres de consultations menées auprès des intervenants agricoles dans le cadre du repositionnement de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, plusieurs de ceux-ci ont noté que les producteurs québécois étaient pénalisés en matière de disponibilité de pesticides à risques réduits alors que ces mêmes produits étaient homologués aux États-Unis. Le MAPAQ pourrait jouer un rôle encore plus important en matière de revendication auprès de l'ARLA et des fabricants de pesticides afin de minimiser ces disparités entre les producteurs québécois et américains. La plupart du temps, les pesticides ne sont pas homologués au Canada non pas en raison de considérations liées aux risques de ces produits, mais parce que les marchés canadien et québécois ne sont pas suffisamment importants pour justifier les coûts d'homologation de ces pesticides à risques réduits. Les exigences canadiennes seraient également différentes en matière d'efficacité, d'exposition des travailleurs, de dispersion dans l'environnement et de résidus foliaires dans les serres ce qui, par rapport aux États-Unis, créerait un déséquilibre pour l'homologation des biopesticides et des pesticides à risques réduits. De plus, comme le coffre à outils des producteurs québécois ou canadiens est parfois plus limité, pour certaines cultures, il est plus difficile d'appliquer les règles d'alternance visant à contrer la résistance par exemple (Garon, 2010). Aussi, les nouveaux produits sont souvent plus spécifiques que les vieilles molécules à large spectre ayant une plus grande toxicité. Il ne faut pas oublier que la faible disponibilité de biopesticides et de pesticides à risques réduits favorise l'utilisation de molécules présentant plus de risques potentiels pour la santé et que ceux-ci pourront être présents dans les aliments.

## 8 RÉFÉRENCES

- ACIA (2004a). Programme national de surveillance des résidus chimiques (PNSRC).  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/ncrmpf.shtml>  
(Consulté le 4 février 2010)
- ACIA (2004b). Programme national de surveillance des résidus chimiques.  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/residfsf.shtml>  
(Consulté le 4 février 2010)
- ACIA (2006). Rapport sur les pesticides, produits chimiques agricoles, polluants environnementaux et autres impuretés dans les produits agroalimentaires d'origine végétale. Année financière 2004-2005, volume 2.  
[http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2004-2005/plaveg\\_f.shtml#3](http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2004-2005/plaveg_f.shtml#3)  
(Consulté le 4 février 2010)
- ACIA (2008). Programme d'échantillonnage pour la détection des résidus chimiques dans les fruits et légumes frais. <http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/frefra/safsal/chemf.shtml>  
(Consulté le 4 février 2010)
- ACIA (2009a). Rapports annuels sur les résidus de produits chimiques.  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/residf.shtml>  
(Consulté le 4 février 2010)
- ACIA (2009b). Annexe C - Liste de pesticides visés par le protocole PMR-001-V1.4 de l'ACIA, Dosage des pesticides dans les fruits et légumes avec purification par extraction en phase solide (EPS), CG/discriminateur de masse et CLHP avec détection par fluorescence. <http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2006-2007/babres-appf.shtml#appc> (Consulté le 4 février 2010)
- ACIA (2009c). Projet sur les résidus de produits chimiques dans les aliments destinés aux enfants. Rapport d'échantillonnage 2006-2007.  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2006-2007/babresf.shtml>  
(Consulté le 27 juillet 2010)
- ACIA (2009d). Projet sur les résidus de produits chimiques dans les aliments destinés aux enfants de 6 mois à 15 ans. Rapport d'échantillonnage 2004-2006.  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2004-2006/babresf.shtml#a4b>  
(Consulté le 27 juillet 2010)
- ACIA (2010a). Résidus de pesticide et métaux dans les concentrés de jus de fruit. Plan d'action pour assurer la sécurité des produits alimentaires. Rapport 2008-2009.  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2008-2009/fruitf.shtml>  
(Consulté le 27 juillet 2010)
- ACIA (2010b). Résidus de pesticides et métaux dans les produits de tomates transformées. Rapport 2008-2009. Enquêtes ciblées – Chimie.  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/microchem/resid/2008-2009/tomatf.shtml>  
(Consulté le 27 juillet 2010)
- AFLF (2006). [http://www.freshproducealliance.com/text/home\\_FR.htm](http://www.freshproducealliance.com/text/home_FR.htm) (Consulté le 7 janvier 2010)

- AFSSA (2003). Évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique. République Française, Maisons-Alfort cedex, juillet 2003, 236 p.
- Agri-réseau (2010). Liste des rapports techniques produits dans le cadre du Programme agroenvironnemental de soutien à la Stratégie phytosanitaire (1998-2003). [http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/PAS\\_SP\\_Rapportstechniques\\_LISTE.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/PAS_SP_Rapportstechniques_LISTE.pdf) (Consulté le 6 novembre 2009)
- Aprea C, Gianfranco S, Orsi D, Boccalon P, Sartorelli P, Sartorelli E (1996). Urinary excretion of alkylphosphates in the general population (Italy). *Sci Total Environ* 177: 37-41.
- Aprea C, Strambi M, Novelli MT, Lunghini L, Bozzi N (2000). Biologic monitoring of exposure to organophosphorus pesticides in 195 Italian children. *Environ Health Perspect* 108 (6): 521-525.
- AQIS (2007). AQIS Imported Food Surveys. Report 1-Imported horticulture products. Department of agriculture, fisheries and forestry, 8 p. [http://www.daff.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0018/112833/hort\\_survey.pdf](http://www.daff.gov.au/__data/assets/pdf_file/0018/112833/hort_survey.pdf)
- Arcury TA, Grzywacz JG, Davis SW, Barr DB, Quandt SA (2006). Organophosphorus pesticide urinary metabolite levels of children in farmworker households in eastern North Carolina. *Am J Ind Med* 49: 751-760.
- ARLA (2003a). Document de principes SPN2003-03 : Évaluation de l'exposition aux pesticides contenus dans les aliments. Guide de l'utilisateur. Santé Canada, 28 juillet 2003, 42 p.
- ARLA (2003b). Document de principes SPN2003-04 : Principes généraux sur l'élaboration des évaluations globales du risque et de l'exposition. Santé Canada, 28 juillet 2003, 63 p.
- ARLA (2003c). Document de principes SPN2003-05 : Orientations relatives à la précision des estimations de résidus anticipés en vue de leur utilisation dans l'évaluation probabiliste du risque alimentaire aigu. Santé Canada, 28 novembre 2003, 40 p.
- ARLA (2006). Document de travail DIS2006-01 : Abrogation de la norme générale relative à la limite maximale de résidus de 0,1 ppm pour les résidus de pesticides dans les aliments [Règlement B.15.002(1)]. Santé Canada, 23 juin 2006, 43 p.
- ARLA (2010). Liste des limites maximales de résidus réglementées en vertu de la Loi sur les produits antiparasitaires. LMR canadiennes fixées le 1 avril 2010, 147 p. [http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt\\_formats/pdf/pest/part/protect-proteger/food-nourriture/mrls-lmr-fra.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt_formats/pdf/pest/part/protect-proteger/food-nourriture/mrls-lmr-fra.pdf) (Consulté le 22 avril 2010)
- Arora S (2009). Analysis of insecticides in okra and brinjal from IMP and non-IPM and non-IPM fields. *Environ Monit Assess* 151: 311-315.
- AUSVEG (2010). IPM in Australia. Australian vegetable and potato growers web site. <http://www.ausveg.com.au/ipm.cfm> (Consulté le 16 février 2010)

- Baker BP, Benbrook CM, Groth III E, Benbrook KL (2002). Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM)-grown and organic foods: insights from three US data sets. *Food Addit Contam* 19 (5): 427-446.
- Barr DB, Bravo R, Weerasekera G, Calabiano LM, Whitehead RD, Olsson A, Caudill SP, Schober SE, Pirkle JL, Sampson EJ, Jackson RJ, Needham LL (2004). Concentrations of dialkyl phosphate metabolites of organophosphorus pesticides in the U.S. population. *Environ Health Perspect* 112: 186-200.
- Baschet J-F, Pingault N (2009). La réduction des usages de pesticides : le plan *Ecophyto 2018*. Le rôle des indicateurs d'utilisation pour évaluer l'atteinte des objectifs. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, France. Les publications du service de la statistique et de la prospective. Prospective et évaluation. Analyse n° 4 février 2009.  
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/analyse40902.pdf> (Consulté le 11 janvier 2010)
- Becker K, Seiwert M, Angerer J, Kolossa-Gehring M, Hoppe HW, Ball M, Schulz C, Thumulla J, Seifert B (2006). GerER IV pilot study: Assessment of the exposure of German children to organophosphorus and pyrethroid pesticides. *Int J Hyg Environ Health* 209: 221-233.
- Bergkvist P (2004). Pesticide risk indicator at national level and farm level – A Swedish approach. Swedish chemical inspectorate (publisher), 20 p.  
[http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM6\\_04.pdf](http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM6_04.pdf)  
(Consulté le 16 février 2010)
- Berkowitz GS, Obel J, Deych E, Lapinski R, Godbold J, Liu Z, Landrigan PJ, Wolff MS (2003). Exposure to indoor pesticides during pregnancy in a multiethnic, urban cohort. *Environ Health Perspect* 111 (1): 79-84.
- Blanchet C, Plante C, Rochette L (2009). La consommation alimentaire et les apports nutritionnels des adultes québécois. Institut national de santé publique du Québec, 2009, 104 p. + annexes.  
[http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/931\\_RapportNutritionAdultes.pdf](http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/931_RapportNutritionAdultes.pdf)  
(Consulté le 22 mars 2010)
- Boivin S (2010). Communication personnelle. Conseillère en lutte antiparasitaire et en surveillance des espèces exotiques envahissantes. MAPAQ - Direction de la Phytoprotection.
- Bouchard M, Carrier G, Brunet RC, Dumas P, Noisel N (2006). Biological monitoring of exposure to organophosphorus insecticides in a group of horticultural greenhouse workers. *Ann Occup Hyg* 50 (5): 505-515.
- Boutrais R (2009). Communication personnelle. Doctorante, Centre d'Études et de Recherches en Sociologie des Organisations; à l'université Paris Dauphine et Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET).
- Bouvier G, Seta N, Vigouroux-Villard A, Blanchard O, Momas I (2005). Insecticide urinary metabolites in nonoccupationally exposed populations. *J Toxicol Environ Health B* 8: 485-512.

- Boyd DR (2006). Les aliments que nous mangeons : La réglementation en matière de pesticides – Une comparaison internationale. Fondation David Suzuki, octobre 2006, 46 p. <http://www.davidsuzuki.org/files/SWAG/DSF-HEHC-Food-Fr.pdf> (Consulté le 19 février 2010)
- Bradman A, Whitaker D, Quiros L, Castorina R, Henn BC, Nishioka M, Morgan J, Barr DB, Harnly M, Brisbin JA, Sheldon LS, Mckone TE, Eskenazi B (2007). Pesticides and their metabolites in the homes and urine of farmworker children living in the Salinas Valley, CA. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 17: 331-349.
- BSQ (1998). Enquête et méthodologie : Protocoles d'échantillonnage de fruits et de légumes frais au Québec. Rapport méthodologique présenté au MAPAQ par le BSQ, mars 1998, 23 p.
- CAAAQ (2008). Agriculture et agroalimentaire québécois : assurer et bâtir l'avenir. Rapport de la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois. <http://www.caaaq.gouv.qc.ca/> (Consulté le 31 mars 2010)
- Castorina R, Bradman A, Mckone TE, Barr DB, Harnly ME, Eskenazi B (2003). Cumulative organophosphate pesticide exposure and risk assessment among pregnant women living in agricultural community: A case study from CHAMACOS cohort. *Environ Health Perspect* 111 (13): 1640-1648.
- CCAE (2009). Bilan des activités 2007-2008. Évolution des pratiques agro-environnementales des exploitations agricoles accompagnées par les clubs-conseils en agroenvironnement (CCAE). Clubs-conseils en agroenvironnement, Longueuil, 46 p. [http://www.clubsconseils.org/database/Image\\_usager/2/Les%20clubsconseils/Bilan\\_final\\_2007-2008\\_sans%20code.pdf](http://www.clubsconseils.org/database/Image_usager/2/Les%20clubsconseils/Bilan_final_2007-2008_sans%20code.pdf) (Consulté le 15 février 2010)
- Charlebois R (2008). Overview of monitoring activities for pesticides residues in canadian foods. Canadian Cancer Society, Exploring the connection: A state of the science conference on pesticides and cancer, Toronto, November 12, 2008. [http://convio.cancer.ca/site/DocServer/1\\_2\\_Charlebois\\_Robert\\_secured.pdf?docID=921](http://convio.cancer.ca/site/DocServer/1_2_Charlebois_Robert_secured.pdf?docID=921)
- Codex (1994). Codex Alimentarius, Pesticide Residues in Foodstuffs, Rome 1994, ISBN 92-5-20372271-1; Vol. 2, p. 372.
- Couture C, Fortin MC, Carrier G, Dumas P, Tremblay C, Bouchard M (2009). Assessment of exposure to pyrethroids and pyrethrins in a rural population of the Montérégie area, Quebec, Canada. *J Occup Environ Hyg* 6: 341-352.
- CRAAQ (2006). Priorités de recherche, d'innovation et de transfert technologique en agriculture biologique. Groupe de travail sur les priorités de recherche, Comité agriculture biologique, 5 p.
- Curl CL, Fenske RA, Elgethun K (2003). Organophosphorus pesticide exposure of urban and suburban preschool children with organic and conventional diets. *Environ Health Perspect* 111 (3): 377-382.
- DAFFA (2009). National residue survey 2007-2008, 236 p. <http://www.daff.gov.au/agriculture-food/nrs/publications/annual-reports/2007-2008>

- DAFFA (2008). National residue survey 2006-2007, 218 p.  
[http://www.daff.gov.au/agriculture-food/nrs/publications/annual-reports/previous\\_annual\\_reports](http://www.daff.gov.au/agriculture-food/nrs/publications/annual-reports/previous_annual_reports)
- Dangour AD, Dodhia SK, Hayter A, Allen E, Lock K, Uauy R (2009). Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *Am J Clin Nutr*, 90 (3): 680-685.
- Day E (2002). Environmental Indicators Results. Report to the U.S. EPA. American Farmland Trust Center for Agriculture in the Environment, June 7, 2002.
- Deglise F (2007). Pesticides : le portrait québécois est peu reluisant. *Journal Le Devoir*, édition du samedi 18 et du dimanche 19 août 2007.  
<http://www.ledevoir.com/2007/08/18/153804.html> (Consulté le 3 février 2010)
- Demers I (2001). Analyse et application d'outils de sélection environnementale de pesticides en usage à la ferme. Faculté des sciences, Université de Sherbrooke, septembre 2001.
- Deschesne R (2009). Communication personnelle. Centre québécois d'inspection des aliments et de santé animale (CQIASA), Direction du laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires (DLEAA), MAPAQ.
- Devillers J, Farret R, Girardin P, Rivière J-L, Soulas G (2005). Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Éditions TEC & DOC Lavoisier, 278 p.
- Dubuc M (2007). Libre-Opinion : Les fruits et légumes du Québec sont sécuritaires. *Journal Le Devoir*, édition du mardi 28 août 2007.  
<http://www.ledevoir.com/2007/08/28/154802.html> (Consulté le 3 février 2010)
- Duchesne R-M (2010). Communication personnelle. Direction de l'environnement et du développement durable, MAPAQ.
- Duchesne R-M., April M-H, Gingras D (2003). Inventaire des indicateurs de risques sur la santé et sur l'environnement pour les pesticides. Direction de l'environnement et du développement durable, MAPAQ, 35 p.
- EFSA (2010). 2008 Annual Report on Pesticide Residues according to Article 32 of Regulation (EC) No 396/2005., *EFSA journal* 2010; 8(6): 1646. 162 p.
- EFSA (2009). 2007 Annual Report on Pesticide Residues according to Article 32 of Regulation (EC) No 396/2005. Prepared by Pesticides Unit (PRAPeR) of EFSA (Question No EFSA-Q-2008-714), *EFSA Scientific Report* (2009) 305, 10 June 2009, 106 p.
- European Commission (2008). Special Reports: Pesticide Monitoring Reports. Directorate General for Health and Consumers, Food and Veterinary Office.  
[http://ec.europa.eu/food/fvo/specialreports/pesticides\\_index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/fvo/specialreports/pesticides_index_en.htm)  
(Consulté le 2 février 2010)
- FAO (2002). AGP Integrated pest Management. <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/ipm/en/> (Consulté le 16 janvier 2010)

- FAO (2003). Accroître la consommation de fruits et légumes devient une priorité à l'échelle mondiale. FAO, Service des relations avec les médias.  
<http://www.fao.org/french/newsroom/focus/2003/fruitveg1.htm> (Consulté le 22 mars 2010)
- FAO (2006). Food safety risk analysis: A guide for national food safety authorities. FAO Food and Nutrition Paper 87, WHO, Food and Agriculture of the United Nations, Rome, 119 p.  
<http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/riskanalysis06.pdf>
- FAO (2007). Principes de travail pour l'analyse des risques en matière de sécurité sanitaire des aliments destinés à être appliqués par les gouvernements. OMS, Rome, 2007, 41 p.  
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1550t/a1550t00.pdf>
- FDA (2009). Residue Monitoring Reports FDA Pesticide Program Residue Monitoring: 1993-2007. U.S. Department of Health and Human Services.  
<http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/Pesticides/ResidueMonitoringReports/default.htm>. (Consulté le 2 février 2010)
- Fortin J (2010). Communication personnelle. Enseignante au Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval.
- Fortin MC, Bouchard M, Carrier G, Dumas P (2008). Biological monitoring of exposure to pyrethrins and pyrethroids in a metropolitan population of the Province of Quebec, Canada. *Environ Research* 107: 343-350.
- FSANZ (2003). The 20<sup>th</sup> Australian Total Diet Survey. A total diet survey of pesticides residues and contaminants. Published January 2003, 47 p.  
[http://www.foodstandards.gov.au/\\_srcfiles/Final\\_20th\\_Total\\_Diet\\_Survey.pdf](http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/Final_20th_Total_Diet_Survey.pdf)
- FSANZ (2009). The Analysis of Food-related health risk. February 2009, 67 p.  
[http://www.foodstandards.gov.au/\\_srcfiles/Food%20Related%20Health%20Risks%20WEB\\_FA.pdf](http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/Food%20Related%20Health%20Risks%20WEB_FA.pdf)
- Garon M (2010). Communication personnelle. Coordinatrice provinciale du Programme d'homologation de pesticides à usages limités, MAPAQ, Direction de la phytoprotection.
- Gorse I, Dion S (2009). Bilan des ventes de pesticides au Québec pour l'année 2006, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 83 p.  
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticides/bilan/bilan2006.pdf>
- Gouvernement du Québec (2010a). Loi sur les pesticides, L.R.Q., chapitre P-9.3, Éditeur officiel du Québec, à jour au 1<sup>er</sup> mars 2010.
- Gouvernement du Québec (2010b). Loi sur les produits alimentaires, L.R.Q., chapitre P-29, Éditeur officiel du Québec, à jour au 1<sup>er</sup> mars 2010.
- Gouvernement du Québec (2010c). Règlement sur les fruits et légumes frais, c. P-29, r.3 (Loi sur les produits alimentaires (L.R.Q., c. P-29, a. 40)), Éditeur officiel du Québec, à jour au 1<sup>er</sup> février 2010.
- Gouvernement du Québec (1996). Rapport du Vérificateur général 1995-1996, Aide financière offerte aux producteurs agricoles, tome 1 : chapitre 2, p. 24-56.

- Guy MC (2008). Répertoires des services-conseils non liés en agriculture de la Montérégie-Est. Comité régional MAPAQ-UPA sur les services-conseils de la Montérégie-Est, 69 p.
- Heudorf U, Angerer J (2001a). Metabolites of pyrethroid insecticides in urine specimens: Current exposure in a urban population in Germany. *Environ Health Perspect* 109 (3): 213-217.
- Heudorf U, Angerer J (2001b). Metabolites of organophosphorus insecticides in urine specimens from inhabitants of a residential area. *Environ Research* 86: 80-87.
- Heudorf U, Angerer J, Drexler H (2004). Current internal exposure to pesticides in children and adolescents in Germany: Urinary levels of metabolites of pyrethroid and organophosphorus insecticides. *Int Arch Occup Environ Health* 77: 67-72.
- Jakszyn P, Goñi F, Etxeandia A, Vives A, Millán E, Lopez R, Amiano P, Ardanaz E, Barricarte A, Chirlaque MD, Dorronsoro M, Larrañaga N, Martinez C, Navarro C, Rodriguez L, Sanchez MJ, Tormo MJ, González CA, Agudo A (2009). Serum levels of organochlorine pesticides in healthy adults from five regions of Spain. *Chemosphere* 76: 1518-1524.
- Kieszak SM, Naeher LP, Rubin CS, Needham LL, Backer L, Barr DB, McGeehin M (2002). Investigation of the relation between self-reported food consumption and household chemical exposures with urinary levels of selected nonpersistent pesticides. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 12 (6): 404-408.
- Kutz FW, Cook BT, Carter-Pokras OD, Brody D, Murphy RS (1992). Selected pesticide residues and metabolites in urine from a survey of the U.S. population. *J Toxicol Environ Health* 37: 277-291.
- Lavoie R (2010). Communication personnelle. Institut de technologie agroalimentaire, campus de la Pocatière, Direction de l'enseignement.
- Loewenherz C, Fenske RA, Simcox NJ, Bellamy G, Kalman D (1997). Biological monitoring of organophosphorus pesticide exposure among children of agricultural workers in central Washington State. *Environ Health Perspect* 105 (12): 1344-1353.
- Lu C, Barr DB, Pearson MA, Waller LA. (2008). Dietary intake and its contribution to longitudinal organophosphorus pesticide exposure in urban/suburban children. *Environ Health Perspect* 116 (4): 537-542.
- Lu C, Barr DB, Pearson M, Bartell S, Bravo R (2006b). A longitudinal approach to assessing urban and suburban children's exposure to pyrethroid pesticides. *Environ Health Perspect* 114 (9): 1419-1423.
- Lu C, Barr DB, Pearson MA, Walker LA, Bravo R (2009). The attribution of urban and suburban children's exposure to synthetic pyrethroid insecticides: A longitudinal assessment. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 19 (1): 69-78.
- Lu C, Knutson DE, Fisker-Anderson J, Fenske RA (2001). Biological monitoring survey of organophosphorus pesticide exposure among preschool children in the Seattle metropolitan Area. *Environ Health Perspect* 109 (3): 299-303.

- Lu C, Toepel K, Irish R, Fenske RA, Barr DB, Bravo R (2006a). Organic diets significantly lower children's dietary exposure to organophosphorus pesticides. *Environ Health Perspect* 114 (2): 260-263.
- MacIntosh DL, Kabiru C, Echols, SL, Ryan PB (2001). Dietary exposure to chlorpyrifos and levels of 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in urine. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 11: 269-285.
- Mladenova R, Shtereva D (2009). Pesticides residues in apple grown under a conventional and integrated pest management system. *Food Addit Contam* 26 (6): 854-858.
- MAPAQ (2010). Direction du laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires (DLEAA).  
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/5179FA8F-D496-4C4D-9150-882EF70A98AE/0/BrochureDLEAA.pdf>
- MAPAQ (2005). Bonnes pratiques agroenvironnementales pour votre entreprise agricole, 2<sup>e</sup> édition, 41 p.
- MAPAQ (2008). Suivi 2007 du portrait agroenvironnemental des fermes du Québec. Évaluation de la situation au Québec de 1998 à 2007. Direction de l'agroenvironnement et du développement durable, 36 p.
- McGill University (2010). Agricultural Sciences Majors. Liste des cours offerts dans le programme présenté sur le site de l'Université McGill.  
[http://www.mcgill.ca/files/plant/AgSci\\_Whole\\_Program.pdf](http://www.mcgill.ca/files/plant/AgSci_Whole_Program.pdf) (Consulté le 2 février)
- MELS (2010). 152 A0- Gestion et exploitation agricole.  
<http://www.mels.gouv.qc.ca/ens-sup/ens-coll/cahiers/program/152A0.asp>  
(Consulté le 5 février 2010)
- MELS (1998). Agriculture et pêche : production horticole. Programmes d'études 5210. Direction générale de la formation professionnelle et technique, 134 p.
- Mercier M (2010). Communication personnelle. Institut de technologie agroalimentaire, campus de Saint-Hyacinthe, Direction de l'enseignement.
- MJC (2009a). Loi sur les aliments et drogues F-27. Loi à jour en date du 12 janvier 2010.
- MJC (2009b). Loi sur les produits agricoles au Canada (1985, ch. 20 (4e suppl.)). Loi à jour en date du 12 janvier 2010.
- MJC (2009c). Loi sur les produits antiparasitaires 2002, ch. 28. P-9.01. Loi à jour en date du 12 janvier 2010.
- MJC (2009d). Règlement sur les aliments et drogues, C.R.C., ch. 870. Loi à jour en date du 12 janvier 2010. [http://laws.justice.gc.ca/PDF/Reglement/C/C.R.C.,\\_ch.\\_870.pdf](http://laws.justice.gc.ca/PDF/Reglement/C/C.R.C.,_ch._870.pdf)
- Moffet V (2010). Communication personnelle. Coordonnateur de la Stratégie phytosanitaire québécoise, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

- Morin Y, Chouinard G (2001). Lutte intégrée, p.163-198, dans : Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier, Gérald Chouinard (coord), Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec, 234 p.
- Newsome WH, Doucet J, Davies D, Sun WF (2000). Pesticide residues in the Canadian Market basket Survey 1992 to 1996. Food Addit Contam 17(10): 847-854.
- OCDE (1999). Report of the EOCD/FAO Workshop on integrated pest management and pesticide risk reduction. Environment Directorate. Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals. OCDE Series on pesticides Number 8, 161 p.  
[http://www.oilis.oecd.org/olis/1999doc.nsf/LinkTo/NT00000FBE/\\$FILE/04E94320.PDF](http://www.oilis.oecd.org/olis/1999doc.nsf/LinkTo/NT00000FBE/$FILE/04E94320.PDF)  
(Consulté le 7 février 2010)
- ONU (2009). SAgE pesticides et IRPeQ Express. Case study detail record, Department of Economic and Social Affairs, Division of sustainable Development.  
<http://webapps01.un.org/dsd/caseStudy/public/displayDetailsAction.do;jsessionid=33D017FC2D7C5AFC301A33FD0ED30600?code=718>
- PAA (2008). Pommes et pesticides une régie intégrée : Le verger Lacroix. Le PAA en action, Volume 2 numéro 1, automne 2007- hiver 2008.  
[http://www.clubsconseils.org/database/Image\\_usager/2/Les%20clubsconseils/PAA%20en%20action\\_tabloïd\\_final.pdf](http://www.clubsconseils.org/database/Image_usager/2/Les%20clubsconseils/PAA%20en%20action_tabloïd_final.pdf) (Consulté le 3 décembre 2009)
- Panuwet P, Prapamontol T, Chantara S, Barr DB (2009). Urinary metabolites in school students from northern Thailand. Int J Hyg Environ Health 212: 288-297.
- Phaneuf D, Belleville D, Normandin L, Bourgault MH., Buteau S (à paraître). Portrait analytique de l'exposition de la population à la contamination chimique des aliments consommés au Québec. Document de travail. Institut national de santé publique du Québec.
- PRC (2010). Home Page of the Pesticide Residues Committee (PRC) Website.  
[http://www.pesticides.gov.uk/prc\\_home.asp](http://www.pesticides.gov.uk/prc_home.asp) (Consulté le 29 avril 2010)
- Provençal D (2010). Écoconditionnalité : le développement et la mise en œuvre d'une approche au Québec. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. [http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu\\_agri/agricole/publi/ecoconditionnalite.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/publi/ecoconditionnalite.htm)  
(Consulté le 15 février 2010)
- Rawn DF, Quade SC, Shields B, Conca G, Sun WF, Lacroix GM, Smith M, Fouquet A, Bélanger A (2006b). Organophosphate Levels in Apple Composites and individual Apples from a treated Canadian Orchard. J Agric Food Chem 54 (5): 1943-1948.
- Rawn DF, Quade SC, Shields JB, Conca G, Sun WF, Lacroix GM, Smith M, Fouquet A, Bélanger A (2007). Variability in captan residues in apples from a Canadian orchard. Food Addit Contam 24 (2): 149-155.
- Rawn DF, Roscoe V, Krakalovich T, Hanson C (2004). N-methyl carbamate concentrations and dietary intake estimates for apple and grape juices available on the retail market in Canada. Food Addit Contam 21 (6): 555-563.

- Rawn DF, Roscoe V, Trelka R, Hanson C, Krakalovich T, Dabeka RW (2006a). N-methyl carbamate pesticide residues in conventional and organic infant foods available on the Canadian retail market, 2001-3. *Food Addit Contam* 23 (7): 651-659.
- Reichstein I (2008). The Australian National Residue Survey and Registration of Agricultural and Veterinary Drugs. Proceedings, The 15<sup>th</sup> Congress of FAVA. FAVA -OIE Joint Symposium on Emerging Diseases. 27-30 October 2008, Bangkok, Thailand. [http://lib.vet.chula.ac.th/Data\\_files/ebook/FAVA2008/paperfile/S004.pdf](http://lib.vet.chula.ac.th/Data_files/ebook/FAVA2008/paperfile/S004.pdf)
- Reus J, Leendertse P, Bockstaller C, Fomsgaard I, Gutsche V, Lewis K, Nilsson C, Pussemier L, Trevisan M, Van der Werf H, Alfaro F, Blumel S, Isart J, McGrath D, Seppala T (2002). Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agr Ecosyst Environ* 90: 177-187.
- Richard JP (2003). Résidus de pesticides dans les fruits et légumes du Québec. Direction des laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Colloque Pesticides et santé, du 19 au 21 novembre 2003, Université de Montréal. Présentation datée du 29 octobre 2003. [http://www.cirano.qc.ca/realisations/grandes\\_conferences/risques\\_techenv/19-11-03/Richard.pdf](http://www.cirano.qc.ca/realisations/grandes_conferences/risques_techenv/19-11-03/Richard.pdf) (Consulté le 22 septembre 2009)
- Richard JP (2006a). Détection des résidus de pesticides dans les fruits et légumes du Québec. Direction des laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. [http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/67614577-5D64-4099-B532-6153FE43EF64/6115/GTA300414\\_Residus\\_pesticides.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/67614577-5D64-4099-B532-6153FE43EF64/6115/GTA300414_Residus_pesticides.pdf) (Consulté le 22 septembre 2009)
- Richard JP (2006b). Résidus de pesticides dans les fruits et légumes produits au Québec. Colloque Phytoprotection, Journées horticoles de St-Rémi, 6 décembre 2006. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/1B0732AB-70CB-46CD-B96D-0AA405952334/0/Laphytprotectionengeneral.pdf> (Consulté le 22 septembre 2009)
- Riederer AM, Bartell SM, Barr DB, Ryan PB (2008). Diet and nondiet predictors of urinary 3-penoxibenzoic acid in NHANES 1999-2002. *Environ Health Perspect* 116 (8): 1015-1022.
- Saieva C, Aprea C, Tumino R, Masala G, Salvini S, Frasca G, Giurdanella MC, Zanna I, Decarli A, Sciarra G, Palli D (2004). Twenty-four-hour urinary excretion of ten pesticides metabolites in healthy adults in two different areas of Italy. *Sci Total Environ* 332: 71-80.
- SAGe pesticides (2010). <http://sagepesticides.qc.ca/> (Consulté le 11 février 2010)
- Samuel O, Dion S, St-Laurent L, April MH (2007). Indicateur de risque des pesticides du Québec – IRPeQ – Santé et environnement. Québec: ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation/Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs/Institut national de santé publique du Québec, 41 p. <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/602-IndicateurDeRisqueDesPesticides.pdf>

- Santé Canada (2010). Information sur les produits. Base de données sur les étiquettes de pesticides. [http://pr-rp.pmra-arla.gc.ca/PR\\_SOL/PUBLIC\\_REGISTRY.LBL\\_RESULTS\\_F](http://pr-rp.pmra-arla.gc.ca/PR_SOL/PUBLIC_REGISTRY.LBL_RESULTS_F)
- Santé Canada (2009). Étude canadienne sur l'alimentation totale mise à jour 2009-03-10. <http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/total-diet/index-fra.php>  
Consulté le 12 mai 2009
- Schettgen T, Heudorf U, Drexler H, Angerer J (2002). Pyrethroid exposure of the general population – is this due to diet? *Toxicol Lett* 134: 141-145.
- Singh SB, Mukherjee I, Maisnam J, Kumar P, Gopal M, Kulshrestha G (2008). Determination of pesticide residues in IPM and non-IPM samples of mango (*Mangifera indica*). *J Environ Sci and Health, Part B* 43: 300-306.
- Singh SB, Mukherjee I, Maisnam J, Kumar P, Gopal M, Kulshrestha G (2009). Determination of pesticide residues in Integrated Pest Management and Nonintegrated Pest Management samples of apple (*Malus pumila* Mill). *J Agric Food Chem* 57: 11277-11283.
- SOFAD (2003). Tronc commun pour les utilisateurs de pesticides : Guide d'apprentissage.
- Statistique Canada (2008). Statistiques sur les aliments – 2007. No 21-020-X au catalogue. <http://www.statcan.gc.ca/pub/21-020-x/21-020-x2007001-fra.pdf>
- Trumble JT, Alvarado-Rodriguez B (1993). Development and economic evaluation of a IPM program for fresh tomato in Mexico. *Agr Ecosyst Environ* 43: 267-284.
- UE (2003). Directive 2003/4/CE du Parlement Européen et du Conseil du 28 janvier 2003 concernant l'accès du public à l'information en matière d'environnement et abrogeant la directive 90/313/CEE du conseil. Paru au Journal Officiel des Communautés européennes le 14/02/2003.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:041:0026:0026:FR:PDF>
- US EPA (2002a). Imazalil: HED Risk Assessment for the Reregistration Eligibility Decision (RED) Document. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, February 7, 2002, 54 p.
- US EPA (2002b). Imazalil: The Revised HED Toxicology Chapter for the Reregistration Eligibility Decision Document (RED). Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, January 31, 2002, 44 p.
- USDA (2009). Pesticide Data Program: Annual Summary, Calendar 2008. Agricultural Marketing Service. Science and technology programs, December 2009, 30 p, appendices. <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5081750>  
(Consulté le 19 février 2010)

USDA (2010). Pesticide Data Program home page. Agricultural Marketing Service. Science and Laboratories.

<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/ams.fetchTemplateData.do?template=TemplateC&navID=PesticideDataProgram&rightNav1=PesticideDataProgram&topNav=&leftNav=ScienceandLaboratories&page=PesticideDataProgram&resultType>

(Consulté le 19 février 2010)

Valcke M, Samuel O, Bouchard M, Dumas P, Belleville D, Tremblay C (2006). Biological monitoring of exposure to organophosphate pesticides in children living in peri-urban areas of the province of Quebec, Canada. *Int Arch Occup Environ health* 79: 568-577.

Wessel D, Barr DB, Mendola P (2003). Use of Biomarkers to indicate exposure of children to organophosphate pesticides: Implications for a longitudinal study of children's environmental health. *Environ Health Perspect* 111 (16): 1939-1946.

Wilson NK, Chuang JC, Lyu C, Menton R, Morgan MK (2003). Aggregate exposures of nine preschool children to persistent organic pollutants at day care and at home. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 13: 187-202.

Woolen BH, Marsh JR, Laird WJD, Lesser JE (1992). The metabolism of cypermethrin in man: differences in urinary metabolite profiles following oral and dermal administration. *Xenobiotica* 22: 983-991.

Ye X, Pierik FH, Hauser R, Duty S, Angerer J, Park MM, Burdorf A, Hofman A, Jaddoes VWV, Mackenbach JP, Steegers EAP, Tiemeier H, Longnecker MP (2008). Urinary metabolite concentrations of organophosphorous pesticides, BPA, and phthalates among pregnant women in Rotterdam, the Netherlands: the Generation R study. *Environ Research* 108: 260-267.

Young P (2010). Communication personnelle. Manager, Foods of Plant Origin Food Inspection Branch. Ontario Ministry of Agriculture and Food.

## **ANNEXE 1**

**SIGNIFICATION DES NIVEAUX DE RISQUE TEL QUE DÉCRIT DANS  
LE DOCUMENT MÉTHODOLOGIQUE DE L'INDICATEUR DE RISQUE  
DES PESTICIDES DU QUÉBEC (IRPEQ) (SAMUEL *ET AL.*, 2007)**



**Critères d'appréciation des risques cancérogènes**

| <b>NIVEAU DU RISQUE CANCÉRIGÈNE</b>                                                   | <b>CLASSIFICATION EPA 1986</b>                    | <b>CLASSIFICATION EPA 1996</b>         | <b>CLASSIFICATION EPA 1999</b>                                                                   | <b>CLASSIFICATION CIRC</b>                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Cancérigène pour l'humain</b>                                                      | (A) Cancérigène pour l'humain                     |                                        | Cancérigène pour l'humain                                                                        | Groupe 1. Cancérigène pour l'humain                  |
| <b>Cancérigène probable chez l'humain</b>                                             | (B) Cancérigène probable chez l'humain (B1, B2)   | Cancérigène probable chez l'humain     | Cancérigène probable chez l'humain                                                               | Groupe 2A. Cancérigène probable chez l'humain        |
| <b>Cancérigène possible chez l'humain</b>                                             | (C) Cancérigène possible chez l'humain            | Ne peut être déterminé                 | Évidence suggestive de cancérogénicité mais insuffisante pour évaluer le potentiel chez l'humain | Groupe 2B. Cancérigène possible chez l'humain        |
| <b>Données inadéquates pour une évaluation du potentiel cancérigène chez l'humain</b> | (D) Non classifiable pour sa cancérogénicité      |                                        | Données inadéquates pour une évaluation du potentiel cancérigène chez l'humain                   | Groupe 3. Non classifiable pour la cancérogénicité   |
| <b>Cancérigène peu probable chez l'humain</b>                                         | (E) Évidence de non cancérogénicité chez l'humain | Cancérigène peu probable chez l'humain | Cancérigène peu probable chez l'humain                                                           | Groupe 4. Probablement non cancérigène pour l'humain |

## Critères d'appréciation des risques génotoxiques

| NIVEAU DE RISQUE GÉNOTOXIQUE                 | CRITÈRES D'ATTRIBUTION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Génotoxique chez l'humain</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>L'activité génotoxique du produit s'exprime par un effet sur la santé ou une mutation héréditaire chez l'humain. La relation entre le potentiel génotoxique et l'effet doit être démontrée par des bio-essais appropriés (p. ex. micronoyaux, échange de chromatides sœurs, adduits de l'ADN, synthèse non programmée de l'ADN) et ce, de façon claire et sans ambiguïté.</li> </ul> |
| <b>Potentiel génotoxique chez l'humain</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Certains tests <i>in vivo</i> réalisés sur une base méthodologique adéquate indiquent une activité génotoxique claire et sans ambiguïté sur les cellules de mammifères.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Données inexistantes ou insuffisantes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes les études qui seraient nécessaires à l'évaluation de la génotoxicité d'un produit n'ont pas été réalisées ou l'ont été sur une base méthodologique non conforme aux exigences.</li> </ul>                                                                                                                                                                                    |
| <b>Non génotoxique chez l'humain</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Une majorité des tests expérimentaux répondant aux exigences méthodologiques pour l'homologation sont négatifs.</li> <li>La génotoxicité potentielle exprimée dans les tests <i>in vitro</i> ne s'exprime pas dans les tests <i>in vivo</i>.</li> </ul>                                                                                                                              |

**Critères d'appréciation des risques de perturbation endocrinienne**

| NIVEAU DE RISQUE ENDOCRINIEN                 | CRITÈRES D'ATTRIBUTION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Perturbateur endocrinien évident</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observation de changements histopathologiques des glandes endocrines lors d'études expérimentales avec des animaux ainsi que des changements fonctionnels et structuraux chez plusieurs espèces animales.</li> <li>• Déficits fonctionnels ou changements structuraux liés à une perturbation endocrinienne pouvant être mise en relation avec le système endocrinien humain.</li> <li>• Évidence clinique ou épidémiologique chez l'humain.</li> </ul> |
| <b>Perturbateur endocrinien potentiel</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perturbation endocrinienne observée lors des études expérimentales avec des animaux et mise en relation avec des effets endocriniens connus.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Données inexistantes ou insuffisantes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toutes les études nécessaires à l'évaluation du potentiel de perturbation endocrinienne du pesticide n'ont pas été réalisées ou l'ont été sur une base méthodologique non conforme aux exigences.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Effets endocriniens peu probables</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de tests positifs ou de tests positifs ne pouvant être mis en relation avec un effet endocrinien connu observé lors des études expérimentales ou épidémiologiques (p. ex. développement embryonnaire, développement postnatal et croissance, performance reproductive, morphologie et fonction des glandes endocrines).</li> </ul>                                                                                                              |

## Critères d'appréciation des risques pour la reproduction

| NIVEAU DE RISQUE<br>POUR LA REPRODUCTION     | CRITÈRES D'ATTRIBUTION                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Effets confirmés chez l'humain</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets sur la reproduction confirmés chez l'humain avec une dose sans effet inconnue.</li> <li>• Effets sur la reproduction confirmés chez l'humain avec une dose sans effet connue.</li> </ul>                                              |
| <b>Effets suspectés chez l'humain</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets sur la reproduction suspectés chez l'humain, mais non confirmés en raison du peu de données cliniques ou épidémiologiques.</li> </ul>                                                                                                 |
| <b>Effets confirmés chez l'animal</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets multiples sur la reproduction observés chez l'animal, mais absence de données humaines.</li> <li>• Effets sur la reproduction observés chez plus d'une espèce animale avec absence de données humaines.</li> </ul>                    |
| <b>Effets suspectés chez l'animal</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelques effets mineurs sur la reproduction observés chez une seule espèce animale à une dose non toxique pour les parents avec absence de données humaines.</li> </ul>                                                                      |
| <b>Données inexistantes ou insuffisantes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de données.</li> <li>• Toutes les études nécessaires à l'évaluation du potentiel de risque pour la reproduction du pesticide n'ont pas été réalisées ou l'ont été sur une base méthodologique non conforme aux exigences.</li> </ul> |
| <b>Aucun effet rapporté</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produits reconnus pour ne pas affecter la reproduction chez l'animal avec absence de données humaines.</li> <li>• Produits reconnus pour ne pas affecter la reproduction chez l'humain.</li> </ul>                                           |

## Critères d'appréciation des risques pour le développement

| NIVEAU DE RISQUE<br>POUR LE DÉVELOPPEMENT    | CRITÈRES D'ATTRIBUTION                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Effets confirmés chez l'humain</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets sur le développement confirmés chez l'humain avec une dose sans effet inconnue.</li> <li>• Effets sur le développement confirmés chez l'humain avec une dose sans effet connue.</li> </ul>                                |
| <b>Effets suspectés chez l'humain</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets sur le développement suspectés chez l'humain, mais non confirmés en raison du peu de données cliniques ou épidémiologiques.</li> </ul>                                                                                    |
| <b>Effets confirmés chez l'animal</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets multiples sur le développement observés chez l'animal avec absence de données humaines.</li> <li>• Effets sur le développement observés chez plus d'une espèce animale avec absence de données humaines.</li> </ul>       |
| <b>Effets suspectés chez l'animal</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelques effets mineurs sur le développement observés chez une seule espèce animale avec absence de données humaines.</li> </ul>                                                                                                 |
| <b>Données inexistantes ou insuffisantes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de données.</li> <li>• Toutes les études nécessaires à l'évaluation du potentiel de risque pour le développement n'ont pas été réalisées ou l'ont été sur une base méthodologique non conforme aux exigences.</li> </ul> |
| <b>Aucun effet rapporté</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produits reconnus pour ne pas affecter le développement chez l'animal avec absence de données humaines.</li> <li>• Produits reconnus pour ne pas affecter le développement chez l'humain.</li> </ul>                             |



## **ANNEXE 2**

### **ÉTUDES DE SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION AUX PESTICIDES EN LIEN AVEC LA CONSOMMATION D'ALIMENTS**



**Tableau 1 Études de surveillance biologique de l'exposition aux pesticides établissant un lien avec la consommation d'aliments à l'aide de données recueillies par questionnaires sur les habitudes alimentaires et de vie**

| Sources                    | Variables étudiées                                                                                                                            | Métabolites      | Résultats                         |                |                            |                            | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                                                                                                                               |                  | Nombre échantillons d'urine total | % de détection | moyenne ± écart type       | minimum-maximum            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Aprea <i>et al.</i> (1996) | Excrétion urinaire d'alkylphosphates (exposition liée aux pesticides organophosphorés) chez la population générale vivant en Toscane (Italie) | DMP              | 124                               | 87             | (nmol/g créatinine)        | (nmol/g créatinine)        | Des différentes variables étudiées par le questionnaire, l'âge et la source (produit local vs commercial) de nourriture sont les plus importantes pour l'excrétion de métabolites urinaires. Les aliments produits à la maison sont moins contaminés par les pesticides.                                                                                                                                                                                                     |
|                            |                                                                                                                                               | DMTP             | 124                               | 99             | 95.6 ± 106.6               | 5.5 - 720.7                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DMDTP            | 124                               | 48             | 111.6 ± 114.8              | 5.5 - 643.9                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DEP              | 124                               | 82             | 29.1 ± 25.9                | 3.6 - 133.2                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DETP             | 124                               | 73             | 41.9 ± 59.0                | 2.5 - 530.2                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DEDTP            | 124                               | 7              | 30.3 ± 22.6                | 3.4 - 97.6                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               |                  |                                   |                | 17.2 ± 15.7                | 6.3 - 54.9                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Aprea <i>et al.</i> (2000) | Exposition aux pesticides organophosphorés de 195 enfants (6-7 ans) vivant à Sienne (Toscane, Italie).                                        | <u>Enfants</u> : |                                   |                | (nmol/g créatinine)        | (nmol/g créatinine)        | Les enfants présentaient des taux plus élevés que les adultes dans l'étude d'Aprea <i>et al.</i> (1996). Cela pourrait être expliqué par une plus grande exposition (par rapport au poids corporel) via l'alimentation (fruits frais, jus de fruits, légumes cuits). Les résultats du questionnaire vont en ce sens.<br><br>Selon les résultats, le niveau de métabolites urinaires excrétés n'était pas affecté par la prise d'un repas organique par jour par les enfants. |
|                            |                                                                                                                                               | DMP              | 195                               | 96             |                            |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DMTP             | 195                               | 94             | 178.6 ± 196.6              | 7.4 - 1 471.5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DMDTP            | 195                               | 34             | 170.2 ± 194.0              | 4.0 - 1526.0               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DEP              | 195                               | 75             | 30.5 ± 69.3                | 3.3 - 754.6                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DETP             | 195                               | 48             | 48.0 ± 46.3                | 5.1 - 360.1                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                            |                                                                                                                                               | DEDTP            | 195                               | 12             | 28.9 ± 37.8<br>11.6 ± 16.8 | 3.1 - 284.7<br>2.3 - 140.1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Sources                      | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                                                                         | Métabolites        | Résultats                         |                |                                            |                     | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    | Nombre échantillons d'urine total | % de détection | moyenne ± écart type                       | minimum-maximum     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Becker <i>et al.</i> (2006)  | Évaluation de l'exposition aux pesticides organophosphorés et aux pyréthrinoïdes chez les enfants (âgés de 2 à 17 ans) en Allemagne.<br><br>Utilisation d'un questionnaire sur les conditions d'exposition environnementale et mesures des concentrations dans les poussières intérieures. | DMP                | 363                               | 79             | Moy. géométrique (nmol/g créatinine)       | (nmol/g créatinine) | Pour les organophosphorés, la consommation de jus de fruit a été identifiée comme un facteur influençant le niveau des métabolites urinaires suivants : DMP, DMTP et DEP.<br><br>La consommation de fruits frais est associée au métabolite DETP.<br><br>Pour les pyréthrinoïdes, le 3-PBA ainsi que les <i>cis</i> - et <i>trans</i> - DCCA sont associés à la consommation de légumes bouillis.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DMTP               | 363                               | 90             |                                            | n.d. - 410          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DMDTP              | 363                               | 25             | 10.7                                       | n.d. - 553          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DEP                | 363                               | 81             | 6.51                                       | n.d. - 66.0         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DETP               | 363                               | 45             | 0.65                                       | n.d. - 46.1         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DEDTP              | 363                               | <1             | 2.61                                       | n.d. - 40.3         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                                   |                | 0.88                                       |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                                   |                | -                                          |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3-PBA              | 396                               | 90             |                                            |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>cis</i> -DCCA   | 396                               | 56             |                                            | n.d. - 13.8         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>trans</i> -DCCA | 396                               | 74             | 0.24                                       | n.d. - 8.57         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DBCA               | 396                               | 22             | 0.09                                       | n.d. - 50.0         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | F-PBA              | 396                               | < 1            | 0.15                                       | n.d. - 19.8         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Couture <i>et al.</i> (2009) | Évaluation de l'exposition aux pyréthrinoïdes chez 49 enfants (6 à 12 ans) et 114 adultes (18 à 70 ans) d'une population rurale du Québec (Canada).                                                                                                                                        | <u>Enfants</u> :   |                                   |                | 50 – 75 <sup>e</sup> centile (pmol/kg/12h) | (pmol/kg/12h)       | Pour l'ensemble des individus (adultes et enfants), des niveaux significativement plus élevés de 3-PBA sont rencontrés chez ceux consommant plus de 4 portions par jour de fruits et légumes. Une tendance similaire est également observée pour le <i>cis</i> -DCCA.<br><br>Pour les adultes seulement, des concentrations urinaires de 3-PBA, de <i>cis</i> - et <i>trans</i> - DCCA et de CDCA significativement plus élevées sont notées chez ceux ingérant plus de 4 portions de fruits et légumes par jour.<br><br>Les données du questionnaire suggèrent que les niveaux légèrement plus élevés (mais non significatifs) de métabolites de pyréthrinoïdes et pyréthrines chez les enfants, comparativement aux adultes, pourraient être liés à une plus grande consommation par unité de poids corporel. |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3-PBA              | 114                               | 91.8           | 19.5 - 48.9                                | 0.174 - 250         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>cis</i> -DCCA   | 114                               | 95.9           | 6.23 - 15.2                                | 0.118 - 97.4        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>trans</i> -DCCA | 114                               | 100            | 19.8 - 54.2                                | 2.66 - 303          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DBCA               | 114                               | 12.2           | -                                          | 0.044 - 71.5        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | F-PBA              | 114                               | 55.1           | -                                          | 0.065 - 6.75        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CDCA               | 114                               | 69.4           | 2.34 - 4.63                                | 0.163 - 31.8        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | TCA                |                                   | n.a.           | 35.6 - 93.9                                | 5.21 - 399          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <u>Adultes</u> :   |                                   |                |                                            |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3-PBA              | 49                                | 94.7           | 12.7 - 26.5                                | 0.179 - 491         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>cis</i> -DCCA   | 49                                | 95.6           | 6.07 - 10.9                                | 0.129 - 122         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>trans</i> -DCCA | 49                                | 94.7           | 15.1 - 29.9                                | 0.165 - 438         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DBCA               | 49                                | 5.3            | -                                          | 0.037 - 16.9        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | F-PBA              | 49                                | 32.5           | -                                          | 0.042 - 23.0        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CDCA               | 49                                | 52.6           | 0.8 - 3.25                                 | 0.099 - 550         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            | TCA                |                                   | n.a.           | 24.7 - 55.6                                | 1.06 - 563          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| Sources                      | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                                                | Métabolites        | Résultats                                                                                                                                             |                |                                         |                 | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                    | Nombre échantillons d'urine total                                                                                                                     | % de détection | moyenne ± écart type                    | minimum-maximum |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Fortin <i>et al.</i> (2008)  | Exposition aux pyréthrinoides des enfants (6-12 ans) et adultes (18-64 ans) de la population de la ville de Montréal (Québec, Canada)                                                                                                                             | <u>Adultes</u> :   |                                                                                                                                                       |                | <b>50<sup>e</sup> centile</b> (µg/l)    | (µg/l)          | Tant pour l'adulte que l'enfant, aucune corrélation n'a pu être établie entre le nombre de portions de différents aliments consommés quotidiennement et les niveaux de métabolites urinaires.                                                                         |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>trans</i> -DCCA | 75                                                                                                                                                    | 100            | 0.25                                    | 0.01 - 11.1     |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>cis</i> -DCCA   | 75                                                                                                                                                    | 96.0           | 0.05                                    | 0.007 - 4.3     |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3-PBA              | 75                                                                                                                                                    | 98.7           | 0.09                                    | 0.01 - 15.5     |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | CDCA               | 75                                                                                                                                                    | 42.7           | < 0.009                                 | 0.009 - 0.44    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | DBCA               | 75                                                                                                                                                    | 13.3           | < 0.006                                 | 0.006 - 0.15    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | F-PBA              | 75                                                                                                                                                    | 12.0           | < 0.005                                 | 0.005 - 0.05    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | <u>Enfants</u> :   |                                                                                                                                                       |                |                                         |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>trans</i> -DCCA | 85                                                                                                                                                    | 97.6           | 0.24                                    | 0.01 - 180      |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>cis</i> -DCCA   | 85                                                                                                                                                    | 96.5           | 0.10                                    | 0.007 - 19.0    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3-PBA              | 85                                                                                                                                                    | 94.1           | 0.20                                    | 0.01 - 53       |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | CDCA               | 85                                                                                                                                                    | 75.3           | 0.05                                    | 0.009 - 1.5     |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | DBCA               | 85                                                                                                                                                    | 12.9           | < 0.006                                 | 0.006 - 0.65    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | F-PBA              | 85                                                                                                                                                    | 16.4           | < 0.005                                 | 0.005 - 0.23    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                    |                                                                                                                                                       |                | * données disponibles aussi en pgmol/kg |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Jakszyn <i>et al.</i> (2009) | Mesures des niveaux de pesticides organochlorés dans le sérum sanguin d'adultes (35-64 ans) en Espagne.<br><br>Utilisation d'un questionnaire sur l'historique alimentaire                                                                                        | P,p'-DDT           | 953                                                                                                                                                   | 26.4           | <b>Moy. géométrique</b> (ng/g lipide)   |                 | Aucune corrélation n'a toutefois pu être établie, même pour les aliments d'origine animales (viandes, poissons, produits laitiers, etc.) entre les niveaux de pesticides organochlorés mesurés dans le sérum sanguin et la consommation alimentaire des participants. |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | P,p'-DDE           | 953                                                                                                                                                   | 98.0           | -                                       |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | β-HCH              | 953                                                                                                                                                   | 89.4           | 822.1                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   | HCB                | 953                                                                                                                                                   | 76.5           | 167.4                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                    |                                                                                                                                                       |                | 397.0                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Kieska <i>et al.</i> (2002)  | Évaluation de l'exposition aux pesticides en fonction de la consommation d'aliments chez 978 adultes (20 à 59 ans) aux États-Unis. Les aliments étudiés sont les suivants : jus, fruits, légumes, pommes de terre, tomates, légumes verts, poivrons, riz, farine. | 1-N<br>PCP<br>TCPY | Pour 10 aliments, la moyenne géométrique et l'IC95 % des 3 métabolites (en µg/g de créatinine) sont rapportés pour les petits et grands consommateurs |                |                                         |                 | Pour tous les aliments ou les groupes d'aliments, aucune différence significative n'a été relevée entre les niveaux de métabolites urinaires du groupe « grands consommateurs » vs « petits consommateurs ».                                                          |

n.d. : non déterminé.

**Tableau 2 Études de surveillance biologique de l'exposition aux pesticides en lien avec la consommation d'aliments, par comparaison des niveaux de marqueurs biologiques associés à une diète conventionnelle et une diète organique**

| Sources                   | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                                   | Métabolites                     | Résultats                         |                |                      |           | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 | Nombre échantillons d'urine total | % de détection | moyenne ± écart type | min-max   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Curl <i>et al.</i> (2003) | Exposition aux pesticides organophosphorés chez 2 groupes d'enfants vivant dans la région métropolitaine de Seattle (Washington, États-Unis) : l'un s'alimentant à 75 % d'aliments biologiques et l'autre ayant une diète à 75 % conventionnelle.    | <u>Diète organique :</u>        |                                   |                | (µg/l)               |           | Les résultats de l'étude démontrent que les enfants avec une diète conventionnelle ont des niveaux significativement plus élevés de métabolites urinaires provenant de pesticides que les enfants avec une diète organique.<br><br>La médiane des concentrations de diméthylakylphosphates (DMP) pour les enfants à diète organique est plus de 5 fois inférieure à celle des enfants ayant une diète conventionnelle (30 vs 170 nmol/l respectivement)                                                                                                                                                              |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DMP                             | 18                                |                | 1.1 ± 1.0            |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DMTP                            | 18                                |                | 4.3 ± 4.3            |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DMDTP                           | 18                                |                | 0.8 ± 0.5            |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DEP                             | 18                                |                | 1.0 ± 0.7            |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DETP                            | 18                                |                | 2.7 ± 2.7            |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | <u>Diète conventionnelle :</u>  |                                   |                |                      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DMP                             | 21                                |                | 1.9 ± 2.7            |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DMTP                            | 21                                |                | 41 ± 48              |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DMDTP                           | 21                                |                | 4.8 ± 10             |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Lu <i>et al.</i> (2006a)  | Étude longitudinale (15 jours) des niveaux de métabolites urinaires de pesticides organophosphorés en fonction d'une diète conventionnelle comparativement à une diète organique, chez 23 enfants (3 à 11 ans) aux États-Unis (Seattle, Washington). | Phase 1 : diète conventionnelle |                                   |                | (µg/l)               | (µg/l)    | Variation significative de 2 métabolites (MDA et TCPY) entre la diète conventionnelle et organique. Le MDA est un métabolite du malathion et le TCPY est un métabolite du chlorpyrifos. Ces deux pesticides sont utilisés pour les fruits, légumes et céréales.<br><br>Le changement de diète n'a eu aucun effet sur les niveaux d'IMPY, DEAMPY et CMHC. Ces métabolites sont associés à des substances moins utilisées ou encore dont l'utilisation est restreinte.<br><br>Les auteurs concluent qu'il est fort probable que les enfants soient exclusivement exposés aux pesticides organophosphorés via la diète. |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | MDA                             | 87                                | 60             | 2.9 ± 5.0            | 0 - 96.5  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | TCPY                            | 87                                | 78             | 7.2 ± 5.8            | 0 - 31.1  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | IMPY                            | 71                                | 14             | < 0.7 ± 0.2          | 0 - 1.2   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | CMHC                            | 87                                | 25             | < 0.2 ± 0.03         | 0 - 0.2   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DEAMPY                          | 70                                | 25             | 0.37 ± 2.2           | 0 - 17.4  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | Phase 2 : diète organique       |                                   |                |                      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | MDA                             | 116                               | 22             | 0.3 ± 0.9            | 0 - 7.4   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | TCPY                            | 116                               | 50             | 1.7 ± 2.7            | 0 - 17.1  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | IMPY                            | 107                               | 9              | < 0.7 ± 0.1          | 0 - 0.4   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | CMHC                            | 115                               | 25             | < 0.2 ± 0.03         | 0 - 0.2   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DEAMPY                          | 103                               | 25             | < 0.2 ± 0.1          | 0 - 0.8   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | Phase 3 : diète conventionnelle |                                   |                |                      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | MDA                             | 156                               | 60             | 4.4 ± 12.4           | 0 - 263.1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | TCPY                            | 155                               | 78             | 5.8 ± 5.4            | 0 - 25.3  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | IMPY                            | 148                               | 14             | < 0.7 ± 1.3          | 0 - 14.6  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | CMHC                            | 156                               | 25             | < 0.2 ± 0.04         | 0 - 0.2   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                      | DEAMPY                          | 146                               | 25             | < 0.2 ± 0.3          | 0 - 2.3   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| Sources                  | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Métabolites                                                                                                              | Résultats                                                                                                                                                                                     |                |                                                                                                                     |         | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                          | Nombre échantillons d'urine total                                                                                                                                                             | % de détection | moyenne $\pm$ écart type                                                                                            | min-max |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Lu <i>et al.</i> (2006b) | Étude longitudinale (15 jours) des niveaux de métabolites urinaires de pesticides pyréthrinoïdes en fonction d'une diète conventionnelle comparativement à une diète organique, chez 23 enfants (3 à 11 ans) aux États-Unis (Seattle, Washington).<br><br>Métabolites mesurés :<br>3-PBA<br>F-PBA<br><i>cis</i> -DCCA<br><i>trans</i> -DCCA<br>DBCA | <u>Diète conventionnelle</u><br>3-PBA<br><i>trans</i> -DCCA<br><br><u>Diète organique</u><br>3-PBA<br><i>trans</i> -DCCA | n.d.                                                                                                                                                                                          |                | <b>Moyenne (médiane)</b><br>( $\mu\text{g/l}$ )<br><br>1.24 (0.49)<br>1.25 (0.42)<br><br>1.16 (0.36)<br>1.21 (0.28) |         | Le F-PBA, le <i>cis</i> -DCCA et le DBCA ont été exclus des analyses statistiques parce que dans un pourcentage élevé d'échantillons, ils n'étaient pas détectés.<br><br>Le passage d'une diète conventionnelle à une diète organique était associé à une diminution légère mais significative, des niveaux de 3-PBA et de DBCA.<br><br>Une différence significative est également associée entre les niveaux de 3-PBA et de <i>trans</i> -DCCA mesurés et l'usage de pesticides à la maison.<br><br>Les auteurs concluent que l'alimentation ne représente qu'une fraction de l'exposition totale des enfants aux pyréthrinoïdes. Elle serait davantage attribuable à l'utilisation de pesticides en milieu résidentiel plutôt qu'à la diète. |
| Lu <i>et al.</i> (2008)  | Étude longitudinale (1 an) des niveaux de métabolites urinaires de pesticides organophosphorés en fonction d'une diète conventionnelle comparativement à une diète organique, chez 23 enfants (3 à 11 ans) aux États-Unis (Seattle, Washington).                                                                                                    | MDA<br>TCPY<br>IMPY<br>CMHC<br>DEAMPY                                                                                    | * Les données disponibles comparant les concentrations de métabolites urinaires lors de la diète organique et conventionnelle sont présentées dans l'article uniquement sous forme de figure. |                |                                                                                                                     |         | Durant l'été et l'automne, une réduction des métabolites du malathion et du chlorpyrifos est observée suite à une substitution des fruits et légumes conventionnellement consommé par des produits organiques.<br><br>Les concentrations urinaires de MDA et de TCPY chez les enfants ont commencé à diminuer aussitôt que la diète des enfants a été modifiée pour des fruits et légumes organiques. Les concentrations ont continué à diminuer durant la période de 5 jours suivant l'adoption de la diète organique.                                                                                                                                                                                                                        |

| Sources                 | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                    | Métabolites                                                      | Résultats                                                                                                                                                                                     |                |                          |         | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                  | Nombre échantillons d'urine total                                                                                                                                                             | % de détection | moyenne $\pm$ écart type | min-max |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Lu <i>et al.</i> (2009) | Étude longitudinale de l'exposition des enfants aux pyréthréinoïdes sur une durée d'un an, avec exposition périodique à une diète organique.<br><br>Étude réalisée chez 23 enfants (3 à 11 ans) aux États-Unis (Seattle, Washington). | 3-PBA<br>F-PBA<br><i>cis</i> -DCCA<br><i>trans</i> -DCCA<br>DBCA | * Les données disponibles comparant les concentrations de métabolites urinaires lors de la diète organique et conventionnelle sont présentées dans l'article uniquement sous forme de figure. |                |                          |         | Une réduction d'environ 50 % des niveaux de métabolites urinaire PBA, <i>cis</i> - et <i>trans</i> - DCCA est observée pour la période de la diète organique.                                                                                                                     |
| Lu <i>et al.</i> (2001) | Analyse de 6 composés dialkylphosphates dans l'urine de 96 enfants d'âge préscolaire (2-5 ans) provenant de deux communautés distinctes de la région métropolitaine de Seattle (Washington, États-Unis)                               | DMP<br>DMTP<br>DMDTP<br>DEP<br>DETP<br>DEDTP                     |                                                                                                                                                                                               |                |                          |         | Aucun des 6 métabolites n'a été détecté dans les échantillons d'urine d'un des 96 enfants. Les parents de cet enfant ont rapporté qu'ils ne consommaient que des aliments de type biologique et qu'ils n'utilisaient pas de produits pouvant contenir des pesticides à la maison. |

**Tableau 3 Études de surveillance biologique de l'exposition aux pesticides établissant un lien avec la consommation d'aliments, à l'aide de mesures des concentrations dans différents médias environnementaux (ex. : aliments, air, poussières, etc.)**

| Sources                      | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Métabolites                   | Résultats                         |                |                                                    |               | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               | Nombre échantillons d'urine total | % de détection | moy ± écart type                                   | min-max       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Bradman <i>et al.</i> (2007) | Mesures des concentrations de pesticides organophosphorés dans l'urine d'enfants (âgés de 5 à 27 mois) de travailleurs agricoles dans la vallée de Salinas en Californie et dans différents médias (air, aliments, poussières, vêtements, etc.).                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <u>Prélèvements de jour :</u> |                                   |                | <b>Moy. géométrique</b> (nmol/l)                   | (nmol/l)      | Un rapport de 8:1 est observé entre les métabolites diméthyl et diéthyl dans l'urine des participants, alors qu'un ratio de 3:2 était attendu d'après l'utilisation de pesticides dans cette région. Cette différence entre les ratios pourrait être en partie explicable par la diète.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Total diéthyls                | 20                                | n.d.           |                                                    | 1.3 - 310     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Total diméthyls               | 20                                | n.d.           | 11                                                 | 4.1 - 1100    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Total DAP                     | 20                                | n.d.           | 66                                                 | 5.4 - 1300    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |                                   |                | 99                                                 |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <u>Prélèvements de nuit :</u> | 20                                | n.d.           |                                                    | 1.3 - 210     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Total diéthyls                | 20                                | n.d.           | 4.4                                                | 4.1 - 4400    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Total diméthyls               | 20                                | n.d.           | 73                                                 | 5.4 - 4400    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Heudorf et Angerer (2001a)   | Exposition aux pyréthrinoïdes de la population urbaine en Allemagne.<br><br>Mesure des niveaux de métabolites urinaires et des concentrations dans les poussières intérieures.<br><br>Les concentrations de métabolites urinaires sont disponibles pour les classes d'âge suivantes :<br>0 à < 6 ans (n = 331)<br>6 à 12 ans (n = 247)<br>12 à 20 ans (n = 108)<br>≥ 20 à 65 ans (n = 483)<br>Total (0-65 ans) (n = 1 177)<br><br>Les concentrations de métabolites urinaires ont également été traitées selon les mois de l'année. | <u>Total (0-65 ans) :</u>     |                                   |                | (µg/l)                                             | (µg/l)        | Les concentrations urinaires de métabolites chez les enfants ne diffèrent pas de celles des adultes.<br><br>Le mois de l'année où les échantillons d'urine ont été prélevés n'influence pas les concentrations de métabolites urinaires.<br><br>Il n'existe aucune corrélation entre les niveaux mesurés dans les poussières intérieures de la maison et les métabolites urinaires. Ce résultat concorde avec celui de Butte <i>et al.</i> (1998). Les auteurs concluent que l'exposition aux pyréthrinoïdes de la population générale en Allemagne serait attribuable à l'alimentation. |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | DBCA                          | 1177                              | 19.3           | 0.08 ± 0.50                                        | < 0.2 - 9.19  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | cis-DCCA                      | 1177                              | 29.4           | 0.11 ± 0.41                                        | < 0.2 - 9.76  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | trans-DCCA                    | 1177                              | 65.3           | 0.41 ± 0.99                                        | < 0.2 - 17.82 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | F-PBA                         | 1177                              | 16.4           | 0.05 ± 0.24                                        | < 0.2 - 5.11  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Somme pyreth.                 | 1177                              | n.a.           | 0.66 ± 1.59                                        | < 0.2 - 24.22 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <u>0- &lt; 6 ans :</u>        |                                   |                |                                                    |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | DBCA                          | 331                               | 16.6           | 0.08 ± 0.55                                        | < 0.2 - 9.19  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | cis-DCCA                      | 331                               | 21.0           | 0.06 ± 0.17                                        | < 0.2 - 1.16  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | trans-DCCA                    | 331                               | 51.3           | 0.31 ± 0.50                                        | < 0.2 - 3.40  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | F-PBA                         | 331                               | 16.1           | 0.05 ± 0.15                                        | < 0.2 - 1.04  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Somme pyreth.                 | 331                               | n.a.           | 0.51 ± 0.94                                        | < 0.2 - 10.33 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <u>≥ 20 à 65 ans :</u>        |                                   |                |                                                    |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | DBCA                          | 483                               | 16.8           | 0.07 ± 0.32                                        | < 0.2 - 4.76  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | cis-DCCA                      | 483                               | 28.0           | 0.14 ± 0.57                                        | < 0.2 - 9.76  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | trans-DCCA                    | 483                               | 61.7           | 0.47 ± 1.37                                        | < 0.2 - 17.82 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | F-PBA                         | 483                               | 13.3           | 0.05 ± 0.33                                        | < 0.2 - 5.11  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Somme pyreth.                 | 483                               | n.a.           | 0.74 ± 2.10                                        | < 0.2 - 24.22 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |                                   |                | * données également disponibles en µg/g créatinine |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Sources                        | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                                                                      | Métabolites    | Résultats                         |                |                                |                                 | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                | Nombre échantillons d'urine total | % de détection | moy ± écart type               | min-max                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Heudorf et Angerer (2001b)     | Niveaux de métabolites urinaires de pesticides organophosphorés mesurés chez 1146 individus.<br><br>Les données sont traitées pour les 4 classes d'âge suivantes :<br><br>0 à < 6 ans (n = 309)<br>6 à 14 ans (n = 294)<br>14 à 20 ans (n = 59)<br>≥ 20 ans (n = 484)                   | ≥ 20 ans :     |                                   |                | (µg/g créatinine)              | (µg/g créatinine)               | Les niveaux de métabolites urinaires de pesticides organophosphorés retrouvés dans les urines excèdent de plusieurs fois l'apport estimé pour les aliments. Cette observation concorde avec les résultats de d'autres études.                                                                                                                                      |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DMP            | 484                               | 77.9           | 27.7 ± 45.3                    | < 5.0 - 476.1                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DMTP           | 484                               | 85.1           | 36.9 ± 96.8                    | < 1.0 - 1418.2                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DMDTP          | 484                               | 32.2           | 2.4 ± 9.4                      | < 1.0 - 120.9                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DEP            | 484                               | 72.5           | 3.8 ± 8.0                      | < 1.0 - 129.0                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DETP           | 484                               | 38.8           | 1.4 ± 4.3                      | < 1.0 - 69.9                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DEDTP          | 484                               | 1.7            | 0.09 ± 1.3                     | < 1.0 - 27.9                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Heudorf <i>et al.</i> (2004)   | Exposition aux pesticides organophosphorés et aux pyréthrinoïdes des enfants et adolescents (0 à 18 ans) en Allemagne.<br><br>Les métabolites urinaires ont été mesurés pour les classes d'âge suivantes :<br>0 à < 6 ans (n = 309)<br>6 à < 12 ans (n = 247)<br>12 à < 18 ans (n = 93) | 0 - < 18 ans : |                                   |                | (µg/l)                         | (µg/l)                          | Aucune corrélation entre l'âge et le niveau de métabolites urinaires.<br><br>Aucune corrélation entre la perméthrine ou le chlorpyrifos dans les poussières intérieures et leurs métabolites dans l'urine des habitants.                                                                                                                                           |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DMP            | 649                               |                | 37.8 ± 66.0                    | < 5.0 - 750.6                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DMTP           | 649                               |                | 44.7 ± 109.9                   | < 1.0 - 1668.5                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DMDTP          | 649                               |                | 3.0 ± 14.6                     | < 1.0 - 288.8                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Somme Méthyl.  | 649                               |                | 85.5 ± 172.2                   | < 1.0 - 2459.5                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DEP            | 649                               |                | 5.2 ± 8.4                      | < 1.0 - 98.0                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DETP           | 649                               |                | 2.3 ± 7.4                      | < 1.0 - 82.8                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DEDTP          | 649                               |                | 0.01 ± 0.07                    | < 1.0 - 0.5                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Somme Éthyl.   | 649                               |                | 7.5 ± 14.0                     | < 1.0 - 132.5                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DBCA           | 673                               |                | 0.10 ± 0.60                    | < 0.2 - 9.19                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | cis-DCCA       | 673                               |                | 0.09 ± 0.23                    | < 0.2 - 2.67                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | trans-DCCA     | 673                               |                | 0.37 ± 0.60                    | < 0.2 - 6.15                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | F-PBA          | 673                               |                | 0.05 ± 0.15                    | < 0.2 - 1.35                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Somme pyreth.  | 673                               |                | 0.61 ± 1.11                    | < 0.2 - 10.43                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Macintosh <i>et al.</i> (2001) | Évaluation de l'exposition alimentaire au chlorpyrifos. Concentrations mesurées dans les aliments et dans l'urine chez 69 participants âgés de 12 à 84 ans, résidents de la région métropolitaine de Baltimore (Maryland, USA).                                                         | TCPY           |                                   | 100            | (µg/g créatinine)<br>5.9 ± 4.6 | (µg/g créatinine)<br>0.3 - 35.0 | Les concentrations moyennes urinaires de TCPY étaient significativement plus élevées chez les individus dont le chlorpyrifos était détecté dans les aliments.<br><br>Selon les résultats, les auteurs ont estimé que pour la population étudiée, l'ingestion d'aliments représentait approximativement 7 % du niveau de TCPY excrété quotidiennement dans l'urine. |

| Sources                        | Variables étudiées                                                                                                                                                                                                                       | Métabolites                             | Résultats                         |                      |                                            |                                         | Remarque sur la relation entre pesticides et alimentation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                                                                                                                                                                                                          |                                         | Nombre échantillons d'urine total | % de détection       | moy ± écart type                           | min-max                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Morgan <i>et al.</i> (2005)    | Exposition des enfants au chlorpyrifos.<br><br>Concentrations mesurées dans divers médias environnementaux (aliments, poussières, air) et dans l'urine d'enfants (n = 129) en Caroline du Nord (USA)                                     | TCPY                                    | 128                               | 100                  | (ng/ml)<br>7.3 ± 10.3                      | (ng/ml)<br>< 1.0 - 104                  | À partir des concentrations mesurées dans les divers médias, il est suggéré que la principale voie d'exposition au TCPY serait par l'ingestion d'aliments.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Schettgen <i>et al.</i> (2002) | Exposition aux pesticides pyréthroïdes de la population générale en Allemagne.<br><br>Analyse de l'urine uniquement. Les prélèvements ont été effectués chez 1177 individus âgés de 6 mois à 65 ans, vivant dans la région de Francfort. | cis-DCCA<br>trans-DCCA<br>DBCA<br>F-PBA | 1177                              | 29<br>65<br>19<br>16 | Médiane (µg/l)<br>0.2<br>0.4<br>0.1<br>0.2 | Max (µg/l)<br>9.8<br>17.8<br>9.2<br>5.1 | Le ratio entre le trans-DCCA et le cis-DCCA est de 2.1:1. Ce taux concorde avec les résultats de Woollen <i>et al.</i> (1992) et il signifie que l'absorption des pyréthroïdes devait se faire par la voie orale plutôt que par la voie cutanée. Comme l'excrétion chez les enfants ne diffère sensiblement pas de celle des adultes, le contact main-bouche peut également être exclu comme voie possible d'exposition. Ceci tend à confirmer que la voie d'exposition la plus probable est l'alimentation. |

n.a.: non applicable

### **ANNEXE 3**

**MÉTABOLITES DES MATIÈRES ACTIVES DES DIFFÉRENTES  
CLASSES CHIMIQUES ÉVALUÉES DANS LES ÉTUDES DE  
SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION AUX PESTICIDES  
EN LIEN AVEC LA CONSOMMATION D'ALIMENTS**



**Tableau 1 Pesticides organophosphorés et leurs métabolites**

| Pesticides Organophosphorés    | DMP | DMTP | DMDTP | DEP | DETP | DEDTP | Métabolites spécifiques                                                      |
|--------------------------------|-----|------|-------|-----|------|-------|------------------------------------------------------------------------------|
| Acéphate                       | -   | -    | -     | -   | -    | -     | acéphate, méthamidophos                                                      |
| Azinphos-méthyl                | X   | X    | X     | -   | -    | -     | 1,2,3-benzotriazin-4(3H)-1-ol (BTA); méthysulfonyleméthylbenzazimide (MSMB)  |
| Bensulide                      | -   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Cadusafos                      | -   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Chlorethoxyphos                | -   | -    | -     | X   | X    | -     | -                                                                            |
| Chlorpyrifos <sup>1</sup>      | -   | -    | -     | X   | X    | -     | 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCPY)                                           |
| Chlorpyrifos-méthyl            | X   | X    | -     | -   | -    | -     | 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCPY)                                           |
| Coumaphos                      | -   | -    | -     | X   | X    | -     | 3-chloro-4-méthyl-7-hydroxy-coumarin (CMHC)                                  |
| Diazinon <sup>1</sup>          | -   | -    | -     | X   | X    | -     | 2-isopropyl-4-méthyl-6-hydroxypyrimidine (IMPY)                              |
| Dichlorvos (DDVP) <sup>1</sup> | X   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Dicrotophos                    | X   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Diméthoate                     | X   | X    | X     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Disulfoton                     | -   | -    | -     | X   | X    | X     | -                                                                            |
| Éthion                         | -   | -    | -     | X   | X    | X     | -                                                                            |
| Ethoprop                       | -   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Éthyl parathion <sup>1</sup>   | -   | -    | -     | X   | X    | -     | <i>para</i> -nitrophénol                                                     |
| Fenamiphos                     | -   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Fenitrothion                   | X   | X    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Fenthion                       | X   | X    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Malathion <sup>1</sup>         | X   | X    | X     | -   | -    | -     | acide dicarboxylique malathion (MDA); acide monocarboxylique malathion (MCA) |
| Méthamidophos                  | -   | -    | -     | -   | -    | -     | méthamidophos                                                                |
| Méthidathion                   | X   | X    | X     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Méthyl parathion <sup>1</sup>  | X   | X    | -     | -   | -    | -     | <i>para</i> -nitrophénol                                                     |
| Mévinphos                      | X   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Naled                          | X   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Oxydeméton-méthyl              | X   | X    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Phorate <sup>1</sup>           | -   | -    | -     | X   | X    | X     | -                                                                            |
| Phosalone                      | -   | -    | -     | X   | X    | X     | -                                                                            |
| Phosmet                        | X   | X    | X     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Phostebupirim                  | -   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Pirimiphos-méthyl              | X   | X    | -     | -   | -    | -     | 2-diéthylamino-6-méthyl-pyrimidine-4-ol (DEAMPY)                             |
| Profenofos                     | -   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Propetamphos                   | -   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Sulfotep                       | -   | -    | -     | X   | X    | -     | -                                                                            |
| Temephos                       | X   | X    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Terbufos <sup>1</sup>          | -   | -    | -     | X   | X    | X     | -                                                                            |
| Tétrachlorvinphos              | X   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |
| Tribufos                       | -   | -    | -     | X   | X    | -     | -                                                                            |
| Trichlorfon                    | X   | -    | -     | -   | -    | -     | -                                                                            |

Source : tiré de Wessel *et al.*, 2003.<sup>1</sup> Analyse du pesticide dans le sang.

**Tableau 2 Pesticides pyréthrinoïdes et leurs métabolites urinaires**

| <b>Pyréthrinoïdes</b>        | <b>Métabolites urinaires</b>                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cyhalothrine                 | acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA)                                                                                                                                                                                                   |
| Cyfluthrine                  | acide 4-fluoro-3-phénoxybenzoïque (F-BPA)                                                                                                                                                                                          |
| Cyperméthrine                | acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA);<br>acide carboxilique <i>cis</i> -3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane ( <i>cis</i> -DCCA)                                                                                             |
| Cyfluthrine et Cyperméthrine | acide <i>trans</i> -3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane-1-carboxilique ( <i>trans</i> -DCCA)                                                                                                                            |
| Deltaméthrine                | acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA);<br>acide <i>cis</i> -3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane-1-carboxilique ( <i>cis</i> -DCCA);<br>acide <i>cis</i> -3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane-1-carboxilique (DBCA) |
| Fenpropathrine               | acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA)                                                                                                                                                                                                   |
| Fenvalérate                  | acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA)                                                                                                                                                                                                   |
| Perméthrine                  | acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA)                                                                                                                                                                                                   |
| Tralométhrine                | acide 3-phénoxybenzoïque (3-PBA)                                                                                                                                                                                                   |

**Tableau 3 Pesticides organochlorés et leurs métabolites**

| <b>Pesticides Organochlorés</b>                                                            | <b>Pesticide ou métabolites dans le sang</b>                  | <b>Pesticide ou métabolite dans l'urine</b>                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Hexachlorobenzène                                                                          | Hexachlorobenzène (HCB)                                       | pentachlorophénol (PCP)<br>2,4,6-trichlorophénol<br>2,4,5-trichlorophénol |
| Hexachlorocyclohexanes (HCH)<br>isomères : bêta ( $\beta$ -HCH);<br>gamma ( $\gamma$ -HCH) | Hexachlorocyclohexane (HCH)<br>$\beta$ -HCH,<br>$\gamma$ -HCH | pentachlorophénol (PCP)<br>2,4,6-trichlorophénol<br>2,4,5-trichlorophénol |
| DDT                                                                                        | ( <i>p,p'</i> -DDT)<br>( <i>p,p'</i> -DDE)                    | -                                                                         |
| Heptachlore                                                                                | Heptachlore époxyde                                           | -                                                                         |
| Mirex                                                                                      | Mirex                                                         | -                                                                         |
| Chlordane                                                                                  | oxychlordane                                                  | -                                                                         |
| Pentachlorophénol (PCP)                                                                    | -                                                             | pentachlorophénol (PCP)<br>2,4,6-trichlorophénol<br>2,4,5-trichlorophénol |

**Tableau 4 Pesticides carbamates et leurs métabolites**

| <b>Pesticides</b> | <b>Métabolites urinaires</b> |
|-------------------|------------------------------|
| Carbaryl          | 1-naphtol (1-N)              |
| Propoxur          | 2-isopropoxyphénol           |
| Carbofurane       | carbofuranphénol             |
| Benfuracarb       | carbofuranphénol             |
| Carbosulfan       | carbofuranphénol             |
| Manèbe            | éthylène thiourée (ETU)      |
| Mancozèbe         | éthylène thiourée (ETU)      |
| Zinèbe            | éthylène thiourée (ETU)      |





*Institut national  
de santé publique*

Québec



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