

Les risques sanitaires des pesticides : des pistes d'action pour en réduire les impacts

MÉMOIRE

Les risques sanitaires des pesticides : des pistes d'action pour en réduire les impacts

MÉMOIRE

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

26 juillet 2019

*Institut national
de santé publique*

Québec 

AUTEURS

Onil Samuel, conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Louis St-Laurent, conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Mathieu Valcke, conseiller scientifique spécialisé
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Maude Chapados, conseillère scientifique
Direction de la valorisation scientifique, des communications et de la performance organisationnelle

Marie-Eve Levasseur, conseillère scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

SOUS LA COORDINATION DE

Onil Samuel, conseiller scientifique
Christiane Thibault, chef d'unité scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

AVEC LA COLLABORATION DE

Georges Adib, conseiller scientifique
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

Irène Langis, conseillère en communication
Direction de la valorisation scientifique, des communications et de la performance organisationnelle

Marie-Hélène Bourgault, conseillère scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Marie-Pascale Sassine, chef d'unité scientifique
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

Michel Désy, éthicien
Comité d'éthique de santé publique

RÉVISION ET MISE EN PAGE

Véronique Paquet, agente administrative
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Mahée Lacourse de l'Institut national de santé publique du Québec pour son soutien à la recherche documentaire.

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.

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

Dépôt légal – 3^e trimestre 2019
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-84569-0 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2019)

Avant-propos

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) est un centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux du Québec, les autorités régionales de santé publique ainsi que les établissements dans l'exercice de leurs responsabilités, en rendant disponibles son expertise et ses services spécialisés de laboratoire et de dépistage. L'une des missions de l'Institut est d'informer le ministre de la Santé et des Services sociaux de l'impact des politiques publiques sur l'état de santé de la population québécoise, en s'appuyant sur les meilleures données disponibles.

L'INSPQ est impliqué depuis longtemps dans des activités visant à limiter les risques sanitaires des pesticides, et ce, tant à l'échelle de la population générale qu'en milieu de travail. Dans le cadre de sa participation active aux travaux de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture (SPQA) (MAPAQ, 2011), l'INSPQ a notamment développé le volet « santé » de l'indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ) (Samuel *et al.*, 2012) et l'outil d'aide à la décision SAgE pesticides. Avec ses partenaires, l'Institut a aussi collaboré au développement de plusieurs activités de formation en lien avec les risques sanitaires des pesticides et les mesures préventives visant une réduction de l'exposition des travailleurs agricoles. Par ailleurs, en plus de siéger à plusieurs comités de la SPQA, l'INSPQ a initié plusieurs projets de recherche visant à évaluer l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides.

L'INSPQ a également participé aux différentes consultations menées par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) visant à l'élaboration d'une politique bioalimentaire québécoise. Dans le cadre de ces consultations, il a produit une étude sur la réduction des risques des pesticides dans les aliments (Samuel *et al.*, 2010) et deux mémoires (Bekal *et al.*, 2011; Blouin *et al.*, 2017), dans lesquels il attirait l'attention des décideurs sur certains enjeux de santé, dont l'innocuité des aliments et la sécurité à la ferme. Parmi les pistes d'action proposées par l'INSPQ, plusieurs visaient la réduction des résidus de pesticides dans les aliments et la réduction de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides. Toujours dans le contexte de l'exposition alimentaire aux pesticides, l'INSPQ a aussi réalisé une étude sur les risques toxicologiques de la présence de ces résidus pour la population québécoise (Valcke *et al.*, 2017).

Fort de son expertise en matière de risques sanitaires des pesticides, l'INSPQ profite de la consultation parlementaire sur les pesticides menée par la Commission de l'agriculture, des pêcheries, de l'énergie et des ressources naturelles (CAPERN) pour faire le point sur ce dossier qui a soulevé des inquiétudes au cours des dernières années. Le présent mémoire reprendra bien sûr certains éléments abordés dans les mémoires précédents, mais abordera certains thèmes nouveaux qui apparaissent au cœur même d'une stratégie de réduction des risques sanitaires liés à l'exposition populationnelle et occupationnelle aux pesticides agricoles. Par ailleurs, dans le but d'éclairer la Commission, l'INSPQ propose plusieurs pistes d'action pour faciliter l'atteinte de ces objectifs.

Table des matières

Liste des sigles, des acronymes et des abréviations	V
Messages clés.....	1
1 Introduction	3
2 Les effets à la santé des travailleurs et des populations en lien avec l'exposition aux pesticides agricoles : état des connaissances scientifiques	5
2.1 L'évaluation des effets sanitaires des pesticides : un exercice complexe et souvent partiel	5
2.2 Les effets des intoxications aiguës aux pesticides	6
2.3 Les effets sanitaires à long terme liés à l'exposition aux pesticides.....	6
3 L'homologation des pesticides : un processus complexe, mais perfectible.....	9
3.1 Les incertitudes liées au processus canadien d'homologation	9
3.1.1 Des enjeux éthiques à prendre en compte.....	10
4 Portrait québécois des risques sanitaires spécifiques à l'exposition aux pesticides	13
4.1 Des résidus de pesticides dans les aliments généralement conformes aux normes	13
4.1.1 des données québécoises de surveillance difficilement accessibles	14
4.2 Des risques sanitaires qui ne doivent pas décourager la consommation de fruits et légumes.....	15
4.2.1 Des risques sanitaires qui pourraient être diminués en ciblant mieux les pesticides à surveiller.....	16
4.3 Les risques sanitaires spécifiques aux pesticides dans l'eau : un portrait rassurant, mais parcellaire	17
4.4 Les risques spécifiques à l'exposition des travailleurs québécois aux pesticides : des inconnus demeurent	18
5 Réduire les risques des pesticides pour la santé des Québécois : miser sur la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture et la formation	21
5.1 Contrer les freins à l'atteinte des objectifs santé de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture	21
5.1.1 La place de la production biologique et de la gestion intégrée des ennemis des cultures dans la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture.....	21
5.1.2 La sous-représentation de l'offre de services-conseils en phytoprotection non liés à l'industrie	23
5.1.3 L'utilisation limitée des outils d'aide à la décision par les producteurs agricoles.....	24
5.1.4 L'exclusion des données indépendantes de la base de données SAgE pesticides.....	25
5.1.5 La non-divulgation des données de ventes des pesticides	26
5.1.6 Des pratiques favorisant l'achat accru de pesticides.....	26
5.2 Bonifier la formation des agronomes et des producteurs.....	27
6 Réduire les risques des pesticides pour la santé des travailleurs agricoles.....	29

6.1	Prioriser le secteur agricole à la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail pour mieux protéger les travailleurs de ce secteur	29
6.1.1	Développement d'un réseau québécois structuré visant la prévention de l'exposition aux pesticides.....	29
6.1.2	Développement des connaissances sur les risques sanitaires liés à l'exposition aux pesticides.....	30
6.1.3	Reconnaissance des maladies professionnelles liées à l'exposition aux pesticides	30
6.2	Optimiser les effets des équipements de protection.....	31
7	Conclusion	33
8	Références	35
Annexe 1	Conclusions des études retenues sur les risques à la santé liés à l'exposition aux pesticides.....	47
Annexe 2	Limites du processus d'homologation des pesticides : l'exemple du glyphosate	59

Liste des sigles, des acronymes et des abréviations

ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
AHS	<i>Agricultural Health Study</i>
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)
CAPERNE	Commission de l'agriculture, des pêcheries, de l'énergie et des ressources naturelles
CAPQ	Centre antipoison du Québec
CARTV	Conseil des appellations réservées et des termes valorisants
CCAE	Clubs-conseils en agroenvironnement
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
CTQ	Centre de toxicologie du Québec
EFSA	European Food Safety Authority
EPI	Équipement de protection individuelle
GIEC	Gestion intégrée des ennemis des cultures
IC 95 %	Intervalle de confiance à 95 %
INRS	Institut national de recherche et de sécurité (France)
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale (France)
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IOM	Institute of Medicine
IRPeQ	Indicateur de risque des pesticides du Québec
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
LNH	Lymphome non hodgkinien
LSST	Loi sur la santé et la sécurité du travail
MADO	Maladie à déclaration obligatoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MSA	Mutualité sociale agricole (France)
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
NIH	National Institutes of Health
OAQ	Ordre des agronomes du Québec
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PNSRC	Programme national de surveillance des résidus chimiques
RC	Rapport de cotes
RQEP	Règlement sur la qualité de l'eau potable
RR	Risque relatif
SPQA	Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture
SST	Santé et sécurité du travail
TDAH	Trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency
UPA	Union des producteurs agricoles
VGQ	Vérificateur général du Québec
VTR	Valeur toxicologique de référence

Messages clés

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) salue l'initiative du gouvernement de procéder à une consultation parlementaire sur les pesticides en vue d'une utilisation judicieuse et prudente de ceux-ci.

Les études disponibles démontrent des effets à la santé à long terme liés à l'exposition aux pesticides, surtout dans les milieux agricoles. Même s'il n'existe pas de données épidémiologiques spécifiques au Québec, la population québécoise et ses travailleurs agricoles sont concernés, puisque les pesticides analysés dans ces études sont les mêmes que ceux utilisés ici.

En bonifiant et en élargissant sa portée, la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture (SPQA) serait un des leviers à privilégier pour atteindre une agriculture rationnelle et sécuritaire pour les consommateurs et pour les travailleurs.

C'est sur la base d'une plus grande transparence et d'une rigueur qu'il sera possible d'y parvenir, en se reposant davantage sur des connaissances scientifiques neutres, sur des données spécifiques au Québec et sur des pratiques optimales sur le terrain.

Des efforts supplémentaires à consentir pour encourager les pratiques de remplacement des pesticides :

- Soutenir la production biologique en lui accordant une plus grande place dans la SPQA;
- Intervenir auprès de Santé Canada pour qu'il mise sur des études indépendantes dans le processus d'évaluation en vue d'accorder l'homologation à des produits;
- Faciliter le recours à l'approche de la gestion intégrée des ennemis des cultures (GIEC) en développant la recherche et le développement dans le domaine;
- Offrir davantage de formation sur les pesticides aux travailleurs agricoles;
- Afin d'éviter les conflits d'intérêts, réserver les services-conseils à des professionnels indépendants;
- Promouvoir largement les outils d'aide à la décision existants pour faciliter la substitution des pesticides les plus toxiques par des produits à moindre risque.

Des actions pour encadrer plus rigoureusement l'industrie :

- Séparer le service-conseil agronomique des compagnies de pesticides de la vente des pesticides;
- Interdire toute stratégie de marketing encourageant l'achat de pesticides (remises, rabais, ristournes, concours);
- Départager les activités de formation et de transfert de connaissances faisant la promotion d'approches préventives des activités de nature commerciale dans les activités de type colloque ou congrès.

Des actions pour protéger la santé de la population :

- Mieux documenter les risques des pesticides pour la population par la réalisation d'études indépendantes sur l'exposition et l'épidémiologie;
- Rendre disponibles aux professionnels de la santé les données brutes de résidus de pesticides dans les aliments, de façon à permettre la bonification des analyses de risques;
- Bonifier les programmes de surveillance des résidus de pesticides dans l'eau de consommation dans les petits réseaux de distribution et dans les puits individuels en région agricole.

Des actions pour protéger la santé des travailleurs agricoles :

- Mieux documenter les risques sanitaires aigus et chroniques des pesticides pour les travailleurs agricoles, en améliorant les mécanismes de compilation des cas d'intoxication et en réalisant des études indépendantes sur l'exposition et l'épidémiologie;
- Intégrer le milieu agricole aux secteurs d'activité à prioriser énoncés dans la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST), afin d'assurer la prise en charge des travailleurs agricoles;
- Dans l'attente de cette prise en charge, favoriser la constitution de réseaux de concertation et d'échange en matière de risques et la mise en place de mesures préventives qui dépassent le port d'équipement de protection individuelle;
- Reconnaître, lorsque justifiées par des données scientifiques, certaines maladies professionnelles liées aux pesticides reconnues par d'autres pays;
- Rehausser les critères de certification des utilisateurs de pesticides qui reposent actuellement sur l'acquisition de connaissances minimales plutôt que sur l'acquisition de compétences;
- Rendre obligatoire un cours sur les risques des pesticides et leur utilisation rationnelle et sécuritaire dans la formation universitaire en agronomie.

Une agriculture durable, faisant appel à une approche agronomique plus globale misant sur des techniques alternatives, des connaissances acquises par l'agriculture biologique et la GIEC, un travail raisonné des sols et une expertise-conseil indépendante, aiderait le milieu agricole à réduire sa dépendance aux pesticides.

1 Introduction

La Commission de l'agriculture, des pêcheries, de l'énergie et des ressources naturelles (CAPERN) s'est dotée, le 28 mars 2019, d'un mandat d'initiative visant à :

« examiner les impacts des pesticides sur la santé publique et l'environnement, ainsi que les pratiques de remplacement innovantes disponibles et à venir dans les secteurs de l'agriculture et de l'alimentation, et ce en reconnaissance de la compétitivité du secteur agroalimentaire québécois ».

L'initiative des travaux poursuivis dans le cadre de la présente consultation publique doit être saluée. Il s'agit d'une rare opportunité pour sensibiliser l'ensemble des acteurs concernés aux enjeux de santé liés à l'usage des pesticides et aux actions à entreprendre pour les minimiser.

Que ce soit en raison des bilans relativement décevants en matière de réduction des risques ou de l'utilisation des pesticides au Québec, des mésusages suspectés ou rapportés dans certaines cultures ou des risques sanitaires et environnementaux qui inquiètent tant la population que les travailleurs agricoles, cette audition de la Commission est l'occasion de faire le point sur la problématique de l'utilisation des pesticides et de proposer des solutions pour rationaliser l'usage de ces produits.

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), à titre de centre d'expertise en matière de santé publique au Québec, souhaite alimenter les discussions et la réflexion en apportant un éclairage scientifique sur certains enjeux de santé liés à l'utilisation des pesticides agricoles. Le présent mémoire vise à faire valoir certains enjeux liés à l'atteinte des objectifs de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture (SPQA) (MAPAQ, 2011). Même si des efforts doivent encore être déployés pour rationaliser l'usage des pesticides agricoles, il est important de préciser que le Québec se veut souvent avant-gardiste en matière de développement d'outils ou de réglementations visant à promouvoir une utilisation plus rationnelle et sécuritaire des pesticides. Que ce soit par la mise en place de la SPQA, qui promeut l'objectif de réduction des risques des pesticides, ou par la mise en place, par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), d'une justification agronomique obligatoire pour l'utilisation de certains pesticides plus toxiques, le Québec se démarque positivement à l'échelle canadienne. Cependant, des améliorations demeurent nécessaires en ce sens, notamment en raison d'une diminution relativement faible des risques, comme démontré par les bilans des ventes du MELCC.

Plus précisément, le mémoire fait d'abord le point sur l'état des connaissances scientifiques en lien avec les risques sanitaires populationnels et occupationnels associés à l'usage des pesticides agricoles (section 2). Ensuite, les incertitudes associées à l'évaluation de ces risques, et l'impact que ces incertitudes peuvent avoir sur l'appréciation finale du risque qui peut être faite, seront discutés (section 3). Du point de vue de l'exposition spécifique de la population québécoise aux pesticides, le mémoire dressera le portrait actuel de l'appréciation des risques associés à la présence des pesticides dans les aliments et l'eau consommés par les Québécois, ainsi que ceux propres aux travailleurs agricoles de la province. Par la suite, la section 4 énonce les besoins en matière de surveillance afin de pallier les incertitudes qui persistent dans l'appréciation du risque associé à l'utilisation des pesticides. Finalement, les enjeux et pistes d'action à considérer pour réduire les risques des pesticides pour la santé de la population québécoise et des travailleurs agricoles seront respectivement abordés aux sections 5 et 6.

2 Les effets à la santé des travailleurs et des populations en lien avec l'exposition aux pesticides agricoles : état des connaissances scientifiques

La question des effets à la santé liés aux pesticides a fait l'objet de nombreux débats au Québec au cours des dernières années. Que ce soit en raison de nouvelles études expérimentales ou épidémiologiques sur les risques à la santé de certains pesticides ou de l'intérêt médiatique sur le sujet, des inquiétudes sont souvent exprimées dans l'opinion publique, et ce, tant dans la population générale qu'en milieu de travail. La question se pose de manière encore plus importante chez les exploitants agricoles et pour tous les professionnels qui doivent manipuler de nombreux pesticides au cours de leur carrière.

2.1 L'évaluation des effets sanitaires des pesticides : un exercice complexe et souvent partiel

Depuis les années 80, de nombreuses études épidémiologiques, surtout chez les travailleurs agricoles, ont proposé un lien entre l'exposition aux pesticides et plusieurs pathologies, comme certaines formes de cancers, des problèmes neurologiques ou des troubles de la reproduction et du développement. Il apparaît donc impératif de présenter un bilan sommaire de l'état des connaissances sur ces effets.

D'entrée de jeu, il importe de rappeler que l'évaluation des effets sanitaires des pesticides s'avère un exercice complexe et qui prête à équivoque pour plusieurs raisons. D'abord, la toxicité intrinsèque des différents produits phytosanitaires varie considérablement selon les produits. L'appréciation des effets sanitaires peut alors parfois se révéler très différente selon la source des évaluations (données universitaires ou venant de l'Industrie des pesticides). Des divergences peuvent même être observées à l'intérieur d'une même source. Par ailleurs, des différences notables peuvent être relevées en fonction des nombreuses situations d'exposition (aliments, eau, expositions directes en milieu domestique et occupationnel, etc.). De plus, le processus d'extrapolation des données expérimentales est très vulnérable aux subjectivités des diverses parties impliquées, puisqu'il relève d'un domaine où l'incertitude scientifique est très élevée. Par ailleurs, bien que les études disponibles considèrent habituellement un produit commercial ou une matière active unique, la réalité met souvent en scène des expositions multiples à de nombreuses matières actives ou à divers produits commerciaux. Au cours des deux dernières décennies, plusieurs études, surtout de nature épidémiologique, ont montré la possibilité d'effets subtils, par exemple sur le plan endocrinien ou neurologique, à des doses bien inférieures à celles concluant qu'il n'y a « pas d'effets » lors des études expérimentales habituelles.

Ensuite, les études portant sur les effets sanitaires des pesticides sont nombreuses et il aurait été illusoire de prétendre à une évaluation exhaustive de toutes ces études dans le cadre de la préparation de ce mémoire, notamment en raison des délais impartis. Ainsi, afin d'apprécier de façon juste ces effets, la vaste revue de la littérature réalisée en 2013 par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale en France (Inserm) a été considérée en premier lieu pour l'évaluation des effets sanitaires. Partant de cette rigoureuse revue des études indépendantes produites avant 2012, l'INSPQ a effectué en second lieu une analyse préliminaire des revues de la littérature et des méta-analyses publiées dans des revues scientifiques de 2013 à aujourd'hui. La stratégie de recherche visant à retracer ces études est présentée à l'annexe 1. Seuls les effets évalués par l'Inserm ont été considérés dans cette revue. Sans être aussi complexe que celle réalisée par l'Inserm, l'analyse des données recensées par l'INSPQ a permis d'apprécier les récents résultats de recherche afin de s'assurer que les conclusions de l'Inserm soient toujours d'actualité.

2.2 Les effets des intoxications aiguës aux pesticides

Les intoxications aiguës se manifestent immédiatement ou à court terme, c'est-à-dire de quelques minutes à quelques heures après l'exposition. Les effets observés varient beaucoup selon le mode d'action spécifique des molécules.

Dans l'ensemble, les effets aigus d'une intoxication aux pesticides sont relativement bien connus. Les signes cliniques et symptômes les plus souvent rapportés sont des irritations cutanées ou oculaires, des céphalées, des nausées, des vomissements, des étourdissements, de la fatigue et une perte d'appétit. Dans les cas d'une intoxication modérée à sévère liée à certains produits, comme lors d'une intoxication à un insecticide organophosphoré ou carbamate par exemple, il est possible de voir apparaître des crampes abdominales, une diarrhée, de la nervosité, une transpiration excessive, des difficultés d'attention, des troubles de la vision, des difficultés respiratoires, des convulsions, un coma et, à la limite, la mort (Samuel *et al.* 2007). Vu la nature courante de certains de ces symptômes ou signes cliniques d'une intoxication aiguë, ceux-ci passent souvent inaperçus, car ils peuvent à tort être attribués à d'autres causes. Cette absence de spécificité est souvent associée à une sous-déclaration des cas d'intoxication, notamment en milieu de travail.

Plusieurs pesticides peuvent aussi engendrer des effets dermatologiques. Certains de ceux-ci peuvent produire des réactions inflammatoires non allergiques. Ces dermatites de contact font d'ailleurs partie des symptômes les plus souvent rapportés. L'exposition répétée à certains de ces produits peut toutefois conduire à une sensibilisation et au développement d'une dermatite allergique. Bien que plus rares, certains pesticides peuvent provoquer des réactions cutanées lors d'une exposition au soleil, désignée comme étant une dermatite par photosensibilisation.

De nombreux facteurs peuvent par ailleurs influencer la sévérité des intoxications. Parmi ceux-ci, il faut noter la toxicité intrinsèque du produit, la dose d'exposition, la présence de substances dites inertes ou d'adjuvants, les phénomènes d'additivité et de synergie, le métabolisme, la voie d'exposition et les susceptibilités individuelles.

Bien que les symptômes les plus sévères d'une intoxication aux pesticides soient plus rarement observés de nos jours, les travailleurs ou la population évoluant dans les milieux de vie agricoles ne sont pas à l'abri d'un risque d'intoxication lors d'une exposition à des pesticides. Les centres antipoison de partout dans le monde font ainsi référence à de nombreux cas avérés ou suspectés d'intoxication aux pesticides annuellement.

2.3 Les effets sanitaires à long terme liés à l'exposition aux pesticides

Si les effets à court terme des pesticides sont relativement bien connus, il en est autrement des effets de l'exposition répétée sur une longue période, qui posent le plus de questions en matière de risques sanitaires.

Plusieurs maladies susceptibles d'être liées à des expositions répétées et chroniques aux pesticides ont été étudiées, principalement chez des utilisateurs professionnels. Plus récemment, certaines études ont aussi été réalisées auprès de la population générale potentiellement exposée via l'environnement ou auprès de groupes dits vulnérables, comme les femmes enceintes ou les jeunes enfants. Les pathologies les plus étudiées regroupent les maladies et troubles neurologiques, les atteintes liées à la reproduction et au développement ainsi que les cancers.

Il est toutefois important de souligner que, de manière générale, les différents devis des études épidémiologiques n'assurent pas tous un même poids de la preuve. En effet, des biais méthodologiques apportent parfois des incertitudes sur les effets sanitaires mesurés, et il est quelquefois difficile de bien caractériser les niveaux d'exposition dans ces études. Cependant, il demeure que, pris dans leur ensemble, les études disponibles permettent de dresser un bilan assez réaliste des effets sanitaires associés à l'exposition aux pesticides, tout au moins pour les utilisateurs professionnels. Même si les études sur les effets sanitaires des pesticides ont principalement été réalisées dans des milieux professionnels, surtout en milieu agricole, elles permettent tout de même de justifier une rationalisation de l'utilisation de ces produits.

L'analyse du rapport de l'Inserm (2013) a permis de relever les associations positives mesurées entre l'exposition professionnelle aux pesticides et certaines pathologies chez l'adulte et l'enfant. En première analyse, les études publiées depuis 2012 ne semblent pas fournir d'éléments nouveaux qui puissent venir contredire ces appréciations.

Le tableau 1 synthétise les associations observées dans la littérature scientifique par l'Inserm (2013), présentées selon la force de la présomption du lien. Par ailleurs, à la lumière des résultats de la plupart des études publiées depuis 2012, ces appréciations ne sont pas remises en question. Pour plus de détails, le lecteur est invité à consulter l'annexe 1, qui présente les principales analyses de l'Inserm et des études publiées depuis 2012 pour chacune des pathologies rapportées.

En dépit de toutes les incertitudes souvent inhérentes aux études épidémiologiques, des risques sont assez clairement démontrés pour les expositions à plus forte dose (professionnelles) et à long terme. Parmi les différents types de cancers pour lesquels des associations ont été faites avec l'exposition aux pesticides, principalement chez des utilisateurs professionnels, le lymphome non hodgkinien (LNH), le cancer de la prostate et le myélome multiple sont ceux pour lesquels le poids de la preuve ou la présomption du lien sont les plus forts. La présomption d'un lien apparaît moyenne en ce qui concerne la leucémie chez les utilisateurs professionnels de pesticides et les enfants en milieu résidentiel. Cependant, chez les enfants, la présomption d'un lien se révèle forte lors d'une exposition en milieu professionnel (sans distinction) de la mère pendant la grossesse ou de l'enfant. Une présomption similaire a été observée en lien avec les tumeurs cérébrales dans le cas d'exposition professionnelle de la mère aux pesticides (sans distinction) pendant la grossesse. Chez les populations agricoles, des observations positives ont aussi été notées en ce qui a trait aux tumeurs cérébrales, à la maladie de Hodgkin, au cancer des testicules et au mélanome cutané, mais avec une faible présomption.

Sur le plan des effets neurologiques à long terme, une forte présomption a aussi été observée pour la maladie de Parkinson, qui a d'ailleurs été reconnue comme maladie professionnelle en France. La présomption d'un lien reste relativement forte pour la population générale exposée aux pesticides. Une présomption moyenne d'un lien avec la maladie d'Alzheimer et certains troubles cognitifs est quant à elle établie chez les agriculteurs.

En matière de fécondité et de fertilité, une présomption moyenne d'un lien avec l'exposition aux pesticides a été estimée pour les populations professionnelles exposées à ces produits.

Tableau 1 Bilan des principales associations positives entre l'exposition aux pesticides et certaines pathologies chez les adultes et les enfants

Pathologies	Population concernée par l'association positive	Présomption d'un lien*
Lymphome non hodgkinien (LNH)	Agriculteurs, applicateurs de pesticides, ouvriers en industrie de production	++
Cancer de la prostate	Agriculteurs, applicateurs de pesticides, ouvriers en industrie de production	++
Myélome multiple	Agriculteurs, applicateurs de pesticides	++
Maladie de Parkinson	Professionnels et non professionnels	++
Leucémie	Exposition professionnelle aux pesticides (sans distinction) pendant la grossesse ou chez l'enfant	++
	Exposition résidentielle aux pesticides (sans distinction) pendant la grossesse ou chez l'enfant	++
	Agriculteurs, applicateurs de pesticides, ouvriers en industrie de production	+
Maladie d'Alzheimer	Agriculteurs	+
Troubles cognitifs	Agriculteurs	+
Effets sur la fécondité et la fertilité	Populations professionnelles exposées	+
Maladie de Hodgkin	Populations agricoles	±
Cancer des testicules	Populations agricoles	±
Tumeurs cérébrales (gliomes, méningiomes)	Exposition professionnelle aux pesticides (sans distinction) pendant la grossesse	++
	Populations agricoles	±
Mélanome cutané	Populations agricoles	±
Sclérose latérale amyotrophique (SLA)	Agriculteurs	±
Troubles anxio-dépressifs	Agriculteurs, agriculteurs ayant des antécédents d'intoxications aiguës, applicateurs de pesticides	±

Source : Inserm, 2013.

* Présomption du lien entre l'exposition et le développement de la pathologie basée sur la force de la preuve : présomption forte (++), présomption moyenne (+), présomption faible (±).

De plus, depuis plusieurs années, différents chercheurs ont mis en perspective la possibilité d'effets subtils à des doses d'exposition bien inférieures à celles utilisées lors des études expérimentales réalisées dans le cadre du processus d'homologation. Que l'on parle des effets endocriniens ou neuro-développementaux, de nombreuses incertitudes demeurent, notamment parce que ces champs d'expertise en toxicologie sont encore peu développés et peu étudiés de façon générale. Ces effets n'ont donc pas été précisément évalués par l'Inserm.

Pour ce qui est des effets neuro-développementaux, l'exposition à des insecticides a parfois été associée à certains troubles. Des chercheurs ont établi un lien entre les troubles du déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH) chez les enfants et des niveaux de métabolites urinaires de pesticides organophosphorés plus élevés (Bouchard *et al.*, 2010). Cette relation reste cependant à être validée par d'autres études.

L'évaluation des effets endocriniens se fait principalement pour les matières actives et parfois pour les produits commerciaux. Elle demeure relativement complexe et, même si Santé Canada et la United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) ont proposé de développer des outils d'évaluation spécifiques pour ces effets, très peu de produits ont fait l'objet d'une évaluation complète à ce jour. Cependant, de plus en plus d'études indépendantes proposent de telles associations dans la littérature scientifique.

3 L'homologation des pesticides : un processus complexe, mais perfectible

L'usage des pesticides agricoles, en considérant des risques acceptables, repose sur leur homologation préalable. C'est dans le cadre de ce processus que le gouvernement autorise l'utilisation d'un produit et en définit les conditions d'utilisation sur son territoire. Bien que l'homologation découle d'un processus rigoureux, ce dernier est empreint d'incertitudes et d'enjeux éthiques. Celles-ci sont tributaires de différents facteurs, notamment les biais potentiellement induits dans le processus d'évaluation par l'industrie, la non-prise en compte du risque cumulatif des différents pesticides, ou encore le développement évolutif de la recherche. La présente section propose un survol de ces incertitudes.

3.1 Les incertitudes liées au processus canadien d'homologation

Le système d'homologation canadien équivaut globalement à ce qui se fait dans les pays industrialisés, notamment en raison d'une certaine harmonisation des approches réglementaires et scientifiques. Avant la mise en marché d'un pesticide, Santé Canada exige que le requérant de l'homologation réalise des études toxicologiques expérimentales à court terme et à long terme. Des études sont aussi exigées pour évaluer les impacts environnementaux ainsi que l'efficacité agronomique du pesticide. Il est important de préciser que le Canada est le seul pays, à la connaissance des auteurs, qui exige des études d'efficacité, et que celles-ci pourraient permettre ultimement de réduire des utilisations inutiles.

À l'heure actuelle, les études toxicologiques sont **effectuées par le requérant de l'homologation**, qui doit respecter les protocoles expérimentaux exigés par Santé Canada. Ces données sont utilisées pour effectuer une évaluation théorique des risques pour différents scénarios d'exposition (enfants, travailleurs, personnes vivant à proximité des sites de production, délais de sécurité pour le retour au champ traité, etc.). Ainsi, des études de toxicité aiguë sont effectuées pour les différentes voies d'exposition, et ce, tant pour la matière active que pour le produit commercial.

Des études en lien avec le potentiel irritatif et sensibilisant de la matière active sont aussi exigées. Les études de toxicité chronique doivent permettre d'apprécier le danger en lien avec les effets cancérogènes, les effets génétiques, les effets sur la reproduction et le développement et les effets sur le système nerveux. Toutefois, ces études sont **effectuées principalement pour la matière active**. Les différents adjuvants trouvés dans le produit commercial sont habituellement considérés individuellement et classés dans une liste d'ingrédients inertes qui présente la toxicité intrinsèque de chaque ingrédient uniquement. Ainsi, **aucune évaluation du produit commercial dans son ensemble n'est réalisée** et, par conséquent, les données présentées dans les documents d'évaluation ne permettent pas d'apprécier complètement le risque chronique associé à un produit commercial qui comprendrait plusieurs ingrédients actifs, adjuvants ou autres matières jugées inertes, mais qui pourraient être potentiellement toxiques.

Une fois les évaluations du risque complétées et les situations problématiques notées, des mesures d'atténuation des risques sont habituellement exigées pour les réduire. Celles-ci devront par ailleurs être inscrites sur l'étiquette du produit. Par exemple, Santé Canada pourrait limiter l'utilisation du pesticide à certaines cultures, restreindre sa période et sa fréquence d'utilisation, exiger le respect de bandes de protection des cours d'eau, exiger le port d'équipements de protection individuelle (EPI) pour les travailleurs agricoles, etc.

Les données toxicologiques générées dans le cadre de ce processus servent aussi à déterminer différentes normes visant notamment la sécurité des aliments (limites maximales de résidus) et la qualité de l'eau de consommation (concentration maximale acceptable).

Tout ce processus vise à mitiger les risques sanitaires associés à l'usage de ces pesticides. Même si le Canada possède certainement un des meilleurs modèles existants, certains doutes subsistent sur la qualité de l'évaluation finale, notamment en raison des incertitudes liées au modèle d'homologation lui-même et des quelques enjeux éthiques liés à l'indépendance scientifique des données. Premièrement, le fait que seule la matière active soit évaluée pour les effets chroniques soulève des doutes raisonnables au regard de la qualité des évaluations du danger d'un produit commercial et, ultimement, du risque global. Deuxièmement, il arrive régulièrement que des études universitaires indépendantes viennent contredire les évaluations de l'industrie, ce qui pose la question de l'importance de l'indépendance scientifique dans le cadre du processus d'homologation. L'utilisation de données indépendantes et la considération du produit commercial dans son entièreté mènent parfois à des appréciations du danger, voire du risque, très différentes. À ce titre, l'analyse de cas de l'homologation du glyphosate au Canada présentée à l'annexe 2 illustre bien les difficultés et les incertitudes liées à cet exercice.

Par ailleurs, les scénarios d'exposition élaborés dans le cadre des évaluations théoriques reposent souvent sur des postulats peu représentatifs de la réalité, ce qui minimise le risque réel. Par exemple, dans le cadre de la réalisation d'un important avis scientifique sur les risques d'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides auquel a participé l'INSPQ (Anses, 2016), les auteurs ont remarqué une surestimation non négligeable du niveau de protection accordé à la protection individuelle dans le calcul du risque. Une des explications repose sur le fait que les EPI sont mal adaptés aux conditions de travail, n'assurent pas la protection anticipée en termes de pénétration et de perméation, ou ne sont tout simplement pas portés ou entretenus de façon convenable par les travailleurs. Ainsi, en plus de certaines limites en lien avec l'évaluation du danger, des limites liées aux scénarios d'exposition peuvent interférer sur l'évaluation des risques.

3.1.1 DES ENJEUX ÉTHIQUES À PRENDRE EN COMPTE

Du point de vue de l'éthique, l'une des principales valeurs qui devrait animer le processus d'homologation est l'autonomie, qui se définit essentiellement comme la capacité pour une entité à poser ses propres choix en dehors d'influences ou de contraintes indues. Dans le cas du processus d'homologation, l'autonomie se traduit entre autres par l'idée que les décisions prises le soient de manière à ne pas être tributaires d'un point de vue qui sert des intérêts particuliers autres que ceux du public. Pour ce faire, il est crucial que la réglementation concernant les pesticides soit appuyée sur les connaissances les plus rigoureuses possible. Cette rigueur exige l'application de la méthode scientifique afin de garantir la robustesse et l'impartialité de la conception expérimentale, de la méthodologie, de l'analyse, de l'interprétation et du rapport des résultats, et ceci de façon transparente (NIH, s.d.). Le fait que le processus d'homologation des pesticides repose sur des études qui sont menées par les manufacturiers, que ces études n'évaluent les effets sous-chroniques et chroniques que pour les matières actives et que les études indépendantes de l'industrie puissent arriver à des conclusions différentes laisse croire que le processus d'homologation pourrait gagner en robustesse et en indépendance.

Il faut rappeler que le biais consiste en tout processus qui permet des préjugés favorisant une personne ou un point de vue particulier, ou qui entraîne des écarts quant à l'examen, à l'analyse, à l'interprétation ou à la publication des données, et qui produirait des conclusions incohérentes avec la vérité (Kraak *et al.*, 2011). De fait, il a été démontré que la recherche commanditée par des industries présentait des biais systématiques en leur faveur (Bekelman *et al.*, 2003; Lexchin *et al.*,

2003). Dans ces contextes, la simple connaissance des liens entre la recherche et l'industrie ne suffit pas à résoudre les problèmes de crédibilité que ceux-ci peuvent causer aux organismes chargés de réglementer ces domaines (Glaser et Bero, 2005). À ce chapitre, la réputation de la European Food Safety Authority (EFSA) a été entachée par des allégations de conflits d'intérêts en lien avec sa position dans le dossier du glyphosate (Robinson, 2013).

Par ailleurs, les effets neuro-développementaux et endocriniens à faibles doses ne sont généralement pas précisément toujours évalués dans le contexte de l'homologation. De plus, les travailleurs et la population générale se retrouvent souvent exposés à plusieurs pesticides en même temps ou en alternance. Il est très difficile d'évaluer les impacts de telles expositions simultanées (« effet cocktail »), qui ne sont pas considérés dans le contexte de l'homologation.

Il est important de préciser que le peu de place accordée aux études indépendantes dans le processus d'homologation n'est pas propre au Canada. En effet, tous les pays industrialisés se basent sur un modèle d'homologation sensiblement similaire au modèle canadien. Par ailleurs, il n'existe pas de telles études pour tous les produits et pour tous les effets analysés. Cependant, lorsqu'elles existent, elles concernent souvent des produits très utilisés et pour lesquels des effets néfastes sont suspectés. Dans ces cas précis, ces données complémentaires aux études expérimentales produites par l'industrie permettent une appréciation plus précise du risque.

Même si l'homologation et l'utilisation des pesticides sont encadrées par des réglementations, la question du risque demeure une réalité. En effet, l'homologation ne permet pas de garantir que l'usage du produit est exempt de tout risque pour la santé. Elle est accordée conditionnellement au respect de certaines conditions, telles que la considération de certaines mesures d'atténuation du risque ou de pratiques agronomiques très spécifiques.

Afin d'améliorer le processus d'évaluation des risques toxicologiques des pesticides, l'INSPQ propose que le gouvernement prenne les actions qu'il juge nécessaires pour :

1. Intervenir auprès des responsables fédéraux de l'homologation des pesticides pour assurer une meilleure considération, lorsque disponibles, des études indépendantes de l'industrie dans le processus d'évaluation sous-tendant l'homologation des produits.

4 Portrait québécois des risques sanitaires spécifiques à l'exposition aux pesticides

Dans ses précédents mémoires en lien avec la politique bioalimentaire, l'INSPQ (Bekal *et al.*, 2011; Blouin *et al.*, 2017) rappelait qu'en dépit du message rassurant des organisations provinciales et fédérales responsables de la surveillance des résidus de pesticides dans les aliments, plusieurs interrogations et inquiétudes demeuraient quant à la présence de ces résidus, et ce, tant chez la population que les professionnels de la santé. Plus précisément, il rappelait la difficulté de conclure aux niveaux de risques sanitaires attribuables à la présence de résidus de pesticides dans les aliments consommés au Québec en raison de la faible disponibilité des données pour la province (Bekal *et al.*, 2011; Blouin *et al.*, 2017). Des pistes d'actions ont été proposées afin d'améliorer les bilans de contamination des aliments par les pesticides. Plusieurs des inquiétudes soulevées en 2011 et en 2017 dans les mémoires de l'INSPQ demeurent. Elles ont d'ailleurs été reprises par le Vérificateur général du Québec (VGQ) dans son rapport couvrant la période 2016-2017 (VGQ, 2016). C'est dans le cadre de ces travaux que le commissaire au développement durable a inclus le thème des pesticides en milieu agricole dans son enquête (VGQ, 2016). Le rapport du commissaire au développement durable vise notamment à s'assurer que le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) évalue les effets des moyens de la lutte antiparasitaire utilisés sur la qualité des aliments ainsi que sur le développement d'une agriculture durable, et en publie les résultats.

La contamination de l'eau par les pesticides agricoles constitue une autre source d'inquiétude pour les consommateurs. Tout comme pour les aliments, un portrait plus à jour des connaissances sur les résidus de pesticides dans l'eau sera présenté dans cette section. Par ailleurs, des pistes d'action supplémentaires y sont proposées. Les risques spécifiques à l'exposition des travailleurs québécois aux pesticides seront aussi discutés dans cette section.

4.1 Des résidus de pesticides dans les aliments généralement conformes aux normes

Les données publiées dans le cadre du Programme national de surveillance des résidus chimiques (PNSRC) de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), ou celles publiées dans le Programme de surveillance des fruits et légumes frais vendus au Québec du MAPAQ, permettent de constater que :

- des traces de pesticides sont régulièrement détectées dans les fruits et légumes frais;
- dans certains cas, plusieurs pesticides différents sont mesurés dans la même denrée;
- le même pesticide se retrouve parfois dans plus d'un aliment;
- les quantités de résidus de pesticides contenues dans les aliments **respectent généralement les normes édictées par Santé Canada, soit dans plus de 98 % des cas.**

Parmi les pesticides les plus souvent mesurés, certains possèdent des propriétés toxiques à long terme observées lors d'études chez les animaux de laboratoire et parfois lors d'études épidémiologiques (ex. : effets sur le développement ou la reproduction, génotoxicité, perturbations endocriniennes, potentiel de cancérogénéité).

4.1.1 DES DONNÉES QUÉBÉCOISES DE SURVEILLANCE DIFFICILEMENT ACCESSIBLES

En 2011 et en 2017, l'INSPQ rapportait dans ses mémoires que les données recueillies au Québec comme au Canada ne permettaient pas de faire un portrait global des quantités de résidus de pesticides présents dans les aliments consommés par la population québécoise, en raison du faible échantillonnage du programme québécois, de l'impossibilité d'y amalgamer les données fédérales propres au Québec, et du peu de transparence dans la divulgation des données (Bekal *et al.*, 2011; Blouin *et al.*, 2017). Un meilleur portrait statistique de la contamination de l'ensemble des fruits et légumes tels que consommés au Québec, couplé aux statistiques de consommation, permettrait de dresser un meilleur tableau de l'exposition aux pesticides alimentaires dans la population, des risques qui y sont associés et, ultérieurement, de suivre les tendances dans le temps. Dans son rapport, le commissaire au développement durable rappelait d'ailleurs que le programme de surveillance du MAPAQ, qui consiste à mener des activités d'inspection pour des aliments ciblés sans établir un portrait statistique de la contamination de l'ensemble des fruits et des légumes consommés au Québec, permet de suivre la présence des résidus de pesticides dans les aliments, mais pas de tirer une conclusion sur le niveau de risques pour la santé (VGQ, 2016).

Le renforcement des programmes de surveillance des résidus chimiques dans les produits destinés à l'alimentation humaine a été ciblé comme l'un des objectifs de la SPQA 2011-2021 par plusieurs partenaires gouvernementaux et agricoles (MAPAQ, MELCC, ministère de la Santé et des Services sociaux [MSSS], Union des producteurs agricoles [UPA]). Le récent rapport du commissaire au développement durable recommandait quant à lui de diversifier les tests pour mesurer les résidus de pesticides dans les aliments, afin de tenir compte des différentes provenances et variétés d'aliments consommés (VGQ, 2016).

Dans le but d'atteindre ces objectifs, le MAPAQ a mis en place certaines actions ciblées dans la SPQA, dont la relance du Comité ad hoc sur les résidus de pesticides. Ce comité consultatif composé de plusieurs intervenants du milieu agricole et de la santé discute sur une base scientifique des façons de bonifier le programme de surveillance. Le comité pourra certainement aider à prioriser les actions et les situations en matière de surveillance et ainsi à diversifier les tests. Cependant, à moins que des efforts financiers plus importants ne soient accordés à la surveillance des résidus, le comité aura probablement peu d'impact sur l'augmentation du nombre d'analyses, comme le recommandait l'INSPQ afin de favoriser une meilleure appréciation des risques pour la population québécoise.

Au cours des dernières années, l'ACIA a démontré une assez grande transparence dans le partage de ses données de surveillance des résidus de pesticides dans les fruits et légumes consommés par les Canadiens. Les données fédérales ne permettent cependant toujours pas d'isoler les informations propres au Québec. Conformément aux actions définies dans la SPQA, des efforts ont été annoncés par le MAPAQ pour rendre accessible l'information sur les résidus de pesticides dans les aliments à la population et aux organismes de santé publique. Par ailleurs, afin de satisfaire à l'exigence du VGQ (2016) de présenter aux citoyens une information annuelle complète des pesticides présents dans les aliments, laquelle comprend les dépassements des normes pour les différents aliments testés ainsi que les risques d'ingestion de résidus de pesticides à long terme, le MAPAQ s'est engagé à :

- faciliter l'accès à une information complète sur les pesticides retrouvés dans les aliments par la publication annuelle des résultats d'analyse, dans un souci de transparence;
- rédiger un rapport sur le plan quinquennal en surveillance des résidus dans les fruits et légumes pour la période 2011-2016.

Au moment de la rédaction du présent mémoire, les rapports du MAPAQ n'étaient toujours pas disponibles. Habituellement, les rapports du MAPAQ synthétisent les données afin d'en faciliter la compréhension par le grand public. Toutefois, cela occulte parfois certaines données précieuses pour l'appréciation du risque. La divulgation des données brutes des études du plan quinquennal aux instances de santé publique, notamment à l'INSPQ, constituerait un atout considérable pour mieux comprendre les risques pour la population québécoise. Des discussions sont en cours pour signer une entente de partenariat visant le partage des données brutes de surveillance des résidus de pesticides, mais, à l'instar des rapports, ces données ne sont toujours pas disponibles.

4.2 Des risques sanitaires qui ne doivent pas décourager la consommation de fruits et légumes

En dépit du manque de données québécoises sur la présence de pesticides dans les aliments, l'INSPQ a réalisé une étude visant à estimer les risques chroniques (à moyen et à long termes) et aigus (maximaux au cours d'une même journée) liés aux résidus de pesticides auxquels les Québécois pourraient potentiellement être exposés en consommant des fruits et des légumes. Cette étude a fait l'objet d'une publication révisée par les pairs (Valcke *et al.*, 2017).

L'étude de l'INSPQ s'est reposée sur des approches méthodologiques bien établies dans le domaine de la toxicologie et de l'épidémiologie. Elle est par ailleurs similaire à d'autres études européennes du même type, avec deux particularités cependant. D'une part, au lieu de se baser sur des scénarios hypothétiques de consommation, l'étude a utilisé des données réelles de consommation de fruits et de légumes, recueillies auprès de 4 727 consommateurs québécois âgés de plus d'un an. D'autre part, cette étude a permis de comparer simultanément le nombre de cas de cancers susceptibles d'apparaître ou d'être évités par la consommation de fruits et de légumes. En effet, malgré la présence de résidus de pesticides dans les fruits et légumes, leur consommation tend à prévenir l'apparition de types de cancers précis (estomac, poumon, œsophage, larynx, oropharyngés), en raison des propriétés anti-cancer bien connues de certains végétaux.

Pour poursuivre sur l'effet **cancérigène**, l'analyse a suggéré de manière conservatrice que, pour l'ensemble de la population québécoise, les résidus de pesticides présents dans les fruits et les légumes consommés causeraient jusqu'à 39 cas de cancers annuellement. Par ailleurs, bien que plusieurs pesticides concernés soient des insecticides organochlorés non homologués au Canada, mais qui peuvent être présents dans les aliments importés, plus du tiers des 39 cas de cancers concerneraient des pesticides encore homologués, en particulier les fongicides de la classe des dithiocarbamates. Ce risque dépasse le risque cancérogène considéré comme négligeable selon les balises de l'évaluation du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec (Équipe scientifique sur les risques toxicologiques, 2012). En revanche, pour chacun de ces cas en excès, il a été estimé de manière réaliste qu'au moins 88 cas de cancers avaient été prévenus par l'effet protecteur associé à la consommation documentée de fruits et de légumes, sans égard à leur contenu en résidus de pesticides.

Par ailleurs, 25 pesticides dont l'exposition a été caractérisée dans l'étude de l'INSPQ sont considérés, qualitativement, comme potentiellement cancérogènes par divers organismes sanitaires, sans qu'il soit possible d'estimer, quantitativement, le risque qu'ils présentent. Par prudence, l'INSPQ (Équipe scientifique sur les risques toxicologiques, 2012) s'est livré à l'exercice d'évaluer ces pesticides en leur attribuant un pouvoir cancérogène équivalant à celui du dichlorvos, le cancérogène le plus puissant parmi les pesticides encore homologués au Canada. Résultat : le portrait global d'un nombre nettement plus élevé de cas de cancers prévenus que causés demeurerait du même ordre de grandeur.

De manière générale, les risques d'effets **non cancérigènes** estimés, chroniques et aigus, apparaissent faibles. Ainsi, dans la grande majorité des cas, pour les 4 727 individus considérés, la dose d'exposition calculée était inférieure à la valeur toxicologique de référence (VTR), soit la dose maximale sans risque. Plus précisément, pour 102 des 135 pesticides évalués pour le risque chronique, l'exposition des 5 % d'individus les plus exposés pour chaque groupe d'âge était au moins 10 fois inférieures à la VTR la plus sévère répertoriée dans la littérature scientifique pour chaque pesticide. À l'inverse, des dépassements de la VTR la plus sévère ont été obtenus pour 10 pesticides résiduels dans les fruits et légumes, pour des proportions variables, mais relativement faibles, des individus considérés. Le dépassement d'une VTR ne signifie pas nécessairement que l'exposition en cause est directement problématique pour la santé, mais plutôt qu'elle peut être l'objet d'une attention particulière des autorités sanitaires ou du milieu agricole.

Les estimations de risques proposées dans le cadre de l'étude de l'INSPQ doivent être prises avec précaution en raison des limites et incertitudes inhérentes à tout processus d'évaluation du risque toxicologique. Tout d'abord, il n'a pas été possible d'évaluer le risque d'apparition d'effets autres que le cancer pour 20 % des pesticides, car la littérature scientifique ne proposait pas de données toxicologiques ou épidémiologiques suffisantes pour ceux-ci. Par ailleurs, des données toxicologiques permettant d'estimer le risque de cancer n'étaient disponibles que pour 17 % des pesticides. Une autre incertitude réside dans l'impossibilité de tenir compte de l'exposition combinée à plusieurs pesticides différents et la dépendance envers les connaissances toxicologiques du moment, lesquelles peuvent évoluer avec le temps. Cependant, des choix méthodologiques ont été faits par les auteurs de manière à éviter autant que possible une sous-estimation de ce risque. Si les résultats obtenus reflètent une approche prudente, il importe de rappeler qu'ils reflètent d'abord et avant tout une appréciation relative **pour les divers pesticides les uns par rapport aux autres** de la probabilité d'apparition d'effets délétères sur la santé, plutôt qu'une mesure absolue et réelle de cette probabilité.

Il est néanmoins nécessaire de rappeler l'importance de la consommation de fruits et de légumes variés. Elle contribue au maintien d'une bonne santé, notamment en raison de leur effet protecteur contre les maladies chroniques, en particulier les maladies coronariennes et les accidents vasculaires cérébraux (Dauchet *et al.*, 2006; He *et al.*, 2006, 2007; Lock *et al.*, 2005), le diabète (Ford et Mokdad, 2001), l'obésité et les cancers du système digestif (oropharynx, œsophage, estomac, côlon, rectum) et du poumon (IOM, 2006; Key, 2011; Liu et Russell, 2008; New *et al.*, 1997; OMS, 2012; New *et al.*, 2000; Prynne *et al.*, 2006; Tucker *et al.*, 1999; WCRF, 1997, 2007). Ainsi, au même titre que l'étude de l'INSPQ, des travaux rapportés dans la littérature scientifique des dernières années ont clairement mis en évidence l'avantage protecteur des fruits et des légumes contre certains types de cancers (Baranski *et al.*, 2014; McCormack *et al.*, 2010; Reiss *et al.*, 2012). Il est donc primordial, d'un point de vue de santé publique, de continuer à encourager la population à consommer d'importantes quantités de fruits et de légumes variés. Par ailleurs, le caractère varié d'une alimentation peut contribuer à diminuer la probabilité d'être exposé à des quantités élevées de résidus de pesticides plus toxiques, même si le nombre de substances différentes auxquelles le consommateur peut être exposé augmente.

4.2.1 DES RISQUES SANITAIRES QUI POURRAIENT ÊTRE DIMINUÉS EN CIBLANT MIEUX LES PESTICIDES À SURVEILLER

Même si la consommation de fruits et de légumes peut engendrer une exposition aux pesticides, l'INSPQ (Valcke *et al.*, 2017) conclut que les risques qui en découlent sont relativement faibles. Cependant, la persistance des incertitudes sur l'évaluation des risques, l'exposition répertoriée chez les Québécois à plusieurs pesticides pour lesquels il n'est pas possible d'évaluer le risque, et le fait que les pesticides soient par définition toxiques à différents degrés, constituent des arguments en

faveur de l'accentuation des efforts de réduction de leur utilisation. Santé Canada a d'ailleurs récemment proposé d'interdire l'usage de certains pesticides, par exemple le fongicide mancozèbe, de la classe des dithiocarbamates, notamment en raison d'un risque alimentaire et professionnel. Cela indique une évolution des données dans le temps et incite à la prudence, même si les connaissances actuelles ne sont pas incriminantes pour un pesticide donné. Par ailleurs, bien qu'il soit parfois difficile de prouver le caractère néfaste des pesticides pour l'organisme humain dans un contexte d'exposition populationnelle, notamment en raison de la rareté d'études épidémiologiques dans la population générale, les connaissances épidémiologiques chez les travailleurs agricoles justifient la mise en place de mesures visant à réduire l'exposition et le risque de la population générale aux pesticides.

À cet égard, l'étude de l'INSPQ (Valcke *et al.*, 2017) peut constituer une assise importante pour orienter les stratégies de surveillance des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes frais et, ultimement, la réduction du risque dans un contexte plus large. En effet, à la lumière de l'évaluation des risques effectuée, l'INSPQ a désigné certains pesticides comme étant prioritaires. Cette démarche de priorisation, reposant à la fois sur la toxicité et l'exposition, est par ailleurs cohérente avec d'autres exercices similaires répertoriés dans la littérature scientifique (ex. : Dabrowski *et al.*, 2014; Gunier *et al.*, 2001; Sanderson *et al.*, 1997; Valcke *et al.*, 2005). L'exposition aux pesticides priorités n'est pas nécessairement directement problématique pour la santé de la population. Les résultats obtenus suggèrent plutôt que, si ces pesticides devaient encore régulièrement être mesurés dans les aliments, ils devraient alors faire l'objet d'une attention particulière de la part des autorités sanitaires ou du milieu agricole.

Ainsi, cette priorisation pourrait servir à orienter le cadre méthodologique d'un éventuel programme de surveillance accrue des pesticides présents dans les aliments vendus sur le marché québécois. À cette fin, toutefois, comme déjà précisé, les données plus récentes sur la teneur en résidus de pesticides dans les aliments vendus au Québec et consommés tels qu'ils ont été préparés devraient être rendues disponibles. Cela permettrait de valider les conclusions de l'INSPQ, établies sur la base de données de consommation qui datent d'une quinzaine d'années et de données de concentrations de résidus de pesticides dans les fruits et les légumes disponibles sur le marché canadien en général. L'étude de l'INSPQ pourrait également alimenter la SPQA (MAPAQ, 2011) pour la détermination de certaines priorités visant la réduction des risques populationnels.

4.3 Les risques sanitaires spécifiques aux pesticides dans l'eau : un portrait rassurant, mais parcellaire

Le Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP) (Publications du Québec, 2019a) oblige les exploitants qui gèrent de grands réseaux de distribution d'eau potable (plus de 5 000 personnes) à analyser près de 41 substances organiques, dont 16 pesticides faisant l'objet de normes. Dans ces réseaux, ces substances doivent être vérifiées 4 fois par année. Habituellement, les résultats sont toujours inférieurs aux normes québécoises pour la santé humaine (Bolduc et Robert, 2016).

Puisque les petits réseaux ou les puits individuels en milieu agricole ne sont pas échantillonnés en vertu des obligations du RQEP, le MELCC effectue occasionnellement des projets de surveillance de la qualité de l'eau dans des puits individuels en milieu agricole. Par exemple, de 2012 à 2014, le Ministère a évalué la présence de pesticides dans l'eau souterraine en milieu agricole (Giroux, 2016). Approximativement 36 % des échantillons ont été prélevés en Montérégie, une région à forte densité agricole. Des pesticides ont été mesurés dans 17 % des secteurs maraîchers, 42 % des vergers, 44 % des vignes et 75 % des petits fruits. Ces résultats étaient majoritairement inférieurs aux normes.

Ces résultats sont rassurants, mais il n'en demeure pas moins que les projets d'échantillonnage réalisés en milieu agricole, probablement dans les régions plus à risque d'une contamination des sources d'eau potable, sont ponctuels et ne permettent pas de conclure sur les risques réels. De plus, la contamination étant souvent en lien direct avec les problématiques phytosanitaires rencontrées pour une période donnée, les résultats d'un projet ponctuel ne peuvent être représentatifs de la situation d'exposition à une autre période.

Par ailleurs, même si les méthodes multi-analyses du MELCC permettent de mesurer un très grand nombre de matières actives dans l'eau, il n'existe actuellement que peu de normes permettant d'apprécier le risque de la présence de ces pesticides dans l'eau. Le Ministère peut référer aux critères provisoires proposés par la U.S. EPA (2017, 2018) dans le cas de certains produits, mais certains demeurent orphelins de normes ou de critères.

4.4 Les risques spécifiques à l'exposition des travailleurs québécois aux pesticides : des inconnus demeurent

Les travailleurs agricoles peuvent être exposés régulièrement en saison de production, et ce, tant lors des applications que lors de la réentrée sur un site où ces produits ont été appliqués. Même si les effets découlant d'intoxications aiguës (court terme) aux pesticides sont bien documentés dans la littérature scientifique, il paraît actuellement difficile de dresser un portrait réaliste de la situation en termes de fréquence pour les travailleurs agricoles. D'une part, les données colligées par le Centre antipoison du Québec (CAPQ) ne permettent pas de déterminer avec certitude les cas réels d'intoxication spécifiques à ces travailleurs. En effet, les outils servant à comptabiliser les appels pour intoxication sont peu précis en matière de catégorisation des demandeurs professionnels et, ainsi, il demeure difficile de connaître la proportion réelle de travailleurs agricoles parmi les appelants. De plus, il est rare qu'un suivi des cas rapportés au CAPQ soit effectué, et ce, même lorsque le déclarant a rencontré un médecin traitant, ce qui rend difficile la confirmation des cas. D'autre part, une sous-déclaration des intoxications aiguës est suspectée par les intervenants de la santé, bien que les intoxications aux pesticides fassent partie des maladies à déclaration obligatoire (MADO). Cette situation pourrait en partie s'expliquer par l'absence, jusqu'à tout récemment, de critères de déclaration pour les pesticides autres que les insecticides organophosphorés et les carbamates. Des critères de déclaration ont cependant récemment été ajoutés au guide sur les définitions nosologiques du Québec (MSSS, 2018).

De 2013 à 2015 inclusivement, le CAPQ a reçu 3 360 appels en lien avec des intoxications réelles ou suspectées aux pesticides. De ce nombre, environ 6 % concernaient des usages professionnels. Il est cependant impossible de connaître le nombre de cas survenus en milieu agricole.

Pour ce qui est des risques sanitaires chroniques (long terme) de l'exposition des travailleurs agricoles québécois aux pesticides, ils sont encore moins bien documentés. Comme discuté ultérieurement dans la section 6 du mémoire, le fait que le secteur agricole, et particulièrement en ce qui concerne l'enjeu des pesticides, ne soit pas reconnu actuellement comme secteur prioritaire en vertu de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) (Publications du Québec, 2019b), contribue certainement au manque de données sur les risques professionnels en lien avec l'utilisation des pesticides.

Afin de mieux documenter l'exposition des Québécois aux pesticides, l'INSPQ propose de :

2. Renforcer le programme québécois de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments en augmentant et en diversifiant l'échantillonnage, mais aussi en obtenant de l'ACIA les données spécifiques au Québec afin de bonifier le portrait québécois en matière de résidus de pesticides dans les aliments.
3. Améliorer la diffusion de l'information sur les résidus de pesticides dans les aliments par la divulgation des données brutes des études du plan quinquennal par le MAPAQ aux instances de santé publique, afin de permettre une évaluation plus précise des risques encourus par la population québécoise.
4. Considérer les pesticides jugés prioritaires dans l'étude de l'INSPQ dans l'orientation des mesures de réduction des résidus de pesticides dans les fruits et légumes.
5. Consolider la surveillance des résidus de pesticides dans l'eau de consommation des régions agricoles en augmentant et en diversifiant l'échantillonnage, et envisager le développement de critères provisoires pour les risques sanitaires des pesticides dans l'eau de consommation pour les produits pour lesquels il n'existe actuellement aucune norme.
6. Documenter les risques sanitaires aigus et chroniques des pesticides pour les travailleurs agricoles québécois par l'amélioration des mécanismes de compilation des cas d'intoxication et par la réalisation d'études indépendantes sur l'exposition et l'épidémiologie.

5 Réduire les risques des pesticides pour la santé des Québécois : miser sur la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture et la formation

La réduction des risques sanitaires associés aux pesticides nécessite une action concertée entre les différents secteurs d'activité, ministères et partenaires concernés (producteurs, industrie agrochimique, établissement d'enseignement, etc.). La SPQA prévoit déjà un volet « santé » sur lequel il faut miser. L'atteinte des objectifs sanitaires portés par la SPQA pourrait toutefois être facilitée par la prise en compte de certains enjeux, d'une part, et la bonification de la formation des agronomes et des producteurs, d'autre part.

5.1 Contrer les freins à l'atteinte des objectifs santé de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture

Différents enjeux concourent à freiner l'atteinte des objectifs de santé portés par la SPQA. Parmi ceux-ci figurent notamment le faible développement d'approches alternatives à l'utilisation des pesticides, les liens entre une grande partie des services-conseils en phytoprotection et la vente de pesticides, ainsi que l'exercice de différentes pressions de l'industrie.

5.1.1 LA PLACE DE LA PRODUCTION BIOLOGIQUE ET DE LA GESTION INTÉGRÉE DES ENNEMIS DES CULTURES DANS LA STRATÉGIE PHYTOSANITAIRE QUÉBÉCOISE EN AGRICULTURE

L'effet de la consommation d'aliments sans intrants (« biologiques ») sur la réduction de l'exposition à certains types de pesticides, dont on retrouve fréquemment des résidus dans les aliments conventionnels, a été bien démontré, tant chez l'enfant (Curl *et al.*, 2003; Lu *et al.* 2006) que chez l'adulte (Oates *et al.*, 2014). Certaines études récentes ont aussi soulevé l'hypothèse que l'alimentation sans intrants réduit le risque de cancer (Baudry *et al.*, 2018; Bradbury *et al.*, 2014) et d'autres maladies (Brantsaeter *et al.*, 2017; Mie *et al.*, 2017). Cependant, comme beaucoup d'études épidémiologiques, des limites importantes y sont associées, d'où la nécessité de mener d'autres études pour en confirmer les conclusions.

Puisque la consommation de produits biologiques est assez bien démontrée comme pouvant réduire l'exposition aux pesticides, elle pourrait théoriquement avoir des effets positifs similaires sur la réduction des risques y étant associée. Cependant, les coûts généralement plus élevés de ces aliments sans intrants peuvent constituer un frein à leur achat (Aschemann-Witzel *et al.*, 2017; Glanz *et al.*, 1998). Il apparaît donc raisonnable de présumer que ces produits sont peu accessibles aux personnes économiquement défavorisées, qui sont en général moins susceptibles de consommer de grandes variétés d'aliments (biologiques ou traditionnels) (Raine, 2005). Comme les éventuels bénéfices nutritionnels accrus de l'alimentation biologique par rapport à l'alimentation traditionnelle demeurent par ailleurs à être démontrés (Dangour *et al.*, 2009; Smith-Spangler *et al.*, 2012), et en considérant les effets positifs de la consommation de ces aliments, il faut certainement continuer à recommander aux gens de consommer des fruits et des légumes, peu importe leur type (traditionnel ou biologique).

Selon une perspective de santé publique, la réduction de l'exposition de la population aux résidus de pesticides présents dans les fruits et légumes devrait donc être teintée d'un souci d'équité et de réduction des inégalités sociales de santé. Par conséquent, plutôt que de viser la modification des comportements individuels de consommation de fruits et de légumes, ce sont des actions relevant des politiques publiques pour favoriser le développement de l'industrie de l'agriculture sans

pesticides qui devraient être favorisées. En effet, de telles politiques pourraient vraisemblablement promouvoir le développement de technologies pouvant être reprises dans l'agriculture traditionnelle, en plus de tendre à une diminution de l'usage de pesticides. Par ailleurs, le fait d'encourager la production biologique pourrait permettre un plus grand accès au marché de l'agriculture sans intrants par des économies d'échelle, et, ultimement, une diminution des coûts pour les consommateurs, favorisant ainsi l'équité entre ceux-ci.

La production biologique peut contribuer de façon importante à la réduction des résidus de pesticides dans les aliments, mais aussi à la réduction des usages de pesticides de façon plus globale. Alors que ce mode de production augmente de façon considérable aux États-Unis, sa croissance semblait plutôt lente au Québec jusqu'en 2016. Pour cette année de référence, la valeur des produits biologiques a bondi de 23 % aux États-Unis, selon le département de l'Agriculture des États-Unis. Près de 56 % des 7,6 G\$ US provenaient de la vente de produits biologiques des fruits et légumes. Le nombre de fermes certifiées biologiques y a crû de 11 %, alors que les superficies biologiques ont augmenté de 15 % en 2015 (Normandin, 2017). Bien qu'il soit difficile de comparer le Québec aux États-Unis, il n'en demeure pas moins que des efforts supplémentaires pourraient permettre d'accroître ce mode de production dans la province, qui fait quand même bonne figure au Canada.

Le MAPAQ a prolongé jusqu'en 2022 le Programme d'appui pour la conversion à l'agriculture biologique, qui donne une subvention aux producteurs qui passent de l'agriculture conventionnelle à la biologique, avec une période de transition de 3 ans. Ce type d'initiative influencera certainement l'accroissement du bio au Québec. D'ailleurs, les données publiées par le Conseil des appellations réservées et des termes valorisants (CARTV, 2019) pour 2017-2018 montrent une augmentation accrue de la production biologique au Québec. En ce qui a trait au nombre d'entreprises en production biologique végétale, il a crû de 17 % pour cette période. Cependant, d'autres initiatives, notamment en recherche et en développement, devront être mises en place afin d'aider les producteurs de ce milieu. Il apparaît par ailleurs surprenant que la SPQA, qui vise à réduire les risques liés aux pesticides, n'aborde d'aucune façon la production biologique. Dans l'éventualité où celle-ci serait reconduite, des correctifs pourraient être apportés à cet effet.

L'INSPQ indiquait dès 2011 que la future Politique bioalimentaire devrait mettre en place des mécanismes facilitant la gestion intégrée des ennemis des cultures (GIEC) (Bekal *et al.*, 2011), et réitérait récemment ce message (Blouin *et al.*, 2017). La GIEC se veut une méthode décisionnelle qui consiste à avoir recours à toutes les techniques nécessaires pour réduire les populations d'organismes nuisibles de façon efficace et économique, dans le respect de la santé et de l'environnement. Cependant, le VGQ rapportait en 2016 que seulement 27 % des producteurs utilisent la plupart du temps ou toujours les pratiques de la GIEC. Les grandes cultures et les cultures maraîchères sont les secteurs pour lesquels la gestion intégrée serait la moins imprégnée, favorisant ainsi l'utilisation des pesticides comme principale méthode de lutte contre les ennemis des cultures. Sans complètement mettre de côté l'utilisation des pesticides, il a été démontré que la GIEC pouvait significativement contribuer à la diminution des risques liés à l'utilisation des pesticides de façon globale, ainsi qu'à la réduction des résidus de ces produits dans les aliments. Or, la mise en place de cette approche culturelle semble stagner au Québec. Avec l'aide des programmes de financement du MAPAQ, des efforts considérables ont été faits au Québec en matière de développement d'approches alternatives aux pesticides. Des initiatives telles que la production de mouches stériles pour la culture de l'oignon ou l'utilisation de phéromones pour la confusion sexuelle du carpocapse de la pomme se sont montrées efficaces pour réduire l'utilisation des pesticides de synthèse. Les besoins en matière de développement d'approches alternatives sont cependant encore criants.

5.1.2 LA SOUS-REPRÉSENTATION DE L'OFFRE DE SERVICES-CONSEILS EN PHYTOPROTECTION NON LIÉS À L'INDUSTRIE

Beaucoup d'intervenants du milieu agricole québécois et ailleurs dans le monde considèrent que les services-conseils non liés à la vente des pesticides jouent un rôle capital dans la promotion de la gestion raisonnée des pesticides, et ceux-ci contribuent certainement à l'objectif de réduction des risques des pesticides énoncé dans la SPQA. 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 se retrouve dans les clubs-conseils en agroenvironnement (CCAÉ), administrés par les réseaux Agriconseils. La seconde catégorie, regroupant quelques centaines de détaillants et plusieurs 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 plus de 200 intervenants.

Les services-conseils non liés 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. 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. 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, ceux-ci ayant fait leurs preuves dans de nombreux dossiers. Cependant, 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 services-conseils indépendants ont de plus repris de nombreuses tâches autrefois réalisées par les conseillers du MAPAQ.

Les conseillers non liés sont sous-représentés dans l'offre de services-conseils en phytoprotection. Même s'il est difficile d'obtenir des chiffres précis sur cette représentativité, il est connu que 3 764 entreprises agricoles ont reçu des CCAÉ en phytoprotection en 2018. Comme 22 700 entreprises ont des superficies végétales (M.-H. April, MAPAQ, communication personnelle, 2019), il est possible de conclure qu'approximativement 17 % de ces entreprises seulement ont obtenu des services-conseils non liés à la vente de pesticides. Par ailleurs, 5 400 entreprises auraient reçu des services de conseillers non liés en matière de santé et de conservation des sols. Ces conseils peuvent notamment contribuer à la réduction de l'utilisation des pesticides. Considérant le nombre d'entreprises avec des superficies végétales, il est possible de supposer qu'environ 24 % de ces entreprises ont reçu des services-conseils non liés en matière de santé et de protection des sols.

Toutes les entreprises avec des superficies en culture végétale nécessitent habituellement des besoins en phytoprotection. Il est assez facile de conclure que la majorité des services-conseils est offerte par des intervenants directement liés à la vente de pesticides. Sans remettre en cause leur compétence agronomique, plusieurs institutions à travers le monde (Anses, 2016) ont noté le conflit d'intérêts auquel font face ces conseillers. Il est pertinent de se demander comment un conseiller peut inciter un producteur agricole à diminuer son utilisation de pesticides lorsque celui-ci lui vend aussi ses produits phytosanitaires. Il faut aussi se demander comment il sera possible d'atteindre les objectifs de la SPQA dans un contexte d'omniprésence et de surreprésentation en matière de services-conseils de cette industrie liée à la vente des pesticides.

Comme en ce qui a trait au processus d'homologation discuté précédemment, du point de vue de l'éthique, il est important que les producteurs aient accès à des informations qui ne soient pas teintées par des biais possibles en faveur des entreprises qui produisent des pesticides. Bien que ce besoin d'information indépendante soit à premier abord comblé par les services-conseils non liés, l'offre actuelle n'est pas suffisante pour satisfaire aux exigences d'une prise de décision autonome et éclairée. À ce chapitre, la France, qui est confrontée aux mêmes questionnements et qui nourrit le même objectif ambitieux de réduction de l'utilisation des pesticides, a légiféré sur la question (Legifrance, 2019a). L'État français impose effectivement la séparation capitalistique des activités de vente, de distribution et d'application de produits phytopharmaceutiques avec l'activité de services-conseils stratégiques et de conseils spécifiques à l'utilisation de ces produits. Cela signifie qu'une même entreprise ne pourra pas offrir les deux activités. Elle devra se scinder en deux entités indépendantes et le vendeur ne pourra désormais dispenser que des conseils sur les conditions d'utilisation du produit. Cette séparation, qui concerne toutes les utilisations de pesticides, qu'elles soient agricoles ou non, sera contrôlée lors de la délivrance des autorisations nécessaires à l'exercice des différentes activités par les instances gouvernementales. Pour la France :

« cela renforce les exigences en termes de qualité et de pertinence du conseil dans l'objectif de réduire l'utilisation, les risques et les impacts des produits phytopharmaceutiques et afin que ce conseil respecte les principes de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures, définis au niveau européen par la directive 2009/128/CE. » (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2019)

Cette problématique du conflit entre la vente et le conseil agronomique est bien illustrée par les données rapportées en commission parlementaire par le sous-ministre à l'Environnement, monsieur Marc Croteau, le mardi 28 mai 2019. Il notait que 15 agronomes liés à l'industrie des pesticides avaient prescrit 50 % de l'utilisation d'un pesticide réglementé, à savoir l'atrazine (Crête, 2019). Ces agronomes ne représentaient que 12 % des prescripteurs, les autres professionnels étant des conseillers indépendants. La séparation des services-conseils de la vente se retrouvait d'ailleurs au cœur des débats lors de l'élection récente à la présidence de l'Ordre des agronomes du Québec (OAQ) (Gerbet, 2019), et elle fait partie, sans surprise, des demandes de groupes environnementaux tels qu'Équiterre et la Fondation David Suzuki. Cette position a été appuyée par l'UPA, qui considère que le gouvernement du Québec devrait assurer la disponibilité de services-conseils neutres partout sur le territoire québécois (UPA, 2018). Que l'UPA se prononce sur le besoin de neutralité des services-conseils vient renforcer le fait que le Québec a besoin de se doter de leviers réglementaires ou autres pour apporter un changement dans la façon dont les services-conseils sont délivrés.

5.1.3 L'UTILISATION LIMITÉE DES OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION PAR LES PRODUCTEURS AGRICOLES

Déjà dans son mémoire de 2011, l'INSPQ recommandait de mettre en place des moyens pour mieux faire connaître l'IRPeQ, l'indicateur de risque des pesticides du Québec, et l'outil d'aide à la décision SAgE pesticides (<https://www.sagepesticides.qc.ca>) (Bekal *et al.* 2011). Le message a été reconduit récemment par l'INSPQ (Blouin *et al.*, 2017). Ces outils ont entre autres été développés pour faciliter la substitution des pesticides les plus toxiques par des produits à moindre risque. Il est reconnu que la substitution ou l'utilisation d'approches alternatives demeurent des outils des plus efficaces pour réduire les risques sanitaires et environnementaux des pesticides.

L'IRPeQ et SAgE pesticides ont été créés en complémentarité au processus d'homologation. En posant le postulat que les pesticides homologués ne présentaient pas tous un même niveau de risque, il apparaissait important de fournir des outils aux conseillers agricoles et aux producteurs pour qu'ils soient en mesure de sélectionner les produits phytosanitaires sur la base de leurs risques

sanitaires et environnementaux. De nombreux outils du même type sont proposés dans la littérature, et ceux-ci ont d'ailleurs été consultés préalablement au développement des outils québécois.

Les premiers résultats de vitrines et des projets de démonstration récemment réalisés au Québec dans différents types de productions agricoles semblent indiquer que les risques sanitaires et environnementaux pouvaient effectivement être diminués à l'aide d'outils d'aide à la décision et de bonnes pratiques culturales (M.-H. April, MAPAQ, communication personnelle, 2019). Cependant, selon le VGQ (2016), seulement 36 % des agriculteurs sondés utilisent SAgE pesticides. Des efforts importants ont été consacrés à la formation des conseillers agricoles non liés pour l'utilisation de ces outils, mais peu d'efforts ont visé à rejoindre les producteurs agricoles. Comme le rapporte le VGQ, l'augmentation des ventes de pesticides se poursuit et les IRPeQ qui y sont associés étaient à la hausse en 2014, malgré l'adoption de la première SPQA il y a près de 25 ans.

Le VGQ note aussi que les mesures mises en place par le MAPAQ sont insuffisantes pour amener les agriculteurs à adopter des pratiques agricoles favorables au développement durable et pour faire contrepoids à l'industrie agrochimique qui influence fortement le marché. La substitution de produits antiparasitaires par des pesticides moins toxiques peut certainement contribuer à la réduction des risques.

L'industrie des pesticides considère que des recommandations basées sur l'utilisation d'outils d'aide à la décision étaient inappropriées du simple fait que le processus d'homologation soit basé sur des appréciations scientifiques reconnues et effectuées par des experts du domaine de la toxicologie. Cette position témoigne du même problème de biais mentionné plus haut, voulant que le processus d'homologation s'appuie essentiellement sur des études menées par l'industrie. De même, les actions visant à exclure les outils qui pourraient théoriquement nuire aux ventes de leurs produits ne font que renforcer cette position. Comme les représentants de l'industrie de la vente des pesticides sont très impliqués en matière de services-conseils agronomiques, il est à craindre que ces messages aient une portée très négative sur l'utilisation d'outils visant une réduction même des risques des pesticides.

5.1.4 L'EXCLUSION DES DONNÉES INDÉPENDANTES DE LA BASE DE DONNÉES SAgE PESTICIDES

L'INSPQ et ses partenaires (le MAPAQ et le MELCC) ont développé un IRPeQ qui a été intégré à un outil d'aide à la décision (SAgE pesticides) afin d'aider les producteurs à choisir des pesticides à moindre risque pour répondre à une problématique phytosanitaire. Les données toxicologiques colligées dans SAgE pesticides proviennent en majorité des documents de décision de Santé Canada, de l'U.S. EPA et parfois des documents de décision de la Commission européenne. Cependant, comme il a déjà été précisé à la section 4.1, il arrive occasionnellement que des études indépendantes publiées dans des revues scientifiques et évaluées par des pairs présentent des conclusions en opposition aux évaluations officielles réalisées à partir des données de l'industrie des pesticides. Dans ces circonstances, et surtout lorsque plusieurs études tendant vers des conclusions opposées à celles de l'industrie, l'INSPQ croit qu'une évaluation de ces études devrait être considérée pour la classification du niveau de gravité de l'effet en cause dans la base de données de SAgE pesticides, initiative à laquelle l'industrie s'est jusqu'à maintenant opposée catégoriquement. Ces études, généralement réalisées dans un cadre de recherche universitaire avec un niveau d'indépendance scientifique reconnu, devraient être prépondérantes dans la balance de la preuve scientifique de l'évaluation toxicologique des pesticides.

5.1.5 LA NON-DIVULGATION DES DONNÉES DE VENTES DES PESTICIDES

L'IRPeQ est actuellement utilisé comme indicateur dans le cadre de la SPQA. Malheureusement, cet indicateur ne considère que les ventes globales de pesticides et, ainsi, il est impossible de mesurer les tendances en matière de risque pour des cultures, des régions, des catégories de pesticides en particulier. Le MELCC justifie cette généralisation des données de ventes par l'obligation de respecter le secret professionnel sur les ventes des compagnies. Cette situation limite grandement la portée et l'utilité de l'indicateur de la SPQA. En effet, les tendances observées en matière d'évolution du risque se limitent aux ventes globales de pesticides.

Le réseau de la santé développe différents indicateurs pour réaliser des bilans de tendance en matière de santé des populations. Actuellement, il est impossible d'utiliser l'IRPeQ comme indicateur de tendance, justement en raison du véto entourant la divulgation des données de ventes des pesticides. Pourtant, cet outil pour lequel le gouvernement du Québec a grandement investi possède toutes les qualités pour évaluer de façon efficace les tendances du risque des pesticides au Québec. Par ailleurs, de meilleurs bilans permettraient également de mieux cibler localement les actions de la SPQA pour réduire les risques.

Depuis peu, les producteurs agricoles québécois doivent obligatoirement tenir un registre d'utilisation des pesticides. L'accès éventuel à ces données permettrait d'évaluer encore plus précisément les impacts des pesticides sur la santé des Québécois.

5.1.6 DES PRATIQUES FAVORISANT L'ACHAT ACCRU DE PESTICIDES

Plusieurs distributeurs et compagnies qui vendent des pesticides utilisent des pratiques promotionnelles qui encouragent l'achat et l'utilisation de pesticide en offrant des rabais sur des combinaisons de produits ou encore en fonction des volumes achetés (BASF Canada, 2019; Bayer, 2019; Corteva Agriscience, 2018; Nufarm, 2019; Syngenta, 2019). Comme les pesticides sont des produits potentiellement dangereux, il faut se demander si ces pratiques commerciales favorisant l'utilisation des pesticides ne devraient pas être mieux encadrées. Par ailleurs, ces incitatifs uniquement basés sur les coûts des produits ne considèrent pas les facteurs de risques sanitaires, tels que le proposent les indicateurs de risque du gouvernement du Québec. Au contraire, ces incitatifs risquent plutôt de freiner encore plus l'approche de substitution vers des produits moins toxiques.

Confrontée à la même situation, la France a légiféré pour mieux encadrer les conditions de mise en marché des produits phytosanitaires, et ce, particulièrement en ce qui a trait aux pratiques promotionnelles et à la publicité. Concernant la vente, la Loi française stipule que :

« à l'occasion de la vente de produits phytopharmaceutiques définis par la loi, les remises, les rabais, les ristournes, la différenciation des conditions générales et particulières de vente (imposition d'un prix unique pour un même produit quel que soit le point de vente) ou la remise d'unités gratuites et toutes pratiques équivalentes sont interdits. Toute pratique commerciale visant à contourner, directement ou indirectement, cette interdiction par l'attribution de remises, de rabais ou de ristournes sur une autre gamme de produits qui serait liée à l'achat de ces produits est prohibée. » (Legifrance, 2019a)

Tout manquement à ces obligations légales est passible d'une sanction pécuniaire dont le montant est assez substantiel, selon le destinataire, un individu ou une personne morale. Les dispositions de cette Loi ne s'appliquent ni aux produits biologiques ni aux substances de base, ni aux produits à faible risque, comme défini par un règlement européen (Union européenne, 2009).

Toujours en France, toute publicité commerciale est également interdite pour les produits phytosanitaires et les adjuvants vendus seuls ou en mélange, à l'exception des produits biologiques figurant sur une liste établie par l'autorité administrative. Par dérogation, la publicité destinée aux utilisateurs professionnels des produits mentionnés ci-haut est autorisée dans les points de distribution de produits et dans les publications qui leur sont destinées, à condition qu'elle comporte une information explicite relative aux risques pour la santé et l'environnement engendrés par l'exposition à ces produits. Un décret, pris après avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), définit les conditions dans lesquelles les insertions publicitaires sont présentées ainsi que le contenu et le format de l'information (Legifrance, 2019b). Ces insertions publicitaires d'une dimension prédéfinie contiennent un avertissement dédié exclusivement aux risques que peut présenter le produit faisant l'objet de la publicité pour la santé humaine et l'environnement. Cet avertissement comporte la mention et le pictogramme de danger pour chaque classe ou catégorie de risque applicable au produit.

Au Québec, le système de classification est bien différent de celui utilisé en Europe. Il serait toutefois possible d'adapter les symboles de risques et les mentions associées aux divers niveaux de toxicité que l'on retrouve dans les fiches santé et environnement de l'outil d'aide à la décision SAgE pesticides.

Il y aurait lieu également de mieux encadrer les commandites provenant de l'industrie des pesticides (fabricant, vendeur ou distributeur). Il est assez fréquent que des colloques ou d'autres activités à caractère agronomique reçoivent une aide financière de ces divers organismes. Paradoxalement, l'industrie a participé financièrement à des journées de formation parrainées par l'UPA et la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) et consacrées à la santé et à la sécurité du travail (SST) entourant l'utilisation des pesticides (UPA, 2018). Évidemment, il serait assez difficile d'interdire ce genre de financement, car pour les colloques, les journées horticoles et autres, ces activités de transfert des connaissances sont vitales pour les producteurs agricoles et leurs conseillers, et leurs sources de financement, rares. En contrepartie, il pourrait être demandé aux compagnies, lors de leurs commandites, de mettre de l'avant, comme pour la publicité, les risques des pesticides pour la santé et l'environnement, les méthodes préventives concernant l'exposition aux pesticides ou encore de faire connaître les outils d'aide à la décision tels que SAgE pesticides et l'IRPeQ. Ces façons de faire inciteraient l'industrie des pesticides à participer à l'effort de réduction des risques pour la santé et l'environnement.

5.2 Bonifier la formation des agronomes et des producteurs

Dans le cadre de la SPQA, des efforts marqués ont été réalisés au cours des dernières années pour sensibiliser les travailleurs agricoles, notamment les conseillers non liés à l'industrie et certains producteurs, aux risques sanitaires des pesticides et aux mesures préventives à mettre en place dans le but de réduire ces risques. Cependant, ces activités de formation ponctuelles ne sauraient remplacer une formation universitaire sur ces sujets pour les agronomes. Actuellement, seule l'Université Laval oblige les agronomes à suivre un cours incluant une section spécifique aux risques sanitaires des pesticides et sur les mesures préventives, et ce, depuis un an seulement.

Les travailleurs agricoles et les techniciens en gestion parasitaire qui appliquent les pesticides n'ont généralement que l'obligation de réussir un examen pour obtenir une certification du MELCC. Les documents ou les cours développés pour venir en appui à la réussite de cet examen ne visent généralement qu'à s'assurer de l'acquisition des connaissances minimales sur l'utilisation sécuritaire des pesticides, sans pour autant que cela soit garant de l'acquisition des compétences.

Une réflexion profonde doit être menée sur le besoin de bonifier la formation des utilisateurs de pesticides. Ces formations pourraient même être adaptées pour considérer les compétences déjà acquises. Cependant, la mise en place de solutions concernant les carences en formation des utilisateurs de pesticides est souvent confrontée à la rigidité de la Loi sur les pesticides (Publications du Québec, 2019c), qui ne permet pas de changer les règles en matière d'obligation minimale de formation. En effet, cette Loi, qui n'a pas été modifiée depuis de nombreuses années, ne possède pas la souplesse requise pour introduire de nouveaux règlements nécessaires pour régler certaines problématiques particulières en matière d'utilisation des pesticides. Des informations obtenues laissent entendre que le MELCC projette actuellement de modifier cette Loi, mais à moins d'une volonté gouvernementale de prioriser cette modification, les délais d'adoption risquent entre-temps de limiter l'utilisation sécuritaire des pesticides par les producteurs et travailleurs agricoles.

Afin de limiter l'exposition et les mésusages des pesticides et ainsi de réduire les risques sanitaires de ces produits, l'INSPQ propose de :

7. Déployer des efforts supplémentaires pour faciliter l'imprégnation de la GIEC et la production biologique comme approche de gestion agricole au Québec, notamment en facilitant et en développant la recherche et le développement dans le domaine, de même qu'en accentuant les efforts de formation pour les producteurs.
8. Se doter de leviers réglementaires basés sur les meilleures pratiques en éthique pour apporter un changement dans la délivrance des services-conseils. Cette modification passe par une plus grande représentativité des services-conseils indépendants et neutres, sans que ceux-ci soient confrontés à l'obligation de vente de pesticides.
9. Promouvoir davantage, auprès des producteurs agricoles, les outils d'aide à la décision développés pour faciliter la substitution des pesticides les plus toxiques par des produits à moindre risque.
10. Développer des activités de formation et des incitatifs financiers afin de favoriser l'utilisation des outils gouvernementaux d'aide à la décision.
11. Intégrer les données indépendantes, lorsque possible, dans les outils d'aide à la décision développés par le gouvernement du Québec, afin de mieux informer les utilisateurs de pesticides sur les risques réels. La bonification des bilans des ventes des pesticides ou l'utilisation éventuelle des registres d'utilisation des pesticides permettrait la stratification des données (régions, types de culture, catégories de produits, etc.), et d'étendre la portée et l'utilité de IRPeQ prévu à la SPQA.
12. Évaluer la possibilité d'interdire les remises, les rabais, les ristournes et les concours visant à favoriser l'achat accru de pesticides et de mieux encadrer les activités de promotion, de marketing et de commandite sur les pesticides lors d'activités agricoles de nature technique (ex. : colloque), surtout lorsque soutenues par un ministère.
13. Inciter les universités offrant un programme d'agronomie à donner un cours obligatoire sur les risques des pesticides et leur utilisation rationnelle et sécuritaire. Une réflexion sérieuse sur le système de certification des utilisateurs de pesticides, et sa prise en compte lors d'une éventuelle modification de la Loi sur les pesticides, devrait également être effectuée.

6 Réduire les risques des pesticides pour la santé des travailleurs agricoles

Les risques associés à l'exposition des travailleurs agricoles québécois aux pesticides constituent une préoccupation de santé publique. Ce constat s'appuie sur l'état actuel des connaissances scientifiques en lien avec les effets sanitaires des pesticides ainsi que sur les risques d'exposition de ces travailleurs. Il apparaît clair que ceux-ci devraient faire l'objet d'une attention particulière en matière de prévention des risques d'exposition aux pesticides, et que ceux-ci devraient être protégés des expositions aux pesticides. L'intervention préventive auprès des travailleurs agricoles est toutefois tributaire de la réglementation actuelle en matière de SST, laquelle devrait être revue.

6.1 Prioriser le secteur agricole à la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail pour mieux protéger les travailleurs de ce secteur

Au Québec, c'est la CNESST qui veille à ce que les risques à la santé et à la sécurité encourus par les travailleurs québécois dans le cadre de leur travail soient minimisés. Pour ce faire, la CNESST a divisé le monde du travail en six grands groupes prioritaires, en considérant les risques inhérents aux secteurs d'activité économique. L'obligation légale des employeurs de mettre en place les mécanismes de prévention des risques prévus par la LSST¹ diffère selon le groupe prioritaire dans lequel est classé l'établissement.

Le secteur agricole se retrouve dans le groupe prioritaire 6 : il ne fait donc pas partie des groupes priorités² pour lesquels les employeurs sont tenus d'implanter ces mécanismes de prévention. Les obligations de prévention prévues par la LSST ne concernent donc pas le secteur agricole. Par ailleurs, seulement 30 % des entreprises agricoles souscrivent au régime public d'assurance de la CNESST, puisqu'il s'agit généralement de petites entreprises familiales, où un ou plusieurs membres d'une même famille assument à la fois le rôle de gestionnaire et d'employé.

Ces situations influencent nécessairement la prise en charge des enjeux de SST dans ce secteur d'activité. La priorisation du secteur agricole par la CNESST aurait certainement des impacts positifs sur le financement des activités de prévention de l'exposition aux pesticides de ce secteur, sur le développement de la recherche ainsi que sur la reconnaissance de maladies professionnelles liées à cette exposition.

6.1.1 DÉVELOPPEMENT D'UN RÉSEAU QUÉBÉCOIS STRUCTURÉ VISANT LA PRÉVENTION DE L'EXPOSITION AUX PESTICIDES

En effet, aucun réseau structuré n'a été développé au Québec pour intervenir spécifiquement sur l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides. Certes, au cours des dernières années, des activités de formation et de sensibilisation ponctuelles ont été articulées autour de la SPQA. Toutefois, celles-ci ont été organisées par différents intervenants dont ce n'est pas le mandat principal, mais plutôt sur la base d'expertise développée dans le cadre de mandats parallèles. La prise en charge de la SST liées à l'utilisation de pesticides en milieu agricole étant plutôt ténue, il y a

¹ Soit un programme de prévention, un programme de santé spécifique à un établissement, un comité de santé et de sécurité du travail et la détermination d'un représentant à la prévention.

² Les travailleurs des établissements classés dans les groupes prioritaires 1 à 3, dits « priorités », sont en droit de bénéficier de services de santé préventifs et curatifs en fonction des risques auxquels ils peuvent être exposés, en vertu de l'article 3 du Règlement sur les services de santé au travail (chapitre S-2.1, r. 16) : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/S-2.1.%20r.%2016/>.

lieu de s'interroger sur l'ampleur et la pérennisation des activités de prévention limitées dans le temps auprès des travailleurs agricoles de ces milieux.

Plusieurs exemples en lien avec des structures publiques visant une meilleure prise en charge de la SST des travailleurs existent. Pour n'en nommer que quelques-unes, en France, la Mutualité sociale agricole (MSA), qui assure la couverture sociale de l'ensemble de la population agricole, développe des actions de prévention, de formation et d'information pour toutes les entreprises et tous les secteurs du monde agricole. Elle engage sur le terrain des actions de prévention auprès des agriculteurs pour conseiller les travailleurs sur les moyens de prévention adaptés à leurs situations de travail. Aux États-Unis, le *Worker Protection Standards* permet aussi un meilleur encadrement des travailleurs agricoles en matière de prévention en lien avec les pesticides. Finalement, en Colombie-Britannique, le *Workers Compensation Board* a développé plusieurs outils visant à informer les travailleurs sur les mesures préventives à mettre de l'avant lors de l'utilisation de pesticides.

6.1.2 DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES SUR LES RISQUES SANITAIRES LIÉS À L'EXPOSITION AUX PESTICIDES

Les carences observées en matière de prise en charge de la SST en lien avec les pesticides ont des impacts sur l'organisation de la prévention, d'une part, mais aussi sur la surveillance et le développement de connaissances en lien avec les risques sanitaires présents dans ces milieux d'autre part. Par exemple, et comme indiqué précédemment, il existe peu d'information sur les situations d'intoxications aiguës ou le développement de maladies chroniques en lien avec l'exposition aux pesticides dans le milieu agricole québécois. En matière de recherche, il a fallu attendre jusqu'à tout récemment pour la mise en place par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) d'un programme ponctuel de recherche axé sur des questions de prévention en lien avec les pesticides, notamment en matière de protection individuelle (Bouchard *et al.*, 2019; Tuduri *et al.*, 2016), et ce, bien que quelques projets du Centre de toxicologie du Québec (CTQ) de l'INSPQ aient déjà été subventionnés auparavant (Samuel et St-Laurent, 2001; Samuel *et al.*, 2002).

6.1.3 RECONNAISSANCE DES MALADIES PROFESSIONNELLES LIÉES À L'EXPOSITION AUX PESTICIDES

Enfin, au Québec, aucune maladie professionnelle en lien avec l'utilisation des pesticides n'est reconnue par la Loi sur les accidents de travail et les maladies professionnelles (Publications du Québec, 2019d). La liste des maladies indemnifiables n'a pas été revue depuis 1985, même si les connaissances scientifiques concernant les risques chroniques des pesticides ont grandement évolué au cours de la dernière décennie (voir section 3). En France, la structure du réseau de SST a permis de colliger de nombreuses informations sur les problématiques sanitaires chroniques des travailleurs agricoles qui, lorsque mises en lien avec les données épidémiologiques disponibles, ont permis la reconnaissance de la maladie de Parkinson et des LNH comme maladies professionnelles. Par ailleurs, d'autres formes de cancers et de maladies dégénératives pouvant affecter les travailleurs agricoles à la suite d'une exposition aux pesticides sont à l'étude pour une telle reconnaissance dans ce pays. Bien que ces reconnaissances soient relativement récentes, de 20 à 52 cas de maladie de Parkinson ont été reconnus annuellement de 2012 à 2016 (INRS, 2017). Par ailleurs, 25 cas d'hémopathie maligne ont été reconnus en 2016. Les représentants de la MSA en France ont reconnu lors d'une audition à l'Assemblée nationale que l'usage des pesticides serait responsable de 2 % des maladies professionnelles des agriculteurs (Huguen, 2017).

6.2 Optimiser les effets des équipements de protection

Les stratégies préventives développées en santé publique, plus spécifiquement en santé au travail, privilégient autant que possible une réduction des expositions à la source plutôt que des mesures de protection individuelles. Par exemple, la substitution d'un produit par un autre moins toxique ou l'adoption de pratiques sécuritaires lors de l'épandage de pesticides doivent toujours être privilégiées par rapport aux mesures qui doivent être prises par les individus pour se protéger des risques associés à l'usage d'un produit dangereux, comme le port d'EPI. En pratique, toutefois, l'accent est la plupart du temps mis sur les EPI pour prévenir les risques d'exposition aux pesticides. Par conséquent, la question de l'efficacité réelle des EPI en situation de travail devient primordiale.

L'IRSST (Tuduri *et al.*, 2018) a récemment produit un dépliant sur l'utilisation des EPI à la demande de la SPQA. Ce document, qui tient compte des limites en matière de connaissances sur les EPI efficaces pour les pesticides (voir ci-après), est cependant encore mal connu, notamment en raison de l'absence de prise en charge des travailleurs agricoles dans la structure de SST. Ainsi, certains auteurs notent que les EPI devraient être considérés comme efficaces seulement lorsqu'ils sont confortables et performants. Cependant, ceux-ci sont parfois inconfortables et chauds en plus de montrer une image négative auprès de populations non agricoles (Kearney *et al.*, 2015; Nicourt et Girault, 2009). Cette situation pourrait peut-être expliquer que les observations de terrain montrent que le port effectif des EPI est très en deçà des recommandations prescrites (Baldi *et al.*, 2012, 2014; DellaValle *et al.*, 2012; Garrigou *et al.*, 2011; MacFarlane *et al.*, 2013; Perry *et al.*, 2002; Perry et Layde, 2003). De tels constats ont par ailleurs été faits au Québec dans certains milieux agricoles (Samuel et St-Laurent, 2017; Tuduri *et al.*, 2016).

Une partie des études disponibles montre cependant que le port d'équipement de protection, en particulier les combinaisons et les gants, limite les expositions (Baldi *et al.*, 2014; Fenske *et al.*, 2002; Mandic-Rajcevic *et al.*, 2015, 2018; Samuel *et al.*, 2002; Vitali *et al.*, 2009). Par ailleurs, les matériaux non tissés offriraient une meilleure protection que ceux tissés (Fenske *et al.*, 2002). Cependant, il est parfois difficile pour les utilisateurs d'avoir accès à ces équipements, et ceux-ci ne possèdent pas toujours les connaissances pour les utiliser efficacement.

Enfin, plusieurs auteurs (Berthet *et al.*, 2014; Garrigou *et al.*, 2011) ont montré que les combinaisons traditionnellement conseillées par l'étiquette du produit ou les producteurs de pesticides n'avaient pas été testées du point de vue de la résistance à la perméation des pesticides utilisés, ce qui explique des migrations de certains pesticides au travers de la combinaison en un temps relativement rapide.

Afin de réduire les risques des pesticides pour la santé des travailleurs agricoles et de leur entourage, l'INSPQ propose de :

14. Assurer une meilleure prise en charge des risques à la santé et à la sécurité de tous les travailleurs agricoles en modifiant la LSST afin d'intégrer le milieu agricole aux secteurs d'activité prioritaires.
15. Favoriser la reconnaissance des maladies professionnelles liées à une exposition aux pesticides, à l'image de ce qui se fait en France, par exemple.
16. Favoriser la constitution de réseaux de concertation et d'échanges d'expertise en matière de SST liées à l'utilisation de pesticides.
17. Développer de l'expertise et rendre disponibles des ressources capables de soutenir les milieux agricoles dans la prise en charge des risques pour ces travailleurs.
18. Former les travailleurs agricoles en matière de mesures préventives, notamment en ce qui a trait à la protection individuelle.
19. Exiger des producteurs de pesticides qu'ils fassent la démonstration de l'efficacité des EPI recommandés pour leurs produits phytosanitaires.

7 Conclusion

La prévention des risques associés à l'usage des pesticides suscite beaucoup d'attention et mobilise une multitude d'acteurs au Québec depuis plusieurs années. Déjà, en 1992, le MAPAQ développait, avec la contribution de différents partenaires, la première mouture de la SPQA, qui se fixait pour objectif de réduire de 50 % l'utilisation des pesticides agricoles d'ici le tournant des années 2000. Cette cible fut loin d'être atteinte, et celle de la nouvelle SPQA (2011-2021) ne le sera pas davantage à la lumière des bilans actuels. Il faut donc en conclure que les inquiétudes en lien avec les risques à la santé de l'exposition aux pesticides sont toujours d'actualité malgré les nombreux efforts visant leur réduction.

Dans ce mémoire, l'INSPQ a notamment soulevé les enjeux propres à la surveillance, au processus canadien d'homologation des produits, à l'influence omniprésente de l'industrie, à la non-priorisation du secteur agricole dans les structures de prévention en matière de SST, ainsi qu'à la formation des agronomes et des travailleurs agricoles. Ces thèmes apparaissent comme prioritaires dans la recherche de solutions pour réduire les risques à la santé des pesticides.

Les délibérations récentes montrent la nécessité d'une approche globale qui tient compte de la complexité des enjeux liés aux pesticides, que ce soit pour maintenir la compétitivité du secteur agroalimentaire québécois ou pour minimiser leur impact sur la santé et l'environnement. Dans l'état actuel, les actions préconisées pour réduire les risques sanitaires et environnementaux des pesticides sont principalement orientées vers une meilleure utilisation des pesticides. Même si de nombreux efforts ont été réalisés pour favoriser la substitution de pesticides plus à risque avec la mise en place d'outils comme l'iRPeQ et SAgE pesticides, il demeure qu'une réflexion profonde s'impose pour développer une agriculture plus durable et non axée presque uniquement sur l'utilisation des pesticides pour contrer les problèmes phytosanitaires. Une agriculture faisant appel à une approche agronomique plus globale, misant sur des techniques alternatives, sur les connaissances acquises par l'agriculture biologique et la GIEC, sur le travail raisonné des sols et sur une expertise-conseil non liée, aiderait certainement le milieu agricole à réduire sa dépendance aux pesticides. Il est à espérer que les travaux de la CAPERN pourront mener à une politique d'agriculture durable.

L'INSPQ espère que ses propositions, appuyées sur son expertise et les connaissances scientifiques disponibles, soient utiles et éclairent la réflexion des décideurs.

8 Références

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2016). Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture. Rapport d'expertise collective. France. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2011SA0192Ra.pdf>
- Ahmed H, Abushouk AI, Gabr M, Negida A, Abdel-Daim MM. (2017). Parkinson's disease and pesticides: A meta-analysis of disease connection and genetic alterations. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 90, 638-649
- Allen MT, Levy LS. (2013). Parkinson's disease and pesticide exposure - A new assessment. *Critical Reviews in Toxicology*, 43(6), 515-534.
- Aschemann-Witzel J, Jensen JH, Jensen MH, Kulikovskaja V. (2017). Consumer behaviour towards price-reduced suboptimal foods in the supermarket and the relation to food waste in households. *Appetite*, 116, 246-258.
- Bailey HD, Fritschi L, Infante-Rivard C, Glass, DC, Miligi L, Dockerty JD, ... Schüz J. (2014). Parental occupational pesticide exposure and the risk of childhood leukemia in the offspring: Findings from the childhood leukemia international consortium. *International Journal of Cancer*, 135(9), 2157-2172.
- Baldi I, Lebailly P, Rondeau V, Bouchart V, Blanc-Lapierre A, Bouvier G, ... Garrigou A. (2012). Levels and determinants of pesticide exposure in operators involved in treatment of vineyards: results of the PESTEXPO study. *Journal of exposure science and environmental epidemiology*, 22(6), 593-600.
- Baldi I, Lebailly P, Bouvier G, Rondeau V, Kientz-Bouchart V, Canal-Raffin M, Garrigou A. (2014). Levels and determinants of pesticide exposure in re-entry workers in vineyards: results of the PESTEXPO study. *Environmental Research*, 132, 360-369.
- Baranski M, Srednicka-Tober D, Volakakis N, Seal C, Sanderson R, Stewart GB et Leifert, C (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*, 112(5), 794-811.
- BASF Canada. (2019). Programmes et offres pour accompagner nos solutions. Repéré à https://agro.basf.ca/basf_solutions/programsandoffers/main_est.html
- Baudry J, Assmann KE, Touvier M, Allès B, Seconda L, Latino-Martel P, ... Kesse-Guyot E. (2018). Association of frequency of organic food consumption with cancer risk : findings from the nutrinet-Santé prospective cohort study. *JAMA Internal Medicine*, 178(12), 1597-1606.
- Bayer. (2019). Programme BayerValue. Repéré à <https://www.cropscience.bayer.ca/fr-CA/Grower-Programs/BayerValue-East.aspx>
- Bekal S, Burigusa G, Dion R, Gervais C, Richardson M, Samuel O. (2011). Une politique bioalimentaire pour un Québec en santé : mémoire déposé dans le cadre de la consultation générale sur le Livre vert pour une politique bioalimentaire. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1321_PolitiqueBioalimentQcMemoire.pdf
- Bekelman JE, Yan Li, Gross CP. (2003). Scope and impact of financial conflicts of interest in biomedical research: a systematic review. *Jama*, 289(4), 454-465.

- Benbrook CM. (2019). How did the U.S. EPA and IARC reach diametrically opposed conclusions on the genotoxicity of glyphosate-based herbicides? *Environmental Sciences Europe*, 31, 2.
- Berthet A, Hopf NB, Miles A, Spring P, Charrière N, Garrigou A, ... Vernez D. (2014). Human skin in vitro permeation of bentazon and isoproturon formulations with or without protective clothing suit. *Archives of Toxicology*, 88(1), 77-88.
- Blouin C, Charbonneau A, Beaudoin M, Samuel O. (2017). Une politique bioalimentaire pour un Québec en santé : des pistes d'action actualisées. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2326_politique_bioalimentaire_quebec.pdf
- Bolduc A et Robert C. (2016). Bilan de la qualité de l'eau potable au Québec 2010-2014. Québec : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Repéré à <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/bilans/bilan-qualite2010-2014.pdf>
- Bouchard MF, Bellinger DC, Wright RO, Weisskopf MG. (2010) Attention-deficit/hyperactivity disorder and urinary metabolites of organophosphate pesticides. *Pediatrics*, 125(6), e1270-7.
- Bouchard M, Côté J, Khemiri R. (2019). La lambda-cyhalothrine comme insecticide en milieu agricole – Étude de la toxicocinétique de biomarqueurs pour le suivi de l'exposition des travailleurs. Québec : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Repéré à <https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/101029/n/lambda-cyhalothrine>
- Bradbury KE, Balkwill A, Spencer EA, Roddam AW, Reeves GK, Green J, ... Million Women Study Collaborators. (2014). Organic food consumption and the incidence of cancer in a large prospective study of women in the United Kingdom. *British Journal of Cancer*, 110(9), 2321-2326.
- Brantsæter AL, Ydersbond TA, Hoppin JA, Haugen M, Meltzer HM. (2017). Organic Food in the Diet: Exposure and Health Implications. *Annual Review of Public Health*, 38, 295-313.
- Centre international de recherche sur le cancer. (2015). IARC Monographs Volume 112 : evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. France : World Health Organisation. Repéré à <https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/MonographVolume112-1.pdf>
- Centre international de recherche sur le cancer. (2017). Some Organophosphate Insecticides and Herbicides Volume 112. Glyphosate (p. 321-412). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. France : World Health Organisation. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/mono112.pdf>
- Conseil des appellations réservées et des termes valorisants. (2019). Rapport d'activités 2018. Québec. Repéré à https://cartv.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents_publics/CARTV-RapportActivit%C3%A9s_2018.pdf
- Corteva Agriscience. (2018). Lancement du programme Longueur d'avance de Corteva Agriscience^{MC}. Repéré à https://www.corteva.ca/content/dam/dpagco/corteva/na/ca/fr/general-resources/files/DF-Head%20Start%202019_FR.pdf
- Crète M. (2019, 29 mai). Des agronomes payés par l'industrie prescrivent davantage d'herbicide. *Le Devoir*. Repéré à <https://www.ledevoir.com/politique/quebec/555534/des-agronomes-payes-par-l-industrie-prescrivent-davantage-d-herbicide>

- Curl CL, Fenske RA, Elgethun K. (2003). Organophosphorus pesticide exposure of urban and suburban preschool children with organic and conventional diets. *Environmental Health Perspectives*, 111(3), 377-382.
- Dabrowski JM, Shadung JM, Wepener, V. (2014). Prioritizing agricultural pesticides used in South Africa based on their environmental mobility and potential human health effects. *Environment International*, 62, 31-40.
- Dallegrave E, Mantese FD, Coelho RS, Pereira JD, Dalsenter PR, Langeloh A. (2003). The teratogenic potential of the herbicide glyphosate-Roundup in Wistar rats. *Toxicology Letters*, 142(1-2), 45-52.
- Dangour AD, Dodhia SK, Hayter A, Allen E, Lock K, Uauy R. (2009). Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3), 680-685.
- Dauchet L, Amouyel P, Hercberg S, Dallongeville J. (2006). Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *The Journal of Nutrition*, 136(10), 2588-2593.
- DellaValle CT, Hoppin JA, Hines CJ, Andreotti G, Alavanja MC. (2012). Risk-accepting personality and personal protective equipment use within the Agricultural Health Study. *Journal of Agromedicine*, 17(3), 264-276.
- Équipe scientifique sur les risques toxicologiques. (2012). Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/1440>
- European Food Safety Authority. (2015). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. *EFSA Journal*, 13(11), 4302.
- Fenske RA, Birnbaum SG, Methner MM, Lu C, Nigg HN. (2002). Fluorescent tracer evaluation of chemical protective clothing during pesticide applications in central Florida citrus groves. *Journal of agricultural safety and health*, 8(3), 319-331.
- Ford ES et Mokdad AH. (2001). Fruit and vegetable consumption and diabetes mellitus incidence among US adults. *Preventive medicine*, 32(1), 33-39.
- Garrigou A, Baldi I, Le Frious P, Anselm R, Vallier M. (2011). Ergonomics contribution to chemical risks prevention: An ergotoxicological investigation of the effectiveness of coverall against plant pest risk in viticulture. *Applied ergonomics*, 42(2), 321-330.
- Gasnier C, Dumont C, Benachour N, Clair E, Chagnon MC, Séralini GE. (2009). Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology*, 262(3), 184-191.
- Gerbet T. (2019, 9 mai). Louis Robert perd une élection très serrée à la présidence de l'Ordre des agronomes. Radio-Canada. Repéré à <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1168997/louis-robert-election-ordre-agronomes-michel-duval-president>
- Giroux I. (2016). Portrait de la présence de pesticides dans l'eau souterraine près de secteurs maraîchers, vergers, vignes et petits fruits – Échantillonnage 2012 à 2014. Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Repéré à http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Rapport_2016.pdf
- Glanz K, Basil M, Maibach E, Goldberg J, Snyder D. (1998). Why Americans eat what they do : taste, nutrition, cost, convenience, and weight control concerns as influences on food consumption. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(10), 1118-1126.

- Glaser BE, Bero LA. (2005). Attitudes of academic and clinical researchers toward financial ties in research: A systematic review. *Science and engineering ethics*, 11(4), 553-573.
- Gonzalez-Alzaga B, Lacasana M, Aguilar-Garduno C, Rodriguez-Barranco M, Ballester F, Rebagliato M, Hernandez AF (2014). A systematic review of neurodevelopmental effects of prenatal and postnatal organophosphate pesticide exposure. *Toxicology Letters*, 230(2), 104-121.
- Gunier RB, Harnly ME, Reynolds P, Hertz A, Von Behren J. (2001). Agricultural pesticide use in California: pesticide prioritization, use densities, and population distributions for a childhood cancer study. *Environmental Health Perspectives*, 109(10), 1071-1078.
- Gunnarsson L-G, Bodin L. (2017). Parkinson's disease and occupational exposures: a systematic literature review and meta-analyses. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 43, 197-209.
- He FJ, Nowson CA, MacGregor GA. (2006). Fruit and vegetable consumption and stroke: meta-analysis of cohort studies. *Lancet*, 367(9507), 320-326.
- He FJ, Nowson CA, Luca M, MacGregor GA. (2007). Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: meta-analysis of cohort studies. *Journal of Human Hypertension*, 21(9), 717-728.
- Hernandez AF, Gonzalez-Alzaga B, Lopez-Flores I, Lacasana M. (2016). Systematic reviews on neurodevelopmental and neurodegenerative disorders linked to pesticide exposure: Methodological features and impact on risk assessment. *Environment International*, 92-93, 657-679.
- Hu L, Luo D, Zhou T, Tao Y, Feng J, Mei S. (2017). The association between non-Hodgkin lymphoma and organophosphate pesticides exposure: A meta-analysis. *Environmental Pollution*, 231, 319-328.
- Huguen P. (2017, 15 novembre). Les pesticides responsables d'au moins 2 % des maladies d'agriculteurs? *Journal Sud Ouest*. Repéré à <https://www.sudouest.fr/2017/11/15/les-pesticides-responsables-d-au-moins-2-des-maladies-des-agriculteurs-3950158-4720.php>
- Institut national de la santé et de la recherche médicale. (2013). Pesticides : effets sur la santé. Paris : Inserm. (Collection expertise collective).
- Institut national de recherche et de sécurité. (2017). Tableaux des maladies professionnelles. Régime agricole tableau 58 : Maladie de Parkinson provoquée par les pesticides. Repéré à <http://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?refINRS=RA%2058>
- Institute of Medicine. (2006). Dietary Reference Intakes – The Essential Guide to Nutrient Requirements The National Academies Press. Washington, D.C. Repéré à https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads/DRIEssentialGuideNutReq.pdf
- Jayakody N, Harris EC, Coggon D. (2015). Phenoxy herbicides, soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin lymphoma: A systematic review of evidence from cohort and case-control studies. *British Medical Bulletin*, 114(1), 75-94.
- Kalliora C, Mamoulakis C, Vasilopoulos E, Stamatiades G., Kalafati L, Barouni R, ... Tsatsakis A. (2018). Association of pesticide exposure with human congenital abnormalities. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 346, 58-75.

- Kearney GD, Rodriguez G, Quandt SA, Arcury JT, Arcury TA. (2015). Work Safety Climate, Safety Behaviors, and Occupational Injuries of Youth Farmworkers in North Carolina. *American Journal of Public Health*, 105(7), 1336-1343.
- Key TJ. (2011). Fruit and vegetables and cancer risk. *British journal of cancer*, 104(1), 6-11.
- Kraak VI, Harrigan PB, Lawrence M, Harrison PJ, Jackson MA, Swinburn B. (2011). Balancing the benefits and risks of public-private partnerships to address the global double burden of malnutrition. *Public health nutrition*, 15(3), 503-517.
- Legifrance (2019a). Loi n° 2018-938 du 30 octobre 2018 pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous. Repéré à <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000037549021&dateTexte=20190530>
- Legifrance (2019b). Décret n° 2019-321 du 12 avril 2019 relatif aux conditions de présentation de la publicité destinée aux utilisateurs professionnels de produits phytopharmaceutique. Repéré à <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2019/4/12/AGRG1910091D/jo/texte>
- Léon ME, Schinasi LH, Lebaillly P, Beane Freeman LE, Nordby K-C, Ferro G., ... Schüz J. (2019). Pesticide use and risk of non-Hodgkin lymphoid malignancies in agricultural cohorts from France, Norway and the USA: a pooled analysis from the AGRICOH consortium. *International Journal of Epidemiology*.
- Lewis-Mikhael A-M, Bueno-Cavanillas A, Guiron TO, Olmedo-Requena R, Delgado-Rodriguez M, Jimenez-Moleon JJ. (2016). Occupational exposure to pesticides and prostate cancer: A systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine*, 73(2), 134-144.
- Lexchin J, Bero LA, Djulbegovic B, Clark O. (2003). Pharmaceutical industry sponsorship and research outcome and quality: systematic review. *British Medical Journal*, 326(7400), 1167-1170.
- Liang Z, Wang X, Xie B, Zhu Y, Wu J, Li S, ... Xie L. (2016). Pesticide exposure and risk of bladder cancer: A meta-analysis. *Oncotarget*, 7(41), 66959-66969.
- Liu C, Russell RM. (2008). Nutrition and gastric cancer risk: an update. *Nutrition Reviews*, 66 (5), 237-249.
- Lock K, Pomerleau J, Causer L, Altmann DR et McKee M. (2005). The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: implications for the global strategy on diet. *Bulletin of the World Health Organization*, 83(2), 100-108.
- Lu C, Toepel K, Irish R, Fenske RA, Barr DB, Bravo R. (2006). Organic diets significantly lower children's dietary exposure to organophosphorus pesticides. *Environmental Health Perspectives*, 114(2), 260-263.
- Macfarlane E, Carey R, Keegel T, El-Zaemay S, Fritschi L. (2013). Dermal exposure associated with occupational end use of pesticides and the role of protective measures. *Safety and Health at Work*, 4(3), 136-141.
- Mandic-Rajcevic S, Rubino FM, Vianello G, Fugnoli L, Polledri E, Mercadante R, ... Colosio C. (2015). Dermal exposure and risk assessment of tebuconazole applicators in vineyards. *La Medicina del Lavoro*, 106(4), 294-315.

- Mandic-Rajcevic S, Rubino FM, Ariano E, Cottica D, Neri S, Colosio C. (2018). Environmental and biological monitoring for the identification of main exposure determinants in vineyard mancozeb applicators. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 28(3), 289-296.
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. (2011). Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021. Repéré à <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Pages/Details-Publication.aspx?guid=%7Bef205915-94c8-487f-9abf-42fa84b1a0f7%7D>
- Marc J, Le Breton M, Cormier P, Morales J, Bellé R, Mulner-Lorillon O. (2005). A glyphosate-based pesticide impinges on transcription. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 203(1), 1-8.
- Martenies SE, Perry MJ. (2013). Environmental and occupational pesticide exposure and human sperm parameters: A systematic review. *Toxicology*, 307, 66-73.
- McCormack LA, Laska MN, Larson NI, Story M (2010). Review of the nutritional implications of farmers' markets and community gardens: a call for evaluation and research efforts. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(3), 399-408.
- McQueen H, Callan AC, Hinwood AL. (2012). Estimating maternal and prenatal exposure to glyphosate in the community setting. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 215(6), 570-576.
- Meyer-Baron M, Knapp G, Schaper M, van Thriel C. (2015). Meta-analysis on occupational exposure to pesticides - Neurobehavioral impact and dose-response relationships. *Environmental Research*, 136, 234-245.
- Mie A, Andersen HR, Gunnarsson S, Kahl J, Kesse-Guyot E, Rembialkowska E, ...Grandjean P. (2017). Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review. *Environmental Health*, 16(1), 111.
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. (2019). Consultation du public sur le projet d'ordonnance relative à la séparation des activités de vente et de conseil à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et au dispositif de certificats d'économie de produits phytopharmaceutiques. France. Repéré à <https://agriculture.gouv.fr/consultation-publique-projet-dordonnance-sur-la-sU.S.EPARation-des-activites-de-vente-et-de-conseil-pour>
- Ministère de la Santé et des Services sociaux. (2018). Surveillance des maladies à déclaration obligatoire au Québec. Maladies d'origine chimique ou physique. Définitions nosologiques. Québec. <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2018/18-268-05W.pdf>
- Muñoz-Quezada MT, Lucero BA, Barr DB, Steenland K, Levy K, Ryan PB, ... Vega C. (2013). Neurodevelopmental effects in children associated with exposure to organophosphate pesticides: A systematic review. *NeuroToxicology*, 39, 158-168.
- National Institutes of Health. (s.d.) Frequently Asked Questions. What Does Scientific Rigor Mean? Repéré à <https://grants.nih.gov/reproducibility/faqs.htm#4828>.
- New SA, Bolton-Smith C, Grubb DA, Reid DM. (1997). Nutritional influences on bone mineral density: a cross-sectional study in premenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65(6), 1831-1839.

- New SA, Robins SP, Campbell MK, Martin JC, Garton MJ, Bolton-Smith C, ... Reid DM. (2000). Dietary influences on bone mass and bone metabolism: further evidence of a positive link between fruit and vegetable consumption and bone health? *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), 142-151.
- Nicourt C, Girault J-M. (2009). Le coût humain des pesticides : comment les viticulteurs et les techniciens viticoles français font face au risque. *Vertigo*, 9 (3).
- Normandin C. (2017). L'agriculture bio poursuit sa croissance aux États-Unis. *Le bulletin des agriculteurs*. Repéré à https://www.lebulletin.com/cultures/lagriculture-bio-poursuit-sa-croissance-aux-etats-unis-9004?utm_source=Le%20Bulletin&utm_campaign=76da80f743--%202017-10-30&utm_medium=email&utm_term=0_0961ccb09-76da80f743-87319930
- Nufarm. (2019). Offers – Programs and Rewards. Repéré à <https://www2.nufarm.com/ca/offers-east/>
- Oates L, Cohen M, Braun L, Schembri A, Taskova R. (2014). Reduction in urinary organophosphate pesticide metabolites in adults after a week-long organic diet. *Environmental Research*, 132, 105-111.
- Organisation mondiale de la Santé. (2012). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation. Genève : OMS. Repéré à <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/download/en/>
- Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, López SL, Carrasco AE. (2010). Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chemical Research in Toxicology*, 23(10), 1586-1595
- Perry MJ, Layde PM. (2003). Farm pesticides: outcomes of a randomized controlled intervention to reduce risks. *American Journal of Preventive Medicine*, 24(4), 310-315.
- Perry MJ, Marbella A, Layde PM. (2002). Compliance with required pesticide-specific protective equipment use. *American Journal of Industrial Medicine*, 41(1), 70-73.
- Prynne CJ, Mishra GD, O'Connell MA, Muniz G, Laskey MA, Yan L, ... Ginty, F. (2006). Fruit and vegetable intakes and bone mineral status: a cross sectional study in 5 age and sex cohorts. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6), 1420-1428.
- Publications du Québec. (2019a). Règlement sur la qualité de l'eau potable. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/Q-2,%20r.%2040>
- Publications du Québec. (2019b). Loi sur la santé et la sécurité du travail. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/S-2.1>
- Publications du Québec. (2019c). Loi sur les pesticides. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/P-9.3>
- Publications du Québec. (2019). Loi sur les accidents de travail et les maladies professionnelles. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/A-3.001>
- Ragin C, Davis-Reyes B, Tadesse H, Daniels D, Bunker CH, Jackson M, ... Taioli E. (2013). Farming, reported pesticide use, and prostate cancer. *American Journal of Men's Health*, 7(2), 102-109.
- Raine KD. (2005). Les déterminants de la saine alimentation au Canada : aperçu et synthèse. *Revue canadienne de santé publique*, 96 (3), S8-S15.

- Reiss R, Johnston J, Tucker K, DeSesso JM, Keen CL. (2012). Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 50(12), 4421-4427.
- Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Seralini GE. (2005). Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environmental Health Perspectives*, 113(6), 716-720.
- Robinson C. (2013). Conflicts of interest at the European Food Safety Authority erode public confidence. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 67(9), 717-720.
- Romano RM, Romano MA, Bernardi MM, Furtado PV, Oliveira CA. (2010) Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Archives of Toxicology*, 84(4), 309-317.
- Ross SM., McManus IC, Harrison V, Mason O. (2013). Neurobehavioral problems following low-level exposure to organophosphate pesticides: A systematic and meta-analytic review. *Critical Reviews in Toxicology*, 43(1), 21-44.
- Samuel O, St-Laurent L, Dumas P, Langlois É, Gingras G. (2002). Pesticides en milieu serricole : caractérisation de l'exposition des travailleurs et évaluation des délais de réentrée. Québec : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Repéré à <https://www.irsst.qc.ca/recherche-sst/projets/projet/i/2836/n/pesticides-en-milieu-serricole-caracterisation-de-l-exposition-des-travailleurs-et-evaluation-des-delais-de-reentree-0099-0150/redirected/1>
- Samuel O, Carrier G, Lefebvre L. (2007). Document d'appui à la définition nosologique : atteinte des systèmes consécutive à une exposition chimique d'origine environnementale ou professionnelle aux insecticides organophosphorés et carbamates. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/634-defnosoexpoinsecticides.pdf>
- Samuel O, St-Laurent L, Phaneuf D, Buteau S, Bourgault M-H, Belleville D. (2010). Mesure de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1165_MesuresReducPesticidesAliments.pdf
- Samuel O, Dion S, St-Laurent L, April M-H. (2012). Indicateur de risque des pesticides du Québec – IRPeQ. Québec : ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1504_IndicRisquesPesticides_2eEdition.pdf
- Samuel O, St-Laurent L. (2001). Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère. Québec : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Repéré à <https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/800/n/guide-de-prevention-pour-les-utilisateurs-de-pesticides-en-agriculture-maraichere-rg-273>
- Samuel O, St-Laurent L. (2017). Mesures d'exposition aux pesticides des producteurs et mesures préventives : projet pilote. Journées de conférences agricoles Saguenay-Lac-St-Jean, 9 février 2017. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/SaguenayLacStJean/7-Expositionpesticidesetmesure.pdf>

- Sanderson WT, Talaska G, Zaebs D, Davis-King K, Calvert G. (1997). Pesticide prioritization for a brain cancer case-control study. *Environmental Research*, 74(2), 133-144.
- Santé Canada. (2017). PRVD2017-13 : Projet de décision de réévaluation : Glyphosate. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire.
- Schinasi L, Léon ME. (2014). Non-hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(4), 4449-4527.
- Silva JF, Mattos IE, Luz L, Carmo CN et Aydos RD. (2016). Exposure to pesticides and prostate cancer: systematic review of the literature. *Reviews on environmental health*, 31(3), 311-327.
- Smith-Spangler C, Brandeau ML, Hunter GE, Bavinger JC, Pearson M, Eschbach PJ, ... Bravata DM. (2012). Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives?: a systematic review. *Annals of Internal Medicine*, 157(5), 348-366.
- Spinder N, Prins JR, Bergman JEH, Smidt N, Kromhout H, Boezen HM, de Walle HEK (2019). Congenital anomalies in the offspring of occupationally exposed mothers: a systematic review and meta-analysis of studies using expert assessment for occupational exposures. *Human Reproduction*, 34(5), 903-919.
- Syngenta. (2019). Plan Partenaires. Repéré à <https://www.syngenta.ca/PartnerProgram/eastindexfr.aspx>
- Thongprakaisang S, Thiantanawat A, Rangkadilok N, Suriyo T, Satayavivad J. (2013). Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. *Food and Chemical Toxicology*, 59, 129-136.
- Tucker KL, Hannan MT, Chen H, Cupples LA, Wilson PW, Kiel, DP. (1999). Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69(4), 727-736.
- Tuduri L, Champoux D, Jolly C, Côté J, Bouchard M. (2016). Prévention des risques liés aux pesticides chez les producteurs de pommes État des lieux et actions à mener pour une meilleure protection individuelle. Québec : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Repéré à <https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100902/n/prevention-risques-pesticides-producteurs-pommes-etat-actions>
- Tuduri L, Jolly C, Champoux D. (2018). Pesticides Pratiques sécuritaires et équipements de protection individuelle (EPI). Québec : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Repéré à <https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100965/n/pesticides-pratiques-securitaires-equipements-protection-individuelle>
- Union des producteurs agricoles. (2018). Protégez vos cultures, protégez votre santé. Repéré à <http://uplus.upa.qc.ca/formation/colloque-partenaires-de-sante-de-securite-agriculture-2018/>
- Union européenne. (2009). Règlement n° 1107/2009 du 21/10/09 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil. Repéré à https://aida.ineris.fr/consultation_document/351
- United States Environmental Protection Agency. (s.d.). Human Health Benchmarks for Pesticides. Repéré à <https://ofmpub.U.S.EPA.gov/apex/pesticides/f?p=122:3:::::>

- United States Environmental Protection Agency. (2017). Glyphosate draft human health risk assessment in support of registration review. Washington, DC : Office of Chemical Safety and Pollution Prevention. Repéré à <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPP-2009-0361-0068>
- United States Environmental Protection Agency. (2018). 2018 edition of the drinking water standards and health advisories tables. Washington, DC : Office of Water. Repéré à <https://www.U.S.EPA.gov/sites/production/files/2018-03/documents/dwtable2018.pdf>
- United States Environmental Protection Agency. (2019). Équiterre, la Fondation David Suzuki et l'Union des producteurs agricoles demandent une commission parlementaire sur les risques associés aux pesticides. Longueuil, 13 mars 2019. Repéré à <https://www.upa.qc.ca/fr/communiqués/2019/03/equiterre-la-fondation-david-suzuki-et-lunion-des-producteurs-agricoles-demandent-une-commission-parlementaire-sur-les-risques-associes-aux-pesticides/>
- Valcke M, Chaverri F, Monge P, Bravo V, Mergler D, Partanen T C, Wesseling C. (2005). Pesticide prioritization for a case-control study on childhood leukemia in costa rica: a simple stepwise approach. *Environmental Research*, 97, 335-347.
- Valcke M, Bourgeault M-H, Phaneuf D, Normandin L, Gagné M, Blanchet C, Rochette L. (2017). Évaluation du risque toxicologique pour la population québécoise à la suite de l'exposition aux résidus de pesticides présents dans les fruits et les légumes. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/2230>
- Van Maele-Fabry G, Hoet P, Vilain F, Lison D. (2012). Occupational exposure to pesticides and Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Environment International*, 46, 30-43.
- Van Maele-Fabry G, Hoet P, Lison D. (2013). Parental occupational exposure to pesticides as risk factor for brain tumors in children and young adults: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 56, 19-31.
- Van Maele-Fabry G, Gamet-Payrastre L, Lison D. (2017). Residential exposure to pesticides as risk factor for childhood and young adult brain tumors: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 106, 69-90.
- Van Maele-Fabry G, Gamet-Payrastre L, Lison D. (2019). Household exposure to pesticides and risk of leukemia in children and adolescents: Updated systematic review and meta-analysis. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(1), 49-67.
- Vérificateur général du Québec. (2016). Rapport du Vérificateur général du Québec à l'Assemblée nationale pour l'année 2016-2017. Rapport du commissaire au développement durable – Printemps 2016. Chapitre 3 – Pesticides en milieu agricole. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Repéré à http://www.vgq.gouv.qc.ca/fr/fr_publications/fr_rapport-annuel/fr_2016-2017-CDD/fr_Rapport2016-2017-CDD-Chap03.pdf
- Vitali M, Protano C, Del Monte A, Ensabella F, Guidotti M. (2009). Operative modalities and exposure to pesticides during open field treatments among a group of agricultural subcontractors. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 57(1), 193-202.
- World Cancer Research Fund. (1997). Food, nutrition, and the prevention of cancer: a global perspective (1st ed.). Washington, D.C.

World Cancer Research Fund. (2007). Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer: a global perspective (2nd ed.). Washington, D.C. Repéré à <https://www.wcrf.org/sites/default/files/english.pdf>

Yan D, Zhang Y, Liu L, Yan H. (2016). Pesticide exposure and risk of Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 6, 32222.

Yan D, Zhang Y, Liu L, Shi N, Yan H. (2018). Pesticide exposure and risk of Parkinson's disease: Dose-response meta-analysis of observational studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 96, 57-63.

Zhang L, Rana I, Shaffer RM, Taioli E, Sheppard L. (2019). Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: a meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 781, 186-206.

Annexe 1

Conclusions des études retenues sur les risques à la santé liés à l'exposition aux pesticides

Dans le cadre du présent mémoire, l'évaluation des risques à la santé des pesticides se base principalement sur le rapport de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale en France (Inserm), qui a réalisé une très importante revue de la littérature sur les liens entre l'exposition aux pesticides et la survenue de certaines pathologies. Comme cette revue concerne les études scientifiques publiées jusqu'en 2012, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a fait une évaluation sommaire des données publiées après cette date afin de s'assurer que les conclusions de l'Inserm étaient toujours d'actualité.

Une stratégie de recherche ciblant les revues de la littérature portant sur le concept de pesticides a été développée pour la base de données Embase (Ovid) afin de repérer des données probantes sur les effets des pesticides sur la santé humaine publiées depuis la revue de l'Inserm (2013). Les études animales et celles portant sur la malaria ont été exclues. La stratégie a été limitée aux années 2012 à 2019 et aux articles de langue française ou anglaise. La requête lancée le 30 mai 2019 a permis de repérer 178 résultats. La base de données a de nouveau été interrogée le 27 juin 2019, permettant de capter 3 nouveaux documents. En se basant sur des critères d'exclusion reconnus dans la communauté scientifique, 54 articles ont été retenus sur le total de 181 articles ciblés pour l'analyse par 2 experts de l'INSPQ.

Conclusions des études retenues concernant les risques de cancer

Lymphome non hodgkinien

L'Inserm (2013) rapporte que 7 méta-analyses ont été publiées sur le sujet de 1992 à 2009. Cinq d'entre elles concernaient des expositions dans le milieu agricole, une concernait l'exposition de travailleurs liés à la production de pesticides et une dernière intégrait les données d'une étude en milieu agricole avec celles d'une étude non agricole. Les 7 méta-analyses ont rapporté une augmentation du risque de lymphome non hodgkinien (LNH) allant de 3 % à 98 % chez les professionnels exposés aux pesticides, en comparaison avec la population générale. L'augmentation du risque était statistiquement significative dans 5 des méta-analyses. Les données issues de la plus importante cohorte prospective menée aux États-Unis auprès de plus de 50 000 exploitants agricoles et près de 5 000 applicateurs professionnels de pesticides, l'*Agricultural Health Study* [AHS], n'ont pas montré d'incidence de LNH ni de mortalité significativement plus élevées que dans la population générale. Toutefois, après avoir calculé et considéré des ratios d'incidence et de mortalité standardisés pour tenir compte d'un déficit de risque observé pour tous les types de cancers dans cette étude, un excès de risque significatif de survenue de LNH, de même qu'une augmentation statistiquement significative des décès dus à ces lymphomes, ont été observées.

L'Inserm (2013) considère comme forte la présomption d'un lien entre la survenue de LNH et l'exposition aux pesticides (sans distinction du produit). Lorsque les produits individuels étaient considérés, une présomption forte a été notée chez les agriculteurs pour certains organochlorés, comme le lindane et le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane), ainsi que pour les pesticides de la classe des organophosphorés (sans distinction), le malathion en particulier. Une présomption modérée a aussi été rapportée pour les personnes exposées aux organophosphorés (sans distinction), les applicateurs de pesticides (terbufos, butylate et glyphosate), les agriculteurs (diazinon, carbamates, 2,4-D [acide dichloro-2,4 phénoxyacétique]) et les ouvriers en industrie de production (triazines).

Schinazi et Léon (2014) ont quant à eux réalisé une revue de la littérature et une méta-analyse sur l'association entre l'exposition à différentes familles chimiques et matières actives de pesticides agricoles et la survenue de sous-types de LNH. Des associations positives ont été observées pour des expositions au glyphosate, aux insecticides organophosphorés (sans distinction; malathion,

diazinon, chlorpyrifos), à certains insecticides organochlorés (lindane) et aux herbicides de type phénoxy.

Jayakody *et al.* (2015) ont étudié précisément l'association entre l'exposition aux herbicides de type phénoxy et la survenue de sarcomes des tissus mous et de LNH en évaluant plusieurs études cas-témoins et de cohorte. Beaucoup de données épidémiologiques sont disponibles sur la relation entre la survenue de ces formes de cancers et l'exposition aux herbicides de type phénoxy, mais les conclusions n'indiquent pas clairement que ces herbicides causent une ou l'autre de ces maladies, et les résultats des études ne sont pas toujours concordants.

Dans le cadre d'une méta-analyse, Hu *et al.* (2017) ont évalué l'association entre la survenue de LNH et l'exposition aux insecticides organophosphorés (malathion, terbufos et diazinon). Le rapport de cotes (RC) regroupé pour le malathion, le terbufos et le diazinon était de 1,22 pour un intervalle de confiance à 95 % (IC 95 % : 1,04 – 1,43). Lorsque les résultats étaient stratifiés pour tenir compte des matières actives individuelles, seul le diazinon était significativement associé à une augmentation de risque de LNH (RC = 1,39; IC 95 % : 1,11 – 1,73).

Léon *et al.* (2019) ont pour leur part évalué le lien entre l'utilisation de pesticides et le risque de survenue de LNH en combinant les données d'études de cohorte réalisées en France, en Norvège et aux États-Unis, pour une représentation de plus de 300 000 fermiers ou travailleurs agricoles. La majorité des ratios de risque mesurés ne suggéraient aucune association entre les 14 familles de produits chimiques ou les 33 matières actives individuelles et le risque de LNH. Des ratios de risque modérément élevés, selon les auteurs, ont été observés pour les LNH, sans distinction, ou certains sous-types de la maladie, lorsque l'utilisation régulière de certains pesticides spécifiques était comparée avec l'absence d'utilisation des mêmes pesticides : LNH sans distinction et terbufos (1,18; IC 95 % : 1,00 – 1,39); leucémie lymphoïde chronique/lymphome à petits lymphocytes et la deltaméthrine (1,48; IC 95 % : 1,06 – 2,07); lymphome diffus à grandes cellules B et le glyphosate (1,36; IC 95 % : 1,00 – 1,85). Par ailleurs, dans cette méta-analyse, une relation inverse a été observée pour les insecticides organochlorés et les herbicides de type phénoxy.

Cancer de la prostate

Certaines études se sont penchées sur les populations utilisant des pesticides, la plupart dans un contexte professionnel. Trois méta-analyses portant sur le risque de cancer de la prostate dans des populations exposées aux pesticides (des applicateurs de pesticides et des employés travaillant dans des usines de production de pesticides) ont montré des excès de risque significatifs compris entre 12 et 28 %. Ce risque était plus important pour les applicateurs de pesticides et le risque était plus élevé en Amérique du Nord qu'en Europe. La cohorte prospective (AHS) a par ailleurs confirmé le risque accru de survenue de cancer de la prostate chez les applicateurs de pesticides (de l'ordre de 19 %) ainsi que chez les applicateurs professionnels de pesticides (de l'ordre de 28 %).

En considérant les résultats de 6 méta-analyses et d'une cohorte prospective (AHS), l'Inserm (2013) a conclu à une présomption forte d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue du cancer de la prostate chez les agriculteurs, les applicateurs et les ouvriers en usine de production de pesticides. Parmi les matières actives associées à un risque accru à la limite du seuil significatif figurent le butylate (thiocarbamate) et le terbufos (organophosphoré). Pour d'autres matières actives, comme le carbofuran, le coumaphos, le fonofos et la perméthrine, des associations ont été notées en présence d'antécédents familiaux de cancer de la prostate.

Lewis-Mikhael *et al.* (2016) ont réalisé une revue systématique de la littérature et une méta-analyse afin de vérifier l'association entre le cancer de la prostate et l'exposition professionnelle aux pesticides. Un lien faiblement significatif a été observé pour les expositions élevées (RC groupé = 1,33; IC 95 % : 1,02 – 1,63). Dans le cas des faibles expositions, le RC était de 1,02 (IC 95 % : 0,88 – 1,17), ce qui démontre une association non significative. Les associations lors d'estimations avec des données groupées étaient aussi beaucoup plus significatives lorsque des mesures d'exposition avaient été effectuées (RC = 2,24; IC 95 % : 1,36 – 3,11) que lorsque les données d'exposition étaient auto-rapportées (RC = 1,34; IC 95 % : 0,91 – 1,77).

À la suite d'une revue systématique de la littérature (34 cohortes et 15 cas-témoins) traitant de l'association entre la survenue du cancer de la prostate et l'exposition aux pesticides, Silva *et al.* (2016) ont rapporté que la plupart des articles évalués (32) révélaient une association positive entre ce type de cancer et l'exposition aux pesticides ou la pratique d'un travail agricole. En ce qui a trait aux études cas-témoins, 12 de celles-ci ont démontré une association positive avec des RC compris entre 1,74 (IC 95 % : 1,01 – 3,13) et 14,10 (IC 95 % : 2,55 – 77,90). Pour ce qui est des études de cohorte, plusieurs d'entre elles ont mis en évidence que les individus exposés aux insecticides organophosphorés fonofos et coumaphos ainsi qu'à l'herbicide butylate présentaient une probabilité plus élevée de développer un cancer de la prostate, comme le suggèrent des risques relatifs (RR) de 1,83 (IC 95 % : 1,12 – 3,00); de 1,65 (IC 95 % : 1,13 – 2,38) et de 2,09 (IC 95 % : 1,27 – 3,44), respectivement.

Ragin *et al.* (2013) rapportent que les cas de cancers de la prostate sont presque 4 fois plus élevés chez les fermiers que chez les témoins ayant une hyperplasie bénigne de la prostate (RC = 3,83; IC 95 % : 1,96 – 7,48). Des résultats similaires ont été obtenus lorsque les auteurs considéraient des témoins sans hyperplasie bénigne de la prostate (RC = 1,38; IC 95 % : 1,16 – 1,64). Cependant, l'exposition rapportée aux pesticides était inversement associée à la survenue du cancer de la prostate. Les auteurs notent que, si le métier de fermier est effectivement un facteur de risque de cancer de la prostate, ce risque pourrait aussi être dû à d'autres facteurs que l'exposition aux pesticides, comme l'exposition à d'autres produits, au soleil, aux poussières organiques provenant des récoltes, etc.

Myélome multiple

Selon l'Inserm (2013), de 1992 à 2009, 6 méta-analyses, incluant de nombreuses études réalisées de 1970 à 2007, ont été publiées. Deux méta-analyses portaient spécifiquement sur les myélomes multiples, une sur les cancers hématopoïétiques et trois traitaient de l'ensemble des cancers. Toutes ces méta-analyses montraient une augmentation de risque de survenue de myélomes multiples chez les professionnels exposés aux pesticides comparativement à la population générale. Cette augmentation de risque atteignait le seuil de significativité statistique dans 3 méta-analyses sur les 4 ayant porté sur des agriculteurs. L'augmentation était à la limite de la significativité statistique pour la quatrième méta-analyse chez les agriculteurs, ainsi que pour celle reprenant les études menées dans le secteur agricole et non agricole. En considérant les résultats de 6 méta-analyses et de 2 cohortes prospectives (AHS et cohorte nord-européenne), l'Inserm (2013) a constaté une présomption forte d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue de myélomes multiples chez les agriculteurs et les applicateurs. Les cohortes de travailleurs exposés principalement à une classe de pesticides ou à un pesticide spécifique étaient peu nombreuses et portaient sur un nombre de cas très limité, ce qui rendait extrêmement difficile l'établissement d'une relation potentielle entre ce type d'exposition et les myélomes multiples. Les résultats de l'AHS suggèrent cependant que le risque de myélomes multiples pourrait être significativement augmenté à la suite d'une exposition à la perméthrine. Une association non significative à l'augmentation du risque a aussi été observée pour l'exposition au glyphosate.

Leucémie

L'Inserm (2013) note la difficulté de conclure au risque que représente l'exposition aux pesticides, tous types confondus, sur la survenue de leucémies à partir des études de cohortes disponibles (AHS et autres). En effet, peu de cohérence existe entre les résultats de ces études, et plusieurs manquent de puissance. Des tendances semblent cependant ressortir, à savoir une augmentation de risque surtout observée dans les études de mortalité, qui sont nettement plus nombreuses que les études d'incidence. En considérant les résultats de 7 méta-analyses et d'une cohorte prospective (AHS), l'Inserm (2013) a conclu à une présomption moyenne d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue de leucémies chez les agriculteurs, les applicateurs et les ouvriers en industrie de production. Dans les familles et substances actives impliquées dans les excès de risque significatifs de leucémies et pour lesquels une présomption moyenne a été proposée, on retrouve plusieurs organochlorés, mais aussi plusieurs organophosphorés (chlorpyrifos, diazinon, malathion, fonofos et terbufos) et quelques thiocarbamates (EPTC) et dithiocarbamates (mancozèbe) d'usage courant.

Bailey *et al.* (2014) ont évalué le risque de survenue de la leucémie infantile chez la progéniture de parents exposés professionnellement aux pesticides. Les données groupées de 13 études cas-témoins ont montré une association non significative entre l'exposition maternelle durant la grossesse et la survenue d'une leucémie aiguë lymphoblastique (RC = 1,01; IC 95 % : 0,78 – 1,30). Dans le cas d'une exposition paternelle peu avant la conception, un RC de 1,20 (IC 95 % : 1,06 – 1,38) a été mesuré. En ce qui concerne la survenue d'une leucémie myéloïde chronique, un risque statistiquement significatif a été mesuré lorsque les mères étaient exposées durant la grossesse (RC = 1,94; IC 95 % : 1,19 – 3,18), mais pas lorsque les pères étaient exposés peu avant la conception (RC = 0,91; IC 95 % : 0,66 – 1,24).

Van Maele-Fabry *et al.* (2019) ont étudié le risque de leucémie à la suite des expositions résidentielles aux pesticides pour les enfants et les adolescents en réalisant une revue de la littérature et une méta-analyse qui incluait 15 études cas-témoins. Une association statistiquement significative a été obtenue en combinant toutes les études (RC = 1,57; IC 95 % : 1,27 – 1,95), et ce, sans preuve de biais de publication. Une association statistiquement significative a été notée pour tous les types de leucémie, et ce, spécialement lorsque les expositions avaient eu lieu durant la grossesse, à l'intérieur des résidences et lors d'expositions prénatales aux insecticides, peu importe l'âge au moment du diagnostic.

Maladie de Hodgkin

Les données épidémiologiques concernant le lien entre pesticides et maladie de Hodgkin sont très peu nombreuses par rapport à celles d'autres pathologies comme les leucémies ou les LNH. En considérant les résultats de 4 méta-analyses et d'une cohorte prospective (AHS), l'Inserm (2013) a conclu à une présomption faible d'un lien entre l'exposition aux pesticides (sans distinction) et la maladie de Hodgkin chez les professionnels agricoles.

Cancer des testicules

Après avoir évalué les résultats de 2 méta-analyses et de plusieurs études de cohortes (AHS et plusieurs autres) et cas-témoins, l'Inserm (2013) a déterminé une faible présomption d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue du cancer des testicules chez les populations agricoles. Bien que quelques études (États-Unis, Royaume-Uni, Finlande) aient montré des excès de risque significatifs chez les applicateurs ou les sujets les plus exposés, la majorité des études de cohorte et cas-témoins n'a pas démontré d'association significative. Par ailleurs, les matières actives

(chlordane, DDT, bromure de méthyle) associées à ce type de cancer dans la littérature ne sont plus homologuées au Canada.

Tumeurs cérébrales (gliomes, méningiomes)

Comme le précise l'Inserm (2013), en raison de la faible incidence des tumeurs du système nerveux central, les études de cohorte existantes, dont celle de l'AHS, sont limitées en termes de puissance et n'ont pu mettre en évidence de manière claire un lien entre l'exposition aux pesticides et les tumeurs du système nerveux central. Quelques études cas-témoins ont mis en évidence des augmentations significatives du risque de tumeurs cérébrales, mais celles-ci n'étaient pas totalement comparables en raison des différences dans les types histologiques étudiés (gliomes ou méningiomes) et les contextes agricoles. L'Inserm a conclu à une faible présomption d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue du cancer des testicules chez les populations agricoles. Il n'est pas possible aujourd'hui de mettre en cause des matières actives précises ou des groupes de pesticides, bien que la cohorte de l'AHS ait indiqué un risque significatif chez les personnes ayant montré des expositions élevées au chlorpyrifos.

Van Maele-Fabry *et al.* (2013) ont effectué une revue de la littérature et une méta-analyse sur l'association entre l'exposition professionnelle aux pesticides des parents et la survenue de tumeurs cérébrales chez les enfants et les jeunes adultes. Des associations statistiquement significatives ont été observées entre l'exposition potentielle des parents dans le cadre de leur travail et la survenue de tumeurs au cerveau chez leur progéniture, et ce, tant dans les études cas-témoins groupées (RC groupés = 1,30; IC 95 % : 1,11 – 1,53) que pour les études de cohortes groupées (RR groupés = 1,53; IC 95 % : 1,20 – 1,95). Ces constats ont par ailleurs amené les auteurs à recommander la réduction de l'exposition professionnelle des parents aux pesticides.

Les mêmes auteurs (2017) ont aussi évalué l'exposition résidentielle aux pesticides comme facteur de risque de la survenue de tumeurs cérébrales chez la progéniture et les jeunes adultes à la suite de la réalisation d'une revue de la littérature et d'une méta-analyse. Ils ont démontré une association statistiquement significative (RC = 1,26; IC 95 % : 1,13 – 1,40) après avoir combiné toutes les études cas-témoins jugées de bonne qualité. Plus spécifiquement, des risques accrus ont été observés pour les gliomes et l'exposition aux insecticides.

Mélanome cutané

En se basant sur les données de deux méta-analyses et de plusieurs études de cohortes (AHS et autres) et cas-témoins, l'Inserm (2013) a aussi conclu à une faible présomption d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue du mélanome cutané chez les populations agricoles. Les excès de mélanomes cutanés observés dans ce milieu ont été associés essentiellement à l'exposition aux rayonnements ultraviolets (UV). Les méta-analyses consultées par l'Inserm étaient contradictoires en matière de risque. Il faut toutefois spécifier que les populations étudiées étaient très hétérogènes, avec des informations très sommaires sur les expositions professionnelles. Les études (sauf pour les études cas-témoins) ne prenaient souvent pas en compte les facteurs connus de risque de mélanomes cutanés. Un certain nombre d'études de cohortes (5 sur 23 répertoriées) ont cependant montré des excès de risque de mortalité significatifs, alors que d'autres (6 sur 19) montraient des excès de risque significatifs d'incidence au sein des populations agricoles et également chez des personnes sélectionnées pour leur exposition professionnelle aux pesticides (agriculteurs, jardiniers, vétérinaires, etc.). Par ailleurs, 2 des 4 études cas-témoins évaluées par l'Inserm (2013) ont révélé un excès de risque significatif. Selon la cohorte de l'AHS, les mélanomes cutanés pourraient être associés de manière significative à l'utilisation des insecticides carbaryl, parathion et toxaphène, ainsi qu'à certains fongicides dithiocarbamates (manèbe, mancozèbe).

Cancer de la vessie

En 2016, Liang *et al.* ont réalisé une méta-analyse visant à évaluer l'association entre l'exposition aux pesticides et le risque de survenue d'un cancer de la vessie. Les RC groupés indiqueraient une association statistiquement significative (RC = 1,65; IC 95 % : 1,22 – 2,22). Par ailleurs, des analyses plus spécifiques ont montré un risque accru en Amérique (RC = 1,74; IC 95 % : 1,27 – 2,39). De tels résultats ont été observés tant pour les études cas-témoins (RC = 2,07; IC 95 % : 1,18 – 3,64) que pour les études de cohortes (RC = 1,15; IC 95 % : 1,07 – 1,22), et aucune preuve de biais de publication n'a été observée.

Cancer chez l'enfant

L'Inserm (2013) note que les données épidémiologiques concernant le lien entre les pesticides et les cancers de l'enfant sont nombreuses et que celles-ci ont été rassemblées dans plusieurs méta-analyses. Sur la base de l'évaluation de ces études, l'Inserm rapporte que, dans le cas d'exposition professionnelle aux pesticides (sans distinction) pendant la grossesse, une forte présomption peut être retenue pour la leucémie et les tumeurs cérébrales. Par ailleurs, en ce qui a trait aux expositions résidentielles aux pesticides (sans distinction) pendant la grossesse ou chez l'enfant, une présomption similaire est notée pour la survenue de leucémie.

Conclusions des études retenues concernant les effets sur le système nerveux

Maladie de Parkinson

En se basant sur une méta-analyse de 2012, l'Inserm (2013) a conclu qu'il y avait une forte présomption d'un lien entre l'exposition aux pesticides (sans distinction; herbicides et insecticides) et la survenue de la maladie de Parkinson chez les utilisateurs professionnels et non professionnels de pesticides. Cet ouvrage considérait 39 études cas-témoins, 4 études de cohorte et 3 études transversales. La majorité des études (40) portait sur les pesticides (sans distinction), tandis que 15 traitaient aussi des herbicides, 15 des insecticides et 9 des fongicides. Par ailleurs, la plupart des études reposaient sur une méthode sommaire d'évaluation de l'exposition et ne considéraient que rarement les familles ou types de produits. Bien qu'obtenus avec des méthodologies assez variées, les résultats des études évaluées par l'Inserm (2013) étaient en faveur d'une association entre l'exposition aux pesticides et la maladie de Parkinson. Par contre, selon les auteurs du rapport, les méthodes d'évaluation de l'exposition les moins précises pourraient avoir conduit à une sous-estimation du risque.

Van Maele-Fabry *et al.* (2012) ont réalisé une revue systématique de la littérature et une méta-analyse de différentes études de cohorte afin d'évaluer le risque de survenue de la maladie de Parkinson lors de l'exposition professionnelle aux pesticides. Une augmentation statistiquement significative de l'incidence de la maladie de Parkinson a été observée lorsque toutes les études étaient combinées (RR = 1,28; IC 95 % : 1,03 – 1,59). Une grande hétérogénéité et des inconsistances ont été notées entre les études. Par ailleurs, les augmentations de risque les plus élevées ont été observées dans les études ayant présenté les meilleurs devis, à savoir celles dont les diagnostics ont été réalisés par un neurologue (RR = 2,56; IC 95 % : 1,46 – 4,48), les études de cohortes n'ayant présenté que les données d'incidence de la maladie (RR = 1,95; IC 95 % : 1,29 – 2,97) et les études prospectives (RR = 1,39; IC 95 % : 1,09 – 1,78).

Allen et Levy (2013) ont tiré des conclusions similaires à la suite de la réalisation d'une méta-analyse. Ils ont relevé une association significative entre l'exposition combinée professionnelle et/ou non professionnelle aux pesticides (RR = 1,42; IC 95 % : 1,32 – 1,52) et lors d'exposition professionnelle

(RR = 1,49; IC 95 % : 1,34 – 1,66). La majorité des études combinées dans cette méta-analyse a utilisé des devis cas-témoins, et seulement quelques études de cohorte ont été intégrées.

Ahmed *et al.* (2017) ont réalisé une autre méta-analyse avec 64 études cas-témoins sur l'association pesticides-maladie de Parkinson, mais en se préoccupant aussi des altérations génétiques. Les résultats combinés ont proposé une association significative entre l'exposition aux pesticides et la maladie de Parkinson (RC = 1,46; IC 95 % : 1,21 – 1,77), mais une hétérogénéité significative a été observée entre les études. Selon cette étude, l'exposition aux pesticides pourrait aussi augmenter les altérations de plusieurs gènes associés à la survenue de la maladie de Parkinson.

Dans l'étude de Gunnarsson et Bodin (2017), l'estimation du risque n'aurait pas été influencée par le devis des études considérées (cas-témoins, cohorte ou étude transversale) ou le sexe. Les risques étaient plus élevés en présence de certains facteurs héréditaires ou lorsque les sujets étaient âgés de moins de 60 ans. L'évaluation des risques basée sur 23 articles épidémiologiques de grande qualité scientifique montre un risque de survenue de la maladie de Parkinson augmenté de 50 % à la suite de l'exposition à des pesticides.

Yan *et al.* (2018) ont effectué une revue de la littérature incluant des études de cohorte et cas-témoins. Une association non linéaire significative a été observée entre la durée de l'exposition aux pesticides et le risque de survenue de la maladie de Parkinson. Les RC compilés pour des durées d'exposition de 5 et 10 ans ont été estimés à 1,05 (IC 95 % : 1,02 – 1,09) et à 1,11 (95 % IC : 1,05 – 1,18) respectivement. Les durées d'exposition de 5 et 10 ans ont été associées à une augmentation de 5 % et de 11 % du risque de survenue de la maladie de Parkinson.

Maladie d'Alzheimer

La moitié des études répertoriées par l'Inserm (2013) sur ce thème sont de type cas-témoins qui, compte tenu des troubles de la mémoire des sujets au moment de l'entretien, se sont appuyées sur des mesures indirectes de l'exposition. Des 5 études répertoriées, seule une étude canadienne a relevé une augmentation significative du risque de maladie d'Alzheimer lors d'exposition aux pesticides (RC = 2,17; IC 95 % : 1,25 – 3,70). L'Inserm a aussi évalué 3 cohortes prospectives réalisées à partir des années 2000 et qui disposaient de diagnostics cliniques de la maladie reposant sur des critères valides. Dans ces 3 études, des augmentations significatives du risque de maladie d'Alzheimer ont été mises en évidence chez les personnes exposées aux pesticides. Une étude canadienne a aussi montré un risque 4 fois plus important pour les utilisateurs de défoliants et de fumigants, alors que les 2 autres études ont montré un risque 2 fois plus important pour les utilisateurs de pesticides. Un excès de risque de 40 % à 50 % (significatif ou à la limite du seuil de significativité) a été montré dans une étude américaine pour les pesticides en général, les organophosphorés ou les organochlorés. Sur la base de 3 cohortes prospectives, l'Inserm (2013) a conclu à une présomption moyenne d'un lien entre l'exposition aux pesticides et la survenue de la maladie d'Alzheimer chez les agriculteurs.

Selon les résultats de Yan *et al.* (2016), qui ont effectué une revue de la littérature et une méta-analyse sur l'association entre l'exposition aux pesticides et la maladie d'Alzheimer, une association positive existerait effectivement entre les deux variables (RC = 1,34; IC 95 % : 1,08 – 1,67).

Troubles cognitifs

L'Inserm (2013) a évalué 4 cohortes prospectives réalisées sur plusieurs années et ayant permis d'étudier de manière longitudinale des effets cognitifs à plus long terme dans divers contextes agricoles. Trois d'entre elles (Pays-Bas, France, Nicaragua) ont mis en évidence des dégradations des performances cognitives chez les personnes exposées aux pesticides. Un excès de risque

significatif a aussi été rapporté dans une cohorte réalisée aux Pays-Bas. En contrepartie, les résultats de l'étude américaine (AHS) se sont révélés plutôt discordants selon le type d'altérations, les types d'organophosphorés ou les régions étudiées. Une première méta-analyse rassemblant la majorité des études de cohortes (applicateurs et agriculteurs) est venue confirmer une augmentation significative de certains déficits cognitifs (attention, capacités visuo-motrices, abstraction verbale, perception) chez les agriculteurs à la suite d'une exposition chronique aux pesticides. Certaines des études ayant quantifié les expositions indiquaient qu'une durée d'exposition d'au moins 10 ans semblait nécessaire pour voir apparaître les déficits et que les expositions les plus élevées s'accompagnaient d'une détérioration plus nette des performances.

En 2015, Meyer-Baron *et al.* ont réalisé une méta-analyse visant à documenter un lien potentiel entre l'exposition professionnelle aux pesticides et la survenue de certains problèmes neuro-comportementaux. Des effets significatifs ont été notés sur la performance cognitive et motrice des adultes. L'ampleur des effets était aussi concordante pour la mémoire et l'attention. La durée de l'exposition aurait aussi influencé les variables liées aux performances individuelles et à la performance totale des individus.

À la suite d'une revue systématique de la littérature portant sur les effets neuro-développementaux chez des enfants exposés à des insecticides organophosphorés, Muñoz-Quezada *et al.* (2013) ont noté que 26 des 27 études évaluées confirmaient des effets néfastes des pesticides sur le développement neuro-comportemental. Par ailleurs, des 12 études ayant évalué la relation dose-réponse, toutes sauf une ont montré une relation positive. De plus, les 10 études longitudinales ayant évalué l'exposition prénatale aux organophosphorés ont montré des déficits cognitifs en lien avec la mémoire chez les enfants de 7 ans. Des déficits comportementaux en lien avec l'attention ont aussi été observés chez les très jeunes enfants. Des déficits moteurs (réflexes anormaux) ont par ailleurs été notés principalement chez les nouveau-nés.

Ross *et al.* (2013) ont réalisé des travaux similaires concernant l'exposition à de faibles doses d'insecticides organophosphorés. La majorité des études avec un bon devis a indiqué une association significative entre de faibles expositions à ces pesticides et des fonctions neuro-comportementales réduites affectant la vitesse psychomotrice, les fonctions exécutives, l'habileté visuo-spatiale et la mémoire. La majorité des 16 études évaluées a mis au jour des troubles neuro-comportementaux à la suite de faibles expositions à long terme.

Gonzalez-Alzaga *et al.* (2014) ainsi que Hernandez *et al.* (2016) ont aussi rapporté des troubles neuro-développementaux chez les enfants d'âge préscolaire et scolaire lorsque ceux-ci étaient exposés aux organophosphorés avant la naissance. En contrepartie, les études de cohorte n'ont pu faire de telles associations lorsque les enfants étaient exposés après la naissance.

Conclusions des études retenues concernant les effets sur le développement, la fertilité et la reproduction

L'Inserm (2013) a rapporté qu'en milieu professionnel, de nombreuses études ont porté sur les risques d'une exposition aux pesticides non persistants pendant la grossesse, principalement chez des femmes travaillant en milieu agricole ou à l'entretien des jardins, en milieu horticole dans des serres, ou comme vétérinaires. Ces études ont mis en évidence une augmentation du risque de morts fœtales et de malformations congénitales. Deux méta-analyses, l'une sur les fentes orales, l'autre sur les hypospadias, montrent des excès de risque significatifs de 37 % et de 36 %, respectivement. En revanche, les atteintes de la croissance fœtale (poids de naissance ou durée de la grossesse) n'ont pu être mises en évidence, sauf dans le cas de susceptibilité génétique

particulière chez la mère. Par ailleurs, une altération de la motricité fine et de l'acuité visuelle chez les enfants de mères travaillant en horticulture a été soulevée dans des études conduites en Équateur. Dans la population générale, l'exposition à des pesticides non persistants en raison de la proximité du lieu de résidence avec des zones agricoles ou d'un usage domestique de pesticides a été associée à une augmentation du risque de malformations congénitales (cœur, paroi abdominale, membres) ou d'anomalies du tube neural. Sur la base des résultats d'une méta-analyse, l'Inserm (2013) a conclu à une présomption forte d'un lien entre l'exposition professionnelle aux pesticides (sans distinction) pendant la grossesse et la survenue de malformations congénitales. Elle a aussi noté une présomption moyenne en ce qui concerne les risques de morts fœtales à la suite de l'évaluation des résultats de plusieurs études de cohortes et cas-témoins. Sur la base des mêmes études, l'Inserm a estimé une présomption moyenne de malformations congénitales à la suite des expositions aux pesticides au domicile (proximité, usages domestiques).

Plusieurs études ont permis d'impliquer certaines familles ou matières actives de pesticides avec des troubles de la grossesse et du développement. Il s'agit notamment des organochlorés (HCB [hexachlorobenzène], chlordécone), des organophosphorés (chlorpyrifos, malathion, méthyl parathion), des triazines (atrazine) et des carbamates (propoxur).

Spinder *et al.* (2019) ont évalué 2 cohortes et 26 études cas-témoins de façon à documenter le risque d'anomalies congénitales chez la progéniture à la suite de l'exposition professionnelle de la mère. Dans cette méta-analyse, l'exposition des mères a été évaluée par des experts du domaine. Les auteurs n'ont toutefois trouvé aucune association significative entre l'exposition aux pesticides et des anomalies congénitales (anomalies du tube neural, anomalies cardiaques, fentes labiales et palatines).

Kalliora *et al.* (2018) notent pour leur part que l'association entre les anomalies congénitales et l'exposition aux pesticides n'est pas très claire même si une tendance suggère un lien positif avec les anomalies musculo-squelettiques, cardiovasculaires et les anomalies du tube neural. Toutefois, selon les auteurs, aucune conclusion ferme ne se dessine en ce qui a trait à ces associations.

En matière de fertilité et de fécondabilité, les pesticides toxiques pour la reproduction pouvant provoquer des perturbations endocriniennes ont retenu fortement l'attention comme hypothèse explicative, au moins partielle, du déclin séculaire de la qualité séminale observé au cours de la seconde moitié du XX^e siècle. En considérant l'analyse de nombreuses études transversales, l'Inserm (2013) a mis en évidence une présomption moyenne d'un lien entre l'exposition aux pesticides (sans distinction) et la survenue de paramètres séminaux inférieurs aux normes de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), de l'infertilité et d'une faible fécondabilité. Parmi les produits mis en lien avec des atteintes spermatiques, on retrouve des organochlorés, des organophosphorés, des pyrèthrinoides, des hydrocarbures aliphatiques ou bromés et des carbamates.

Martenies et Perry (2013) ont effectué une revue systématique sur le lien entre l'exposition environnementale et professionnelle aux pesticides et des changements de paramètres du sperme humain. Une majorité des études évaluées a montré une association significative. La diminution de la concentration du sperme s'est avérée l'effet le plus significatif parmi toutes les classes de pesticides investiguées. Une diminution de la mobilité des spermatozoïdes a aussi été associée à l'exposition à ces produits, mais à un moindre niveau. Par ailleurs, l'association avec un changement morphologique du sperme était moins claire du fait que seulement 2 études ont rapporté une telle association.

Conclusions des études retenues concernant la sclérose latérale amyotrophique

L'Inserm (2013) a rapporté que 2 méta-analyses ont trouvé une association entre l'exposition aux pesticides et la sclérose latérale amyotrophique (SLA). L'une d'entre elles estimait un excès de risque significatif de 80 % (homme et femmes confondus), tandis que l'autre rapportait un excès de risque de 88 % (significatif) chez les hommes et de 31 % (non significatif) chez les femmes. Selon l'Inserm, les résultats individuels des études sont peu concordants. Sur 10 études cas-témoins répertoriées, une seule met en évidence une association significative chez les hommes exposés. Sur les 3 études de cohorte rapportées par l'Inserm, une d'entre elles a montré une association significative chez des travailleurs d'une usine produisant l'herbicide 2,4-D, mais ce, à partir de seulement 3 cas de SLA. Les autres études n'ont pas révélé d'association significative entre la SLA et l'exposition aux pesticides, même si une augmentation du risque non significative a été notée pour des expositions prolongées ou certaines catégories ou familles de pesticides.

Conclusions des études retenues concernant les troubles anxio-dépressifs

Selon l'Inserm (2013), plusieurs travaux menés dans différents pays ont mis en évidence des taux de dépression et de suicide plus élevés dans la population agricole que dans la population générale. Malgré plusieurs limites méthodologiques, l'ensemble des résultats converge vers une plus grande fréquence de troubles anxieux et dépressifs chez les personnes exposées, aussi bien dans les cas d'exposition aiguë que chronique aux pesticides. Ces effets semblent avoir été observés surtout lorsque qu'un épisode d'intoxication aiguë ou une exposition majeure avaient été signalés, en particulier ceux causés par des insecticides organophosphoré. Comme précisé par l'Inserm, les études portant sur le lien entre les troubles anxio-dépressifs et l'exposition aux pesticides se voient confrontées à la difficulté de disposer d'outils de mesure des troubles à l'échelle de populations suffisamment larges, et à celle de reconstituer les expositions aiguës aussi bien que chroniques.

L'étude du lien entre pesticides et suicide est encore plus complexe. Plusieurs études ont suggéré un tel lien, mais sans qu'il ait été possible de distinguer le rôle spécifique des pesticides de celui d'autres facteurs présents en milieu agricole.

Annexe 2

**Limites du processus d'homologation des pesticides :
l'exemple du glyphosate**

Les incertitudes liées aux spécificités du processus d'homologation peuvent être illustrées par le cas du produit commercial Roundup © et de sa matière active, le glyphosate. La présentation de cet exemple ne vise pas à conclure au potentiel cancérigène du produit ou à dénouer la polémique créée au cours des dernières années quant aux risques sanitaires de l'utilisation extrêmement répandue de l'herbicide. L'idée est davantage de démontrer comment il peut être difficile de statuer sur les risques d'un pesticide uniquement à partir des données produites dans le cadre de l'homologation.

Selon les évaluations faites par la majorité des organisations responsables de l'homologation dans les pays industrialisés, le glyphosate ne serait pas cancérigène (EFSA, 2015; Santé Canada, 2017; U.S. EPA, 2017). Par ailleurs, selon les résultats des différentes études expérimentales, le glyphosate et son principal métabolite (AMPA) ne présenteraient pas de potentiel toxique significatif pour la reproduction et le développement, car les principaux effets ont généralement été observés à des doses toxiques pour les mères. Selon les données de l'homologation, le glyphosate de qualité technique s'est aussi avéré négatif lors d'une multitude de tests de mutation génique (*in vitro*), de modification chromosomique (*in vitro*) et de dommages à l'ADN (*in vivo* et *in vitro*). Toujours selon ces évaluations, le polyoxyéthylène amine (POEA), un surfactant utilisé dans la formulation commerciale, serait classé dans la liste no 3 des ingrédients inertes de la U.S. EPA (produits jugés non prioritaires en termes d'action réglementaire parce que les données de toxicité ou l'évaluation de leurs structures chimiques n'entretenaient pas d'inquiétude quant à la toxicité ou aux risques d'utilisation des produits).

En raison de son utilisation très répandue, découlant du développement de cultures transgéniques comme le maïs et le soya résistants au Roundup ©, ce produit commercial et le glyphosate ont fait l'objet de nombreuses études indépendantes au cours des dernières années. Sur la base de plusieurs de ces études, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le glyphosate comme cancérigène probable pour les humains en 2015 (CIRC, 2015, 2017). Dans le cadre de son évaluation, le CIRC a principalement considéré des études indépendantes revues par les pairs et traitant du produit commercial en plus de la matière active. Plus récemment, une méta-analyse est venue soutenir la décision du CIRC par l'inclusion de nouvelles données relatives à des catégories de personnes davantage exposées, comme les travailleurs agricoles (Zhang *et al.*, 2019). Or, la majorité de ces études indépendantes n'a pas été considérée lors de la ré-homologation du glyphosate par Santé Canada ou par les autres organisations responsables de l'homologation, tant en Amérique qu'en Europe.

Certains auteurs ont tenté d'expliquer pourquoi de telles différences pouvaient être observées dans les conclusions rapportées par ces organisations. Par exemple, Benbrook (2019) a noté que, pour évaluer le potentiel génotoxique du glyphosate, la U.S. EPA avait principalement retenu des études non publiées réalisées par le requérant de l'homologation (99 % négatives), alors que le CIRC avait principalement retenu des études publiées et évaluées par les pairs (70 % positives). L'auteur a par ailleurs indiqué que les études considérées par la U.S. EPA concernaient principalement le glyphosate technique alors que celles évaluées par le CIRC prenaient aussi en compte les données sur les formulations à base de glyphosate et celles sur le métabolite AMPA. Par ailleurs, l'auteur a spécifié que, contrairement au CIRC, la U.S. EPA avait peu considéré les groupes plus exposés, tels que les travailleurs agricoles. De plus, des études indépendantes portant sur d'autres effets potentiels à la santé auraient été peu considérées dans l'évaluation de la U.S. EPA. Parmi celles-ci se retrouvent des études sur la reproduction et le développement, dont la tératogénicité et les malformations congénitales (Dallegrave *et al.*, 2003; Paganelli *et al.*, 2010), les effets embryotoxiques (Gasnier *et al.*, 2009) ou les fonctions reproductives (Romano *et al.*, 2010; McQueen *et al.*, 2012). Certaines études indépendantes ont aussi rapporté des perturbations endocriniennes causées par le

glyphosate (Gasnier *et al.*, 2009 ; Marc *et al.*, 2005; McQueen *et al.*, 2012; Richard *et al.*, 2005; Thongprakaisang *et al.* 2013).

Plusieurs auteurs proposent l'argument voulant que le CIRC évalue le danger des produits phytosanitaires plutôt que le risque de ces produits. Cependant, l'évaluation des dangers sur la base des données les plus probantes est à la base même d'une bonne évaluation des risques, ce qui suppose qu'on doive utiliser toutes les données probantes.

www.inspq.qc.ca