

INTERVENTION-CONSEIL EN PHYTOPROTECTION

Cahier de formation

Octobre 2015



Ce projet a été réalisé en vertu du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1, et bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec en soutien de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture



Ce cahier de formation appartient à				
Nº téléphone				

Dans le cadre de la politique de formation continue de l'Ordre des agronomes du Québec, la session de formation « Intervention-conseil en phytoprotection » représente une activité de formation continue. En tant que participant(e) à cette session, vous pouvez déclarer 21 h de formation continue accréditée dans la catégorie A.

Veuillez conserver cette page dans votre registre d'activités de formation continue.



RAISON D'ÊTRE: PROTECTION DU PUBLIC

La raison d'être de l'Ordre des agronomes du Québec (Ordre) est de protéger le public en matière d'exercice de la profession d'agronome, tel que défini par la *Loi sur les agronomes* et conformément au *Code des professions du Québec*. À cette fin, l'Ordre appuie ses membres dans le développement de leurs compétences et vérifie leur professionnalisme.

MISSION: COMPÉTENCE DES AGRONOMES

L'Ordre encadre et soutient ses membres dans leur pratique et favorise le rayonnement de la profession. Engagés à adopter les meilleures pratiques, les membres contribuent au bien-être de la population et à la pérennité du patrimoine agricole et agroalimentaire. La finalité est d'obtenir, de façon efficiente, des produits sains, fiables et utiles pour la société.

TABLE DES MATIÈRES

THEME 1 LES OBLIGATIONS PROFESSIONNELLES ET LE CADRE REGLEMENTAIRE DES PESTICIDES	1
INTRODUCTION	2
1. LES OBLIGATIONS PROFESSIONNELLES ET LE CADRE RÉGLEMENTAIRE DES PESTICIDES .	3
1.1. Réglementation fédérale	3
1.1.1. Loi sur les produits antiparasitaires (LPA)	4
1.1.1.1. Règlement sur les produits antiparasitaires	5
1.1.1.1.1 Classification fédérale des pesticides	5
1.1.1.1.2. Éléments exigés sur l'étiquette d'un pesticide	
1.1.1.1.3. Programme d'extension du profil d'emploi pour usages limités	
1.1.1.1.4. Homologation dans les situations d'urgence	
1.1.2. Loi sur les aliments et les drogues	
1.1.3. Loi sur la protection des végétaux	
1.2. Réglementation provinciale	
1.2.1. Loi sur les pesticides	
1.2.1.1. Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides	
1.2.1.1.1. Classification provinciale des pesticides	9
1.2.1.2. Code de gestion des pesticides	
1.2.2. Loi sur la qualité de l'environnement (LQE)	17
1.2.3. Loi sur la protection sanitaire des cultures	
1.3. Réglementation municipale	18
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ELECTRONIQUES	20
THÈME 2 LES PESTICIDES ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT	22
OBJECTIF DU THÈME 2	
INTRODUCTION	
LES PESTICIDES ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT 2.1. Chimie environnementale des pesticides	
Chimie environnementale des pesticides	
2.1.2. La polarité des pesticides: solubilité à l'eau et caractère hydrophobe	
2.1.2. La polarite des pesticides. solubilité à reau et caractère hydrophobe	∠≿ 21
2.1.4. L'adsorption des pesticides	
2.1.4.1. L'influence du pesticide et de la surface sur l'adsorption	32
2.1.4.2. Quantification de l'adsorption des pesticides par les sols	34
2.1.5. La dégradation des pesticides	35
2.1.5.1. Les types de réactions	
2.1.5.2. L'évaluation de la dégradation des pesticides	36
2.2. Gestion des risques environnementaux	
2.2.1. Les sources de contamination par les pesticides	
2.2.2. Les différents compartiments environnementaux	
2.2.2.1. Le transport des pesticides par ruissellement et érosion	
2.2.2.2. Le lessivage des pesticides et le mouvement préférentiel	
2.2.3. La persistance des pesticides dans l'environnement	
2.2.4. Les facteurs affectant le devenir des pesticides dans l'environnement	
2.2.4.1. Les conditions climatiques	42
2.2.4.2. Les conditions du sol	42
2.2.4.3. L'utilisation des pesticides	42
2.2.4.4. Les facteurs reliés à la régie de culture	46
2.2.5. La faune et les pesticides	
2.2.5.1. Bioaccumulation et bioamplification	
2.2.5.2. Les effets sublétaux des pesticides sur les organismes vivants	
2.2.5.3. La protection des abeilles	
CONCLUSION	53
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES	54

THÈME 3 LES PESTICIDES ET LA SANTÉ DES INTERVENANTS EN AGRICULTURE	55
OBJECTIF DU THÈME 3	56
INTRODUCTION	
3. LES PESTICIDES ET LA SANTÉ DES INTERVENANTS EN AGRICULTURE	57
3.1. La notion de risque	57
3.2.1. Toxicité aiguë	58
3.2.1.1. La relation dose-réponse	
3.2.1.2. Les effets dermatologiques	
3.2.1.3. Le caractère non spécifique des symptômes	
3.2.1.4. Certains facteurs qui influencent l'intoxication et la sévérité des symptômes	
3.2.1.5. Les statistiques des appels pour intoxications au Québec	
3.2.2. Toxicité chronique ou effets à long terme	
3.2.2.1. Des effets parfois difficiles à préciser	
3.2.2.2. Les incertitudes liées aux expositions à faibles doses et aux expositions multiples 3.2.2.3. Les effets cancérigènes	
3.2.2.3. Les effets cancérigènes	
3.2.2.5. Les effets sur la reproduction et le développement	
3.2.2.6. Les effets sur les systèmes immunitaire et endocrinien	
3.2.2.7. Les effets neurologiques	
3.3. Les voies d'exposition aux pesticides	
3.3.1. La voie cutanée	65
3.3.2. La voie respiratoire	
3.3.3. La voie orale	
3.4. L'utilisation sécuritaire des pesticides et les principales mesures préventives	67
3.4.1. Le contrôle à la source	
3.4.2. Vers une démarche d'utilisation sécuritaire des pesticides	
3.4.3. Les équipements de protection individuelle	68
3.4.3.1. La protection de la voie cutanée	69
3.4.3.2. La protection de la voie respiratoire	
3.4.3.3. La protection de la voie orale	
3.4.4. Les délais de réentrée	
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES	73
THÈME 4 CARACTÉRISTIQUES DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES	75
OBJECTIF DU THÈME 4	
INTRODUCTION4. CARACTÉRISTIQUES DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES	
4.1. Définitions d'un pesticide	
4.1.2. Noms des pesticides	
4.1.2. Noms des pesticides	
4.2.1. Cible visée	
4.2.2. Site ou mode d'action et groupes de gestion de la résistance	
4.2.3. Type d'activité	
4.2.3.1. Mobilité d'un pesticide de contact ou systémique	
4.2.3.2. Voies d'entrée d'un insecticide : toucher, ingestion et inhalation	
4.2.4. Nature des pesticides : deux grandes catégories	
4.2.4.1. Pesticides chimiques	
4.2.4.2. Biopesticides	
4.3. Notions et vocabulaire liés aux pesticides	
4.3.1. Résistance	
4.3.2. Rémanence et persistance	87
4.3.3. Sélectivité	
4.3.4. Répression et suppression	
4.4. Préparations commerciales	89
4.4.1. Les constituants d'une préparation commerciale	
4.4.2. Solution, émulsion et suspension	
4.4.3. Les types de préparations commerciales	91
4.4.3.1. Description des types de préparations commerciales liquides	
4.4.3.2. Description des types de préparations commerciales solides	
4.5. Adjuvants	95

4.5.1. Les activateurs ou modificateurs de bouillie	96
4.5.1.1. Les surfactants	
4.5.1.3. Les huiles ou concentrés d'huiles	
4.6. Les modificateurs d'utilité générale	
4.6.1. Les solutions tampons	
4.6.2. Les agents antimousse	
4.6.3. Les agents de compatibilité	
4.6.4. Les agents antidérive	
4.7. Mélanges de pesticides et compatibilité	99
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES	101
THÈME 5 LUTTE INTÉGRÉE AUX ENNEMIS DES CULTURES	102
OBJECTIF DU THÈME 5	104
INTRODUCTION	104
5. LUTTE INTÉGRÉE AUX ENNEMIS DES CULTURES	105
5.1. Les cinq étapes de la gestion intégrée des ennemis des cultures	105
5.1.1. Les connaissances nécessaires (étape 1)	
5.1.2. La prévention – méthodes indirectes (étape 2)	
5.1.2.1. Cultivars résistants ou tolérants	
5.1.2.2. Les pratiques culturales	
5.1.2.3. Aménagement des parcelles	
5.1.3. Suivi des champs (étape 3)	112
5.1.4. Intervention – combinaison de méthodes directes (étape 4)	
5.1.5. Évaluation et rétroaction (étape 5)	114
THÈME 6 DIAGNOSTIQUER LES PROBLÈMES PHYTOSANITAIRES DANS LES CHAMPS OBJECTIF DU THÈME 6 INTRODUCTION	119
6. DIAGNOSTIQUER LES PROBLÈMES PHYTOSANITAIRES DANS LES CHAMPS	
6.1. Étape 1 : Renseignements préalables sur le champ	
6.2. Étape 2 : Observations au champ	
, mp	
6.4. Étape 4 : Consultation de références et d'experts	
6.5. Étape 5 : Diagnostic final et recommandations	132
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES	
ANNEXE 1	
Patrons de distribution des plants affectés à l'échelle du champ	
ANNEXE 2	
Symptômes sur les plants	138
ANNEXE 3	142
Glossaire	
FORMATIF: TESTEZ VOS CONNAISSANCES!	143
THÈME 7 L'ÉTIQUETTE ET LA FICHE SIGNALÉTIQUE	147
OBJECTIF DU THÈME 7	148
INTRODUCTION	148
7. L'ÉTIQUETTE ET LA FICHE SIGNALÉTIQUE	149
7.1. L'étiquette	
7.1.1. Description du produit	
7.1.2. Consignes de sécurité	
7.1.2. Consignes de securite	
7.1.4. Doses d'application	
7.2. La fiche signalétiqueRÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES	152
KELEKEINGES RIBLIOGKALLIONES ET EFEGTKONIONES	153

THÈME 8 RECOMMANDATIONS EN PHYTOPROTECTION	154
OBJECTIF DU THÈME 8	155
INTRODUCTION	155
8. RECOMMANDATIONS EN PHYTOPROTECTION	
8.1. Éléments incontournables d'un programme en phytoprotection à la ferme	156
8.1.1.1. Objectifs du producteur	156
8.1.1.2. Aspects réglementaires	156
8.1.1.3. Équipements et installations	157
8.1.2. Plan d'intervention	157
8.1.3. Diagnostic des problèmes phytosanitaires	158
8.1.4. Recommandation ponctuelle en phytoprotection	158
8.1.5. Registre des actions ou applications	158
8.1.6. Après l'intervention	
ANNEXE 1	159

THÈME 1

Les obligations professionnelles et le cadre réglementaire des pesticides

Par

Raymond Leblanc, agronome, M. Env., conseiller en pratique professionnelle, OAQ et Louise Thériault, agronome, consultante

OBJECTIF DU THÈME 1

Ce chapitre vous permettra d'être en mesure d'expliquer et d'appliquer la réglementation sur les pesticides lors de l'élaboration d'un programme de phytoprotection.

INTRODUCTION

Tout comme l'humain ou l'animal qui a bien du mal à se passer de médicaments pour contrer certaines maladies, la production végétale telle que notre agriculture moderne la pratique, a besoin des pesticides pour atteindre le degré de performance attendu. Même la production biologique n'y échappe pas et ceux qui la pratiquent ont recours à une gamme de plus en plus vaste de produits phytosanitaires, pour obtenir un contrôle optimal des ennemis des cultures. Ainsi, la réglementation encadre l'utilisation des pesticides afin d'assurer avant tout la protection de la santé humaine et de l'environnement.

Le contrôle des pesticides est à compétence partagée entre le gouvernement fédéral, le provincial et le palier municipal. Le gouvernement fédéral contrôle notamment l'homologation, la mise en marché et l'étiquetage des pesticides. Le gouvernement provincial réglemente la vente, l'utilisation, l'entreposage, le transport et l'élimination des pesticides homologués. Les municipalités ont également la possibilité d'adopter des règlements qui encadrent davantage l'utilisation des pesticides, principalement en milieu urbain. La protection des cultures dans un sens plus large, par exemple à ce qui a trait à certains organismes nuisibles, est aussi soumise à des lois et à des règlements.

Bien que ce texte se veuille un résumé des principaux points de la réglementation régissant actuellement la protection des cultures, il est important de faire une mise à jour régulière de cette information. En effet, des changements aux lois, règlements et directives surviennent périodiquement et influenceront vos recommandations et autres activités professionnelles en phytoprotection. À cet effet, vous pouvez consulter les différents sites des ministères et organisations impliqués dans la réglementation de la lutte antiparasitaire. En outre, les textes de loi ont toujours préséance et le présent document ne remplace d'aucune façon les textes officiels.

1. LES OBLIGATIONS PROFESSIONNELLES ET LE CADRE RÉGLEMENTAIRE DES PESTICIDES

La raison d'être d'un ordre professionnel est la protection du public. L'Ordre des agronomes du Québec (OAQ) assure cette protection notamment à travers la loi qui le constitue et évidemment à travers le code de déontologie qui encadre ses membres. L'article 24 de la *Loi sur les agronomes* vient établir que les actes posés dans le domaine de la phytoprotection sont des actes agronomiques en précisant que : « Constitue l'exercice de la profession d'agronome tout acte posé [...] qui a pour objet de communiquer, de vulgariser ou d'expérimenter les principes, les lois et les procédés, soit de la culture des plantes agricoles... ».

Par ailleurs, l'article 28 de la *Loi sur les agronomes* vient préciser, à part quelques exceptions, que les actes agronomiques doivent être posés par des agronomes ou des techniciens ou technologistes agricoles qui travaillent sous la surveillance d'un agronome. Qu'il pose directement ou indirectement des actes agronomiques dans le domaine de la phytoprotection, l'agronome sera bien entendu tenu de respecter l'entièreté de son code de déontologie. Rappelons cependant ici les principales règles qui s'appliquent en la matière. L'agronome doit en vertu de l'article 8 du Code « tenir compte des limites de ses connaissances, de ses compétences et des moyens dont il dispose ». De plus, l'article 5 lui commande « d'exercer sa profession en tenant compte des normes de pratique généralement reconnues et en respectant les règles de l'art. Il doit prendre les moyens pour maintenir à jour ses connaissances et ses compétences».

L'agronome devra en vertu de l'article 16 du Code poser un diagnostic complet, car il doit « s'abstenir d'exprimer des avis ou de donner des conseils contradictoires ou incomplets ». À cette fin, il doit chercher à avoir une connaissance complète des faits avant de donner un avis ou un conseil». Dans le domaine de la phytoprotection, il importe de rappeler que l'article 6 du Code de déontologie édicte que « l'agronome doit tenir compte de l'ensemble des conséquences prévisibles que peuvent avoir ses activités professionnelles sur la société ». Il faudra donc être particulièrement vigilant quant aux produits phytosanitaires utilisés et aux risques associés à ces derniers.

Soulignons que la surveillance des techniciens ou des technologistes doit être faite avec rigueur. L'article 20 du Code stipule « ...qu'il faut former ces personnes, les superviser, réviser leur travail et s'assurer qu'elles respectent les dispositions de la Loi et des règlements applicables aux membres de l'Ordre ». Ce travail ne peut donc pas être fait avec complaisance ou laxisme. L'article 66 du Code édicte d'ailleurs que « l'agronome ne peut apposer sa signature ou son sceau sur des avis, conseils, recommandations ou tout autre document dont il n'a pas assumé la direction, la surveillance et la responsabilité ». L'OAQ incite ses membres à consulter la *Politique générale de surveillance des actes agronomiques*.

1.1. Réglementation fédérale

Santé Canada, par l'entremise de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) et de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), est le principal ministère fédéral qui applique la réglementation relative aux pesticides. Cette réglementation vise à s'assurer que les risques posés par les pesticides pour la santé humaine et l'environnement sont acceptables.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), quant à elle, vise entre autres à assurer la protection de la vie végétale en empêchant l'importation, l'exportation et la propagation de parasites au Canada. L'ACIA a aussi pour mission de s'assurer que les aliments importés au Canada respectent les limites maximales des résidus de pesticide. Même si depuis octobre 2013, l'ACIA relève de Santé Canada plutôt que d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, c'est ce dernier ministère qui continue d'appliquer la réglementation relative à la protection des végétaux.

1.1.1. Loi sur les produits antiparasitaires (LPA)

Seuls les pesticides qui sont homologués conformément à la Loi visant à protéger la santé et la sécurité humaines et l'environnement en réglementant les produits utilisés pour la lutte antiparasitaire (L.C. 2002, ch. 28), mieux connue sous son titre abrégé de Loi sur les produits antiparasitaires (LPA), peuvent être importés, vendus ou utilisés au Canada. La LPA, dont la dernière modification remonte à 2006, est administrée par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA). L'objectif premier de cette loi est de prévenir les risques inacceptables pour les personnes et l'environnement que présente l'utilisation des produits antiparasitaires.

Les principales dispositions de la LPA peuvent se résumer comme suit :

- 1. Il est interdit de fabriquer, d'emmagasiner, de présenter, de distribuer ou d'utiliser un produit antiparasitaire dans des conditions dangereuses. Ceci comprend l'interdiction d'utiliser un pesticide d'une manière qui ne correspond pas strictement au mode d'emploi figurant sur l'étiquette.
- 2. Il est interdit d'emballer, d'étiqueter ou d'annoncer un produit antiparasitaire d'une manière qui est fausse, trompeuse ou qui est susceptible de créer une impression erronée en ce qui concerne sa nature, sa valeur, sa quantité, sa composition, ses avantages et son innocuité.
- 3. Il est interdit d'importer ou de vendre au Canada un produit antiparasitaire à moins qu'il n'ait été enregistré comme prescrit, ne soit conforme aux normes prescrites et ne soit empaqueté et étiqueté comme prescrit.
- 4. Des inspecteurs sont nommés et ont pleins pouvoirs aux fins d'application de la loi. Lors des inspections, il faut prêter assistance à l'inspecteur dans l'exercice de ses fonctions.
- 5. Des infractions et peines sont prévues pour les contrevenants, pouvant aller jusqu'à un emprisonnement de deux ans.
- 6. La fixation des limites maximales de résidus lors de l'homologation d'un produit antiparasitaire.

La décision d'homologuer ou non un pesticide est basée sur une évaluation scientifique visant à déterminer sa sécurité, son efficacité et sa valeur. Les compagnies qui désirent vendre un produit antiparasitaire au Canada doivent présenter l'information détaillée et les données pertinentes à l'ARLA qui évaluera le tout. Quand un pesticide est homologué, on lui attribue un numéro LPA, lequel apparaît sur l'étiquette du pesticide. Une fois homologués, les pesticides sont réévalués au moins une fois par 15 ans dans le cadre du Programme de réévaluation, afin de s'assurer qu'ils continuent de respecter les plus récentes normes de protection en matière de santé et d'environnement.

Quelque 6 800 produits antiparasitaires, contenant un ou plusieurs des 550 ingrédients actifs homologués, sont commercialisés au Canada. Il est possible de consulter les étiquettes de ces produits en utilisant l'outil « Recherche dans les étiquettes de pesticides », créé et mis à jour par l'ARLA. On peut faire notamment des recherches à partir du nom de la matière active, du nom ou du numéro d'homologation du produit.

En vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires*, l'utilisation de tout pesticide non homologué ou l'usage d'un pesticide de manière non conforme aux indications contenues sur l'étiquette ou à une fin autre que celle pour laquelle il a été homologué est illégale.

1.1.1.1. Règlement sur les produits antiparasitaires

Plusieurs règlements découlent de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. Le *Règlement sur les produits antiparasitaires* (DORS/2006-124) spécifie les conditions d'homologation. Il détermine entre autres des normes concernant la désignation des catégories de produits, leur étiquetage, la période de validité et les exemptions touchant les homologations d'urgence et les usages limités.

1.1.1.1.1. Classification fédérale des pesticides

L'ARLA désigne les produits antiparasitaires en quatre catégories distinctes, en se basant sur leur utilisation :

a) Produits à usage domestique

Ces pesticides sont destinés à être principalement distribués au grand public pour usage personnel dans des lieux d'habitation et autour de ceux-ci. Ils sont conçus de manière à présenter une toxicité faible et un risque minimal pour les gens et l'environnement lorsqu'ils sont utilisés suivant les directives de l'étiquette. Généralement, on peut manipuler ces produits de façon sûre sans avoir besoin de vêtements protecteurs ou d'une formation spéciale, à condition de respecter les précautions mentionnées sur l'étiquette du produit.

b) Produits commerciaux

Les pesticides commerciaux sont destinés à être distribués pour usage dans le cadre des activités commerciales précisées sur l'étiquette. Les activités agricoles ou industrielles en font partie. Leurs utilisateurs devraient être plus avertis des techniques éprouvées de manipulation et mieux équipés que les utilisateurs privés. Par conséquent, ces pesticides ont une plus grande toxicité ou présentent des risques plus élevés pour l'environnement que ceux de la catégorie domestique.

c) Produits à usage restreint

Ces pesticides sont des produits d'utilisation commerciale, présentant des risques sanitaires ou environnementaux. Ils font l'objet de certaines restrictions quant à la présentation, à la distribution ou aux limites d'emploi du produit, ou aux qualifications des utilisateurs. Dans chaque cas, ces restrictions sont mentionnées sur l'étiquette. Cette catégorie constitue un avertissement pour l'acheteur et l'utilisateur. Elle sert à souligner la nécessité de précautions inhabituelles à prendre pour éviter toute atteinte à la santé ou à la qualité de l'environnement lors de la manipulation ou de l'application du pesticide.

d) Produits de fabrication

Ces produits sont destinés à être utilisés seulement dans la fabrication d'un produit antiparasitaire ou d'un produit réglementé par la *Loi sur les engrais* ou la *Loi relative aux aliments du bétail* et leur règlement. Il s'agit de concentrés de fabrication et d'ingrédients actifs de qualité technique dont la vente et l'utilisation sont limitées à des personnes ou à des opérateurs qui ont été formés à cette fin.

1.1.1.1.2. Éléments exigés sur l'étiquette d'un pesticide

Pour assurer la sécurité des personnes exposées directement ou indirectement aux pesticides, l'ARLA a établi des règles sur la présentation et le contenu de l'information qui doit apparaître sur les étiquettes. L'utilisateur a donc accès facilement et rapidement à toute l'information qui peut lui être nécessaire pour l'application des pesticides.

Tout contenant de pesticide doit porter une étiquette qui donne des renseignements importants pour assurer l'utilisation sûre et efficace du produit antiparasitaire. L'étiquette d'un pesticide homologué est composée de deux parties : une aire principale d'affichage (face avant du contenant de pesticide) et une aire d'affichage secondaire (face arrière du contenant ou feuillet). Le Règlement sur les produits antiparasitaires détermine les renseignements que doit comporter chacune de ces deux aires d'affichage.

De plus, la note réglementaire « REG2001-05, Énoncé de l'étiquette sur les concentrations de résidus » ainsi que les directives « DIR96-04, Épandage aérien de pesticides », « DIR2006-02, Politique sur les produits de formulation et document d'orientation sur sa mise en œuvre » et « DIR99-06, Étiquetage en vue de la gestion de la résistance aux pesticides, compte tenu du site ou du mode d'action des pesticides » énoncent les éléments supplémentaires requis sur l'étiquette des produits. Référez-vous au thème concerné de ce cours pour une vision d'ensemble et afin d'obtenir plus d'information sur le contenu des étiquettes.

On ne le répétera jamais assez : lisez attentivement l'étiquette des produits et suivez les instructions qui y sont indiquées. L'étiquette est un document légal. Malheureusement, certains producteurs se font poursuivre en vertu des dispositions de la *Loi sur les produits antiparasitaires* ou perdent des récoltes pour ne pas avoir respecté les directives d'une étiquette ou avoir utilisé des produits non homologués.

1.1.1.1.3. Programme d'extension du profil d'emploi pour usages limités

Le Programme d'extension du profil d'emploi pour usages limités permet à des groupes d'utilisateurs (PEPUDU) de demander l'ajout d'usages sur de nouvelles cultures à un pesticide déjà homologué au Canada. Ce processus est utilisé lorsque les volumes de ventes attendus pour ces nouveaux usages ne sont pas suffisants pour justifier (d'un point de vue économique) que le titulaire s'engage de lui-même dans la réalisation des recherches requises pour supporter la nouvelle homologation.

Le Règlement sur les produits antiparasitaires définit ainsi un usage limité comme : s'entend de toute utilisation d'un produit antiparasitaire dont le besoin est précisé par un producteur ou un groupe de producteurs et qui est destiné à lutter contre un parasite ciblé lié à un organisme hôte particulier, pourvu que l'utilisation soit à la fois : a) à des fins agricoles; b) appuyée par un organisme public agricole provincial ou fédéral; c) étayée par les données sur les résidus dans la culture ou sur les résidus foliaires à faible adhérence.

Les provinces canadiennes disposent d'un coordonnateur qui représente les intérêts des utilisateurs concernant l'homologation des pesticides. Au Québec, le coordonnateur provincial pour les pesticides à usage limité est basé à la Direction de la phytoprotection du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). La personne ou le groupe d'utilisateurs qui veut bénéficier du PEPUDU doit communiquer avec lui. Ce dernier ajoutera la nouvelle utilisation demandée à la Liste des besoins nationaux tenue par Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). À partir de cette liste, les intervenants décident les utilisations qui feront l'objet d'essais pour générer des données, qui seront financés et menés par AAC dans le but de faire la demande d'homologation pour une activité. Le processus complet peut prendre près d'une année.

1.1.1.1.4. Homologation dans les situations d'urgence

La directive « DIR2001-05, Homologation des pesticides dans les situations d'urgence » prévoit qu'il y a habituellement urgence lorsque les trois conditions suivantes sont réunies : 1) il se produit une infestation ou tout autre problème lié à la présence de ravageurs qui est susceptible d'occasionner d'importantes pertes économiques, environnementales ou sanitaires; 2) il n'existe aucun produit ou méthode d'application efficace dont l'emploi a été homologué au Canada pour lutter contre le ravageur, et 3) il n'existe aucune autre méthode de lutte efficace.

De plus, pour qu'une demande d'homologation d'urgence soit examinée par l'ARLA, la matière active proposée doit être homologuée au Canada et la formulation proposée doit être efficace et ne pas poser de risque inacceptable pour la santé ou l'environnement.

La province requérante d'une homologation d'urgence doit préparer un dossier de demande comprenant entre autres une lettre d'appui de la compagnie titulaire de l'homologation, une proposition d'étiquettes supplémentaires, la rédaction d'un argumentaire, une lettre d'appui des utilisateurs et des lettres d'appui du MAPAQ et du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) en faveur de l'emploi d'urgence. Le représentant désigné par le MAPAQ pour une telle demande est le coordonnateur provincial pour les pesticides à usage limité de la Direction de la phytoprotection. Le traitement de la demande par l'ARLA, lorsqu'elle a tous les documents requis en main, nécessite généralement de 18 à 21 jours.

En vertu du Règlement sur les produits antiparasitaires, le ministre peut homologuer un produit antiparasitaire pour une lutte d'urgence contre une infestation gravement préjudiciable, pour une période ne dépassant pas un an.

1.1.2. Loi sur les aliments et les drogues

En plus d'homologuer les produits antiparasitaires, l'ARLA est chargée d'établir des limites maximales de résidus conformément à la *Loi sur les aliments et drogues* (L.R.C. (1985), ch. F-27). L'ACIA vérifie les aliments importés au Canada de l'étranger ou encore les échanges interprovinciaux, alors que le MAPAQ s'occupe de vérifier les aliments produits et vendus au Québec.

La *Loi sur les aliments et les drogues* protège la santé des consommateurs en interdisant la vente d'aliments contenant toute substance nocive ou toxique. En ce qui concerne les résidus présents sur les aliments, il convient de faire la preuve auprès de Santé Canada de l'innocuité du composé avant son homologation en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. Des limites maximales de résidus sont établies pour les pesticides dans les denrées alimentaires.

Les aliments dont les teneurs en résidus de pesticides sont trop élevées sont confisqués et les responsables sont passibles d'amendes ou d'emprisonnement. La présence de résidus de pesticides dans les cultures destinées aux pâturages ou à l'alimentation du bétail est également réglementée. Il importe donc de respecter les doses et les délais avant la récolte tels que mentionnés sur l'étiquette des produits.

(2) Pour l'application de l'alinéa (1)a), l'aliment ne contient pas de substance toxique ou délétère ou n'en est pas recouvert ou, pour l'application de l'alinéa (1)d), n'est pas tenu pour falsifié, pour la seule raison qu'il contient un produit antiparasitaire, au sens du paragraphe 2(1) de la *Loi sur les produits antiparasitaires*, ou ses composants ou dérivés, ou en est recouvert, si l'aliment vendu contient le produit antiparasitaire, les composants ou les dérivés, ou en est recouvert, en une quantité ne dépassant pas la limite maximale de résidu fixée en vertu des articles 9 ou 10 de cette loi.

1.1.3. Loi sur la protection des végétaux

La Loi sur la protection des végétaux (L.C. 1990, ch. 22) vise à empêcher l'importation, l'exportation et la propagation des ennemis des végétaux et prévoit les moyens de lutte et d'élimination à cet égard.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) est chargée d'assurer et de contrôler l'application de cette loi et de plusieurs autres qui affectent tant la production, la transformation que le commerce de nombreuses denrées et produits agricoles.

Les articles suivants de la *Loi sur la protection des végétaux* sont certes susceptibles d'influer le devoir de tout agronome :

- 5. Quiconque constate la présence de ce qu'il croit être un parasite dans une zone où celle-ci n'était pas connue auparavant doit en faire sans délai la déclaration au ministre accompagnée d'un spécimen.
- 6(1) Sauf exemption accordée sous le régime de la présente loi ou des règlements, il est interdit de transporter ou de produire toute chose dont il y a des motifs raisonnables de croire qu'elle est un parasite, qu'elle est parasitée ou susceptible de l'être ou qu'elle constitue, ou peut constituer, un obstacle biologique à la lutte antiparasitaire.
- 23(1) Il est interdit d'entraver l'action de l'inspecteur dans l'exercice des fonctions qui lui sont conférées sous le régime de la présente loi ou des règlements ou de lui faire, oralement ou par écrit, une déclaration fausse ou trompeuse.

Il est à noter ici que l'article 25 de la *Loi sur la protection des végétaux*, tout comme l'article 48 de la *Loi sur les produits antiparasitaires*, prévoit que l'inspecteur peut exiger, aux fins d'examen ou de reproduction totale ou partielle, la communication de tout document renfermant, à son avis, des renseignements utiles à l'application de ces lois ou de leurs règlements.

Les programmes de l'ACIA relatifs à la production et à la protection des végétaux ont pour objet d'empêcher l'introduction et la propagation au Canada de phytoparasites justiciables de quarantaine, de détecter et de combattre ou d'éradiquer les phytoparasites désignés. Pour qu'un ravageur soit identifié comme organisme de quarantaine, il doit être originaire de l'extérieur du pays ou de la région considérée, avoir une importance potentielle pour l'économie d'une zone menacée, ne pas être présent dans cette zone ou ne pas être largement disséminé et faire l'objet d'une lutte officielle.

Quelque 250 organismes nuisibles (virus, nématodes, insectes, mollusques, champignons, acariens, phytoplasmes, plantes, bactéries et organismes non identifiés) sont visés par la Loi sur la protection des végétaux. Une ou plusieurs directives de l'ACIA s'appliquent à chacun de ces parasites. Elles énoncent les exigences phytosanitaires visant à prévenir l'introduction et la propagation au Canada du parasite. Vous trouvez la liste intitulée « Parasites réglementés par le Canada » sur le site Web de l'ACIA.

C'est en vertu de cette loi qu'une ou des zones peuvent être réglementées et qu'il peut y être interdit, par exemple, de déplacer toute matière souillée par la terre de cette ou de ces zones (le cas du nématode doré de la pomme de terre dans la région de Saint-Amable) ou, comme dans le cas de l'agrile du frêne, de transporter un grand nombre de produits réglementés dont du matériel de pépinière de frêne ou du bois de chauffage de toutes les essences.

Un inspecteur chargé de l'application de la présente loi peut aussi, sous réserve des conditions prévues à la loi, déclarer infesté tout lieu où il soupçonne ou constate la présence de parasites qu'il estime susceptibles de se propager. S'il estime que la lutte contre les parasites exige des mesures immédiates, l'inspecteur peut interdire ou restreindre, pour une période d'au plus 90 jours, l'accès de personnes ou de choses au lieu infesté ainsi que le droit d'en sortir ou d'y circuler. Il peut confisquer les choses qui, à son avis, sont des parasites, sont parasitées ou susceptibles de l'être, ou encore constituent ou peuvent constituer un obstacle biologique à la lutte antiparasitaire.

Il peut alors entreposer la chose saisie, la traiter, la mettre en quarantaine ou prendre à son égard toute mesure de disposition, notamment de destruction.

1.2. Réglementation provinciale

Le Québec, tout comme les autres provinces ou territoires canadiens, peut réglementer la vente, l'utilisation, l'entreposage, le transport et l'élimination des pesticides homologués, pourvu que les mesures adoptées soient conformes à toute condition, directive ou limite imposées par la législation fédérale. Le Québec peut donc adopter des législations plus restrictives, mais non pas moins restrictives que celles du Canada. Par exemple, le gouvernement provincial peut interdire l'utilisation d'un pesticide homologué ou ajouter des conditions plus restrictives sur l'utilisation d'un produit que celles prévues par la LPA, mais ne peut autoriser l'utilisation d'un produit qui n'a pas été approuvé conformément à la LPA, et ne peut dispenser l'utilisateur de l'obligation de se conformer aux conditions, directives et limites imposées en vertu de la LPA.

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) administre les lois qui encadrent la vente et l'usage des pesticides au Québec. Il s'agit de la *Loi sur les pesticides* et, de façon complémentaire, la *Loi sur la qualité de l'environnement et* leurs règlements respectifs.

Le Québec assure aussi, tout comme le fait le gouvernement fédéral, la protection des végétaux cultivés sur son territoire en réglementant certains organismes nuisibles. Pour ce faire, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) applique la *Loi sur la protection sanitaire des cultures*.

À l'instar des documents légaux fédéraux, ceux qui décrivent en détail la réglementation provinciale sont publics et peuvent être facilement consultés.

1.2.1. Loi sur les pesticides

La *Loi sur les pesticides* (chapitre. P-9.3), adoptée par l'Assemblée nationale du Québec en 1987 et modifiée en décembre 1993 afin d'en simplifier l'application, vise à susciter une utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides. Elle prévoit des mécanismes permettant notamment de s'assurer de la qualification des utilisateurs et des vendeurs de pesticides et de leur sensibilisation aux dangers de ces produits. Elle permet aussi de connaître les pesticides vendus et utilisés sur le territoire québécois par le contrôle de la circulation des produits (tenue de registres et état annuel de transactions).

1.2.1.1. Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides

Le Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides (chapitre P-9.3, r. 2) précise les modalités d'application de la Loi sur les pesticides. Ce règlement régit la classification des pesticides, oblige les entreprises concernées à posséder un permis pour l'utilisation et la vente de pesticides, exige que les titulaires de permis tiennent des registres d'achat, de vente ou d'utilisation de pesticides et oblige la personne réalisant les travaux de vente et d'utilisation de pesticides à posséder un certificat qu'il obtient après avoir réussi un examen.

1.2.1.1.1. Classification provinciale des pesticides

Au Québec, les pesticides sont classés en fonction de cinq différents niveaux de risque pour l'environnement et la santé des personnes. Le tableau I suivant compare de façon sommaire les classifications fédérale et québécoise des pesticides.

TABLEAU I

Classification fédérale et provinciale des pesticides

Classification fédérale	Classification provinciale (Québec)
Pesticides constitués d'un mélange qui renferme un ou plusieurs des ingrédients actifs suivants : aldicarbe, aldrine, chlordane, dieldrine, endrine, heptachlore et tout pesticide dont l'homologation n'est pas exigé par la Loi sur les produits antiparasitaires (utilisés à des fins expérimentales)	Classe 1
Pesticides à usage restreint	Classe 2
Pesticides à usage commercial (comprenant usage agricole ou industriel)	Classe 3
Pesticides à usage domestique	Classes 4 et 5

Les pesticides des classes 1, 2 et 3 sont achetés et utilisés par des titulaires de permis délivrés par le MDDELCC ou par des agriculteurs ou des aménagistes forestiers titulaires d'un certificat. Les pesticides des classes 4 et 5, qui sont principalement destinés aux consommateurs, peuvent être obtenus dans différents lieux de vente au détail tels que les jardineries, les quincailleries, les magasins à grande surface, etc.

Le régime de permis et de certificats

Le régime de permis et de certificats permet de s'assurer que les vendeurs et les utilisateurs des pesticides des classes présentant le plus de risques répondent aux exigences de qualification.

> Permis

Les permis sont exigés pour les entreprises qui vendent ou utilisent des pesticides. Ils indiquent les classes de pesticides que le titulaire est autorisé à vendre ou à utiliser, ainsi que le genre d'activité à laquelle se livre l'entreprise. Ce genre d'activité détermine la catégorie du permis. Si une entreprise est active à l'intérieur de plus d'une catégorie, elle doit obtenir un permis pour chaque catégorie. Les agriculteurs et les aménagistes forestiers qui utilisent des pesticides pour les besoins de leurs propres opérations sont exclus de l'obligation de détenir un permis.

Les catégories A et B visent celle qui vend ou offre en vente des pesticides, la catégorie C celle qui, pour autrui et contre rémunération, exécute ou offre d'exécuter des travaux comportant l'utilisation de pesticides et finalement, la catégorie D pour toute personne qui exécute ou offre d'exécuter, sans rémunération, des travaux d'utilisation de pesticides. Les catégories B, C et D comportent plusieurs sous-catégories (par exemple, C8 « Application sur les terres cultivées »). Un permis est valide pour une période de trois ans.

Certificats

Un certificat est exigé pour les individus qui travaillent dans des secteurs d'activité pour lesquels des permis sont exigés. Les agriculteurs et les aménagistes forestiers qui accomplissent des travaux comportant l'utilisation de pesticides doivent également détenir un certificat. Les activités de vente et d'utilisation des pesticides doivent être réalisées par des employés détenant un certificat ou sous la surveillance d'un employé certifié présent sur les lieux de travail. Le titulaire doit avoir son certificat en sa possession lorsqu'il vend ou utilise des pesticides.

Pour obtenir un certificat, il faut au préalable réussir l'examen de certification prescrit ou reconnu en vertu de la *Loi sur les pesticides* pour le secteur demandé. La réussite de plusieurs examens peut être exigée si le demandeur exerce plusieurs activités. Afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour réussir l'examen, la Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec (SOFAD) est mandatée par le MDDELCC pour offrir la formation à distance sur l'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides, de même que la formation autodidacte. La formation en classe est aussi offerte par des établissements d'enseignement publics ou privés, ou par des formateurs privés. Le certificat est valide pour une période de cinq ans.

La personne qui, sur les lieux d'activité de vente ou d'application de pesticides, agit sous la surveillance du titulaire d'un certificat n'a pas l'obligation d'obtenir un certificat. La surveillance doit permettre au titulaire de certificat de réagir auprès de l'utilisateur ou du vendeur non certifié lorsque le surveillant juge que les modalités de réalisation de l'activité présentent des risques pour l'environnement ou la santé.

Le tableau II résume les documents requis pour les travaux d'application de pesticides à des fins agricoles.

TABLEAU II

Documents requis pour les travaux d'application de pesticides à des fins agricoles.

ACTIVITÉS	TRAVAUX RÉMUNÉRÉS	TRAVAUX SANS RÉMUNÉRATION	
	Pesticides de classes 1 à 4	Pesticides de classes 1 à 3	
Terres cultivées, production agricole autre qu'horticole ornementale*	Permis de sous-catégorie C8 Certificat de sous-catégorie CD8	Certificat de sous-catégorie E1 ou E1.1 ou E2	
Extermination	Permis de sous-catégorie C5 Certificat de sous-catégorie CD5		
Terres cultivées, production horticole ornementale*	Permis de sous-catégorie C4 Certificat de sous-catégorie CD4	Permis de sous-catégorie D4 Certificat de sous-catégorie CD4 Certificat de sous-catégorie E1 ou E1.1 ou E2	
Bâtiments	Permis de sous-catégorie C10 Certificat de sous-catégorie CD10	Certificat de sous-catégorie E3	
Fumigation	Permis de sous-catégorie C6 Certificat de sous-catégorie CD6	Certificat de sous-catégorie E5	
Aéronef	Permis de sous-catégorie C1 Certificat de sous-catégorie CD1	Permis de sous-catégorie D1 Certificat de sous-catégorie CD1	

^{*} La **production horticole ornementale** comprend la production de gazon en plaques, de plantes ornementales annuelles ou vivaces, d'arbres ou d'arbustes ornementaux.

1.2.1.2. Code de gestion des pesticides

Le Code de gestion des pesticides (chapitre P-9.3, r. 1) est un règlement édicté en 2003 en vertu de la Loi sur les pesticides. Il régit toute activité qui touche la vente, l'entreposage et l'utilisation des pesticides. Il met de l'avant des normes afin de mieux prévenir les risques que ces produits suscitent pour la santé, particulièrement celle des enfants, et pour l'environnement dans l'ensemble des secteurs d'activités, notamment en milieu urbain et en milieu agricole.

Deux principes ont guidé l'élaboration du *Code de gestion des pesticides*. Il s'agit du principe de précaution voulant qu'en l'absence de certitude scientifique sur la toxicité des pesticides, il faut être prudent quant à leur utilisation, et du principe d'exemplarité qui permet, entre autres, d'induire des changements de comportement en favorisant une gestion environnementale de l'utilisation des pesticides en milieu urbain. Le MDDELCC préconise ainsi une approche axée sur une gestion environnementale visant à réduire à sa plus simple expression l'usage non essentiel des pesticides pour l'entretien des surfaces gazonnées. De même, les centres de la petite enfance et les écoles primaires et secondaires doivent être exempts le plus possible de pesticides.

Les principales règles relatives à l'utilisation des pesticides des classes 1, 2 ou 3 en milieu agricole sont les suivantes :

> Entreposage

- Les pesticides doivent être entreposés dans un lieu où les conditions ambiantes sont adéquates, afin de ne pas altérer le produit et son emballage.
- Une affiche indiquant les numéros de téléphone des services d'urgence (Centre antipoison, service d'incendie, etc.) doit être apposée à l'entrée du lieu d'entreposage.
- De l'équipement ou du matériel adéquat doit être disponible pour faire cesser une fuite ou un déversement et pour procéder au nettoyage du lieu souillé.
- Il est interdit d'entreposer des pesticides dans une zone inondable :
 - dont la récurrence de débordement est de 0-20 ans;
 - dont la récurrence de débordement est de 20-100 ans, sauf si :
 - la quantité de pesticides entreposée est inférieure à 100 litres ou 100 kilogrammes;
 - la quantité de pesticides entreposée est égale ou supérieure à 100 litres ou 100 kilogrammes et elle est entreposée pour une période inférieure à 15 jours consécutifs;
 - les pesticides sont entreposés au-dessus de la hauteur supérieure au niveau de l'eau atteint par une crue de récurrence de 100 ans.
- L'entreposage d'une quantité égale ou supérieure à 100 litres ou 100 kilogrammes de pesticides pour une période supérieure à 15 jours consécutifs doit être fait dans un lieu doté d'un aménagement de rétention;
- Certaines règles particulières s'appliquent aux citernes mobiles et aux réservoirs. Consultez le site Internet du MDDELCC pour plus de renseignements à ce sujet.

> Préparation et application

- La préparation ou l'application d'un pesticide doit s'effectuer conformément aux instructions de l'étiquette de ce pesticide et du *Code de gestion des pesticides*. En cas de divergence, le plus contraignant s'applique.
- De l'équipement ou du matériel adéquat doit être disponible sur les lieux de préparation ou de chargement pour faire cesser une fuite ou un déversement et pour procéder au nettoyage.
- Le système d'alimentation en eau utilisé pour la préparation d'un pesticide doit être conçu pour empêcher le retour du pesticide (système anti-retour) vers la source d'approvisionnement en eau.
- On doit s'assurer qu'aucune personne autre que celle participant à l'application ne soit présente sur le lieu d'application et ne soit exposée au pesticide.
- Les grains offerts aux oiseaux nuisibles et traités avec un avicide doivent être disposés dans une mangeoire munie d'un dispositif empêchant le vent d'emporter ces grains.
- Lors d'une fumigation dans une aire confinée, on doit s'assurer que les animaux et les humains ont évacué ce lieu à traiter et toutes les ouvertures doivent être scellées. De plus, pour chaque entrée du lieu traité, on doit y apposer une affiche et y interdire l'accès avant les délais prescrits.
- Certaines règles particulières s'appliquent aux applications de pesticides par voie aérienne ou dans une aire forestière (ex. : boisé de ferme). Consultez le site Web du MDDELCC pour plus de renseignements à ce sujet.

> Distances d'éloignement

- Les distances d'éloignement des cours d'eau et des fossés à respecter lors de l'application par voie terrestre de pesticides sont les mêmes que celles exigées dans le Règlement sur les exploitations agricoles (REA).
- Des distances d'éloignement à respecter des zones habitées s'appliquent lors de l'application de pesticides à l'aide d'un pulvérisateur à jet porté ou à assistance pneumatique. Ces distances varient en fonction de la direction de la pulvérisation et de l'utilisation d'équipements à dérive réduite.
- Le tableau III (voir page suivante) résume les distances d'éloignement à respecter en milieu agricole selon les lieux où sont effectuées les activités d'entreposage, de préparation et d'application terrestre ou aérienne des pesticides.

L'information contenue dans ce document ne remplace aucunement le texte intégral officiel du Code de gestion des pesticides disponible au lien suivant :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/P 9 3/P9 3R1.HTM

Les distances d'éloignement à respecter lors de l'entreposage, la préparation et l'application de pesticides à des fins agricoles sont présentées au tableau III de la page suivante.

TABLEAU III

Distances d'éloignement à respecter lors de l'entreposage, la préparation et l'application de pesticides à des fins agricoles

Objet de la protection	Entreposage ¹	Préparation ²	Application		
		Titulaires de permis et de	Titulaires de permis et de certificats, et agriculteurs utilisant des pesticides de classe 3		
	Pesticides classes 1 à 3	certificats, et agriculteurs utilisant des pesticides de classe 3	Terrestre	Aérienne ³	
Cours d'eau ou plan d'eau	30 m	30 m	 Cours d'eau : Aire totale d'écoulement ≤ 2 m² : 1 m Aire totale d'écoulement > 2 m² : 3 m Plan d'eau : 3 m S'applique à quiconque utilise des pesticides des classes 1 à 5 	 Cours d'eau (largeur < 4 m) : Aire totale d'écoulement ≤ 2 m² : 1 m Aire totale d'écoulement > 2 m² : 3 m S'applique à quiconque utilise des pesticides des classes 1 à 5 Cours d'eau (largeur > 4 m) ou plans d'eau, si la hauteur du dispositif d'application par rapport au sol est : < 5 m : 30 m ≥ 5 m : 60 m Cas particulier du Bacillus thuringiensis kurstaki : Cours d'eau : Aire totale d'écoulement ≤ 2 m² : 1 m Aire totale d'écoulement > 2 m² : 3 m Plan d'eau : 3 m 	
Fossé			 Fossé : Aire totale d'écoulement ≤ 2 m² : 1 m Aire totale d'écoulement > 2 m² : 3 m S'applique à quiconque utilise des pesticides des classes 1 à 5 	 Fossé : Aire totale d'écoulement ≤ 2 m² : 1 m Aire totale d'écoulement > 2 m² : 3 m S'applique à quiconque utilise des pesticides des classes 1 à 5 	
Site de prélèvement d'eau de catégorie 1 ou 2, ou site de prélèvement d'eau destiné à la production d'eau embouteillée	100 m	100 m	100 m	100 m	

TABLEAU III (...suite)

Distances d'éloignement à respecter lors de l'entreposage, la préparation et l'application de pesticides à des fins agricoles

Objet de la protection	Entreposage ¹	Préparation ²	Application		
		Titulaires de permis et de	Titulaires de permis et de certificats, et agriculteurs utilisant des pesticides de classe 3		
	Pesticides classes 1 à 3	certificats, et agriculteurs utilisant des pesticides de classe 3	Terrestre	Aérienne ³	
				30 m	
Site de prélèvement d'eau de catégorie 3	30 m	30 m	30 m	 Sauf si l'installation alimente un bâtiment servant d'habitation situé dans une aire forestière et habité de façon périodique (ex. : chalet) 	
Autre site de				3 m	
prélèvement d'eau souterraine	30 m	30 m	3 m	 Sauf si l'installation alimente un bâtiment servant d'habitation situé dans une aire forestière et habité de façon périodique (ex. : chalet) 	
Immeuble protégé Note: L'immeuble protégé n'est pas visé lorsque les travaux sont effectués par le propriétaire ou par l'exploitant qui l'habite.			Équipement à jet porté ou pneumatique (vergers et arbres de Noël) : > Selon la direction de la pulvérisation : • Dos à l'immeuble : 20 m • En direction de l'immeuble : 30 m • Ces distances peuvent être moindres, si adoption d'équipements à dérive réduite > Sauf pour les pulvérisateurs à rampe horizontale ou munis d'un tunnel de pulvérisation	 Pesticides autres que Bacillus thuringiensis kurstaki, si la hauteur du dispositif par rapport au sol est : < 5 m : 30 m < 5 m : 60 m Application de Bacillus thuringiensis kurstaki : une largeur de vol de traitement 	

¹ L'exploitant d'un lieu d'entreposage qui est titulaire d'un certificat de conformité délivré par CropLife Canada avant le 3 avril 2003 n'a pas à se conformer aux exigences d'entreposage pour le lieu d'entreposage certifié.

² Lorsque la préparation s'effectue sur le lieu d'entreposage d'un exploitant titulaire d'un certificat de conformité délivré par CropLife Canada avant le 3 avril 2003, celui-ci n'a pas à se conformer à ces distances d'éloignement pour le lieu d'entreposage certifié.

³ Les cours d'eau à débit intermittent sont exclus.

TABLEAU III (...suite)

Distances d'éloignement à respecter lors de l'entreposage, la préparation et l'application de pesticides à des fins agricoles

DÉFINITION DES TERMES

Cours d'eau ou plan d'eau

Par « cours d'eau ou plan d'eau », on entend un ruisseau, une rivière, le fleuve Saint-Laurent, un lac, un cours d'eau à débit intermittent, un étang, un marais, un marécage ou une tourbière, à l'exception d'un fossé, d'un étang d'aération municipal et artificiel sans exutoire et d'une tourbière exploitée.

La distance relative à un cours d'eau se mesure à partir de la ligne des hautes eaux, telle que définie par la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. Une façon simple d'établir la ligne naturelle des hautes eaux est de déterminer l'endroit où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres. Ainsi, la ligne des hautes eaux correspond à l'endroit où la nature a elle-même établi cet équilibre entre la végétation aquatique et la végétation terrestre.

Site de prélèvement d'eau (défini au Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection)

- Catégorie 1 : un prélèvement d'eau effectué pour desservir le système d'aqueduc d'une municipalité alimentant plus de 500 personnes et au moins une résidence.
- Catégorie 2 : un prélèvement d'eau effectué pour desservir le système d'aqueduc d'une municipalité alimentant de 21 à 500 personnes et au moins une résidence; tout autre système d'aqueduc alimentant 21 personnes et plus et au moins une résidence; un système indépendant d'un système d'aqueduc alimentant 21 personnes et plus et au moins un des établissements suivants au sens du Règlement sur la qualité de l'eau potable : établissements de santé, de services sociaux, d'enseignement ou de détention.
- Catégorie 3 : un prélèvement d'eau effectué pour desservir le système indépendant d'un système d'aqueduc alimentant exclusivement un ou des établissements utilisés à des fins de transformation alimentaire; le système indépendant d'un système d'aqueduc alimentant exclusivement une ou des entreprises, un ou des établissements touristiques ou un ou des établissements touristiques saisonniers au sens du Règlement sur la qualité de l'eau potable; tout autre système alimentant 20 personnes et moins.
- Autre site de prélèvement d'eau souterraine : tout autre site de prélèvement d'eau souterraine non destiné à l'alimentation humaine, à la transformation alimentaire ou à la production d'eaux embouteillées.

Immeuble protégé

Par « immeubles protégés », on entend, entre autres, les terrains bâtis situés dans un périmètre d'urbanisation, les terrains sportifs, les terrains récréatifs, les campings, les bases de plein air, les centres d'interprétation de la nature, les parcs, les plages publiques et les clubs de golf. En dehors du périmètre d'urbanisation, un immeuble protégé est constitué de bâtiments servant d'habitation (sauf les chalets ou les camps de chasse), d'un édifice public ou de tout autre bâtiment administratif ou commercial ou d'un établissement d'hébergement touristique et d'une bande de 30 mètres au pourtour de ces bâtiments (la définition intégrale se trouve à l'article 1 du *Code de gestion des pesticides*).

> Terrains de golf

L'article 73 du *Code de gestion des pesticides*, exige de tout propriétaire ou exploitant d'un terrain de golf au Québec qu'il transmette au ministre un plan de réduction des pesticides, et ce, tous les trois ans, à compter du 3 avril 2006. Ce plan doit notamment contenir les éléments suivants :

- 1. L'identification du terrain de golf;
- 2. Les quantités totales de pesticides appliquées annuellement au cours des trois années précédant la transmission du plan pour en indiquant pour chacune des catégories de pesticides la superficie traitée, le nom du pesticide et son numéro d'homologation;
- 3. Les objectifs de réduction d'utilisation de pesticides pour les trois prochaines années;
- les méthodes d'observation, de suivi et de dépistage des organismes nuisibles ainsi que les données recueillies, les mesures préventives, les pratiques culturales et les moyens de lutte pour atteindre les objectifs de réduction des pesticides;
- 5. Les mesures prises pour réduire la migration des pesticides à l'extérieur du site;
- 6. Un bilan des résultats atteints au regard du plan de réduction établi pour les trois années antérieures, leurs justifications et les correctifs à y apporter, le cas échéant.

Ce plan doit être signé par un agronome possédant son titre, c'est-à-dire, membre de l'Ordre des agronomes du Québec.

D'ailleurs, l'Ordre des agronomes du Québec dispose d'une *Grille de référence pour la préparation et le suivi d'un plan de réduction des pesticides sur les terrains de golf* afin d'encadrer l'activité. De plus, le MDDELCC rend disponible un guide proposant une démarche visant à fournir les informations nécessaires pour élaborer un plan de réduction des pesticides en vertu de l'article 73 du *Code de gestion des pesticides*:

http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/permis/code-gestion/guide-golf/index.htm.

1.2.2. Loi sur la qualité de l'environnement (LQE)

La Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2) est entrée en vigueur en 1972. Avec les nombreux règlements qui précisent et encadrent ses principes, cette loi a eu et a toujours un impact majeur sur le monde agricole; nous n'avons qu'à penser au Règlement sur les exploitations agricoles qui a apporté des changements substantiels à de nombreuses facettes de la production. En ce qui touche la phytoprotection, notons que cette loi assujettit certains projets d'utilisation de pesticides à une procédure d'évaluation et d'examen des impacts environnementaux, oblige l'obtention d'un certificat d'autorisation avant la réalisation de certains travaux comportant l'utilisation de pesticides et fixe des normes pour la qualité de l'eau potable et encadre les déchets de pesticides.

> Étude d'impact

En vertu du *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* (chapitre Q-2, r. 23), tout programme ou projet de pulvérisation aérienne de pesticides à des fins non agricoles sur une superficie de 600 hectares ou plus est assujetti à une étude d'impact et éventuellement à des audiences publiques. Toutefois, les pulvérisations d'un insecticide dont le seul ingrédient actif est le *Bacillus thuringiensis kurstaki* (*B.t.k.*) sont exclues de la réglementation.

> Certificat d'autorisation

Le Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2, r. 3) spécifie les types de travaux comportant l'utilisation de pesticides pour lesquels un certificat d'autorisation doit être obtenu du MDDELCC avant leur réalisation. Il s'agit de :

- l'utilisation de pesticides de la classe 1, telle qu'établie par le Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides;
- l'utilisation de pesticides autres qu'un phytocide ou le *B.t.k.* par voie aérienne dans un milieu forestier ou à des fins non agricoles;
- l'utilisation de pesticides dans un milieu aquatique pourvu d'un exutoire superficiel vers un bassin hydrographique.

La directive 017 précise la marche à suivre et les renseignements à fournir lors d'une demande de certificat d'autorisation pour les projets d'utilisation de pesticides.

> Eau potable

Le Règlement sur la qualité de l'eau potable (chapitre Q-2, r. 40) prévoit des normes et des contrôles de qualité pour l'eau destinée à la consommation humaine. Il oblige certains réseaux de distribution à respecter des normes relatives aux substances organiques, dont les pesticides. En d'autres termes, l'eau ne doit pas contenir de pesticides en concentration supérieure à celles indiquées au règlement.

> Déchets de pesticides

Les déchets de pesticides, c'est-à-dire les déchets constitués, en tout ou en partie, de pesticides ou contaminés par des pesticides, ne sont pas assujettis à la *Loi sur les pesticides*, mais sont plutôt encadrés par la *Loi sur la qualité de l'environnement*.

1.2.3. Loi sur la protection sanitaire des cultures

La Loi sur la protection sanitaire des cultures (chapitre P-42.1) a pour objet d'empêcher la dissémination d'organismes nuisibles susceptibles de causer des dommages et des pertes à des productions agricoles commerciales. Sanctionnée en 2008, elle remplace les trois lois en une seule : la Loi sur la protection des plantes, la section IV de la Loi sur les abus préjudiciables à l'agriculture en regard des mauvaises herbes et la Loi sur la prévention des maladies de la pomme de terre.

Par cette loi, toute personne doit prendre les mesures nécessaires pour éviter que les végétaux, les substrats ou tout autre bien dont elle est propriétaire ou gardienne ne propagent un organisme nuisible à une culture commerciale. De plus, toute personne qui constate ou a des motifs raisonnables de croire à la présence d'une espèce exotique envahissante ou d'un organisme nuisible à déclaration obligatoire doit déclarer sans délai cette situation au MAPAQ. Une espèce exotique envahissante (EEE) est définie comme un végétal, un animal ou un microorganisme présent à l'extérieur de son aire de répartition naturelle et susceptible de causer un dommage à une culture commerciale. Les deux règlements édictés en vertu de la *Loi sur la protection sanitaire des cultures* listent les organismes nuisibles à déclaration obligatoire; le *Règlement sur la culture de pommes de terre* (chapitre P-42.1, r. 0.1) énumère cinq maladies tandis que neuf maladies et quatorze insectes sont visés par le *Règlement sur la protection des plantes* (chapitre P-42.1, r. 2).

Tout comme dans le cas des inspecteurs fédéraux pour la *Loi sur la protection des végétaux*, les pouvoirs des inspecteurs nommés pour appliquer la *Loi sur la protection sanitaire des cultures* et ses règlements sont vastes : pénétrer dans un lieu où se trouve un organisme nuisible, une EEE ou un bien susceptible de propager un organisme nuisible; ordonner l'immobilisation d'un véhicule; prélever des échantillons, prendre des photos, faire des enregistrements; exiger la communication de tout document ou renseignement relatif à l'application de la loi; se faire accompagner de personnes qu'il juge nécessaire; saisir des végétaux, des substrats ou tout autre bien s'il a des motifs raisonnables de croire qu'ils ont servi à commettre une infraction. L'inspecteur qui a des motifs raisonnables de croire que des végétaux, des substrats ou d'autres biens sont susceptibles de propager un organisme nuisible à une culture commerciale peut ordonner à leur propriétaire ou gardien de prendre à leurs frais les mesures phytosanitaires qu'il indique. L'ordonnance est rendue par écrit et énonce les motifs de l'inspecteur, les mesures à réaliser et les délais pour exécuter les travaux.

Dans le cas où une personne néglige ou refuse de réaliser une ordonnance, l'inspecteur peut exécuter ou faire exécuter cette ordonnance aux frais de cette personne. L'accomplissement de toute mesure ordonnée ne donne ouverture à aucune réclamation pour des dommages-intérêts par le propriétaire. Le propriétaire ou le gardien d'un lieu qui fait l'objet d'une inspection, ainsi que leurs préposés, sont tenus de prêter assistance à l'inspecteur dans l'exercice de ses fonctions. Des dispositions pénales sont prévues pour les infractions; les amendes varient entre 600 \$ et 14 000 \$.

Il est à noter que toute personne peut rapporter la présence de foyers d'infestation et que lorsqu'un producteur considère qu'il subit des préjudices économiques à cause de la présence d'un foyer d'infestation, il peut déposer une plainte auprès du MAPAQ. Un coordonnateur des mesures législatives en phytoprotection est en poste à la Direction de la phytoprotection pour traiter ces problèmes.

L'article 7 de la *Loi sur la protection sanitaire des cultures* permet au gouvernement de désigner comme zone de culture protégée (ZCP), pour une espèce végétale ou un type de production, toute partie du territoire du Québec. Actuellement, 26 municipalités sont désignées ZCP pour la production de pommes de terre de semence. Ces zones sont regroupées au Bas-Saint-Laurent, au Saguenay–Lac-Saint-Jean et sur la Côte-Nord.

L'objectif du Règlement sur la culture de pommes de terre est d'offrir aux producteurs de pommes de terre de consommation et de semence un environnement phytosanitaire de la meilleure qualité possible. Pour ce faire, il est obligatoire d'utiliser des pommes de terre de semence certifiées suivant la Loi sur les semences (L.R.C. (1985), ch. S-8) pour toute exploitation de pommes de terre dont la superficie est d'un hectare et plus, et quelque soit la superficie dans les zones de culture protégées. Chaque année, un tiers des producteurs sont inspectés en regard de l'utilisation des semences certifiées. L'élimination des rebuts de pommes de terre et la lutte contre le mildiou et le flétrissement bactérien font aussi l'objet de dispositions. De plus, de nombreuses autres règles touchent la production, l'entreposage, l'emballage et la transformation dans les zones de culture protégées.

1.3. Réglementation municipale

La Loi sur les pesticides permet aux municipalités ou communautés métropolitaines d'adopter des règlements municipaux; cependant, celles-ci doivent s'assurer que leurs dispositions ne sont pas inconciliables avec le Code de gestion des pesticides. Par ailleurs, ces règlements municipaux n'ont pas à être approuvés par le ministre du MDDELCC préalablement à leur adoption.

Les municipalités peuvent réglementer dans tous les secteurs d'activité, y compris le secteur agricole. Par exemple, les règlements municipaux peuvent spécifier des conditions supplémentaires pour l'utilisation des pesticides; soit, où et quand utiliser certains types de pesticides, généralement pour l'entretien des espaces verts. Les municipalités ne sont pas tenues de faire connaître au Ministère l'existence d'un tel règlement et la portée de celui-ci.

En mai 2014, le MDDELCC dénombrait 131 municipalités réglementant en matière de pesticides. De ce fait, on estime que près de 50 % de la population est soumise à une réglementation municipale en cette matière. Les municipalités exercent ce droit en vertu du *Code municipal* du Québec (chapitre C-27.1) et de la *Loi sur les cités et villes* (chapitre C-19).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES

Fortin, J. 2010. Pesticides et environnement (SLS-3302). Notes de cours, Université Laval, Québec. Chapitre 2 : La réglementation sur les pesticides, pages 42 à 110.

Garon, M. 2005. L'homologation des pesticides : les types de demandes. MAPAQ. [En ligne] : http://www.agrireseau.qc.ca/phytoprotection/documents/Programmeshomologationpesticides.pdf (page consultée le 21 octobre 2013)

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). [En ligne] : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/loisetreglements/Pages/loisetreglements.aspx

Ministère du Développement durable, l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). [En ligne] :

http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticides/inter.htm (page consultée le 18 octobre 2013)

Santé Canada. Sécurité des produits de consommation/Pesticides et lutte antiparasitaire. [En ligne] : http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/index-fra.php (page consultée le 18 octobre 2013)

> Sites Web des lois et règlements cités :

Loi sur les produits antiparasitaires (LPA). [En ligne] : http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/P-9.01/

Règlement sur les produits antiparasitaires. [En ligne]: http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2006-124/index.html

Loi sur la protection des végétaux. [En ligne]: http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/P-14.8/

Loi sur les aliments et les drogues. [En ligne] : http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/F-27/

Loi sur les semences. [En ligne]: http://laws.justice.gc.ca/fra/lois/S-8/page-1.html

Loi sur les pesticides. [En ligne] :

 $http://www2.publications duque bec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php? file=/P_9_3/P9_3.html\ \&type=2$

Code de gestion des pesticides. [En ligne] :

 $http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3\&file=/P_9_3/P9_3R1.HTM$

Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides. [En ligne] :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/P_9_3/P9 3R2.HTM

Loi sur la qualité de l'environnement. [En ligne] :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.gc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/Q_2/Q2.htm

Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement. [En ligne] : http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R 23.HTM

Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement. [En ligne] : http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R 3.HTM

Règlement sur la qualité de l'eau potable. [En ligne] :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R 40.HTM

Règlement sur les matières dangereuses. [En ligne] :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R 32.HTM

Loi sur la protection sanitaire des cultures. [En ligne] :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/P_42_1/P42_1.html

Règlement sur la culture de pommes de terre. [En ligne] :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/P_42_1/P 42 1R0 1.HTM

Règlement sur la protection des plantes. [En ligne] :

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/P_42_1/P 42_1R2.HTM

THÈME 2

Les pesticides et la protection de l'environnement

Par

Josée Fortin, Ph. D, professeure titulaire Département des sols et de génie agroalimentaire, Université de Laval

OBJECTIF DU THÈME 2

Ce chapitre vous permettra d'être en mesure d'expliquer les propriétés physicochimiques en lien avec l'environnement et de décrire les facteurs à considérer dans la gestion des risques environnementaux.

INTRODUCTION

Les pesticides appliqués dans différentes situations ont le potentiel de se retrouver éventuellement dans l'environnement. Bien entendu, le pesticide idéal devrait agir sur l'organisme visé pendant une certaine période, puis disparaître tout simplement du milieu. Malheureusement, ce n'est pas toujours le cas. Les pesticides peuvent se retrouver à différents endroits dans le milieu où ils vont persister plus ou moins longtemps.

Les quantités de pesticides que l'on va retrouver à différents endroits dans l'environnement (qu'on appelle les différents compartiments environnementaux) dépendent de divers facteurs, qui seront abordés tout au long de ce chapitre. Finalement, il est important de mentionner que ce chapitre ne fait qu'effleurer le sujet complexe qu'est le comportement des pesticides dans l'environnement.

Toute personne qui utilise des pesticides doit se poser trois questions primordiales auxquelles nous tenterons de présenter des éléments de réponse dans le présent chapitre :

- Quel est le risque que le pesticide soit transporté à l'extérieur de la zone d'application et par quels moyens?
- Combien de temps le pesticide demeurera-t-il dans l'environnement et que peuvent être les impacts de sa présence?
- Peut-on minimiser le transport des pesticides en dehors de la zone d'application?

2. LES PESTICIDES ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

2.1. Chimie environnementale des pesticides

Le comportement des pesticides dans l'environnement, leur transport et leur accumulation dans l'un ou l'autre des compartiments environnementaux dépendent des propriétés des matières actives des pesticides. Comme ce sont des molécules chimiques pour la plupart, les propriétés des pesticides sont le résultat de leur structure chimique (Figure 1).

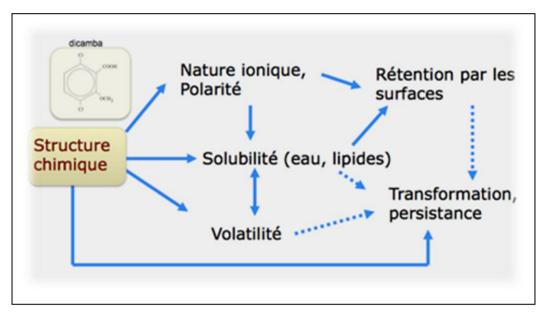


Figure 1 : Schéma illustrant les interactions entre la structure d'un pesticide et les propriétés qui influencent son comportement dans l'environnement. (Image personnelle, J. Fortin)

La structure chimique d'une molécule est l'agencement des différents atomes qui la composent. Certains agencements d'atomes donneront à la molécule des propriétés acido-basiques, alors que d'autres en feront un composé plus ou moins volatil ou plus ou moins polaire (soluble à l'eau). Ces propriétés influenceront par la suite la rétention du pesticide par les surfaces, sa transformation et sa persistance dans les différents milieux.

Les sections suivantes expliquent les principales propriétés des pesticides. Les informations fournies permettent d'interpréter plus facilement les valeurs qu'on retrouve dans différentes bases de données, notamment **SAgE** pesticides (http://www.sagepesticides.qc.ca).

2.1.1. La nature ionique des pesticides

Une propriété importante des pesticides, qui influence la solubilité à l'eau et la rétention par les surfaces, est la possibilité de développer ou non une charge sur la structure de la molécule. C'est ce qu'on appelle la nature ionique d'un pesticide. Cette propriété dépend de la structure moléculaire, tout particulièrement de la présence et de la position de certains groupes d'atomes qui sont réactifs (appelés groupes fonctionnels acides et basiques) sur la molécule de pesticide. Ces groupes fonctionnels ont la possibilité de développer une charge positive (cation) ou négative (anion) sur la molécule selon le pH du milieu.

Un peu de chimie... les acides faibles et les bases faibles

Afin de comprendre la nature ionique des pesticides, un bref rappel de certaines notions de chimie s'impose. En chimie, un acide est un donneur de H+ alors qu'une base est un accepteur de H+. On distingue aussi en chimie la force d'un acide et d'une base. Un acide fort est une molécule chimique qui donne tous ses H+ lorsqu'elle est dissoute dans l'eau. La réaction d'un acide fort dans l'eau est donc complète. Un acide faible ne réagit pas complètement lorsque mis en contact avec l'eau. Il possède ce qu'on appelle un ou plusieurs groupes fonctionnels (groupes d'atomes spécifiques), chaque groupe fonctionnel ayant la possibilité de donner des ions H+ si les conditions du milieu sont favorables.

Ce qui permet de déterminer si l'acide faible aura tendance à donner des ions H+ ou non est sa constante de dissociation (pK_A) et le pH du milieu environnant. Lorsque la valeur de pK_A du groupe fonctionnel de l'acide faible est supérieure au pH du milieu environnant (pH < pK_A), l'acide faible conserve ses ions H+ et reste sous sa forme neutre (non-ionisée). Par contre, lorsque le pH environnant est supérieur au pK_A du groupe fonctionnel acide, alors ce dernier a tendance à relâcher le H+ et à devenir chargé négativement (anion). Donc, un acide faible sera sous forme d'anion lorsque le pH > pK_A alors qu'il ne sera pas chargé lorsque le pH < pK_A.

Pour les bases, il existe aussi des bases fortes et des bases faibles. Les groupes fonctionnels des bases faibles peuvent accepter des ions H+ du milieu environnant et devenir chargés positivement (cations) selon le pH du milieu et la constante de dissociation (pK_A) du groupe fonctionnel basique. Pour les bases faibles, lorsque le pH est inférieur au pK_A du groupe fonctionnel, alors ce dernier accepte des ions H+ du milieu et devient alors chargé positivement (cation). Lorsque le pH du milieu est supérieur au pK_A du groupe fonctionnel basique, ce dernier ne réagit pas et reste non ionisé.

En résumé:

	pH < pK _A	pH > pK _A	pH = pK _A
Acide faible	la forme neutre domine	l'anion domine	50% neutre, 50% anion
Base faible	le cation domine	la forme neutre domine	50% cation, 50% neutre

Les pesticides sont classés en 5 groupes distincts selon leur nature ionique (Tableau I, p. 23) :

- Les pesticides non ioniques (neutres) ne développent pas de charges sur leur structure, et ce, peu importe le pH du milieu car ils ne possèdent pas de groupes fonctionnels acides ou basiques. Les propriétés de ces pesticides (comme la solubilité à l'eau et rétention) ne varient pas en fonction du pH.
- 2. Les pesticides basiques se comportent comme des bases faibles. Ce sont des accepteurs de protons (H+) qui peuvent développer des charges positives (devenir des cations) selon le pH du milieu et la valeur la constante de dissociation (pK_A) de groupe fonctionnel basique. Ce phénomène se produit lorsque le pH du milieu dans lequel se trouve le pesticide est inférieur au pK_A du groupe fonctionnel. La majorité des pesticides basiques ne seront pas chargés aux valeurs de pH habituellement rencontrées dans les sols et l'eau car les valeurs de pK_A sont habituellement inférieures à 5. Cependant, en milieu acide à fortement acide, ces pesticides seront sous la forme de cations, ce qui augmentera leur solubilité à l'eau et leur rétention par les charges négatives des sols.
- 3. Les pesticides fortement basiques sont un cas particulier des pesticides basiques car ils sont toujours sous forme cationique au pH normal. On retrouve deux pesticides dans ce groupe, soit le diquat et le paraquat, qui appartiennent à la famille chimique des bipyridilliums. Pour que ces composés soient de charge neutre, il faut que le pH du milieu soit supérieur à 11 (pK_A = 11), ce qui ne se rencontre pas en conditions naturelles. Le diquat et le paraquat sont sous forme de cations bivalents, car ils possèdent deux groupes fonctionnels pouvant capter des ions hydrogènes. Dans les préparations commerciales contenant du paraquat et du diquat, on balance les charges positives par des anions chlorures afin de stabiliser la molécule. Ce sont des composés très solubles à l'eau et aussi très fortement retenus par les charges négatives présentes dans les sols. En conséquence, l'application de ces produits se fait sur le feuillage et leur action herbicide est inactivée lorsqu'ils entrent en contact avec les sols en raison de leur rétention par ceux-ci.
- 4. Les pesticides acides possèdent des groupes fonctionnels qui relâchent des ions hydrogènes en solution selon le pH du milieu. Ces pesticides peuvent donc être chargés négativement ou demeurer neutres selon le pH. La plupart des pesticides acides auront tendances à être sous la forme d'anions aux valeurs de pH rencontrées dans les sols et dans l'eau, car les pKA sont pour la plupart inférieur à 5. Les pesticides acides sont pour la plupart assez solubles dans l'eau, mais ils sont repoussés par les charges négatives des sols à pH neutre à alcalin, ce qui diminue leur rétention dans ces sols.

Dans les préparations commerciales contenant des pesticides acides, ces molécules sont formulées sous forme de sels ou d'esters, ce qui modifie certaines propriétés comme la solubilité à l'eau et la volatilité. Par exemple, nous retrouvons différentes formes de 2,4-D dans les préparations commerciales. Le 2,4-D sous forme d'esters (exemple: 2-ethylhexyl ester) est très volatil, mais peu soluble à l'eau, alors que c'est l'inverse pour le 2,4-D sous forme sels d'amines (exemple: sel de diméthylamine). Par contre, le 2,4-D sous forme sels d'amines a une activité herbicide inférieure au 2,4-D sous formes d'esters. Une nouvelle préparation commerciale contenant du 2,4-D à base de sel de choline (qui sera commercialisée avec la technologie ENLIST) permet de diminuer de beaucoup la volatilité de la molécule comparativement aux esters, tout en conservant une excellente activité herbicide.

Peu importe la forme sous laquelle le 2,4-D est présent dans la préparation commerciale, il se transforme éventuellement sous la forme de 2,4-D acide. Le 2,4-D sous forme de sel se dissocie facilement dans l'eau pour reprendre la forme de 2,4-D acide dissocié, alors que le 2,4-D sous forme d'ester est hydrolysé sous forme de 2,4-D acide dans les sols, dans l'eau et dans les plantes.

5. Les pesticides amphotères se comportent autant comme un acide que comme une base, car ils possèdent au moins un groupe fonctionnel acide et un groupe fonctionnel basique. Le cas le plus connu de pesticides amphotère est celui du glyphosate. Cette molécule possède des groupes fonctionnels acides (3 au total) et un groupe fonctionnel fortement basique. Le glyphosate a donc la possibilité d'être chargé positivement et négativement en même temps. Les formes du glyphosate qui sont présentes à pH entre 5 et 8 sont les suivantes :

(Forme dominante à pH allant de 2,6 à 5,6)

(Forme dominante à pH allant de 5,6 à 10,6)

Le glyphosate possède toujours des charges négatives et une charge positive sur sa structure. Cette molécule est donc très réactive, que ce soit avec des cations en solution ou avec les surfaces des sols. Elle est aussi très soluble à l'eau. Tout comme les pesticides acides, le glyphosate est formulé sous différentes formes de sels (ex: sel d'isopropylamine, sel de diméthylsulfonium, sel d'ammonium, sel de potassium,) afin d'en modifier les propriétés physico-chimiques et d'en faciliter l'application.

TABLEAU I

Nature ionique de quelques familles de pesticides organiques de synthèse, exemples de quelques pesticides et constantes de dissociation correspondantes

Nature ionique	Famille chimique ¹	Exemples	pK _A
Fortement basique	bipyridilium	diquat (REGLONE ²) paraquat (GRAMOXONE)	11 11
Basique	triazine	atrazine (AATREX, PRIMEXTRA II MAGNUM) simazine (SIMADEX)	1,68 1,67
•	triazole	amitrole (AMITROLE)	4,2
	phénoxy	2,4-D (plusieurs formes) MCPA (plusieurs formes)	2,97 3,73
Acide	acide benzoïque	dicamba (plusieurs formes)	1,87
710100		clopyralide (ECLIPSE, sel de monoéthanolamine)	2,01
	benzothiadiazole	bentazone (BASAGRAN, sel de sodium)	3,28
	sulfonylurée	rimsulfuron (ULTIM)	4,0
Amphotère	dérivé de glycine	glyphosate (plusieurs formes)	0,78 (acide 1) 2,3 (acide 2) 5,9 (acide 3) 10,9 (basique)
	chloroacétamide	s-métolachlore (DUAL II MAGNUM)	
Non ionique	carbamate	carbaryl (SEVIN)	
	organophosphoré	acéphate (ORTHENE)	
	огданорнозрноге	malathion (MALATHION)	
	urée	diuron (DIURON)	

Les familles chimiques correspondent à celles utilisées dans SAgE pesticides.
 Les exemples de noms de produits commerciaux contenant la matière active de pesticide sont écrits en lettre majuscule.

2.1.2. La polarité des pesticides: solubilité à l'eau et caractère hydrophobe

Une molécule polaire est caractérisée par une répartition inégale des électrons dans sa structure, avec plus d'électrons d'un côté que de l'autre. La molécule polaire par excellence est la molécule d'eau. Comme les molécules polaires ont une grande affinité avec les autres molécules polaires, la solubilité à l'eau des pesticides est grandement influencée par la polarité de la molécule. Les valeurs de solubilité à l'eau sont très différentes d'un pesticide à l'autre (tableau II) et, pour les pesticides acides ou basiques, varie en fonction du pH (car la forme ionisée d'un pesticide est plus polaire, donc plus soluble à l'eau). On considère les classes de solubilité à l'eau présentées au tableau 3 pour l'interprétation des valeurs. La solubilité à l'eau des pesticides est une propriété importante qui influence grandement la mobilité des pesticides dans l'environnement, notamment les pertes possibles par lessivage et ruissellement.

Les pesticides très peu solubles à l'eau sont qualifiées d'hydrophobes (ou lipophiles). L'hydrophobicité d'un pesticide est quantifiée en évaluant son logP, définie comme le coefficient de distribution du pesticide entre l'octanol et l'eau. L'octanol est utilisé, plutôt qu'un autre solvant, pour des raisons historiques et parce qu'il est considéré comme un composé représentatif des différentes formes de matières organiques retrouvées dans différents milieux. Comme le logP évalue le caractère hydrophobe des pesticides présents dans l'eau, il existe une relation inverse (imparfaite toutefois) entre le logP et la solubilité à l'eau (Tableau II).

TABLEAU II

Solubilité à l'eau et logP de quelques pesticides sélectionnés

Pesticide	Solubilité à l'eau (mg/L)	logP
DDT	0,001 - 0,04	6,2
Chlorpyrifos	2	4,7
Atrazine	30 (pH 7) 129 (pH 2)	2,5 (pH non spécifié)
Linuron	81	3,0
Carbaryl	120	2,4
Imidaclopride	610	0,57
Métalaxyl	8400	1,75
Dicamba acide	4500 (pH non spécifié)	-0,55 (pH 5) -1,88 (pH 6,8)

TABLEAU III

Classification des pesticides selon leur solubilité à l'eau

(Source: http://www.fao.org/docrep/003/X2570E/X2570E06.htm)

Classe de solubilité à l'eau	Valeurs (mg/L)
Très faible	< 10
Faible	10 - 100
Moyenne	100 - 1000
Élevée	1000 - 10000
Très élevée	> 10000

Pour évaluer le logP d'un pesticide, une concentration connue du composé est placée dans l'eau, puis mise en contact avec de l'octanol. Après un certain temps d'équilibre, la quantité du pesticide qui a été transférée dans l'octanol et celle qui est restée dans l'eau sont mesurées. Le logP est le rapport de la quantité de pesticide dans l'octanol et celle dans l'eau à l'équilibre, le tout exprimé sur une base logarithmique. Le logP évalue donc la tendance d'un pesticide de passer de l'eau à l'octanol (composé organique hydrophobe). Donc plus le logP est élevé, plus le composé initialement présent dans l'eau a d'affinité avec l'octanol, donc avec la matière organique de façon générale. Un logP élevé est généralement associé à un composé hydrophobe. Les valeurs de logP des pesticides varient habituellement entre -2 et 6 (Swanson et Vighi, 1999). Le logP est utilisé pour estimer le potentiel de bioaccumulation des composés organiques (dont les pesticides) dans les organismes vivants. Ainsi, un composé ayant un logP supérieur ou égal à 3,5 est considéré comme bioaccumulateur (Swanson et Vighi, 1999).

2.1.3. La volatilité des pesticides

La volatilisation d'un composé est le passage de la forme solide ou liquide à la forme gazeuse. La pression de vapeur est la propriété qui permet de quantifier la volatilité d'un composé pur. En général, les pesticides ayant une pression de vapeur inférieure à 10-8 mm Hg ont un faible potentiel de volatilisation, alors que ceux ayant une pression de vapeur supérieure à 10-4 mm Hg comme ayant un potentiel de volatilisation élevé (Kerle et al., 2007).

Bien que la pression de vapeur permette de comparer la volatilité des composés les uns par rapport aux autres, elle n'est pas très utile afin d'évaluer le potentiel de volatilisation d'un pesticide dilué dans l'eau, situation qui est plus courante en pratique. La volatilisation d'un pesticide à partir d'un sol humide est influencée par le contenu en eau du sol, la pression de vapeur du pesticide et sa solubilité à l'eau. La volatilité des pesticides dilués dans l'eau (par exemple, à partir d'un sol humide) est évaluée au moyen de la constante de la loi de Henry (H). Il existe différentes formes de cette constante, la plus simple à utiliser est celle obtenue en faisant le rapport entre la pression de vapeur et la solubilité à l'eau. Le H exprime la tendance d'un pesticide à passer de l'eau à l'air. Plus la valeur de H est élevée, plus le composé se volatilisera à partir de l'eau (eau libre ou eau du sol) (Tableau IV). Pour les pesticides, des valeurs de H supérieures à 10 Pa m3/mole sont rares (Swanson et Vighi, 1999).

TABLEAU IV

Potentiel de volatilité des pesticides présents dans l'eau selon la valeur de H exprimée avec deux unités différentes (Source: adapté de Swanson et Vighi, 1999)

Classe de volatilité	H (Pa m ³ /mole)	H (atm m ³ /mole)
Très faible	< 10 ⁻⁴	< 10 ⁻⁹
Faible	10 ⁻⁴ - 10 ⁻²	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁷
Moyenne	10 ⁻² - 10 ⁻¹	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁶
Élevée	10 ⁻¹ - 10	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴
Très élevée	> 10	> 10 ⁻⁴

Les facteurs environnementaux qui favorisent la volatilisation des pesticides sont une température élevée, une humidité relative de l'air faible et un renouvellement de l'air (mouvement de l'air). De plus, un pesticide fortement retenu par les surfaces a moins tendance à se volatiliser. Les pesticides très volatils peuvent être incorporés au sol afin de réduire les pertes par volatilisation.

Mis à part quelques exceptions, la plupart des pesticides sont faiblement volatils. Malgré cette faible volatilité, plusieurs pesticides sont détectés dans l'air et dans l'eau de pluie. Bien que les pesticides puissent se retrouver dans l'air par volatilisation, la dérive des gouttelettes de pulvérisation et le maintien de ces gouttelettes en suspension dans l'air sont des processus importants responsables de la présence de ces produits à des distances parfois assez éloignées de l'endroit où ils ont été appliqués. Les pesticides retrouvés dans l'air peuvent être transformés par des réactions chimiques ou photochimiques en des composés plus ou moins toxiques que le composé d'origine. Il est possible qu'ils retombent au sol avec les précipitations sèches (poussières) ou humide (pluie, neige). Les produits peuvent aussi retomber inchangés, ou sous une forme différente suite à une transformation dans l'atmosphère.

2.1.4. L'adsorption des pesticides

Les pesticides peuvent être retenus par les surfaces (ex: particules de sol, feuille, équipement de protection) par différents types d'interactions, que l'on regroupe sous le terme adsorption. Ce sont les propriétés du pesticide et celles de la surface impliquée qui influencent l'adsorption du composé.

Du point de vue du comportement des pesticides dans l'environnement, l'adsorption par les sols joue un rôle primordial. Elle influence la plupart des autres processus qui dictent le comportement des pesticides dans l'environnement, tels l'absorption du produit par les organismes, la volatilisation, la dégradation, ainsi que les pertes par lessivage, ruissellement et érosion.

2.1.4.1. L'influence du pesticide et de la surface sur l'adsorption

Le signe (positif ou négatif) de la charge développée par une molécule de pesticide influence le type de lien que le pesticide peut faire avec la surface. Si le pesticide devient chargé positivement (donc sous forme de cation), il peut se lier par échange cationique sur les particules chargées négativement dans le sol. Si le pesticide devient chargé négativement (donc sous forme d'anion), il peut se lier par échange anionique sur les charges positives à la surface des particules de sol, mais il peut aussi être repoussé par les charges négatives plus nombreuses (CEC du sol). Il faut donc s'attendre à ce qu'un pesticide chargé positivement au pH naturel du sol soit retenu par celui-ci sur sa capacité d'échange cationique, et que ces mêmes charges négatives repoussent les pesticides acides ionisés (chargés négativement).

Qu'est-ce qui se passe avec les pesticides non ioniques ou les pesticides acides ou basiques sous leur forme neutre? Est-ce qu'ils sont tout de même retenus par les sols? La réponse est oui, mais par un mécanisme autre que l'échange ionique (attraction de deux charges opposées, une positive et une négative). Donc, même si un pesticide ne développe pas de charge sur sa surface, il peut tout de même se lier avec les particules de sol. La matière organique du sol joue alors un rôle essentiel dans la rétention de ces pesticides. Les pesticides non ioniques polaires peuvent être retenus par les argiles et la matière organique dans les sols, tandis que les pesticides non ioniques non polaires sont retenus presque exclusivement par la matière organique du sol.

Le tableau V résume le comportement d'adsorption des pesticides par les sols selon la nature ionique de la molécule. Les constituants du sol impliqués dans la rétention des pesticides ne sont pas les mêmes selon la nature ionique du produit. La matière organique joue un rôle dans la rétention des pesticide et ce, peu importe la nature ionique du pesticide considéré. La matière organique est composée de molécules diversifiées et très complexes, qui peuvent interagir avec des molécules chargées positivement, négativement ou neutres, polaires ou non polaires. La matière organique peut donc interagir avec tous les types de pesticides (acides, basiques et non ioniques, polaires et non polaires). C'est pourquoi l'adsorption des pesticides est souvent reliée au contenu en matière organique du sol.

TABLEAU V

Le comportement d'adsorption des pesticides selon la nature ionique (acide, basique, fortement basique ou non ionique)

Catégorie (nature ionique)	Comportement d'adsorption
Pesticides fortement basiques (ex. : bipyridillium)	Ces pesticides sont toujours chargés positivement (cations). Ils sont retenus par les charges négatives des sols qui constituent le CEC d'un sol. Le mécanisme de rétention est par échange de cations.
Pesticides basiques (ex. : triazine, triazole)	Lorsque le pH est faible ³ (conditions acides), les pesticides basiques sont chargés positivement (cations). Ils sont alors retenus par échange de cations par les charges négatives du sol. Lorsque le pH est élevé, les pesticides basiques sont non chargés (neutres). Ces pesticides sont habituellement polaires et peuvent être retenus par les composantes polaires des minéraux et la matière organique par différents mécanismes.
Pesticides acides (ex. : phénoxy, sulfonylurée)	Les pesticides acides sont chargés négativement (anions) lorsque le pH est élevé ou près de la neutralité. Ils peuvent être retenus par les charges positives du sol. Cependant, comme les charges positives dans nos sols sont inférieures aux charges négatives, la rétention ne sera pas très importante. De plus, ces anions peuvent être repoussés par les charges négatives qui constituent la CEC des sols, ce qui diminue encore leur rétention.
	Les pesticides acides sont non chargés (neutres) lorsque le pH est faible. Ces pesticides sont habituellement polaires et peuvent être retenus par les composantes polaires des minéraux et de la matière organique par différents mécanismes.
Pesticides non ionisables mais polaires (ex.: amide, carbamate, urée, organophosphate)	Ces pesticides sont non chargés (neutres). Ils sont polaires et peuvent être retenus par les composantes polaires des minéraux et la matière organique par différents mécanismes. Il n'y aucune influence du pH sur la rétention de ces pesticides
Pesticides non ionisables non polaires ou peu polaires (ex. : organochloré)	Ces pesticides sont non chargés (neutres). Ils sont non polaires et ne peuvent être retenus que par les composantes non polaires du sol présentes seulement dans la matière organique. Il n'y aucune influence du pH sur la rétention de ces pesticides

 $^{^3}$ Un pH faible signifie que le pH est inférieur à la constante de dissociation (pK_A) du pesticide. Par opposition, un pH élevé signifie que le pH est supérieur au pK_A du pesticide.

2.1.4.2. Quantification de l'adsorption des pesticides par les sols

Les pesticides peuvent être retenus par les surfaces par différents mécanismes, dont quelques uns ont été mentionnés auparavant. Même si la connaissance du ou des mécanismes impliqués dans l'adsorption d'un pesticide donné par une surface peut nous donner des informations utiles comme la force avec laquelle le pesticide est retenu (réversibilité ou non de l'adsorption), nous sommes souvent plus intéressés par la quantité de pesticide qui sera retenue par la surface sous certaines conditions. L'adsorption des composés par un type de surface donné peut être quantifiée au moyen d'indices. Les indices les plus utilisés sont ceux qui décrivent la répartition d'un composé entre la phase liquide (ex: l'eau dans laquelle le pesticide est en solution) et la phase solide (ex: sol). En ce qui concerne l'adsorption des pesticides sur les sols, le principal indice est le $K_{\rm oc}$.

Le K_{oc} est un indicateur de rétention des pesticides par les sols. Il relie la quantité de pesticide retenue par le sol comparativement à la quantité restée libre dans la solution en contact avec le sol. Plus la valeur de K_{oc} d'un pesticide sur un sol est élevée, plus le pesticide est retenu par le sol. Il y a sans contredit un lien entre la rétention des pesticides par les sols et la mobilité sous forme libre (c'est-à-dire le mouvement du pesticide libre par ruissellement ou lessivage, et non son mouvement associé avec les particules de sol par érosion). Le K_{oc} peut donc être utilisé comme un indicateur de mobilité (Tableau VI).

TABLEAU VI

Lien entre la mobilité des pesticides avec l'eau dans les sols et le K_{oc} (Source: Jacobs et al., 2001)

Mobilité	K _{oc} (ml/g)
Très mobile	< 50
Mobile	50 - 150
Mobilité intermédiaire	150 - 500
Faiblement mobile	500 - 2000
Immobile	> 2000

Comme la rétention des pesticides acides et basiques est influencée par le pH, les valeurs de $K_{\rm oc}$ des pesticides acides et basiques varient selon le pH. Pour les pesticides basiques, l'adsorption augmente avec la diminution du pH en raison de la charge positive développée sur la molécule de pesticide, ce qui augmente l'attraction par les charges négatives du sol. Le $K_{\rm oc}$ des pesticides basiques augmente donc avec la diminution du pH. Pour les pesticides acides, la diminution du pH est accompagnée d'une diminution du nombre de molécules chargées négativement, ce qui diminue la répulsion anionique et augmente la rétention. Le $K_{\rm oc}$ des pesticides acides augmente lui aussi avec la diminution du pH.

2.1.5. La dégradation des pesticides

Malgré la complexité de la structure chimique de plusieurs molécules de pesticides, elles peuvent toutes être plus ou moins dégradées (ou transformées). L'objectif premier en pour les pesticides est que le composé ne soit pas dégradé trop rapidement au départ, afin qu'il puisse être efficace contre l'organisme visé. Par contre, il faut que les quantités résiduelles non utilisées pour la lutte contre l'organisme nuisible soient rapidement dégradées en composés inoffensifs afin de limiter la contamination environnementale. L'atteinte de cet objectif n'est cependant pas simple.

2.1.5.1. Les types de réactions

La dégradation des pesticides (par hydrolyse, oxydation ou réduction) peut se faire suite à une exposition à la lumière (dégradation photochimique ou photolyse), par des micro-organismes (dégradation microbienne) ou par des réactions chimiques qui n'impliquent pas la lumière ou les micro-organismes (dégradation chimique). La dégradation microbienne est le type de dégradation le plus important pour la grande majorité des pesticides. Habituellement, c'est un ensemble de microorganismes qui peuvent être impliqués dans la dégradation d'une molécule de pesticide, avec chaque type d'organismes s'attaquant à une partie spécifique de la molécule chimique (pesticide).

Plusieurs facteurs influencent la dégradation des pesticides dans les sols et dans l'eau, dont :

- le type de molécule de pesticide (sa structure chimique et ses propriétés);
- la préparation commerciale utilisée (laquelle contient différents produits de formulation qui sont eux mêmes des composés chimiques);
- les conditions du sol (contenu en eau, en matière organique et en argile, niveau de fertilité, pH, etc.);
- l'application antérieure du pesticide (adaptation des microorganismes impliqués dans la dégradation des pesticides);
- la profondeur dans le sol (qui influence la distribution des microorganismes, lesquels sont importants dans la dégradation des pesticides);
- les conditions météorologiques (température, pluviométrie).

Malheureusement, la dégradation d'un pesticide ne conduit pas toujours à sa minéralisation, c'est-à-dire à son bris complet pour produire des molécules inorganiques simples et inoffensives (CO_2 , H_2O , NH_3 , ...). La dégradation des pesticides génère souvent des produits de dégradation (ou produits de transformation).

Bien que certains pesticides soient transformés en des composés inoffensifs, d'autres génèrent des produits de transformation qui sont aussi problématiques (et même parfois plus problématiques) que la molécule d'origine. Par exemple, le DDE, un produit de transformation du DDT, est considéré comme plus persistant que le composé d'origine tout en ayant une toxicité équivalente. Le chlorpyrifos-oxon, le malathion-oxon et le diazinon-oxon, des produits de transformation des insecticides chlorpyrifos, malathion et diazinon respectivement, sont plus toxiques envers divers organismes que les molécules d'origine. La déthylatrazine (DEA) et la déisopropylatrazine (DIA), les produits de transformation chlorés de l'herbicide atrazine, ont une toxicité équivalente à la molécule d'origine. Par contre, la mobilité du DEA est plus grande que celle de l'atrazine et du DIA en raison de sa plus faible rétention par les sols. Les produits de transformation des pesticides sont des molécules chimiques, qui peuvent être toxiques, mobiles, volatiles, persistantes, etc. Il est important de ne pas oublier de considérer les produits de transformation lors de l'évaluation des dangers potentiels associés à l'utilisation d'un pesticide.

Les pesticides peuvent être dégradés par différents types de réactions, qui comprennent l'oxydation, la réduction, l'hydrolyse et la photolyse. Un même pesticide peut produire des produits de transformations différents selon les réactions de dégradation qui se produisent et ce, en fonction des conditions du milieu. Les réactions d'oxydation se font en présence d'oxygène, tandis que les réactions de réduction se produisent habituellement en conditions où l'oxygène est déficient.

L'hydrolyse est un type de réaction chimique où l'eau joue un rôle important dans la dégradation des molécules. Comme les pesticides sont souvent mélangés avec de l'eau pour les appliquer et que, dans l'environnement, l'eau est le solvant dominant, les réactions d'hydrolyse sont importantes. Nous parlons d'hydrolyse alcaline lorsque la réaction d'hydrolyse catalysée par un pH élevé et d'hydrolyse acide lorsque la réaction d'hydrolyse est catalysée par un pH faible. Les pesticides n'ont pas tous la même susceptibilité à l'hydrolyse alcaline ou à l'hydrolyse acide. D'un point de vue environnemental, l'hydrolyse permet de dégrader le pesticide, ce qui peut être souhaitable selon les produits de transformation générés. Par contre, ce facteur est tout particulièrement important à considérer lors de l'analyse de l'eau utilisée pour la préparation de la bouillie de pulvérisation. L'hydrolyse peut diminuer l'efficacité de certains pesticides.

Une bonne connaissance des produits utilisés en lien avec la qualité de l'eau utilisée pour faire les mélanges permet d'éviter ce problème. Finalement, les réactions de photolyse sont catalysées par les rayons lumineux. Ces réactions peuvent se produire à différents endroits exposés aux rayons lumineux, comme les surfaces (plantes, sols), l'eau et l'atmosphère.

2.1.5.2. L'évaluation de la dégradation des pesticides

Il est possible d'évaluer la dégradation des pesticides en conditions contrôlées. Nous pouvons ainsi faire varier un certain nombre de paramètres connus et évaluer des processus de dégradation spécifiques. Par exemple, il est possible d'évaluer la dégradation de pesticides dans l'eau, sur une plante ou dans le sol en laboratoire, en contrôlant la lumière et la température, et mesurer les produits de transformation ainsi que la disparition de la molécule d'origine. En faisant ces mesures dans le temps, nous calculons la demi-vie (DT_{50}) , qui est le temps nécessaire pour que la moitié de la concentration initiale du composé soit disparue.

Il faut cependant être vigilant lorsqu'on parle de demi-vie d'un pesticide. En fait, on peut retrouver différentes valeurs de demi-vie pour un même pesticide, lesquelles peuvent représenter la dégradation par des réactions précises ou encore la dissipation globale du pesticide suite à l'action simultanée de plusieurs processus dans un milieu donné. On peut, en conditions contrôlées, évaluer la demi-vie d'hydrolyse, la demi-vie de photolyse, la demi-vie de dégradation dans le sol (résultat de l'ensemble des réactions de dégradation qui se produisent dans le sol), et même la demi-vie de minéralisation. La demi-vie de dégradation évalue la disparition du pesticide suite à l'ensemble des réactions de dégradation (chimiques, photochimiques et/ou microbiennes). Elle diffère de la demi-vie de dissipation au champ, qui est la disparition d'un pesticide d'un endroit donné par différents processus, incluant la dégradation. Comme son nom l'indique, cette dernière demi-vie s'évalue au champ, en conditions de culture, et est fortement affectée par les paramètres environnementaux.

Donc, la demi-vie de dissipation au champ sera en général plus courte que la demi-vie de dégradation, car elle est le résultat de la dégradation et de d'autres processus de dissipation. La demi-vie de dissipation au champ sera abordée à nouveau lorsqu'il sera question de la persistance des pesticides dans le sol.

2.2. Gestion des risques environnementaux

2.2.1. Les sources de contamination par les pesticides

Les pesticides peuvent se retrouver à différents endroits dans l'environnement suit à une contamination de source ponctuelle ou à une contamination de source diffuse. La distinction entre ces deux types de source de contamination se fait au niveau de la connaissance de l'endroit précis où le pesticide a été relâché. Une contamination dite ponctuelle provient d'une zone bien précise et identifiable. Par exemple, si l'endroit où on effectue le lavage ou le remplissage de l'équipement d'application est mal aménagé ou est situé près de zones sensibles (ex: cours d'eau), il y a risque de contamination ponctuelle. Les déversements accidentels sont aussi des sources de contamination ponctuelle (Figure 2).



Figure 2 : Déversement accidentel d'un pesticide

Lorsque la contamination est de source diffuse, il est difficile d'identifier la provenance du produit. Le pesticide est détecté à un endroit particulier sans qu'il soit possible de localiser exactement la source (par exemple, apport de pesticides avec l'eau de pluie). Ces pesticides peuvent avoir été appliqués correctement, mais se retrouvent quand même soit dans l'air, dans les sols ou dans l'eau parce qu'ils ont une certaine mobilité et persistance dans l'environnement.

2.2.2. Les différents compartiments environnementaux

La figure 3 montre, de façon schématique, les différents compartiments environnementaux dans lesquels les pesticides peuvent se retrouver, ainsi que les types de réactions qui peuvent transporter et/ou transformer les pesticides.

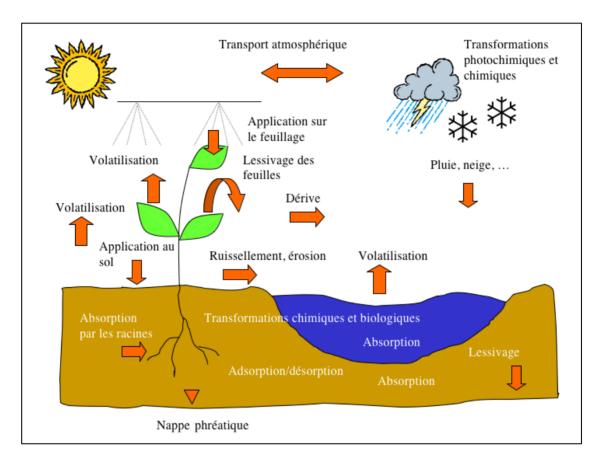


Figure 3: La compartimentation des pesticides dans l'environnement. (Image personnelle, J. Fortin)

Les compartiments environnementaux sont l'air, le sol, les eaux souterraines et de surface, et les organismes vivants. Le tableau VII résume les différents processus qui sont responsables de la présence de pesticides dans les différents compartiments environnementaux par contamination diffuse.

TABLEAU VII

Résumé des différents processus permettant à un pesticide de se retrouver dans les différents compartiments environnementaux

Compartiments	Processus	
Air	 Volatilisation des gouttelettes de pesticides appliqués par pulvérisation Volatilisation des pesticides présents sur les surfaces des plantes, des sols et dans l'eau Dérive des pesticides 	
Sols	 Application directement au sol Lessivage vers le sol de pesticide appliqué au feuillage Dérive de pesticides Dépôt secs ou humides (pluie, neige) 	
Eaux de surface	 Dépôts secs ou humides (pluie, neige) Dérive de pesticides Ruissellement et érosion Drainage souterrain 	
Eaux souterraines	LessivageMouvement préférentiel	
Organismes vivants	Absorption via le milieu de vie (cours d'eau, sol, végétaux)	

2.2.2.1. Le transport des pesticides par ruissellement et érosion

Le ruissellement et l'érosion sont deux processus indissociables, puisque l'un dépend de l'autre pour se produire. Le ruissellement de l'eau à la surface du sol se produit lorsque la quantité d'eau tombée est supérieure à l'infiltration du sol. L'excédent d'eau choisira alors le chemin le plus facile, soit la surface du sol. L'eau de ruissellement peut contenir des pesticides en solution, qui sont alors transportés vers les eaux de surface. L'eau de ruissellement peut entraîner avec elle des particules de sol: c'est l'érosion. Les particules érodées peuvent contenir des pesticides adsorbés sur leurs surfaces, et se retrouver aussi dans les eaux de surface.

2.2.2.2. Le lessivage des pesticides et le mouvement préférentiel

Le lessivage est le processus par lequel le pesticide est transporté en profondeur dans le sol avec l'eau d'infiltration. Un pesticide donné peut migrer en profondeur par l'eau de percolation s'il n'est pas fortement retenu par les composantes du sol. Il peut arriver cependant qu'un pesticide qui est fortement adsorbé par les composantes du sol se retrouve comme contaminant des eaux souterraines. Une explication possible de ce phénomène est que le pesticide a emprunté une voie préférentielle de transport, telles qu'une fissure dans le sol, un tunnel creusé par un vers de terre, ou encore un trou laissé par une vieille racine (Figure 4). La vitesse de l'eau dans les voies de transport préférentiel est assez élevée, ce qui peut entraîner des pesticides solubles, mais aussi des particules de sol avec les pesticides adsorbés dessus.



Figure 4 : Expérience menée avec de la teinture permettant de montrer le mouvement préférentiel de l'eau dans le sol. (http://education.geo.uu.nl/mschydrology/index.php?contentid=10103)

2.2.3. La persistance des pesticides dans l'environnement

On ne peut traiter du comportement des pesticides dans l'environnement sans parler de persistance. La signification du terme persistance dépend cependant de ce que l'on observe. Trois types de persistances peuvent être définies (Calvet et al., 2005):

- 1. La **persistance chimique**, qui est la durée pendant laquelle le pesticide observé peut être dosé suite à une extraction et une analyse chimique. La valeur de la persistance chimique est dépendante de la sensibilité de la méthode utilisée pour l'extraction et l'analyse chimique.
- 2. La persistance agronomique, qui est la durée pendant laquelle le pesticide aura un effet sur l'organisme visé. Dans le cas d'un herbicide, la persistance agronomique est donc la durée de l'effet du pesticide sur le contrôle des mauvaises herbes. C'est aussi ce qu'on appelle l'effet résiduel.
- 3. La persistance environnementale, qui est la durée de tout effet du pesticide et de ses produits de transformation sur l'ensemble des organismes vivants non visés par le traitement. Cette persistance est généralement la plus longue que les deux autres types et aussi plus difficile à évaluer.

Un autre terme souvent utilisé en lien avec la persistance des pesticides est la rémanence. Pour ce terme, deux significations peuvent être rencontrées. Dans le glossaire des termes de SAgE pesticides, la rémanence est définie comme « la présence d'un pesticide au-delà de la période normale d'activité, pouvant entraîner des dommages aux cultures subséquentes » (www.sagepesticides.qc.ca).

Par contre, lorsqu'on consulte le Guide de lutte contre les mauvaises herbes 2012-2013 de l'Ontario, les énoncés sous la rubrique rémanence (chapitre 4, description des herbicides) indiquent clairement qu'il est question de l'effet résiduel (persistance agronomique) des herbicides dans le contrôle des mauvaises herbes ciblées (http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub75/pub75toc.htm).

L'évaluation de la quantité qui demeure dans le milieu (par exemple à une profondeur donnée dans le sol) en fonction du temps permet de déterminer la persistance chimique d'un pesticide dans le sol au champ. Les différents processus de dissipation du pesticide (absorption par les plantes et les autres organismes vivants, volatilisation, adsorption, ruissellement, érosion et lessivage) agiront en combinaison afin de diminuer la quantité du pesticide à l'endroit mesuré. Si le composé est persistant, des quantités appréciables seront retrouvées après une période de temps relativement longue. La quantité du produit est mesurée dans le sol à différents moments pour évaluer une demi-vie de dissipation au champ (DT_{50} champ). L'interprétation des valeurs de DT_{50} champ se fait comme suit :

- si la DT₅₀ champ est inférieure à 30 jours, le composé est peu persistant;
- si la DT₅₀ champ se situe entre 30 et 100 jours, le composé est modérément persistant;
- si la DT₅₀ champ est supérieure à 100 jours, le composé est persistant.

Le tableau VIII présente des valeurs *typiques* de DT₅₀ champ. Il s'agit de valeurs typiques puisque les résultats obtenues dépendent fortement des conditions du milieu (comme la température, la pluviométrie, les méthodes d'application, la topographie, etc.). Donc la demi-vie de dissipation au champ (et la persistance) sont des notions relatives, dépendantes d'une multitude de facteurs.

Persistance de pesticides estimée au moyen de la demi-vie typique de dissipation au champ (DT₅₀ champ) (Source: Long et al., 2005)

TABLEAU VIII

Nom commun	DT50 champ typique (jours)	Nom commun	DT50 champ typique (jours)
	Non persistants	s (DT50 champ< 30 jours)	
spinosad (I)	0,4	acéphate (I)	6
captane (F)	3	glufosinate (H)	7
cléthodime (H)	3	malathion (I)	9
séthoxydime (H)	5	2,4-D (H)	10
EPTC (H)	6	rimsulfuron (H)	10
thiophanate méthyl (I)	6	dicamba (sel) (H)	16
Modérément persistants (30 < DT50 champ < 100 jours)			
diazinon (I)	40	simazine (H)	60
chlorpyrifos (I)	43	azoxystrobin (F)	65
glyphosate	47	myclobutanil (F)	66
carbofuran (I)	50	hexazinone (H)	79
cyprodinil (F)	50	diuron (H)	90
trifluraline (H)	60	métolachlore (H)	90
Persistants (DT50 champ > 100 jours)			
propioconazole (F)	110	fenbuconazole (F)	247
bensulide (H)	120	tébufenozide (I)	348
imidaclopride (I)	127	thiabendazole (F)	403
atrazine (H)	173	paraquat (H)	1000

H: herbicide, F: fongicide, I: insecticide

2.2.4. Les facteurs affectant le devenir des pesticides dans l'environnement

Les propriétés des pesticides permettent d'avoir une indication du potentiel de lessivage ou de ruissellement, de volatilisation, ainsi que de persistance globale. Cependant. les facteurs associés aux conditions du sol, au site où les pesticides sont utilisés et aux pratiques culturales doivent aussi être considérés. Même si les propriétés physico-chimiques d'un pesticide indiquent un faible risque de contamination de l'environnement, il peut tout de même se retrouver comme contaminant si des facteurs autres que ses propriétés physico-chimiques influencent son mouvement. La plupart du temps, de bonnes pratiques culturales permettront de minimiser la contamination environnementale par les pesticides, comme nous le verrons dans les sections qui suivent.

2.2.4.1. Les conditions climatiques

Le climat est un facteur important qui influence la dispersion des pesticides dans l'environnement. On doit utiliser les pesticides seulement lorsque les conditions climatiques sont favorables afin de minimiser l'impact environnemental et maximiser l'efficacité des produits. Les paramètres climatiques à considérer sont: (1) la température, (2) le vent, (3) l'humidité relative de l'air, et (4) la pluie (moment, intensité, durée) (Tableau IX).

2.2.4.2. Les conditions du sol

Les conditions du sol influenceront aussi grandement le devenir des pesticides. Les conditions du sol à considérer sont: (1) le contenu en matière organique et en argile, (2) la texture du sol, (3) la stabilité structurale, (4) la profondeur, (5) la fertilité, (6) le pH, (7) le contenu en eau et (8) la pente (Tableau X).

2.2.4.3. L'utilisation des pesticides

Il est important d'utiliser les pesticides seulement si nécessaire et ou en absence de méthodes alternatives efficaces et économiquement viables. L'utilisation d'un pesticide requiert des techniques d'application spécifiques qui minimisent les impacts potentiels sur l'environnement (Tableau XI).

TABLEAU IX

Résumé des conditions associées au climat qui influencent le devenir des pesticides dans l'environnement

Paramètre climatique	Processus affecté	Conséquences / recommandations
Température de	Plus la température est élevée, plus les pesticides sont volatils.	Il faut éviter d'appliquer des pesticides volatils comme le 2,4-D ester lorsque la température de l'air est élevée. La volatilisation des pesticides contamine l'air ambiant et diminue l'efficacité du produit appliqué.
l'air élevée	Diminution de la taille des gouttelettes de pulvérisation par volatilisation.	Augmentation de la dérive des pesticides.
Température de l'air plus froide au niveau du sol qu'en hauteur (phénomène d'inversion de température) et absence de vent	Augmentation du risque de dérive des pesticides.	Formation d'un nuage de pulvérisation de pesticide entre les deux couches d'air (des gouttelettes restent concentrées en suspension dans l'air). Lorsque le vent se lève, sa direction est imprévisible et il y a déplacement du nuage et augmentation des risques de phytotoxicité par une dérive des pesticides sur des cultures non ciblées.
	Transport possible des particules de sol par érosion éolienne.	Les pesticides adsorbés sur les particules de sol seront transportés par érosion éolienne.
Vitesse du vent élevée	Augmentation du risque de dérive des pesticides.	La direction et la vitesse du vent influencent la dérive des pesticides vers les zones sensibles. Un vent fort augmente le risque de dérive, alors que l'absence d'un vent favorise une concentration des produits au-dessus de certaines zones en raison d'un phénomène d'inversion. De façon générale, le calibrage d'un pulvérisateur avec les bonnes buses réduit les risques de dérive des pesticides. Consulter la Brochure La dérive des pesticides : prudence et solutions (http://www.agrireseau.qc.ca/phytoprotection/documents/pesticide.pdf)
Humidité relative de l'air faible (air très sec)	Favorise la volatilisation des gouttelettes de pesticides.	La volatilisation des pesticides contamine l'air ambiant et diminue l'efficacité du produit appliqué. Favorise aussi la dérive des pesticides pulvérisés car la taille des gouttelettes pulvérisées est réduite.
Pluie peu de temps après l'application d'un pesticide	Augmentation du ruissellement et lessivage	Plus le temps écoulé entre l'application d'un pesticide et l'arrivée de la première pluie est court, plus les pertes de pesticides par ruissellement et lessivage peuvent être élevées. La pluie peut aussi lessiver les pesticides appliqués au feuillage.
Forte pluie	Augmentation du ruissellement et du lessivage	Lorsque la capacité d'infiltration du sol est atteinte, l'excès d'eau ruisselle en surface, entraînant les pesticides solubles, particulaires ou retenus par les particules de sol. L'eau qui s'infiltre lessivera les pesticides dans le sol.
Faible pluie sur une longue période	Affectera le lessivage des pesticides	L'eau s'infiltrera normalement, ce qui diminue le ruissellement. Par contre, l'apport continuel d'eau peut favoriser le lessivage des pesticides les moins retenus par les sols.

TABLEAU X

Résumé des conditions du sol qui influencent le devenir des pesticides dans l'environnement

Condition du sol	Processus affecté	Conséquences / recommandations
Teneurs en matière organique et en argiles du sol élevées	Favorise l'adsorption des pesticides par les sols.	La rétention des pesticides par les sols est influencée principalement par la teneur en matière organique et en argiles. Les pesticides retenus par les sols sont moins sensibles au lessivage. Par contre, pour un sol est susceptible à l'érosion, les pesticides adsorbés par les particules de sols peuvent être entraînés en même temps et contaminer les cours d'eau. Les pesticides retenus par les sols sont aussi moins aptes à la volatilisation. Par contre, leur persistance dans les sols peut être augmentée. L'efficacité de certains pesticides appliqués aux sols est aussi affectée par l'adsorption et des informations à cet effet sont habituellement mentionnées sur l'étiquette du produit.
Texture du sol	Influence la rétention des pesticides et l'infiltration de l'eau.	Les sols à texture fine (G1 et G2) ont habituellement un contenu en argile assez élevé et une bonne teneur en matière organique, ce qui favorise la rétention des pesticides. Il faut maintenir une bonne structure des sols afin de minimiser le ruissellement et l'érosion. Ces sols sont cependant plus susceptibles au mouvement préférentiel de l'eau, qui peut transporter des pesticides en profondeur. Le lessivage des pesticides est habituellement important dans les sols sableux (G3) parce que ces sols retiennent moins les pesticides et qu'ils laissent passer l'eau plus facilement (infiltration élevée).
Stabilité structurale	Influence l'infiltration de l'eau et la susceptibilité à l'érosion.	Des agrégats stables résistent bien aux forces externes comme la pluie, ce qui diminue les pertes par érosion. Une bonne structure favorise l'infiltration de l'eau, ce qui peut lessiver les pesticides les plus solubles et les moins retenus par les sols.
Profondeur dans le sol	L'activité microbienne est plus intense dans la zone racinaire.	La dégradation des pesticides est plus importante dans les horizons de surface où l'activité microbienne est plus intense. Tout processus qui permet à un pesticide de se retrouver en profondeur, en dehors de la zone d'activité microbienne intense, favorise la persistance du produit et éventuellement son lessivage vers les eaux souterraines. Le contenu en matière organique est aussi moins élevé en profondeur, d'où une diminution de la rétention des pesticides.
Fertilité	Influence l'activité microbienne.	Un sol fertile possède souvent une activité microbienne élevée, ce qui favorise la dégradation des pesticides.
pH	Influence l'activité microbienne et l'adsorption et la solubilité à l'eau de certains pesticides.	L'activité microbienne est optimale à un pH près de la neutralité, ce qui favorise la dégradation des pesticides. L'adsorption et la solubilité à l'eau des pesticides acides et basiques est influencée par le pH.
Contenu en eau	Influence l'efficacité de certains herbicides et l'adsorption.	Plusieurs herbicides appliqués au sol ont besoin d'une certaine quantité d'eau ou d'humidité pour être efficaces. Une teneur initiale en eau élevée du sol diminue habituellement la rétention des pesticides (l'eau empêche le contact direct du pesticide avec la surface).
Pente élevée	Favorise le ruissellement et l'érosion.	Les pertes de pesticides et de sol par ruissellement et érosion sont directement reliées à la pente du sol. Plus la pente est abrupte, plus les risques de ruissellement et d'érosion sont élevés.

TABLEAU XI

Résumé des paramètres reliés à l'utilisation des pesticides qui influencent leur devenir dans l'environnement

Paramètre d'utilisation	Processus affecté	Conséquences / recommandations
Dose d'application	Plus les doses appliquées sont élevées, plus il est possible de retrouver le produit dans l'environnement.	Il existe un lien direct entre la quantité d'un pesticide utilisé dans une région donnée et sa détection dans les cours d'eau. Il est important de respecter les doses d'application indiquées sur l'étiquette en fonction des conditions du sol, de la culture et du niveau d'infestation.
Fréquence d'application	L'application répétée d'un même produit durant une saison ou pendant plusieurs années consécutives augmentent les risques de contamination environnementale et le développement de la résistance.	L'application fréquente d'un même produit augmente la probabilité de transport dans l'environnement. De plus, les risques de développement de la résistance sont également augmentés. Utiliser des systèmes de production qui permettent la rotation des matières actives de pesticides et des groupes pour la gestion de la résistance. Favoriser les mélanges des produits et idéalement faire la rotation des cultures.
Couverture végétale au moment de l'application	Le ruissellement, l'érosion et le lessivage sont affectés.	L'application de pesticides en pré-semis ou en pré-émergence sur un sol nu (et à une période où les pluies sont abondantes) est plus susceptible aux pertes de pesticides en surface que les applications en post-levée de la culture, où la présence d'un couvert végétal réduit le ruissellement et l'érosion. On doit porter une attention particulière aux consignes de l'étiquette et au réglage de l'équipement lors de l'application de pesticides en pré-semis ou pré-émergence de la culture en raison des risques supplémentaires.
Calibrage de l'équipement d'application	Permet d'atteindre la cible en utilisant la bonne dose.	L'utilisation d'un équipement d'application adéquat et bien réglé permet d'obtenir un bon contrôle des organismes nuisibles tout en minimisant le surdosage et les pertes dans l'environnement par dérive. Il en résulte un meilleur contrôle des organismes visés tout en minimisant les erreurs de dosage et les pertes dans l'environnement par dérive, ,et l'application sur des organismes ou zones non visées.
Applications localisées	Permettent de diminuer les quantités totales de pesticides relâchées dans l'environnement	L'application en bandes des herbicides contribue à diminuer les pertes environnementales de pesticides en diminuant la quantité totale appliquée sur un champ. L'utilisation de traitements localisés permet aussi de réduire la quantité de pesticide appliquée, ce qui réduit les risques de contamination.
Incorporation au sol	Diminue les pertes par volatilisation et le ruissellement, mais augmente le potentiel de lessivage	La méthode d'application utilisée influence le potentiel de lessivage et de ruissellement. Par exemple, l'injection dans le sol ou l'incorporation au sol rend les pesticides plus disponibles au lessivage, mais moins susceptibles à la contamination des eaux de surface et à la volatilisation.
Établissement d'une zone tampon	Permet de diminuer la contamination des sources d'eau	On doit respecter les zones tampons (zone sans application de pesticides) mentionnées sur l'étiquette et celles du Code de gestion des pesticides afin de ne pas appliquer de pesticides près des sources d'eau (puits, fossés, cours d'eau, lacs). On diminue ainsi la contamination des sources d'eau par dérive, ruissellement et érosion.

2.2.4.4. Les facteurs reliés à la régie de culture

Lors de l'application de pesticides au champ, il est important de respecter les distances des zones sensibles. Il est possible implanter des zones de végétation permanente entre le champ traité et la zone sensible (ex. : un fossé). Cette zone de végétation permettra d'intercepter les eaux de surface (ruissellement et érosion) et de les empêcher d'atteindre la zone sensible (Figure 5).



Figure 5 : Une zone tampon végétative en bordure d'un cours d'eau permet de stabiliser les berges tout en filtrant l'eau.
(Source : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/estrie/Gestiondeleau/bassinversant/BassinEstrie/Pages/BassinEstrie.aspx)

De plus, l'activité biologique à l'intérieur d'une zone de végétation permanente est habituellement élevée. Cela contribue à la dégradation des pesticides présents dans cette zone et à prévenir ainsi toute contamination. Les haies brise-vent peuvent aussi être implantées aux endroits stratégiques afin de minimiser les pertes par érosion éolienne. Finalement, les différents types de travail du sol peuvent influencer le comportement des pesticides dans l'environnement par leurs effets sur plusieurs conditions du sol qui affectent le devenir des pesticides dans l'environnement (Tableau X). La figure 6 adaptée d'Alletto et a. (2010) résume les principales interactions entre le travail du sol et le devenir des pesticides.

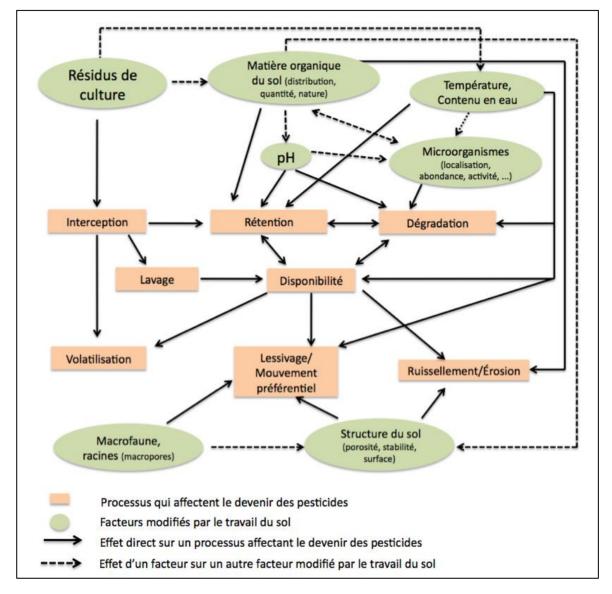


Figure 6 : Schéma illustrant les différentes interactions entre les facteurs affectant le devenir des pesticides dans l'environnement et les facteurs ou conditions modifiées par le travail du sol. (Figure traduite de Alletto et al., 2010)

Les interactions sont complexes, mais on peut tirer quelques généralités. Le travail réduit du sol favorise l'accumulation de matières organiques en surface, affecte favorablement la structure du sol, ainsi que sa fertilité. Ces conditions permettent une bonne rétention des pesticides en surface et favorise la vie du sol. Une rétention élevée d'un pesticide est parfois synonyme d'une diminution de sa biodisponibilité, ce qui peut augmenter sa persistance. Cependant, l'augmentation de l'activité biologique peut contrebalancer cet effet. En travail réduit, la présence de canaux pouvant permettre le mouvement préférentiel de l'eau et des pesticides sont plus abondants, ce qui peut favoriser le mouvement des produits en profondeur. Par opposition, le travail conventionnel du sol mélange la matière organique sur toute la profondeur du labour et favorise son oxydation. Le ruissellement et l'érosion sont parfois plus importants en travail conventionnel du sol en raison d'une moins bonne stabilité structurale et du compactage. Ces conditions sont favorables à une moins bonne rétention des pesticides et à une augmentation des pertes par ruissellement et érosion.

2.2.5. La faune et les pesticides

Les pesticides relâchés dans le milieu peuvent affecter la faune (et la flore) de différentes façons. Comme il y a une multitude de pesticides et une multitude d'organismes vivants, il est difficile de couvrir entièrement ce sujet. La section qui suit donne un bref aperçu des effets de quelques pesticides sur certains organismes vivants sélectionnés.

2.2.5.1. Bioaccumulation et bioamplification

Les pesticides peuvent s'accumuler dans différents tissus chez les organismes vivants, d'où une accumulation du pesticide dans l'organisme. Si ce dernier fait partie d'une chaîne alimentaire, il peut alors y avoir accumulation du pesticide dans d'autres organismes de cette chaîne. C'est pour cette raison que nous parlons des notions de bioaccumulation et bioamplification (Figure 7).

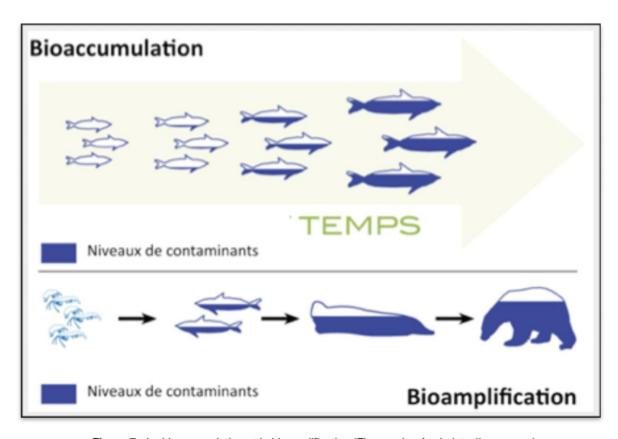


Figure 7 : La bioaccumulation et la bioamplification (Figure adaptée de http://ynm.co.nz)

La bioaccumulation est le degré avec lequel un organisme vivant accumule un composé provenant de son environnement par absorption ou ingestion. La bioaccumulation se fait sur une certaine période de temps. La bioamplification est l'accumulation dans la chaîne alimentaire. Elle réfère au transfert d'un composé donné d'un organisme de la chaîne alimentaire à un autre organisme avec augmentation de la concentration avec chaque transfert dans la chaîne alimentaire. Cette accumulation de pesticides par bioaccumulation ou par bioamplification résulte en des effets sublétaux sur les organismes vivants ainsi exposés.

2.2.5.2. Les effets sublétaux des pesticides sur les organismes vivants

Le contact d'un organisme vivant avec un pesticide n'entraîne pas nécessairement la mort. Pour qu'une mort soudaine se produise, il faut que le pesticide soit présent à des concentrations très élevées. L'exposition à des concentrations sublétales de pesticides peut causer des changements génétiques, physiologiques et de comportement chez les organismes exposés. Ces changements sont souvent assez difficiles à déceler. Les effets sublétaux ont surtout été observés chez les oiseaux et certains poissons. Les effets observés comprennent:

- une diminution de la reproduction;
- des anormalités osseuses;
- une diminution du taux d'éclosion des œufs:
- une diminution de la croissance;
- une diminution de l'épaisseur de la coquille des œufs chez certains oiseaux.

Les amphibiens sont aussi très sensibles à la présence de pesticides dans leur environnement. Pour les grenouilles, des problèmes de mortalité des têtards, de diminution de la reproduction, de plus grande susceptibilité aux infections, de malformations et même de changement de sexe (grenouilles mâles qui devient femelles) on été rapportés. Chez les insectes, des changements dans le comportement et une diminution de la reproduction ont aussi été observés.

2.2.5.3. La protection des abeilles

L'importance des abeilles comme pollinisateurs de diverses cultures est reconnue depuis longtemps. Une diminution des populations d'abeilles peut engendrer des problèmes important de rendements dans plusieurs productions. Il y a actuellement un problème mondial de diminution des populations d'abeilles, qu'on appelle le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles et le Québec n'échappe pas à ce problème. Les facteurs possiblement responsables du déclin des populations d'abeilles comprennent une diminution de la diversité florale, la présence de certains organismes pathogènes et parasites, mais aussi certaines familles de pesticides. Aucun facteur n'a encore été formellement identifié comme l'unique responsable et il est possible qu'une combinaison de ces facteurs soit en cause dans la mortalité des abeilles.

Les abeilles sont susceptibles d'être en contact avec des pesticides. Des tests de laboratoire visant à évaluer la toxicité aiguë (par voie orale et par contact) de pesticides envers les abeilles font partie des différents tests qui doivent être effectués avant l'homologation d'un produit. Lorsque ces tests montrent qu'un pesticide possède une toxicité aiguë élevée envers les abeilles, un énoncé à cet effet est inclus sur l'étiquette du produit homologué. Les insecticides sont habituellement plus toxiques envers les abeilles que les autres types de pesticides (Tableau 12).

TABLEAU XII

Classification de quelques pesticides (noms communs) selon leur toxicité envers les abeilles (liste non exhaustive)

(Source: http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub370/pub370ch9.htm#bee)

Très toxiques	Modérément toxiques	Peu toxiques
abamectine (I)	acétamipride (I)	acéquinocyl (A)
acéphate (I)	bifenazate (A)	Bacillus subtilis (I)
carbaryl (I)	captane (F)	Bacillus thuringiensis (I)
chlorpyrifos (I)	endosulfan (I)	boscalid (F)
deltaméthrine (I)		chlorothalonil (F)
diazinon (I)		clofentézine (A)
diméthoate (I)		dicloran (F)
imidaclopride (I)		fenhexamide (F)
malathion (I)		folpet (F)
perméthrine (I)		fosétyl-Al (F)
pyridabène (I)		iprodione (F)
spinosad (I)		métalaxyl (F)
clothianidine (I)		myclobutanil (F)
thiaméthoxame (I)		pyraclostrobin (F)
		spiromésifène (A)
		Streptomyces lydicus (F)
		tébufénozide (I)
		thiophanate-méthyl (F)
		triforine (F)

I = insecticide, A = acaricide, F = fongicide

La clothianidine et le thiaméthoxame ont été ajoutés au tableau et ne se trouvent pas dans la référence initiale.

Le temps de la journée où le pesticide est appliqué joue également un rôle important sur la toxicité des pesticides envers les abeilles. Les applications durant le jour sont plus nuisibles que les applications faites en fin de journée. Il faut appliquer les pesticides dans les moments de la journée où les abeilles sont les moins actives. Comme les abeilles butinent rarement à plus de 5 km de leur ruche, il est approprié d'aviser les apiculteurs du voisinage si des pesticides doivent être appliqués pendant les périodes d'activité des abeilles. À cet effet, la section 3 du Guide de lutte contre les mauvaises herbes 2012-2013 de l'Ontario donne quelques suggestions permettant une meilleure protection des abeilles en milieu agricole. (http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub75/pub75toc.htm)

Plusieurs recherches sont actuellement en cours au Québec et ailleurs dans le monde pour tenter de comprendre les causes possibles de la diminution des populations d'abeilles. Les travaux portent notamment sur les insecticides appartenant à la famille des néonicotinoïdes. Il y a actuellement cinq composés appartenant à cette famille chimiques qui sont homologués au Canada (Tableau 13). Ces produits sont souvent utilisés dans le traitement de semences (maïs, canola, colza, soya) et de plantons de pomme de terre, mais peuvent aussi être utilisés en pulvérisation du feuillage.

Des recherches menées au Québec ont montré des traces de clothianidine et de thiaméthoxame dans les abeilles dont la ruche est située à proximité de champs de maïs dont les semences ont été traitées avec des insecticides néonicotinoïdes (Le Bulletin des agriculteurs, février 2013).

Un rapport d'évaluation d'incident publié sur le site Internet de l'ARLA (Évaluation de la déclaration d'incident 2011-4412, Agence de règlementation de la lutte antiparasitaire) rapporte des cas de mortalités dans un groupe de 25 colonies d'abeilles en Montérégie en 2011. Des analyses faites par le MAPAQ sur les abeilles mortes recueillies sur le site ont permis de détecter des résidus de clothianidine (0,0004 μ /abeille), de thiaméthoxame (0,00005 μ g/abeille), de fénothrion (0,009 μ g/abeille) et d'atrazine (0,00006 μ g/abeille). L'atrazine n'est pas reconnu comme problématique pour les abeilles.

Les conclusions de ce rapport d'évaluation d'incident sont qu'il est fort probable que l'exposition à un ou trois des pesticides clothianidine, thiaméthoxame et fénothrion (bien qu'il ne soit plus homologué au Canada) a entraîné la mortalité des abeilles. Il n'a pas été possible de déterminer par quels moyens les abeilles sont entrées en contact avec ces produits.

Les pesticides de la classe des néonicotinoïdes homologués au Canada, quelques noms commerciaux et leurs principales utilisations

TABLEAU XIII

Nom commun (Noms commerciaux abrégés)	Principales utilisations
Acetamipride (TRISTAR, ASSAIL, VAULT)	 Application par pulvérisation sur les légumes à feuille, choux, tomates, certains arbres fruitiers, pommes de terre, fraises. Application par pulvérisation pour les plantes ornementales, les sapins de Noël et certaines cultures en serre. Traitement de semences de canola et moutarde
Clothianidine (TITAN, CLUTCH, ARENA)	 Produit liquide pour le traitement des semences de pommes de terre ou pour application dans le sillon. Traitement de semences de canola, de colza, de maïs Pulvérisation sur les gazons
Imidaclopride (ADMIRE, GAUCHO, MERIT, GENESIS)	 Pomme de terre (traitement des semences, application au sol ou pulvérisation) et dans plusieurs cultures légumières. Traitement des semences de canola, colza, moutarde Certaines cultures en serres
Thiaclopride (CALYPSO)	Appliqué par pulvérisation dans les arbres fruitiers (fruits à pépins)
Thiaméthoxame (HELIX, CRUISER, VERIDIAN, AGITA, FLAGSHIP)	 Traitement de semences de canola, de moutarde, blé, orge, maïs, soya, pommes de terre, etc. Traitements foliaires (gazons, plantes ornementales extérieures) Pulvérisation des surfaces pour le contrôle des mouches domestiques dans les bâtiments d'élevage.

Les composés appartenant à la famille des néonicotinoïdes ne sont peut être pas les seuls à être en cause. Dans une étude américaine, 122 pesticides différents et métabolites ont été détectés dans 887 échantillons (cire, pollen, abeilles et miel) provenant de ruches américaines et canadiennes (Johnson et al., 2010). Les produits détectés comprennent 30 fongicides, 17 herbicides, 2 synergistes et plusieurs insecticides (16 pyréthrinoïdes, 13 organophosphorés, 4 carbamates, 4 néonicotinoïdes, 4 régulateurs de croissance des insectes, 3 cyclodiènes chlorés, 3 organochlorés, 1 formamidine et 8 composés divers). Plusieurs échantillons contenaient plus d'un pesticide, avec en moyenne 6 pesticides différents détectés par échantillon.

Selon ces auteurs, il est possible que les effets additifs et synergiques d'expositions répétées à plusieurs pesticides contribuent au déclin de la santé des abeilles. Le déclin des populations d'abeilles demeure une problématique complexe qu'il est important d'étudier et de comprendre. Jusqu'à ce que les causes soient clairement identifiées, il faut autant que possible appliquer les mesures préventives permettant de minimiser l'exposition des abeilles aux pesticides.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons fait un survol très rapide des différents processus et réactions des pesticides dans l'environnement. L'identification des zones sensibles à l'application des pesticides est primordiale à une bonne gestion de ces composés. Les pesticides peuvent se retrouver à différents endroits dans l'environnement, comme l'air, le sol, l'eau et les organismes vivants. Lors de l'application d'un pesticide, il faut minimiser autant que possible la dispersion du composé dans l'environnement, en l'appliquant directement sur la cible visée et en respectant les consignes, directives et mises en garde qui se trouvent sur l'étiquette du pesticide.

Le comportement des pesticides dans l'environnement est un sujet vaste, dont plusieurs aspects sont connus. Nos connaissances dans ce domaine ne cessent de se développer, surtout avec les nouvelles technologies mises à notre disposition. Le présent chapitre n'a fait qu'effleurer le sujet. Il faut demeurer prudent lors de l'utilisation de pesticides afin de minimiser autant que possible la contamination de l'environnement et les impacts négatifs potentiels.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES

- Alletto, L., Y. Coquet, P. Benoit, D. Heddadj et E. Barriuso. 2010. *Tillage management effetcs on pesticide fate in soils*. A review. Agronomy fo Sustainable Development. 30:367-400.
- Calvet, R., E. Barriuso, C. Beods, P. Benoit, M.-P. Charnay et Y. Coquet. 2005. Les pesticides dans le sol. Conséquences agronomiques et environnementales. Éditions France Agricole. 637 pages.
- Felsot, A. S. et D. R. Shelton. 1993. *Enhanced biodegradation of soil pesticides: interactions between physicochemical processes and microbial ecology.* Pages 227-252. Dans Linn et al. (eds.). Sorption and degradation of pesticides and organic chemicals in soil. SSSA special publication no. 32. Madison, WI.
- Fortin, J. 2010. Pesticides et environnement. Notes de cours, Université Laval.
- Honeycutt, R. C. et D. J. Schabacker. 1994. *Mechanisms of pesticide movement into ground water. Lewis Publishers*. 189 pages.
- Jacobs, J.J., J. Guertin et C. Heron. 2000. *Mtbe: Effects on soil and groundwater resources*. CRC Press. 264 pages.
- Johnson, R. M., M. D. Ellis, C. A. Mullin et M. Frazier. 2010. *Pesticides and honey bee toxicity USA. Apidologie. Special Issue: Honey bee health.* [En ligne]: http://www.apidologie.org
- Kerle, E. A., J. J. Jenkins et P. A.Vogue. 2007. *Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection.* Oregon State University. Extension service. EM 8561-E. 8 pages.
- Leonard, R. A. 1990. *Movement of pesticides into surface waters*. Pages 303-400. Dans Cheng et al. (eds.). Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling. SSSA book series no. 2. Madison, WI.
- Long, R., J. Gan et M. Nett. 2005. *Pesticide choice: Best maanagement tractice (BMP) for protecting surface water quality in agriculture.* University of California. Agricultural and natural resources. Publication 8161. 8 pages.
- Swanson, T. M. et M. Vighi. 1999. *Regulating chemical accumulation in the environment: The integration of toxicology and economics in environmental policy-making*. Cambridge University Press. 304 pages.

THÈME 3

Les pesticides et la santé des intervenants en agriculture

Par

Onil Samuel, B.Sc.
Conseiller scientifique santé et environnement
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Avec la collaboration de

Louis St-Laurent Institut national de santé publique du Québec

OBJECTIF DU THÈME 3

L'objectif de ce chapitre est de décrire les répercussions potentielles de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine, ainsi que d'établir et d'expliquer les principales méthodes d'utilisation sécuritaire des pesticides.

INTRODUCTION

Pierre, producteur de maïs depuis de nombreuses années, a acheté récemment la ferme maraîchère de son beau-père, ce dernier voulant prendre sa retraite. Expérimenté dans son domaine, Pierre gère assez bien les activités en lien avec la phytoprotection dans les grandes cultures. Toutefois, le contrôle des maladies et des insectes en culture maraîchère, principalement celle de l'oignon, lui est pratiquement inconnu.

Depuis l'acquisition de son entreprise, Pierre est de plus en plus fatigué. Il se sent dépressif et nerveux en plus d'avoir souvent des maux de tête et de perdre l'appétit. Au départ, il associe ses problèmes de santé au stress supplémentaire causé par la prise en charge de ses nouvelles terres agricoles, mais, comme les symptômes persistent, il décide de consulter son médecin de famille.

Lors de la première visite, son professionnel de la santé et lui écartent rapidement la possibilité d'une exposition aux pesticides : Pierre travaille avec des produits semblables depuis longtemps dans ses champs de maïs et il n'a jamais éprouvé de problèmes de santé. C'est après avoir entendu parler des effets potentiels du chlorpyrifos, un insecticide organophosphoré régulièrement utilisé dans la culture de l'oignon, que Pierre décide de revoir son médecin. Ce dernier exige alors une analyse des cholinestérases et constate que le niveau d'enzymes de son patient est relativement bas. En discutant avec son médecin, Pierre réalise qu'il n'a jamais changé ses habitudes pour se protéger des pesticides, même s'il travaille maintenant avec des produits beaucoup plus toxiques qu'il connaît très mal.

Peu importe le type de cultures, les producteurs sont constamment confrontés à la présence d'insectes nuisibles, de maladies fongiques, de bactéries et de mauvaises herbes. Ces ennemis des cultures peuvent être responsables de pertes quantitatives et qualitatives parfois importantes pour les producteurs. Dans un tel contexte, il est rassurant de pouvoir compter sur des outils de contrôle efficaces, comme les pesticides. Or, s'ils peuvent exercer une action toxique sur des organismes nuisibles, les pesticides peuvent aussi perturber d'autres êtres vivants, dont les humains. Les problèmes de santé peuvent survenir à court terme. Ils peuvent également apparaître à plus long terme, à la suite d'expositions répétées à de faibles doses de pesticides.

Dans le but d'éviter des conséquences fâcheuses, il importe que les agriculteurs mettent en place un ensemble de mesures visant à prévenir les expositions aux pesticides et à rationaliser l'utilisation de ces produits. Cela est d'autant plus important que les effets nocifs appréhendés de ces substances peuvent être subtils et prendre plusieurs années à se manifester.

3. LES PESTICIDES ET LA SANTÉ DES INTERVENANTS EN AGRICULTURE

3.1. La notion de risque

Le risque peut être défini par une équation simple. Il s'agit du degré de toxicité intrinsèque du pesticide multiplié par le niveau d'exposition. Ainsi, pour considérer que l'utilisation d'un pesticide constitue un risque, il faut, d'une part, que le produit utilisé possède des propriétés toxiques et, d'autre part, que l'utilisateur soit exposé à une quantité suffisante de produits pour que son organisme en soit perturbé. Il est possible de gérer le risque à la source. Il est possible de diminuer les risques en mettant en place des mesures préventives visant à limiter les expositions. Comme indiqué à la figure 1, les mesures préventives doivent cibler tant la toxicité des produits que l'exposition pour diminuer les risques sanitaires des pesticides.

Les organismes responsables de l'homologation des pesticides, comme l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) au Canada ou l'Environmental Protection Agency aux États-Unis, exigent que les requérants d'une homologation réalisent un nombre impressionnant d'études toxicologiques. Les résultats de ces études expérimentales de toxicité aiguë et chronique servent à réaliser des évaluations de risques. Ces évaluations visent à orienter les décisions gouvernementales quant à l'acceptabilité du risque sanitaire et environnemental d'un pesticide, et ce, pour différents scénarios d'utilisation.

Bien sûr, le processus d'homologation permet de limiter, en partie, les risques potentiels liés à l'utilisation des pesticides. Cependant, le seul fait qu'un pesticide soit homologué n'élimine pas automatiquement tous les risques d'utilisation qui y sont associés.

Lorsque certains risques sont déterminés pour un pesticide, des mesures correctrices peuvent souvent être proposées afin qu'ils soient réduits à un niveau acceptable. Dans ce sens, seul le respect des recommandations d'utilisation et des mesures d'atténuation suggérées sur l'étiquette assureront l'utilisateur d'une sécurité relative.

Il n'est pas si simple d'établir avec justesse et exactitude sur les risques réels des pesticides pour les utilisateurs et la population en général. Plusieurs chercheurs en toxicologie remettent en question certaines approches d'évaluation toxicologique des pesticides. Quelques-uns d'entre eux croient que l'exposition des animaux de laboratoire à de fortes doses de pesticides ne permettrait pas de déceler des effets observés à de plus faibles doses. C'est le cas, notamment, des perturbations du système endocrinien pour lesquelles il existe encore peu d'études spécifiques aux pesticides. Par ailleurs, de plus en plus d'auteurs émettent des doutes quant à l'extrapolation des données expérimentales de l'animal à l'humain. Il est aussi difficile de prédire les effets potentiels d'une exposition à plusieurs pesticides différents, et ce, même s'il s'agit souvent d'expositions à de faibles doses. Des modèles prédictifs ne sont généralement disponibles que pour des molécules ayant un même mode d'action toxique.

La question des risques liés aux pesticides n'est donc pas des plus simples. Cependant, des données toxicologiques, épidémiologiques et expérimentales récentes permettent progressivement de confirmer des hypothèses longtemps avancées par la communauté scientifique sur les risques sanitaires des pesticides. À elles seules, ces données justifient l'élaboration d'approches de gestion sécuritaire de ces produits.

Rappelez-vous : le fait qu'un produit soit homologué n'élimine pas tous les risques!

3.2. La toxicité aiguë et les effets chroniques potentiels des pesticides

Les effets néfastes des pesticides peuvent se manifester immédiatement ou peu de temps après une exposition. Ils peuvent aussi apparaître à la suite d'une absorption répétée, sur une longue période de faibles doses de pesticides. Dans le premier cas, il sera question d'une intoxication aiguë; dans le second, d'une intoxication ou d'une maladie chronique.

Plusieurs auteurs ont décrit des risques d'effets aigus et chroniques pour les travailleurs exposés aux pesticides, et ce, peu importe où ils exercent leur métier (champ ou serre). Ces problèmes pourraient être d'ordre respiratoire, cutané, neurologique, reproductif, développemental, etc.

3.2.1. Toxicité aiguë

3.2.1.1. La relation dose-réponse

La relation dose-réponse est la relation entre le degré de réponse d'un système biologique et la quantité de substance qu'il a reçue. Cette relation est utilisée pour quantifier la toxicité d'une substance. Elle est souvent exprimée graphiquement (ex. : une dose en fonction d'un pourcentage de réponse toxique). Pour évaluer la toxicité systémique aiguë d'une matière active, on doit déterminer la dose nécessaire pour tuer 50 % d'une population d'animaux de laboratoire (DL50). Cette valeur doit être établie pour les voies d'exposition orale, cutanée et respiratoire. Un produit peut être faiblement toxique par une voie, mais présenter un risque élevé par une autre. Une faible valeur de DL50 indique qu'il faut utiliser moins de produits pour provoquer une réponse toxique. Cela signifie que le risque est élevé, celui-ci étant inversement proportionnel à la valeur DL50. La figure 1 est une représentation graphique de la relation dose-réponse.

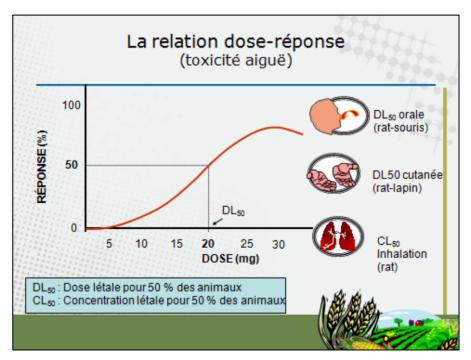


Figure 1 : Représentation graphique de la relation dose-réponse.

3.2.1.2. Les effets dermatologiques

En plus de produire des effets systémiques aigus, certains pesticides peuvent être responsables de différentes réactions dermatologiques. Parmi celles-ci, il y a les dermatites provoquées par un irritant primaire. La gravité de ces inflammations non allergiques pourra être influencée par différents facteurs, comme la condition de la peau, la durée de l'exposition, la température ambiante et le taux d'humidité de l'aire. Des irritations, de l'érythème, de l'œdème, de l'urticaire, des éruptions cutanées et des dermatites ont effectivement été observées chez des travailleurs exposés à des produits antiparasitaires.

L'exposition à certains pesticides peut aussi conduire l'humain à une sensibilisation et au développement d'allergies. Il est important de noter que les gens peuvent être exposés à un allergène pendant plusieurs années avant d'y être sensibilisés. Ajoutons que quelques rares produits antiparasitaires peuvent provoquer des dermatites par photosensibilisation. Il s'agit d'une réaction non immunologique qui apparaît à la suite d'une exposition à la lumière solaire.

Lorsque les caractéristiques de toxicité aiguë sont bien connues, il est possible de classer les produits par degré de toxicité (Figure 2).

GRAVITÉ DE L'EFFET					
Critères de toxicité aiguë	Extrêmement élevée	Très élevée	Modérément élevée	Légère	Faible
VALEUR DE L'INDICATEUR					
DL ₅₀ orale (mg/kg)	≤ 5	> 5-50	> 50-300	> 300-2 000	> 2 000
DL ₅₀ cutanée (mg/kg)	≤ 50	> 50-200	> 200-1 000	> 1 000-2 000	> 2 000
CL ₅₀ inhalation (mg/l)	≤ 0,05	> 0,05- 0,5	> 0,5-1	> 1-5	> 5
Irritation cutanée		De sévère à extrême	Modérée	Légère	Très peu ou pas
Irritation oculaire		De sévère à extrême	Modérée	Légère	Très peu ou pas
Sensibilisation		Oui	Possible		Non

Figure 2 : Classification des effets aigus des pesticides selon leur niveau de gravité. (Source : SAgE pesticides)

3.2.1.3. Le caractère non spécifique des symptômes

Il peut être difficile de faire le lien entre certains symptômes et l'exposition à un ou à plusieurs pesticides. Souvent, ces symptômes sont non spécifiques. Par exemple, une nausée pourrait être associée à un problème gastro-intestinal commun. Cette particularité des effets aigus des pesticides serait en grande partie responsable de la sous-déclaration des cas d'intoxication aiguë. Par ailleurs, comme les travailleurs agricoles ne font pas toujours un lien de cause à effet entre l'utilisation de produits phytosanitaires et certains symptômes ressentis, ils peuvent en arriver à moins respecter les mesures préventives.

La liste des signes cliniques et des symptômes aigus les plus fréquemment rapportés lors d'une exposition aux pesticides explique en elle-même pourquoi ils peuvent être attribués à différentes causes.

Liste des symptômes possibles				
Irritation cutanée ou oculaire	Maux de tête (céphalées)			
Nausées	Vomissements			
Étourdissements	Fatigue			
Perte d'appétit				

3.2.1.4. Certains facteurs qui influencent l'intoxication et la sévérité des symptômes

Plusieurs facteurs peuvent influencer la réponse à une exposition à un pesticide et, particulièrement, la sévérité des symptômes.

> Niveau de toxicité et dose

Le mécanisme de toxicité est le processus biochimique par lequel une substance exerce son effet toxique. Tous les pesticides n'ont pas la même toxicité aiguë telle que souvent exprimée par la relation dose-réponse. Certains pesticides, dont ceux de la famille des organophosphorés, peuvent être très toxiques comparativement à un herbicide comme le glyphosate.

La dose est la quantité d'une substance bioactive reçue par un organisme. L'ampleur de la réponse d'un organisme est normalement proportionnelle à l'importance de la dose. Cette dernière influence donc de façon considérable le risque d'intoxication. Par exemple, une préparation renfermant une matière active à 90 % représente un risque plus élevé qu'un produit similaire ne contenant que 20 % de cette même matière active. Selon ces considérations, le risque d'intoxication est généralement plus important chez les travailleurs qui utilisent des pesticides sous une forme concentrée (ex. : mélangeur). Il importe, par conséquent, de considérer ces deux facteurs lors du choix des mesures préventives à adopter lorsque des pesticides sont employés.

> Présence de substances dites inertes ou d'adjuvants

Les études de toxicité réalisées dans le cadre du processus d'homologation d'un pesticide concernent généralement la ou les matières actives. Cependant, les préparations commerciales peuvent contenir différents autres produits qui pourront, dans certains cas, accroître la toxicité totale du produit ou de la matière active.

> Additivité, synergie et métabolisme

Souvent, le travailleur agricole sera exposé à plus d'une matière active à la fois. C'est le cas, notamment, lors de l'utilisation d'un mélange de pesticides. Si, dans certaines situations, la toxicité totale du mélange n'est pas supérieure à celle de la matière active la plus toxique, dans d'autres, il sera possible d'observer une addition des effets toxiques spécifiques à chaque produit. Il sera alors question d'additivité des effets.

ADDITIVITÉ $\rightarrow 1 + 1 = 2$

Il y a pire : le mélange de certains produits pourrait mener à un niveau de toxicité totale amplifié et supérieur à la somme des effets séparés de chaque produit. On parle ici d'effet synergique.

Certains pesticides peuvent aussi être transformés en une forme plus toxique lorsqu'ils sont exposés à des conditions environnementales précises. Par ailleurs, même si les pesticides absorbés sont généralement dégradés par l'organisme en une forme moins toxique, certains métabolites peuvent accroître la toxicité du produit mère (ex : forme « oxon » des organophosphorés).

> La voie d'exposition

Les utilisateurs de pesticides peuvent y être exposés par la voie cutanée, orale ou respiratoire. La voie d'exposition pourra avoir un effet considérable sur la gravité et la rapidité d'une intoxication aiguë. Par exemple, les intoxications les plus sévères résultent généralement lorsque le pesticide est accidentellement pris par la bouche, car l'estomac et les intestins ont une forte capacité d'absorption. Pour certains produits sous forme de gaz ou de très fines particules, l'exposition respiratoire pourra provoquer une intoxication rapide et sévère.

> Les susceptibilités individuelles

Tout le monde n'a pas le même degré de résistance. C'est pourquoi certains individus réagiront plus rapidement ou fortement à des produits chimiques alors que d'autres n'auront peu ou pas de symptômes. Plusieurs facteurs peuvent influencer la réponse d'une personne aux pesticides : les antécédents médicaux, la capacité immunitaire, l'efficacité du métabolisme, la masse corporelle, etc.

3.2.1.5. Les statistiques des appels pour intoxications au Québec

Le Centre antipoison du Québec compile des statistiques relatives aux appels pour intoxication, notamment pour les cinq catégories de produits suivants : pesticides, médicaments, produits industriels, produits domestiques, monoxyde de carbone. Pour la période de 2009 à 2013, les médicaments (50,0 %) et les produits domestiques (44,6 %) sont les catégories de produits les plus fréquemment rapportées. Les pesticides représentent 1,9 % des appels pour intoxication, pour cette période.

Au Québec, une moyenne de 113 appels annuels concernant une intoxication aiguë potentielle aux pesticides a été rapportée par des professionnels au Centre antipoison du Québec pour la période de 1994 à 2013. Pour cette même période, un total de 2259 cas a été répertorié (Lebel, G., communication personnelle). Il est toutefois impossible de déterminer précisément quelle proportion de ces cas était imputable à des travailleurs agricoles. Par ailleurs, plusieurs professionnels de la santé suspectent une sous-déclaration de ces cas en raison, notamment, de la non-spécificité des symptômes, de la méconnaissance des mécanismes de déclaration et du nombre importants d'utilisateurs qui ne souscrivent pas à la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST). Même si le degré de gravité des intoxications rapportées varie grandement, il n'en demeure pas moins que les statistiques nous obligent à considérer les pesticides avec prudence.

Si vous soupçonnez une intoxication aux pesticides, vous devez immédiatement communiquer avec le Centre antipoison du Québec. Des professionnels formés sauront vous renseigner sur les mesures à prendre.



Quand vous appelez au Centre antipoison, ayez toujours en mains l'étiquette du pesticide en cause. Cela permettra d'accélérer la recherche d'information sur la toxicité du produit et le traitement à administrer.

3.2.2. Toxicité chronique ou effets à long terme

De manière générale, les effets toxiques aigus des pesticides sont bien connus en raison des connaissances acquises lors des études expérimentales. De plus, les effets apparaissant en situation de travail sont habituellement assez bien documentés.

Outre les risques aigus déjà répertoriés, des effets à long terme sont également suspectés. Les effets chroniques des pesticides chez l'humain sont, cependant, moins bien connus. Bien sûr, certains de ces effets ont été mis en évidence lors d'études expérimentales; d'autres ont été déterminés durant des études épidémiologiques chez des groupes importants de travailleurs. Les données expérimentales semblent, toutefois, être des prédicteurs quantitatifs et qualitatifs raisonnables des effets à long terme de ces substances chez l'humain.

3.2.2.1. Des effets parfois difficiles à préciser

Dans le cas des effets chroniques, le délai peut être très long entre l'exposition aux pesticides et l'apparition des symptômes ou d'une maladie. Il est alors parfois difficile d'établir le lien avec certitude. Quand il est question d'effets toxiques survenant après l'absorption répétée de faibles doses de pesticides sur une longue période, il faut aussi être capable d'exclure le rôle de nombreux facteurs confondants avant de conclure à un effet réellement lié à un pesticide. Par ailleurs, lorsque des études épidémiologiques sont réalisées, il est souvent difficile de bien caractériser l'exposition antérieure des sujets, ce qui complique encore davantage l'interprétation des données.

Malgré ces difficultés d'ordre méthodologique, la documentation permet de plus en plus d'établir les risques potentiels des pesticides. Même s'il peut persister des incertitudes dans plusieurs cas, l'ensemble des données milite grandement en faveur d'une prudence accrue lors de l'utilisation de certains de ces produits.

3.2.2.2. Les incertitudes liées aux expositions à faibles doses et aux expositions multiples

Au nombre des incertitudes en matière de toxicité des pesticides persiste la possibilité d'effets chroniques à la suite d'une exposition à de faibles doses de pesticides. Durant les études expérimentales réalisées pour obtenir une homologation, les animaux de laboratoire sont généralement exposés à des doses assez élevées de pesticides. Depuis quelques années, de nombreux chercheurs notent que certains effets, comme les perturbations endocriniennes, ne seraient pas décelables à de fortes doses alors qu'ils le seraient probablement à des doses faibles. Des

pesticides auraient, par exemple, le potentiel de mimer ou d'inhiber l'action de certaines hormones. Les études à ce sujet sont encore relativement rares, mais la liste des produits phytosanitaires possédant un tel potentiel s'allonge de plus en plus.

Des chercheurs ont aussi soulevé l'hypothèse de risques accrus lors de l'exposition à plusieurs pesticides différents. Cette hypothèse a pu être vérifiée dans de rares cas, et ce, pour des produits ayant un même mode d'action. Toutefois, la toxicologie moderne ne permet toujours pas de prouver cette hypothèse. Pourquoi? Parce qu'il y a des difficultés méthodologiques. De plus, de nombreuses molécules sont concernées par ces expositions. Ces difficultés à documenter les risques des expositions multiples ne devraient, cependant, pas être interprétées comme une absence de risque, mais plutôt comme une raison supplémentaire d'être prudent lors de l'utilisation des pesticides.

3.2.2.3. Les effets cancérigènes

Parmi les effets chroniques potentiels, le cancer est probablement celui qui soulève le plus d'inquiétudes. En effet, plusieurs pesticides ont été reconnus comme des substances cancérigènes possibles ou probables par divers organismes internationaux, et ce, sur la base de données expérimentales ou épidémiologiques. Globalement, les travailleurs agricoles semblent avoir moins de cancer que la population générale s'il est fait abstraction du type de cancer. Il en est autrement lorsque la spécificité des cancers est prise en compte.

En effet, ces travailleurs agricoles peuvent être plus particulièrement atteints par certaines formes de cancer, comme les lymphomes, les leucémies et les cancers des tissus conjonctifs, du cerveau et de la prostate (Sanborn et collab., 2004). Quelques études tendent aussi à démontrer des risques accrus pour le cancer du rein et du cerveau ainsi que de la leucémie chez les enfants d'utilisateurs professionnels de pesticides (Fear et collab., 1998; Hoar Zahm et Ward, 1998). Il est, toutefois, important de noter que les forces d'association varient beaucoup d'une étude à l'autre et que certaines d'entre elles concluent tout simplement à l'absence d'association. Par exemple, les publications concernant les cancers du poumon, des testicules, des ovaires, du sein, du foie, de l'estomac, du côlon, de la vessie et du col utérin ne permettent pas de tirer de conclusions probantes (Baldi et collab., 1998).

Il est souvent difficile d'établir avec certitude la cancérogénicité des pesticides, et ce, principalement en raison des limites des études épidémiologiques. En effet, ces études ne permettent pas toujours de bien préciser l'exposition de façon rétrospective ni de définir le risque pour un pesticide en particulier lorsque les utilisateurs ont été exposés à de nombreux produits. Cependant, étant donné que plusieurs pesticides ont été identifiés comme étant potentiellement cancérigènes pour l'humain, il ne faut pas négliger les effets possibles de ces produits lors d'une exposition chronique.

3.2.2.4. Les effets génétiques

Certains pesticides ou mélanges de pesticides pourraient aussi être responsables d'effets génétiques (Bolognesi, 2003; Holsapple, 2002). Bolognesi a fait le bilan des résultats de nombreuses recherches sur le sujet. L'auteur précise que la plupart des études indiquent des effets. Les données révèleraient aussi que les dommages chromosomiques induits par l'exposition à des pesticides sont transitoires, lors d'expositions aiguës ou discontinues. Toutefois, ces dommages pourraient être cumulatifs lors d'expositions répétées à des mélanges complexes de pesticides. La majorité des études évaluées mentionnent que les effets mesurés sont liés à la dose ainsi qu'à la durée et à l'intensité de l'exposition.

3.2.2.5. Les effets sur la reproduction et le développement

Des études proposent un lien entre l'exposition aux pesticides et certains troubles de la reproduction et du développement (Sanborn et collab., 2004). Des études sur des animaux semblent indiquer un potentiel tératogènes - malformation ou retards de croissance et de développement chez l'embryon – à la suite d'expositions à certains pesticides. Chez les humains, ces produits pourraient aussi être

responsables de malformations chez les nouveau-nés dont les parents utilisent des pesticides en agriculture. À titre d'exemple, Kristensen et ses collaborateurs (1997) ont fait le lien entre certaines malformations congénitales et l'utilisation des pesticides en étudiant l'information du registre de 192 417 naissances de 1967 à 1991, en Suède. L'incidence de ces malformations était plus élevée chez les gens exposés aux pesticides. Parmi les problèmes répertoriés, il y avait des cas de malformation du système nerveux central et des membres, de spina bifida, de cryptorchidie (testicules non descendus), d'anomalie de la position du méat urinaire et d'hydrocéphalie. Cette étude mettait en lumière un niveau de risque de malformations plus important chez les nouveau-nés dont les parents utilisaient des pesticides en agriculture.

D'autres effets, comme des fausses couches (Arbuckle et Mery, 2001; Garry et collab., 2002 a et b; Petrelli et Mantovani, 2002), une diminution de la fertilité (Petrelli et Figa-Talamanca, 2001) et une baisse de la production et de la mobilité des spermatozoïdes (Sheiner et collab., 2003; Swan et collab., 2003), ont aussi été notés. Abell et Ernst (1994) rapportent également que, de manière générale, les fermiers utilisant des pesticides ont une densité de spermatozoïdes moins élevée que les fermiers ayant des fermes organiques.

De plus, les femmes d'agriculteurs utilisant des pesticides pourraient présenter une plus forte incidence de fausses couches. C'est ce qu'ont démontré Parrón et collab. (1996). En effet, 36 % des femmes soumises à la plus longue période d'exposition cumulative moyenne (2 250 heures/année) ont eu des fausses couches avant la 20^e semaine de grossesse comparativement à 12 % chez les femmes exposées durant une période cumulative moyenne plus courte (250 heures/année). Les analyses statistiques ont démontré une différence significative (P < 0,01).

3.2.2.6. Les effets sur les systèmes immunitaire et endocrinien

Le système immunitaire protège normalement les humains et les animaux contre l'invasion de substances étrangères dans leur organisme. Malheureusement, des pesticides, des solvants, des ingrédients inertes et des contaminants retrouvés dans certains produits pourraient avoir un potentiel immunodépresseur et perturber la réponse immunitaire des individus à l'invasion de virus, de bactéries, de parasites et de tumeurs (Repetto et Baliga, 1996). La chute de la production d'anticorps et les réactions d'hypersensibilité retardée pourraient aussi être liées à l'exposition à certains pesticides.

À l'heure actuelle, les études concernant les effets des pesticides sur le système immunitaire sont encore très limitées. Cependant, des données ont démontré une réponse immunitaire chez des travailleurs exposés à de faibles doses de pesticides.

Le système endocrinien pourrait, lui aussi, être perturbé par l'utilisation de certains pesticides (Colborn, 2004; Colborn et Carroll, 2007). L'exposition à ces produits pourrait provoquer un déséquilibre physiologique potentiellement responsable de différentes difficultés (problèmes de reproduction, obésité, diabète, cancer du sein et dommages aux glandes thyroïde et pituitaire). Les fœtus seraient particulièrement vulnérables aux perturbations endocriniennes. Ces effets sont encore peu documentés et ils ne font pas toujours l'unanimité dans la communauté scientifique. Cela dit, la liste des pesticides possédant un tel potentiel est de plus en plus longue. Les découvertes récentes sur la possibilité d'effets chroniques à la suite d'une exposition à de faibles doses de pesticides (voir section 3.2.2) s'ajoutent aux incertitudes concernant ces effets potentiels.

Depuis plus d'une dizaine d'années, des organismes responsables des homologations, comme l'*United States Environmental Protection Agency* (EPA), essaient de mettre au point une batterie de tests pour évaluer le potentiel de perturbations endocriniennes des pesticides. Une première liste de pesticides devant être évalués a, d'ailleurs, été proposée. Cependant, les résultats de ces évaluations ne sont toujours pas disponibles.

3.2.2.7. Les effets neurologiques

Des effets neurologiques peuvent survenir à la suite d'une exposition aiguë ou chronique à des pesticides. Ce sont surtout les insecticides – organophosphorés, carbamates, pyréthrinoïdes, etc. – qui sont pointés du doigt en raison de leur mécanisme d'action. Certains symptômes peuvent parfois persister pendant plusieurs années. Divers problèmes, comme des temps de réaction plus longs, une stabilité motrice réduite, une tension accrue, des signes de dépression, de la fatigue et des troubles du système nerveux central, ont été notés lors d'exposition à de faibles doses d'insecticides organophosphorés.

Des études ont aussi proposé un lien entre la maladie de Parkinson et l'exposition aux pesticides (Costello et collab., 2009; Elbaz et collab., 2009; Moisan et Elbaz, 2011; Petrovitch et collab., 2002; Vanacore et collab., 2002). Cette maladie a même fait l'objet d'un processus de reconnaissance de maladie professionnelle en France lorsqu'elle est associée à l'exposition à des pesticides. Plus récemment, des études ont permis de faire des associations significatives entre l'exposition pré- et post-natale aux insecticides organophosphorés de la mère et les problèmes neurologiques du développement de ses enfants, dont le trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité (TDAH) (Bouchard et collab., 2011; Engel et collab., 2011).

3.3. Les voies d'exposition aux pesticides

Plusieurs situations peuvent favoriser l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides et, trop souvent, les agriculteurs se méfient peu de ces produits. Pourquoi? Parce qu'ils n'associent pas certains symptômes souvent non spécifiques à l'utilisation des pesticides. La peau et, à un moindre degré, le tractus respiratoire sont normalement les principales voies d'exposition aux pesticides (durant ou après l'application des produits, entre autres, lors des travaux réalisés sur un site traité avec des pesticides). L'ingurgitation de pesticides est généralement rare.

3.3.1. La voie cutanée

La peau est reconnue comme étant la principale voie d'exposition aux pesticides (Ecobichon, 1998), et ce, même si cet immense organe – le plus important en superficie – constitue une barrière relativement imperméable aux produits chimiques. En effet, les pesticides peuvent être absorbés à travers toute la surface cutanée. Ce type d'exposition peut être responsable d'effets dermatologiques ou systémiques tant aigus que chroniques. L'exposition cutanée se produit par le contact avec des particules aériennes ou des surfaces contaminées, comme les résidus foliaires. Ainsi, tous les travailleurs de l'exploitation agricole peuvent être exposés.

Les risques sont encore plus importants lorsque les pesticides sont appliqués dans un milieu fermé, car les facteurs favorisant la dégradation des pesticides sont souvent absents. La figure 3 montre comment on peut observer l'exposition cutanée chez un travailleur; cela se fait à l'aide d'un marqueur fluorescent. La figure 4, quant à elle, présente de quelle manière l'exposition cutanée aux insecticides organophosphorés peut toucher certains enzymes importants dans la transmission de l'influx nerveux chez un travailleur en serre.

3.3.2. La voie respiratoire

Les pesticides sont souvent appliqués sous la forme d'aérosol, de brouillard ou de gaz. De cette manière, ils peuvent être facilement inhalés. Le système respiratoire des travailleurs constitue donc une voie non négligeable d'exposition aux pesticides en suspension dans l'air. L'exposition respiratoire peut résulter de l'inhalation de vapeurs résiduelles des pesticides ou de particules aériennes contaminées avec ces produits. Par exemple, la poussière générée par les semences traitées pourrait exposer les utilisateurs de pesticides de façon significative.

La toux chronique, l'asthme, la dyspnée, la rhinite ainsi que la baisse de la capacité ventilatoire sont parmi les manifestations les plus souvent rapportées à la suite d'une atteinte du système respiratoire par des pesticides. Les risques d'exposition par inhalation sont particulièrement importants lorsque les pesticides sont manipulés dans un espace fermé, comme une serre ou un lieu d'entreposage mal ventilé. Les risques sont spécialement plus importants lorsque les pesticides sont utilisés sous leur forme concentrée ou lorsqu'ils sont appliqués sans un équipement de protection individuelle (EPI).



Figure 3 : Exposition cutanée des travailleurs démontrée à l'aide d'un marqueur fluorescent ajouté à la bouillie. (Photos : Onil Samuel)

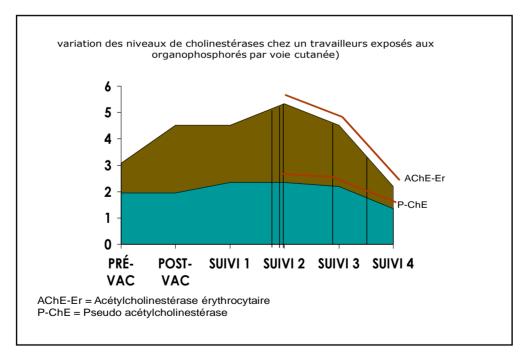


Figure 4 : Diminution des cholinestérases à la suite de l'exposition cutanée aux organophosphorés d'un travailleur en serre.

3.3.3. La voie orale

L'absorption de pesticides par la voie orale est plus rare. Elle se produit lorsqu'un individu porte ses mains contaminées à sa bouche ou lorsque celui-ci boit, mange ou fume sans avoir lavé ses mains préalablement. Ces expositions sont généralement accidentelles, mais il arrive que des pesticides soient ingérés volontairement, d'où l'importance de ranger ces produits de façon sécuritaire.

La population peut aussi être exposée par la voie orale, et ce, principalement en consommant des aliments contenant des résidus de pesticides. Une étude québécoise a démontré que les enfants québécois avaient des niveaux de métabolites d'insecticides organophosphorés généralement plus élevés que ceux publiés dans la littérature scientifique internationale (Valcke et collab., 2006).

3.4. L'utilisation sécuritaire des pesticides et les principales mesures préventives

De nombreuses études démontrent clairement que, de manière générale, les travailleurs peuvent être exposés aux pesticides, et ce, parfois de façon importante. Ce ne sont pas uniquement les applicateurs qui peuvent être exposés, mais aussi les travailleurs qui ont à effectuer des tâches sur un site préalablement traité avec des pesticides, puisque les expositions se font principalement par la peau. Les différentes études disponibles démontrent que le respect de certaines règles de sécurité permet normalement de maintenir l'exposition à de très faibles niveaux. En effet, Samuel et ses collaborateurs (1996 et 2002) ont observé que le respect de certaines mesures sécuritaires d'usage permettait de diminuer substantiellement les risques d'exposition des travailleurs en serre. Il est logique de croire que ce serait aussi le cas lors de l'utilisation de pesticides dans d'autres contextes.

3.4.1. Le contrôle à la source

Toute bonne stratégie de prévention devrait, d'abord et avant tout, viser à réduire à la source les expositions à des contaminants dans l'environnement et le milieu de travail. La gestion intégrée des ennemis des cultures permet d'optimiser la défense contre les organismes nuisibles en favorisant une utilisation plus rationnelle des pesticides et l'emploi d'autres moyens de lutte.

3.4.2. Vers une démarche d'utilisation sécuritaire des pesticides

Lors de l'utilisation des pesticides, il est important d'en évaluer les risques :

- choisir le bon pesticide et la bonne dose ;
- choisir un pesticide homologué pour le problème identifié ;
- bien connaître les caractéristiques du produit (santé, environnement et agronomie).

S'assurer d'être bien protégé est l'étape ultime de la démarche d'utilisation sécuritaire des pesticides. Cela permet, en effet, de réduire les risques d'exposition.

- Port des équipements de protection individuelle (EPI) adéquat.
- Respect des délais de réentrée.
- Décontamination des EPI et des équipements d'application.
- Hygiène personnelle.
- Entretien préventif des équipements.
- Suivi des recommandations d'usage pour l'entreposage et le transport.

3.4.3. Les équipements de protection individuelle

Il est important que les travailleurs agricoles se protègent des expositions aux pesticides en créant une barrière entre la source de contamination et les différentes voies d'exposition. Les EPI ont été conçus à cet effet. Au minimum, il est important de choisir les équipements recommandés par les fabricants de pesticides. Il faut toujours porter des équipements de protection appropriés au degré et à la nature des risques des pesticides utilisés. Lors du choix des EPI, il faut tenir compte de plusieurs points. Les équipements doivent :

- être résistants aux produits chimiques utilisés (aucun matériau ne peut assurer une protection adéquate pour tous les pesticides; les vêtements absorbants [ex. : gants de cuir] doivent être proscrits);
- protéger toute la surface corporelle (éviter les manches et les pantalons courts ou les vêtements brisés);
- être facilement lavables s'ils sont réutilisés;
- être durables et résistants à l'abrasion et aux effets du soleil;
- procurer un certain confort (par exemple, le travailleur devrait choisir un masque respiratoire qui convient à la morphologie de son visage).

La figure 5 présente les EPI recommandés selon le degré de toxicité des pesticides. Ce tableau est un guide général; il est donc important de vérifier les indications se trouvant sur l'étiquette du produit afin de s'assurer si d'autres EPI sont nécessaires.

		SYMBOLE SUR L'ETIQUETTES DE PRODUIT			
Équipements de protection individuelle recommendés		®	®		Aucun symbole
	Vêtements de protection imperméables aux pesticides	✓	√	✓	✓
44 3	Gants et bottes imperméables aux pesticides	✓	✓	✓	✓
2	Chapeau imperméable à large bord	✓	✓	Nécessaire si l'application se fait vers le haut	
	Lunettes antibuée	✓	✓	Nécessaire si irritant pour les yeux	
%	Masque respiratoire approuvé pour le type de produit utilisé	√	√	Nécessaire en espace clos	

Figure 5 : Équipements de protection individuelle (EPI recommandés selon le degré de toxicité des pesticides). (Source : SAgE pesticides)

Les EPI réutilisables devraient toujours être nettoyés à la fin d'une période d'utilisation. L'efficacité de cette pratique a souvent été démontrée pour diminuer les risques d'exposition cutanée.

- Les gants doivent être lavés avant d'être enlevés.
- Une fois nettoyés, les vêtements de travail et les EPI doivent être rangés dans un endroit prévu spécifiquement à cet effet, à l'abri de toute contamination aux pesticides. Il est déconseillé de ranger des vêtements de travail ou des EPI directement dans l'entrepôt après une période d'utilisation.
- Après avoir été nettoyées, les cartouches des appareils de protection respiratoire doivent être remisées dans des sacs en plastique bien fermés. La durée d'utilisation des cartouches indiquée par le fabricant ne doit jamais être dépassée. Dans certains cas, les cartouches devraient même être changées avant le délai recommandé. Ainsi, si une difficulté à respirer subsiste ou si des odeurs de pesticides sont perçues malgré un bon réglage de l'appareil de protection respiratoire, il faut changer les cartouches sans attendre.
- Les vêtements de travail ne doivent jamais être lavés avec la lessive familiale.
- Le travailleur ne doit jamais monter à bord de sa voiture avec des vêtements contaminés par des pesticides.
- Tous les vêtements de travail et les EPI utilisés pour la préparation et l'application de pesticides (contenants de mesure, balance, pulvérisateur, etc.) doivent aussi faire l'objet d'une décontamination après leur utilisation.

3.4.3.1. La protection de la voie cutanée

> Combinaison de protection

- Toujours commencer la journée de travail avec des vêtements propres, en bon état (imperméable ou Tyvek).
- Les manches de la combinaison doivent être portées par-dessus les gants, sauf s'il y a risque d'écoulement (ex : application en hauteur).
- Les jambes des pantalons doivent être portées par-dessus les bottes.

➤ Gants

- Ne jamais manipuler de pesticides sans porter des gants.
- Aucun matériau ne peut assurer une bonne protection contre tous les pesticides (se référer aux indications du fabricant).
- Les gants en cuir et en tissu sont à proscrire, car ils sont trop absorbants.
- Toujours laver les gants après usage et les ranger dans un endroit frais, protégé de la lumière solaire.
- La plupart des matériaux à base de caoutchouc ou de plastique résistent aux pesticides secs ou à base d'eau.
- Pour les autres formulations, les gants doivent résister aux solvants.
- Si aucune information n'apparaît sur l'étiquette, utiliser des gants en butyle ou en nitrile ou des gants laminés.

➤ Bottes

- Toute personne qui prépare, mélange ou applique des pesticides devrait porter des bottes imperméables qui protègent contre les acides et les solvants.
- Les bottes en cuir sont à proscrire.
- Il faut toujours laver les bottes après utilisation.

> Chapeau et lunettes

- Lors de la pulvérisation de pesticides, surtout en hauteur, l'utilisateur doit porter un chapeau à large bord.
- Le chapeau doit être fait d'une matière imperméable, résistante aux produits chimiques.
- Si une combinaison jetable appropriée est portée, le capuchon peut remplacer le chapeau.
- Le port de lunettes ou d'une visière est indispensable s'il y a risque de contact du pesticide avec les yeux.
- La visière est préférable lorsque les risques d'éclaboussures sont fréquents (ex. : application en hauteur).

3.4.3.2. La protection de la voie respiratoire

- Un appareil respiratoire approprié doit être porté (homologué par le National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]).
- Les masques à cartouches semi-faciaux ou complets sont efficaces dans la plupart des cas.
- Si les risques d'exposition sont plus importants (dérive, tracteur sans cabine, etc.), le port d'un casque à ventilation assistée est recommandé.
- Certains pesticides, comme les fumigants, nécessitent l'utilisation d'un respirateur autonome.
- Le masque anti-poussière n'est pas recommandé pour les pesticides.
- Les filtres et les cartouches ont des durées d'efficacité variées. Il est important de suivre les instructions du fabricant.
- Ne jamais garder les cartouches sorties de leur enveloppe plus de six mois.
- Si des odeurs sont perçues, ajuster le masque et, si elles persistent, changer les cartouches.
- Changer les cartouches selon les instructions du fabricant pour le produit en question. En absence d'information, les changer après de 20 à 30 heures d'usage au maximum, mais par prudence, 8 heures serait préférable selon diverses sources d'information).
- Une cabine de tracteur peut protéger, mais seulement selon certaines conditions. La cabine peut favoriser les expositions dans les cas :
 - de mauvais nettoyage;
 - de transfert de pesticides vers la cabine et de contamination de celle-ci;
 - d'absence d'entretien préventif.
- Changer les filtres des cabines au moins une fois par an et les retirer lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

3.4.3.3. La protection de la voie orale

> Travailleur

- Ne jamais fumer, ni boire, ni manger en présence de pesticides.
- Garder les aliments (repas et collations) dans un endroit propre, sans pesticides.
- Se laver les mains régulièrement.

> Population

- Respecter les limites maximales de résidus (LMR).
- Utiliser des pesticides homologués pour la culture (préférablement des pesticides à faibles risques).
- Respecter les doses prescrites.
- Respecter le nombre d'applications permises.
- Respecter les délais avant la récolte.
- Éviter la dérive.
- Respecter les bandes de protection (eau et milieu bâti).

3.4.4. Les délais de réentrée

Il a souvent été démontré que les travailleurs qui doivent effectuer des tâches sur un site qui a fait l'objet d'un traitement préalable avec des pesticides peuvent entrer en contact avec ces produits. Par exemple, les travailleurs qui effectuent le désherbage manuel ou le suivi des cultures, comme le dépistage des mauvaises herbes ou des insectes, peuvent être exposés par voie cutanée, et ce, suffisamment pour que se produisent des effets systémiques tant aigus que chroniques en plus des effets dermatologiques possibles.

Le respect d'un délai entre l'application et le retour à des activités sur le site traité permet de diminuer considérablement les risques d'exposition cutanée et respiratoire. Vous pouvez trouver les renseignements concernant ces délais sur l'étiquette des produits ou, encore, dans SAgE pesticides.

L'accès aux secteurs ayant été traités avec des pesticides devrait être interdit avant l'expiration du délai de réentrée. Un panneau avertisseur devrait être mis en place lorsque possible. À défaut d'une telle procédure, il est primordial d'informer les travailleurs que des applications de pesticides ont été effectuées à un endroit donné. S'il est essentiel de retourner sur un site avant l'expiration du délai de réentrée et que l'étiquette le permet, il faut porter les EPI normalement requis lors de l'application.

3.4.4.1. Les pratiques d'hygiène personnelle

- Il faut toujours se laver les mains et le visage après avoir manipulé des pesticides et avant de manger, de boire ou d'aller aux toilettes.
- À la fin d'une période de travail, il faut prendre une douche et mettre des vêtements propres.
- Il est nécessaire d'avoir du savon, de l'eau propre et des serviettes de papier à proximité du site de travail.
- Une douche oculaire et une douche d'urgence devraient être facilement accessibles.

Résumé de l'importance de respecter les mesures préventives :

- De manière générale, les travailleurs peuvent être exposés, parfois de façon importante, et particulièrement par la voie cutanée.
- ❖ Bien qu'il demeure des incertitudes sur certains risques liés aux pesticides pour la santé, les connaissances actuelles invitent grandement à la prudence.
- Lorsque des mesures de protection adéquates sont prises, les niveaux d'exposition sont généralement faibles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES

Abell A, Ernst E. (1994). *High sperm density among members of organic farmer's association*. Lancet, 343: 1498.

Arbuckle TE, Lin Z, Mery LS (2001). An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population. Environ Health Perspect 109: 851–857.

Baldi I Mohammed-Brahim B Brochard P, Dartigues, JF, Salamon. (1998). *Effets retardés des pesticides sur la santé : état des connaissances épidémiologiques*. Rev Epidém Santé Publ 46 : 135-137.

Bolognesi C, (2003). *Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies.* Mutat Res 543(3): 251-272.

Bouchard MF, Chevrier J, Harley KG, Kogut K, Vedar M, Calderon N, Trujillo C, Johnson C, Bradman A, Barr DB, Eskenazi B (2011). *Environ Health Perspect*, 119(8):1189-1195.

Colborn T (2004). Endocrine disruption overview: Are males at risk? Adv Exp Med Biol 545:189-201.

Colborn T, Carroll LE (2007). Pesticides, Sexual Development, Reproduction, and Fertility: Current Perspective and Future Direction. Hum Ecol Risk Assess 13 (5).

Costello S, Cockburn M, Bronstein J, Zhang X, and B Ritz (2009). *Parkinson's Disease and Residential Exposure to Maneb and Paraquat From Agricultural Applications in the Central Valley of California*. American J Epidemiol 169 (8): 919.

Ecobichon, D.J. (ed), (1998). Occupational hazards of pesticides exposure: sampling, monitoring, measuring. Taylor & Francis, Philadelphia, 251 p.

Elbaz A, Clavel J, Rathouz P. J, Moisan F, Galanaud J.-P, Delemotte B, Alpérovitch A and Tzourio C (2009). *Professional exposure to pesticides and Parkinson disease*. Ann of Neurol 66: 494–504.

Engel SM, Wetmur J, Chen J, Zhu C, Barr, DB, Canfield .L, Wolff MS (2011). *Prenatal exposure to organophosphate, paraoxonaze 1, and cognitive development in childhood.* Environ Health Perspect 119(8):1182-1188.

Fear N.T, Roman E, Reeves G et B. Pannett (1998). *Childhood cancer and paternal employment in agriculture: The role of pesticides.* Br J Cancer 77(5): 825.

Garry VF, Harkins M, Lyubimov A, Erickson L, Long L (2002 a). Reproductive outcomes in the women of the Red River Valley of the north. I. The spouses of pesticide applicators: pregnancy loss, age at menarche, and exposures to pesticides. J Toxicol Environ Health A. 65:769–786.

Garry VF, Harkins ME, Erickson LL, Long-Simpson LK, Holland SE, Burroughs BL (2002 b). *Birth defects, season of conception, and sex of children born to pesticide applicators living in the Red River Valley of Minnesota, USA.* Environ Health Perspect 110:155–159.

Hoar Zahm, S. et M.H. Ward. (1998). *Pesticides and childhood cancer*. Environ Health Perspect Environ Health Perspect 106 Suppl 3: 893.

Holsapple MP (2002). Autoimmunity by pesticides: a critical review of the state of the science. Toxicol Lett 127: 101–109.

IRPeQ Express. [En ligne]: http://www.irpeqexpress.qc.ca

Kristensen P, Lorentz M.I, Andersen A, Snellingen Bye A. et L Sundheim (1997). *Birth defects among offspring of Norwegian farmers*, 1967-1991. Epidemiol 8 (5): 537-544.

Lefebvre L. Centre antipoison du Québec (communication personnelle).

Moisan F, Elbaz A (2011). *Maladie de Parkinson et exposition aux pesticides*. Environ Risque Santé. 10 : 372-384.

Parrón T, Hernández AF, Pla A Villanueva E. (1996). *Clinical and biochemical changes in greenhouse sprayers chronically exposed to pesticides*. Human Exp Toxicol 15: 957-963.

Petrelli G, Figà-Talamanca I (2001). Reduction in fertility in male greenhouse workers exposed to pesticides. Eur J Epidemiol 17: 675–677.

Petrelli G, Mantovani A. (2002). *Environmental risk factors and male fertility and reproduction*. Contraception 65: 297–300.

Petrovitch, H, Ross, GW, Abbott, RD, Sanderson, WT, Sharp, DS, Tanner, CM, Masaki, KH, Blanchette, PL, Popper, JS, Foley, D LR White. (2002). *Plantation work and risk of Parkinson disease in a population-based longitudinal study*. Arch Neurol 59(11): 1787-1792.

Repetto, R. et S. Baliga. (1996). *Pesticides and immune system : The public health risks.* World Resources Institute, D.C. 100 pages, ISBN 1-56973-087-3.

SAgE pesticides. http://www.sagepesticides.gc.ca

Samuel Lefebvre L (1996). Évaluation de l'exposition aux pesticides organophosphorés et carbamates des travailleurs de Rose-Drummond : phase II. Centre de toxicologie du Québec, 22 pages plus annexes.

Samuel O, Dion S, St-Laurent L, April MH (2012). *Indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ) : Santé et environnement.* 2^e édition. Québec : 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 (MDDELCC)/Institut national de santé publique du Québec, 41 pages.

Samuel O, St-Laurent L, Dumas P, Langlois E, Gingras G (2002). Pesticides en milieu serricole – Caractérisation de l'exposition des travailleurs et évaluation des délais de réentrée. IRSST-R -315. 79 pages, annexes.

Sanborn M, Cole D, Kerr K, Vakil C, Sanin LH, Bassil K (2004). *Pesticides literature review : Systematic Review of Pesticide Human Health Effects.* The Ontario College of Family Physicians, 188 pages.

Sheiner EK, Hammel RD, Potashnik G, Carel R (2003). Effect of Occupational Exposures on Male Fertility: literature Review. Ind Health 41(2): 55–62.

Swan, SH, RL Kruse, L Fan, DB Barr, EZ Drobnis, JB Redmon, C Wang, C Brazil, JW Overstreet, Study for the Future of Families Research Group (2003). Semen quality in relation to biomarkers of pesticide exposure. Environ Health Perspect 111:1478-1484.

Valcke M, Samuel, Bouchard M, Dumas P, Belleville D, Tremblay C (2006). *Biological monitoring of exposure to organophosphate pesticides in children living in peri-urban areas of the Province of Quebec, Canada.* Int Arch Occup Environ Health 79(7): 568-577.

Vanacore N, Nappo A, Gentile M, Brustolin A, Palange S, Liberati A, Di Rezze S, Caldora G, Gasparini M, Benedetti F, Bonifati V, Forastiere F, Quercia A Meco G (2002). *Evaluation of risk of Parkinson's disease in a cohort of licensed pesticide users*. Neuro Sci 23 Suppl 2 : 119-120.

THÈME 4 Caractéristiques des produits phytosanitaires

Par

Louise Thériault, agronome, consultante

OBJECTIF DU THÈME 4

Ce chapitre vous permettra d'être en mesure de décrire les produits phytosanitaires selon différentes caractéristiques et leur action sur les organismes nuisibles.

INTRODUCTION

Chaque pesticide homologué pour la protection des cultures possède ses propres caractéristiques. Une meilleure connaissance de celles-ci permet une utilisation plus efficace des produits et une meilleure protection de la santé humaine et de l'environnement. Par exemple, il serait impensable qu'un agronome élabore un programme de phytoprotection sans tenir compte des risques de résistance aux pesticides.

Bien qu'il n'y ait pas de consensus quant au vocabulaire à utiliser pour décrire différentes notions liées aux pesticides, nous pouvons tout de même dégager certains concepts.

4. CARACTÉRISTIQUES DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

4.1. Définitions d'un pesticide

Le terme pesticide origine du mot anglais *pest* qui signifie organisme nuisible et du suffixe *-cide* qui signifie tuer. Ce terme a été normalisé par l'Office québécois de la langue française en 1979.

Nous retrouvons différentes définitions de ce terme dans la littérature; nous nous en tiendrons ici aux définitions légales des gouvernements du Québec et du Canada. Il faut toutefois noter que si le terme « pesticide » est utilisé dans la loi provinciale, la loi fédérale utilise plutôt l'expression « produit antiparasitaire ». Pesticide et produit antiparasitaire sont en fait des synonymes.

4.1.1. Définitions légales

Au plan provincial, la Loi sur les pesticides (chapitre P-9.3) définit un pesticide comme suit :

« Toute substance, matière ou micro-organisme destiné à contrôler, détruire, amoindrir, attirer ou repousser, directement ou indirectement, un organisme nuisible, nocif ou gênant pour l'être humain, la faune, la végétation, les récoltes ou les autres biens, ou destiné à servir de régulateur de croissance de la végétation, à l'exclusion d'un vaccin ou d'un médicament, sauf s'il est topique pour un usage externe sur les animaux. »

Au plan **fédéral**, la *Loi sur les produits antiparasitaires* (L.C. 2002, ch. 28) définit un produit antiparasitaire comme suit :

- a) Produit, substance ou organisme notamment ceux résultant de la biotechnologie constitué d'un principe actif ainsi que de formulants et de contaminants et fabriqué, présenté, distribué ou utilisé comme moyen de lutte direct ou indirect contre les parasites par destruction, attraction ou répulsion, ou encore par atténuation ou prévention de leurs effets nuisibles, nocifs ou gênants;
- b) Tout principe actif servant à la fabrication de ces éléments;
- c) Toute chose désignée comme telle par règlement.

4.1.2. Noms des pesticides

Il y a parfois confusion lorsqu'on parle d'un pesticide en particulier. Par exemple, certains parleront de l'efficacité du GRAMOXONE pour le contrôle des mauvaises herbes, alors que d'autres parleront de celle du paraquat. En réalité, GRAMOXONE et paraquat réfèrent exactement au même produit. Cette confusion vient du fait que les pesticides possèdent différentes appellations. Ils ont un nom commun (correspondant à la matière active ou ingrédient actif), un nom commercial et un nom chimique. Le nom chimique (qui ne s'applique que pour les molécules chimiques naturelles ou de synthèse, et non pour les organismes vivants) est unique pour chaque matière active.

Afin de distinguer ces trois appellations, utilisons l'exemple cité ci-dessus. Le paraquat est le **nom commun** de l'herbicide de contact utilisé pour le contrôle de différentes mauvaises herbes. Le paraquat est vendu sous **le nom commercial** de GRAMOXONE par la compagnie Syngenta. Le **nom chimique** de ce produit, faisant référence à sa structure moléculaire (composition chimique), est dichlorure de 1,1'-diméthyl-4,4'-bipyridinium.

Le nom commun et le nom commercial se retrouvent toujours sur l'étiquette et sur la fiche signalétique. Le nom chimique peut se retrouver sur la fiche signalétique.

Afin de faciliter la lecture des notes de ce cours, le nom commercial sera toujours écrit en lettres majuscules, tandis que le nom commun (matière active) sera écrit en lettres minuscules. Nous retrouvons cette convention dans plusieurs documents, notamment dans les communiqués du Réseau d'avertissements phytosanitaires et sur le site de SAgE pesticides.

Le paraquat existe sous un seul nom commercial, puisqu'une seule préparation de catégorie commerciale est présentement homologuée et commercialisée au Canada. Cependant, un pesticide donné peut avoir plusieurs noms commerciaux. Par exemple, on retrouve sur le marché plusieurs préparations commerciales contenant de l'iprodione comme matière active (Tableau I).

TABLEAU I

Exemples de noms commerciaux pour l'iprodione

Nom commun (matière active)	Nom commercial	Nom du fabricant	Type de préparation commerciale⁴
	ID	Bayer CropScience Canada	Suspension
Iprodione	PROTURF Agrium Advanced FONGICIDE X Technologies		Granulés
	ROVRAL	FMC Corporation	Poudre mouillable
	QUALI-PRO IPRODIONE 240 SE	Makhteshim Agan of North America inc.	Pâte fluide

Nous retrouvons également sur le marché des préparations commerciales contenant plus d'une matière active. Par exemple, le PRIMEXTRA II MAGNUM (nom commercial) contient deux matières actives (l'atrazine et le S-métolachlore). Notons aussi la présence sur le marché d'emballage commercial, c'est-à-dire la présentation d'au moins deux produits commerciaux, appartenant à des compagnies identiques ou différentes, pour des usages complémentaires.

Par exemple, la compagnie DuPont propose ACCENT TOTAL, un emballage composé de ACCENT 75 DF (un herbicide fabriqué par DuPont et utilisé pour lutter contre le chiendent et les graminées annuelles nuisibles dans la culture du maïs-grain, du maïs fourrager et du maïs sucré) et de DISTINCT 70 WG (un herbicide fabriqué par BASF Canada et utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes à feuilles larges dans la culture du maïs).

⁴ Les définitions des types de préparations commerciales sont présentées au point 5.3 de ce chapitre.

4.2. Regroupements des pesticides

Il est possible de regrouper les pesticides de multiples façons. Nous en présentons quatre : regroupement par la cible visée (le type d'organismes que nous désirons contrôler), par le site ou le mode d'action atteint par le pesticide (ce qui détermine le groupe de gestion de la résistance), par le type d'activité du produit et, finalement, par sa nature (pesticide chimique ou biopesticide).

4.2.1. Cible visée

Les pesticides sont utilisés pour contrôler ou éliminer des organismes nuisibles spécifiques. Le regroupement des pesticides selon la cible visée est sans aucun doute le plus connu et le plus répandu. Le tableau II présente les principales catégories de composés utilisés pour contrôler certains types d'organismes spécifiques ainsi que des exemples de pesticides.

TABLEAU II

Regroupement des pesticides selon la cible visée

Catégorie de pesticide	Cibles visées	Exemples de pesticide
Acaricides	mites et acariens	bifénazate (ACRAMITE) hydrochlorure de formétanate (CARZOL)
Bactéricides	bactéries	kasugamycine (KASUMIN) Aureobasidium pullulans, souches DSM 14940 et 14941 (BLOSSOM PROTECT)
Fongicides	champignons, moisissures	métirame (POLYRAM)
Herbicides	mauvaises herbes	atrazine (AATREX) glyphosate (ROUNDUP)
Insecticides	insectes	chlorpyrifos (DURSBAN) perméthrine (AMBUSH)
Molluscicides	mollusques, limaces	métaldéhyde (DEADLINE)
Nématicides	nématodes	métam-sodium (VAPAM)
Rodenticides	rongeurs	brodifacoum (RATAK) warfarine (WARFARIN)

4.2.2. Site ou mode d'action et groupes de gestion de la résistance

Le regroupement des pesticides peut également se baser sur le site biochimique ou le mode d'action du pesticide. L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) a mis en place des mesures volontaires d'étiquetage en vue de la gestion de la résistance aux pesticides employés en milieu agricole, en tenant compte du site ou du mode d'action.

Selon le site ou le mode d'action, un groupe de résistance est attribué au pesticide. Le numéro d'identification représentant le groupe de résistance est clairement indiqué dans l'aire principale d'affichage de l'étiquette d'un pesticide (généralement dans le coin supérieur droit).

Selon ces mesures, les herbicides comptent 28 groupes, les fongicides et bactéricides en comptent 23, les insecticides et acaricides en comptent 24. Vous trouverez la liste descriptive de tous les groupes de pesticides en utilisant l'hyperlien de la directive d'homologation 99-06 de l'ARLA intitulée Étiquetage en vue de la gestion de la résistance aux pesticides, compte tenu du site ou du mode d'action des pesticides)^[1].

Les tableaux qui suivent présentent des exemples de groupes de résistance selon le site affecté ou le mode d'action en cause. Il est à noter qu'un petit nombre d'herbicides, de fongicides, de bactéricides, d'insecticides et d'acaricides ne sont pas assignés à un groupe correspondant à un site ou à un mode d'action, faute de bien connaître leur fonctionnement, ou encore en raison de l'absence de données relatives à l'acquisition de la résistance au produit.

Les pesticides sont aussi regroupés selon leur mode d'action par le Fungicide Resistance Action Committee (FRAC), le Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) et le Insecticide Resistance Action Committee (IRAC)^[15]. Ces organisations internationales ont été fondées par l'industrie agrochimique et regroupent également des organismes de recherches privés et publics dans le but de favoriser la compréhension de la résistance aux pesticides et une utilisation responsable des produits.

La nomenclature utilisée par le FRAC et le HRAC est basée sur des lettres plutôt que des chiffres; par exemple, pour les herbicides, le groupe C du HRAC (produits inhibant la photosynthèse et comprenant les sous-groupes C₁, C₂ et C₃) correspond aux groupes 5, 6 et 7 désignés par l'ARLA. Par contre, la classification selon le mode d'action de l'IRAC fait référence à des groupes chiffrés qui sont très semblables à ceux de l'ARLA.

TABLEAU III

Exemples de groupes de résistance selon le site ou le mode d'action

Groupes de résistance pour les herbicides	Sites ou modes d'action	Familles chimiques	Exemples d'herbicide
4	Inhibiteurs de l'acétyl CoA carboxylase (ACCase)	Aryloxyphénoxy propionates	Fénoxaprop-p-éthyl (ACCLAIM, EXCEL SUPER)
•		Cyclohexanediones	Cléthodime (CENTURION, COMPASS)
4 (action	Auxines synthétiques	Phénoxys	2,4-d (2,4-d amine 500, caliber)
	(action apparentée à celle	Acides benzoïques	Dicamba (BANVEL, PROBE)
	de l'acide indol- acétique)	Acides carboxyliques	Clopyralide (ECLIPSE, LONTREL)
7	Inhibition de la photosynthèse au niveau du site B, photosystème II	Urées	Linuron (AFOLAN, LOROX)

TABLEAU IV

Exemples de groupes d'insecticides selon le site ou le mode d'action

Groupes de résistance pour les insecticides	Sites ou modes d'action	Familles chimiques	Exemples d'insecticide
Modulation au		Pyréthroïdes synthétiques	Deltaméthrine (DECIS, DELTAGARD)
3 niveau du canal ionique sodium	Perméthrine (AMBUSH, POUNCE, PERM-UP)		
			Bacillus thuringiensis var. Kurstaki (BIOPROTEC, DIPEL, FORAY, THURICIDE)
Action microbienne sur les membranes de l'intestin moyen	Produits microbiens du type <i>Bt</i> (insecticides, larvicides biologiques)	Bacillus thuringiensis var. Tenebrionis (NOVODOR)	
		Bacillus thuringiensis var. Israelensis (VECTOBAC)	
21	Inhibition du transport d'électrons, site I	Pyridazinone	Pyridabène (DYNO-MITE, NEXTER, SANMITE)

TABLEAU V

Exemples de groupes de fongicides selon le site ou le mode d'action

Groupes de résistance pour les fongicides	Sites ou modes d'action	Familles chimiques	Exemples de fongicide
	Activité s'exerçant	Substances inorganiques	Hydroxyde de cuivre (COPPERCIDE, KOCIDE) Oxychlorure de cuivre (COPPER SPRAY) Sulfate de cuivre (PHYTON) Soufre (BARTLETT MICROSCOPIC AU SOUFRE MOUILLABLE, KUMULUS)
IVI .	à plusieurs sites	Dithiocarbamates et composés apparentés	Ferbame (FERBAM) Mancozèbe (DITHANE, MANZATE)
		Phtalimides	Métirame (POLYRAM) Captane (CAPTAN, MAESTRO) Folpet (FOLPAN)
		Chloronitrile	Chlorothalonil (BRAVO, ECHO)
		Guanidine	Dodine (EQUAL, SYLLIT)
2	Effet sur les divisions cellulaires, la synthèse d'ADN et d'ARN et le métabolisme	Dicarboximide	Iprodione (ID, ROVRAL)
9	Inhibition de la synthèse d'acides aminés	Anilinopyrimidine	Cyprodinil (VANGARD)

4.2.3. Type d'activité

Les pesticides peuvent aussi être regroupés selon la façon dont ils agissent sur la plante traitée (culture ou mauvaise herbe) ou selon d'autres critères spécifiques au type d'organismes visés^[8, 9, 17,19].

4.2.3.1. Mobilité d'un pesticide de contact ou systémique

Une fois appliqué sur une plante ou dans le sol, un pesticide reste à la surface de la plante ou y pénètre. Selon la ou les matières actives qu'il contient, un herbicide, un insecticide ou un fongicide peut donc être soit un produit de contact, soit un produit systémique par rapport à la plante sur laquelle le pesticide est appliqué, que se soit une mauvaise herbe ou une plante hôte d'une maladie ou d'un insecte. L'herbicide sera de contact ou systémique par rapport à la mauvaise herbe qu'il contrôle. Lorsqu'il s'agit d'un insecticide ou d'un fongicide, l'on fait référence à la plante hôte que l'on désire protéger. Par exemple, l'insecticide est un produit de contact s'il reste en surface de la plante attaquée par l'insecte ou un produit systémique s'il pénètre la plante que l'on veut protéger.

Cette caractéristique influencera :

- la zone d'application du produit (orienté sur le feuillage ou sur le sol);
- le type d'organisme contrôlé (p. ex. : plantes vivaces ou annuelles, insectes suceurs ou broyeurs).

> Pesticide de contact

Pesticide qui ne pénètre pas (ou peu) dans la plante. Bien qu'il puisse pénétrer dans les cellules, il n'atteint pas les faisceaux conducteurs (xylème ou phloème) et reste à l'endroit où il a été appliqué (p. ex. : l'herbicide GRAMOXONE (paraquat), l'insecticide DYNO-MITE (pyridabène), le fongicide DACONIL ULTREX (chlorothalonil)). Une attention particulière doit être apportée lors de la pulvérisation. L'action des herbicides de contact se limite aux parties de la plante qui sont directement touchées par le produit. C'est également le cas pour les insecticides ou les fongicides de contact; les feuilles non touchées ou qui émergent après le traitement ne seront pas protégées. Le pesticide de contact peut être lessivé par la pluie et parfois désactivé par le soleil.

> Pesticide systémique

Pesticide qui pénètre à l'intérieur de la plante (d'où son nom parfois de pesticide pénétrant) et y circule par les faisceaux conducteurs. Véhiculé par la sève, son site d'action n'est pas limité aux organes traités. Une fois absorbé, le produit est moins sujet aux pertes par lessivage ou par dégradation.

La plupart des pesticides systémiques se déplacent seulement vers le haut avec la sève montante, dans le xylème. Ils peuvent être appliqués sur le feuillage, pour une absorption foliaire, ou au sol, où ils sont alors absorbés par les racines (p. ex. : l'herbicide AATREX (atrazine), le fongicide NOVA (myclobutanil)). D'autres pesticides systémiques se déplacent vers le bas avec la sève descendante, dans le phloème (p. ex. : l'herbicide ROUNDUP ULTRA (glyphosate)).

> Systémique total

Plus rares, certains pesticides absorbés par la plante se déplacent autant vers le haut que vers le bas, avec les sèves montante et descendante. On les qualifie alors de systémique total ou complet (p. ex. : l'herbicide CASORON (dichlobénil), l'insecticide MOVENTO (spirotétramate), le fongicide ALIETTE (fosétyl-Al)). Ils sont généralement appliqués sur le feuillage, mais peuvent également être appliqués au sol.

> Systémique translaminaire

Aussi appelé systémique local, ce produit est absorbé dans la région immédiate où il a été appliqué et transporté à travers l'épiderme et le mésophylle de la feuille, du dessus au dessous, mais non pas dans le reste de la plante puisqu'il ne circule pas dans la sève. Une bonne couverture du produit est alors nécessaire. Les feuilles qui émergent après l'application ne sont pas protégées, mais le pesticide n'est pas lessivé par la pluie une fois qu'il a pénétré dans la plante (p. ex. : l'insecticide ADMIRE (imidaclopride), le fongicide EVITO (fluoxastrobine)). On ne retrouve pas d'herbicide translaminaire sur le marché.

4.2.3.2. Voies d'entrée d'un insecticide : toucher, ingestion et inhalation

Tout en étant un produit de contact ou systémique par rapport à la plante, un insecticide atteint le ou les sites sensibles d'un insecte de différentes façons. Il peut le faire soit par toucher, soit par ingestion, soit par inhalation (voies respiratoires).

> Par toucher

Ces produits entrent dans l'insecte à la suite d'un contact physique (p. ex.: SAFER'S (savon insecticide), l'acaricide APOLLO (clofentézine)). Pour certains types d'insectes, le produit doit être en mesure de traverser la cuticule de l'insecte afin de pénétrer dans son organisme. D'autres produits provoquent la déshydratation de l'insecte en absorbant la cire de la cuticule. Notons ici que cette voie d'entrée « par toucher » est généralement nommée dans la littérature voie d'entrée ou voie de pénétration « par contact ». Il ne faut pas confondre alors le fait que le produit en soit un de contact par rapport à la plante avec le fait qu'il agisse « par contact » sur l'insecte.

> Par ingestion

L'insecte doit ingérer le produit pour être éliminé. Deux cas sont possibles : soit l'insecte ingère directement l'insecticide (sous forme d'appât, par exemple) sans l'intermédiaire d'une plante, ce qui est assez rare dans le domaine de la phytoprotection, soit l'insecticide est appliqué sur une plante de laquelle l'insecte se nourrit (p. ex. : BIOPROTEC (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*), ADMIRE (imidaclopride)).

Plusieurs insecticides qui agissent par ingestion, agissent aussi par toucher (p. ex.: ORTHENE (acéphate), PYGANIC (pyréthrines)). Les insecticides d'ingestion peuvent être des pesticides de contact (efficaces principalement contre les insectes broyeurs, puisque ces derniers se nourrissent de la plante) ou systémiques (efficaces contre les insectes broyeurs, mais aussi contre les insectes suceurs, qui eux se nourrissent de la sève).

> Par inhalation

Produits contrôlant l'insecte pour autant que ce dernier en respire les vapeurs. Il s'agit habituellement de composés très volatils. Les fumigants fonctionnent ainsi (p. ex. : VAPAM (métam sodium)). Les insecticides qui entrent par les voies respiratoires sont peu nombreux et agissent généralement sur l'insecte aussi par toucher et/ou par ingestion (p. ex. : PRO MALATHION (malathion), DIBROM (naled)).

4.2.3.3. Rôle d'un fongicide : préventif ou curatif

On peut intervenir préventivement pour tenter d'empêcher qu'une culture soit infectée par une maladie; par exemple, plusieurs pulvérisations successives de fongicides sont appliquées chaque année dans les champs de cucurbitacées et de pommes de terre pour prévenir le mildiou. On peut aussi traiter une culture de manière curative pour tuer un champignon phytoparasite ou en limiter la propagation à différents stades d'infestation.

> Fongicides préventifs

Aussi appelés protectants, ils sont appliqués avant l'infection de la plante par le champignon pathogène et agissent en empêchant son installation dans les tissus de l'hôte (p. ex. : ZAMPRO (amétoctradine et diméthomorphe)). Plusieurs fongicides préventifs sont des produits de contact. Dans ce cas, ils ne sont pas absorbés par le feuillage, mais ils demeurent en surface où ils forment une barrière protectrice et constituent la première ligne de défense contre le champignon. Toutefois, comme mentionnés au point 3.3.1, ils ne protègent pas le feuillage qui se développe après leur application. Des pulvérisations successives peuvent donc être nécessaires pour couvrir le nouveau feuillage en croissance. En pression faible ou modérée de la maladie, ils peuvent être tout aussi efficaces que les fongicides systémiques, pourvu que la pulvérisation soit bien appliquée, c'est-à-dire uniformément et au moment opportun. Ils sont toutefois plus vulnérables au lessivage que les fongicides systémiques, mais ont l'avantage d'être peu sujets au développement de la résistance par le champignon.

> Fongicides curatifs

Efficaces après le développement du champignon dans la plante, les fongicides curatifs sont tous systémiques (p.ex.: CABRIO PLUS (pyraclostrobine et métirame)). Certains fongicides peuvent combiner les propriétés préventives et curatives (p. ex.: LUNA PRIVILEGE (fluopyram)).

Éradiquants

Efficaces dès l'apparition des premiers symptômes d'une infection par un champignon. Ils ont un effet rétroactif de quelques jours après une contamination. Ils sont donc de bons choix pour arrêter une infection en cours. Dans certains cas toutefois, l'effet rétroactif de ces fongicides ne s'applique que lorsque les symptômes de la maladie ne sont pas encore apparents sur la plante.

Antisporulants

Permettent d'empêcher la dissémination des spores de champignons et la propagation de la maladie.

4.2.4. Nature des pesticides : deux grandes catégories

Les matières actives utilisées pour la préparation des pesticides sont de nature très variée. Certaines sont des composés inorganiques, d'autres des composés organiques. D'autres encore proviennent d'extraits de plantes ou sont synthétisées à la suite de l'activité de certains microorganismes.

Finalement, certains microorganismes eux-mêmes constituent la matière active d'un pesticide. On peut donc regrouper les pesticides en deux grandes catégories : les pesticides chimiques et les biopesticides.

4.2.4.1. Pesticides chimiques

Les pesticides dont la matière active est d'origine chimique sont les plus abondants sur le marché. Ils peuvent être inorganiques ou organiques de synthèse.

> Les composés inorganiques

Les composés inorganiques ne contiennent pas de carbone. Ils sont utilisés comme pesticides depuis très longtemps. Les pesticides inorganiques sont pour la plupart des fongicides et des insecticides. Ils peuvent être à base de différents éléments, dont le soufre (p. ex. : le fongicide acaricide KUMULUS), le cuivre (p. ex. : le fongicide bactéricide PHYTON), l'aluminium et le bore (surtout dans les insecticides domestiques et commerciaux contre les fourmis, coquerelles, etc.). Le mercure et l'arsenic ont déjà été utilisés comme pesticide. Toutefois, depuis décembre 2000, les produits antiparasitaires à base de mercure ne sont plus homologués en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* et aucun pesticide à base d'arsenic n'est actuellement homologué au Canada^[20].

Les composés organiques

Les pesticides organiques de synthèse sont des molécules produites en industrie. La plupart des pesticides utilisés aujourd'hui font partie de ce groupe. Il n'est donc pas surprenant que les composés organiques de synthèse soient les pesticides que l'on retrouve le plus dans l'environnement. Les herbicides ROUNDUP (glyphosate) et BANVEL (dicamba), les fongicides FERBAM (ferbame) et ROVRAL (iprodione), les insecticides DECIS (deltaméthrine) et PRO MALATHION (malathion) sont des exemples de pesticides organiques de synthèse.

4.2.4.2. Biopesticides

La lutte biologique est en expansion. En conséquence, de plus en plus de biopesticides, aussi appelés pesticides biologiques, apparaissent sur le marché. Ces produits sont constitués d'un agent microbien ou sont un pesticide biochimique, soit une substance naturelle ou synthétique telle que les phéromones et les extraits de plantes^[11].

Depuis 2002, le Canada reconnaît la désignation des biopesticides à titre de produits à risque réduit^[2] afin de s'harmoniser avec l'*Environmental Protection Agency* (EPA) des États-Unis^[13].

> Agents microbiens

Plusieurs biopesticides sont composés d'organismes vivants. Il peut s'agir de microorganismes naturels ou génétiquement modifiés^[2]. Ces pesticides biologiques contiennent une matière active sous la forme d'une bactérie (p. ex. : SERENADE (*Bacillus subtilis*)), d'un champignon (p. ex. : BOTANIGARD (*Beauveria bassiana*)), d'un virus (p. ex. : ABIETIV (nucléopolyhédrovirus du *Neodiprion abietis*)), d'un protozoaire ou d'une algue. Les plus connus sont des insecticides à base de *Bacillus thuringiensis*. Les souches de cette bactérie permettent de contrôler certaines larves de lépidoptères et de coléoptères (p. ex. : BIOPROTEC CAF (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*), NOVODOR (*Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*)).

> Pesticides biochimiques

Plusieurs phéromones et autres matières actives sémiochimiques (substances chimiques émises par une plante ou un animal qui permettent la communication entre des individus de la même espèce) sont homologuées par l'ARLA. Ainsi, ces matières actives agissent contre des espèces spécifiques, à l'inverse des pesticides classiques qui peuvent affecter une gamme plus considérable d'espèces visées.

Dans de nombreux cas, ces pesticides peuvent être synthétisés plutôt qu'isolés à partir de formes naturelles. Toutefois, ces pesticides synthétisés doivent être structurellement semblables et fonctionnellement identiques à la phéromone ou au composé sémiochimique trouvé naturellement dans le milieu. À titre d'exemple de pesticides biochimiques, l'insecticide PYGANIC (pyréthrines) provient d'extraits de plantes tout comme les fongicides INFLUENCE (ail) et REGALIA MAXX (*Reynoutria sachalinensis*), tandis que l'insecticide ISOMATE-C PLUS provient d'une phéromone de la carpocapse de la pomme et que l'herbicide KONA est composé d'acide citrique et d'acide lactique.

Quelques pesticides d'origine biologique ne sont pas classés par l'ARLA comme biopesticides, mais plutôt comme pesticides à risque réduit. C'est le cas des insecticides SUCCESS 480 SC et ENTRUST 80 W à base de spinosad (produit fermenté dérivé du mélange de deux toxines sécrétées par un actinomycète du sol, la bactérie *Saccharopolyspora spinosa*). Toutefois, selon le Manuel des intrants bio 2012-2013^[12], ENTRUST 80 W est autorisé en agriculture biologique au Québec, alors que SUCCESS ne l'est pas.

Malgré leur origine naturelle, les biopesticides ne sont pas exempts d'un certain niveau de toxicité pour les humains. Par exemple, à la suite d'une réévaluation par l'ARLA, la roténone, un extrait de plante utilisée pendant des décennies en agriculture biologique, est interdite de vente depuis 2008 et d'utilisation depuis le 31 décembre 2012 pour la protection des cultures [6].

4.3. Notions et vocabulaire liés aux pesticides

4.3.1. Résistance

On est en présence de résistance lorsqu'une population d'organismes nuisibles (mauvaise herbe, insecte, acarien, bactérie, champignon) démontre une baisse importante de sa sensibilité ou n'est plus affectée par un pesticide destiné à limiter sa multiplication.

L'apparition d'une résistance est le résultat d'une sélection naturelle des individus à l'intérieur d'une population donnée. Elle aura tendance à se développer lorsque les populations d'un organisme sont exposées à de multiples doses d'un même produit ou d'un même groupe de produits. La résistance est héritable, car les individus résistants survivent et se reproduisent en transmettant leur trait de résistance à leur descendance, pour éventuellement constituer une population à dominance résistante. La figure 1 montre un exemple schématisé représentant la résistance aux insecticides.

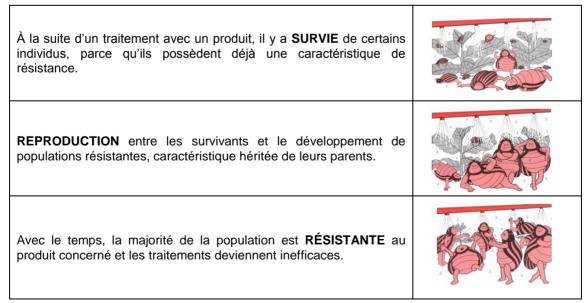


Figure 1 : Description schématique de la résistance aux insecticides

Au cours des années, plusieurs pesticides ont graduellement perdu de leur efficacité parce que des populations résistantes se sont développées. Au Québec, le développement de la résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes date du début des années 1970. À ce jour, plusieurs espèces de mauvaises herbes ont développé de la résistance à quatre groupes d'herbicides différents. La folle avoine est résistante au Groupe 1 (p. ex. : EXCEL super, VENTURE L, ASSURE 11); l'herbe à poux, l'amarante à racine rouge, le chénopode blanc et la morelle noire de l'Est résistent au Groupe 2 (p. ex. : PRISM); la moutarde des oiseaux, la moutarde des champs, le chénopode blanc, l'amarante à racine rouge, la petite herbe à poux, la vergerette du Canada et le séneçon vulgaire résistent au Groupe 5 (p. ex. : SENCOR) et l'herbe à poux résiste au Groupe 7 (p. ex. : LOROX). Aucun cas de mauvaises herbes résistantes au glyphosate n'a été détecté au Québec jusqu'à présent. Par contre, en Ontario, la grande herbe à poux, la petite herbe à poux et la vergerette du Canada ont développé de la résistance au glyphosate au cours des dernières années. Certaines populations de morelle noire de l'Est ont également développé une résistance à l'herbicide GRAMOXONE (paraquat).

Le développement de la résistance doit donc être une préoccupation constante pour les utilisateurs de pesticides, et un des premiers critères à considérer dans le choix d'un produit. La meilleure stratégie pour contrer le développement de la résistance lors de traitements consécutifs dans un même champ est d'alterner les groupes de résistance des pesticides. L'alternance des familles chimiques n'est pas suffisante puisque, dans certains cas, des pesticides appartenant à des familles chimiques différentes affectent le même site ou mode d'action d'un organisme nuisible. De pair avec la stratégie d'alternance des groupes de résistance des pesticides, les mesures suivantes peuvent contribuer de manière importante à retarder, à minimiser et même à freiner la résistance, et ce, en plus de réduire et de rationaliser l'usage des pesticides :

- Combinaison ou utilisation de plusieurs autres pratiques de lutte culturale comme la lutte biologique, le désherbage par faux semis ou travail mécanique, le choix de variétés ou de cultivars résistants aux maladies ou aux insectes, l'utilisation de semences certifiées ou non contaminées, etc.
- Utilisation des pesticides uniquement lorsque vraiment nécessaire (le besoin de traiter doit être déterminé par un dépistage vigilant) et lorsque les seuils d'intervention ont été atteints.
 Des relevés d'utilisations antérieures de pesticides devraient aussi être consultés.
- Rotation des cultures.
- Utilisation de mélanges en cuve contenant des pesticides provenant d'un groupe différent pour éliminer le même ennemi.
- Utilisation des pesticides dans les conditions les plus adéquates possible (stade de l'organisme nuisible, conditions climatiques entourant l'application, dose appropriée, choix du produit selon l'organisme visé).
- Évaluation de l'efficacité des traitements et inspection des populations de l'organisme traité
 pour y découvrir les signes de l'acquisition d'une résistance. En cas de doute sur l'acquisition
 de résistance d'un organisme, contacter le Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du
 MAPAQ.

Certains fongicides « multisites d'action » agissent sur plus d'un site ou mode d'action. Ils sont donc peu sujets à provoquer le développement de la résistance des agents phytopathogènes comparativement aux fongicides « unisites d'action ».

4.3.2. Rémanence et persistance

Il y a beaucoup de confusion entourant l'utilisation des termes persistance et rémanence. La grande majorité des glossaires et des dictionnaires phytosanitaires, de l'environnement ou des biotechnologies considèrent la rémanence et la persistance comme deux synonymes. Le lexique bilingue des étiquettes de l'ARLA^[3] traduit « produit rémanent » par « persistent product », qui réfère à la durée de la présence d'une substance dans l'environnement avant sa dégradation, alors que le lexique de l'ARLA traduit « produit persistant » par « residual product ». En plus, le MDDELCC définit

un herbicide résiduaire comme un herbicide qui se dégrade lentement et contrôle les plantes pour une longue période et un herbicide non résiduaire comme étant rapidement inactif après son application et ne contrôlant les plantes que sur une courte période.

Dans le présent cas, la persistance d'un pesticide réfère à son devenir et à son comportement dans l'environnement. Un pesticide persistant ne se dégradera pas rapidement par l'entremise des microorganismes ou des processus photochimiques.

Par exemple, le chlorantraniliprole, dont les insecticides ALTACOR, CORAGEN, ACELEPRYN et VOLIAM XPRESS, a une persistance élevée. C'est pour cette raison que Santé Canada exige, sur les étiquettes des produits contenant cette matière active, une mise en garde semblable : « Le chlorantraniliprole est persistant et s'accumulera d'une saison à l'autre. Il est recommandé de ne pas utiliser de produits contenant du chlorantraniliprole sur les sites traités avec ces produits lors de la saison précédente ».

La rémanence réfère plutôt à la durée pendant laquelle un pesticide reste efficace après l'application. À titre d'exemple, un pesticide de contact est peu rémanent puisqu'il peut être lessivé par la pluie et désactivé par le soleil. Par contre, il est possible que ce pesticide soit très persistant dans l'environnement, tel que le GRAMOXONE.

Ainsi, sur l'étiquette de l'ADMIRE 240 ,il est question de rémanence et d'effet résiduel plutôt que de persistance : « L'imidaclopride est rémanent et comporte des risques élevés d'effet résiduel; il n'est pas recommandé d'utiliser ce produit dans les champs traités avec l'insecticide systémique en suspension aqueuse ADMIRE 240 pendant la saison précédente ».

La persistance d'un pesticide est influencée par la nature de sa matière active, les conditions environnementales (température, humidité, pH du milieu, type de sol) et la présence d'autres pesticides ou substances chimiques dans le sol. Le temps de résidence moyen des molécules d'un produit chimique dans l'environnement, appelé temps de demi-vie (TD_{50} : temps de dissipation 50), est évalué en nombre de jours nécessaires pour la dégradation ou la dissipation de 50 % de la substance active présente dans le sol. Par exemple, la demi-vie du chlorantraniliprole dans les sols varie de 228,0 à 924,1 jours en conditions aérobies. La demi-vie de l'herbicide paraquat (GRAMOXONE), considéré à persistance élevée, est estimée à 3 000 jours tandis que celle de l'herbicide cléthodime (CENTURION, COMPASS, SELECT), considéré à persistance faible, est de 1 à 2,6 jours dans les sols.

Les produits à persistance élevée sont susceptibles de s'accumuler ou de se bioaccumuler dans les organismes vivants, entraînant une toxicité de plus en plus grande chez les espèces d'un ordre plus élevé, comme les poissons, les oiseaux et les mammifères. C'est le cas des organochlorés (DDT, chlordane, etc.) qui ne sont plus homologués au Canada.

4.3.3. Sélectivité

La sélectivité d'un pesticide réfère à l'étendue des organismes affectés par le produit. Un pesticide sélectif permet de contrôler un nombre restreint d'organismes qui sont habituellement apparentés. En opposition, un pesticide à spectre large est peu sélectif, car il affecte plusieurs organismes ou types d'organismes.

Il est très rare qu'un pesticide agisse sur un organisme spécifique; la majorité des insecticides, par exemple, sont non sélectifs. Certains herbicides contrôlent uniquement les mauvaises herbes à feuilles larges, sans affecter les graminées; c'est le cas par exemple du 2,4-D utilisé pour le contrôle des mauvaises herbes à feuilles larges dans les céréales. La sélectivité d'un insecticide à base de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) dépend de la souche de la bactérie. Le *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* est utilisé pour lutter contre les larves des sciarides (des diptères), le *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* contre diverses larves de lépidoptères et le *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* contre les larves du doryphore de la pomme (des coléoptères).

Le but d'un traitement phytosanitaire est de contrôler adéquatement le ou les organismes nuisibles visés avec un minimum d'impact sur les organismes non visés (la culture ou d'autres organismes bénéfiques). L'effet des pesticides peut être néfaste sur plusieurs organismes. Toutefois, par de bonnes pratiques d'utilisation des pesticides, il est possible d'influencer leurs effets en modifiant la dose à appliquer ainsi que la façon et le moment où le pesticide est appliqué, pourvu qu'ils respectent les directives de l'étiquette. Par exemple, l'application d'herbicides en pré-émergence ou dans des zones localisées permet de réduire les risques de contrôler des organismes non ciblés.

Ainsi, la sélectivité d'un pesticide peut être obtenue de deux façons :

- en utilisant un pesticide sélectif;
- en utilisant un pesticide non sélectif appliqué de façon à lui conférer une certaine sélectivité.

Les pesticides sélectifs peuvent perdre cette sélectivité s'ils ne sont pas utilisés adéquatement. En effet, l'application d'un pesticide au mauvais moment, à la mauvaise dose ou dans des conditions défavorables peut nuire à l'efficacité du traitement ou encore affecter un organisme ou un milieu non visé. La sélectivité d'un pesticide peut donc être considérée comme relative et non absolue. C'est pourquoi il est nécessaire de toujours suivre les indications sur l'étiquette du produit.

4.3.4. Répression et suppression

La répression et la suppression sont deux termes que l'on retrouve sur les étiquettes des pesticides et qui renseignent sur l'efficacité du produit. Ces termes indiquent le degré de contrôle attendu d'un pesticide sur un organisme nuisible.

Le lexique bilingue des étiquettes de l'ARLA traduit le mot français « répression » par « suppression » et le mot français « suppression » par « control »^[3]. Le terme atténuation est quelquefois utilisé comme synonyme de répression.

La répression est souvent interprétée comme ayant une efficacité de 60-75 % sur l'organisme visé, tandis que la suppression amène un contrôle de 85 % et plus. Lorsque l'efficacité est plus près du 50 %, on parle plutôt de réduction des dommages ou de répression partielle.

Une répression légère est parfois acceptable lorsque la pression de l'organisme visé est faible. Par contre, un utilisateur pourra être déçu de la performance d'un tel produit si les organismes visés par le traitement ont des populations élevées et sont difficiles à contrôler.

4.4. Préparations commerciales

Les pesticides sont vendus sous forme de préparations commerciales (aussi appelées formulations). Chaque préparation commerciale possède un nom commercial. Les préparations commerciales peuvent être sous forme solide, liquide ou gazeuse. La forme physique sous laquelle un composé (matière active) peut être préparé est variable et dépend des propriétés du composé et de son utilisation.

Les objectifs des chimistes lors de la formulation d'un produit commercial sont d'en faciliter l'application avec l'équipement disponible, d'améliorer l'application ciblée sur les organismes nuisibles et leur absorption par ceux-ci, d'assurer la meilleure sécurité possible pour l'applicateur et l'environnement et de permettre une bonne durée de vie du produit en entreposage.

4.4.1. Les constituants d'une préparation commerciale

Une préparation commerciale est composée d'une ou de plusieurs matières actives et d'ingrédients inertes.

Matière active (ingrédient actif)

La molécule chimique ou l'organisme qui possède l'action de pesticide. On l'identifie par le nom commun du produit.

Ingrédients inertes (produits de formulation ou formulants)

Ce sont des matières liquides ou solides qui sont ajoutées à la matière active afin d'en faciliter l'entreposage, la manipulation ou l'application.

Lorsque les produits de formulation d'une préparation commerciale sont reconnus comme étant toxiques, ils sont décrits dans la fiche signalétique du produit. Autrement, leur composition n'est pas divulguée publiquement, car il s'agit d'un secret bien gardé par chaque compagnie. Cependant, en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires*, les produits de formulation doivent être déclarés à l'ARLA et sont classés selon leur toxicité.

4.4.2. Solution, émulsion et suspension

Plusieurs préparations commerciales sont appliquées sous forme liquide par pulvérisation. Elles doivent alors être mélangées dans le réservoir d'un pulvérisateur avec de l'eau (ou de l'engrais liquide dans le cas où cette possibilité est inscrite sur l'étiquette du pesticide). Selon la préparation commerciale, le mélange forme une solution, une émulsion ou une suspension, ce qui influencera différents aspects reliés à l'application du produit.

➤ Solution

Une solution est formée lorsque deux phases (liquide-liquide, solide-liquide ou gaz-liquide) se mélangent complètement au niveau moléculaire et deviennent indissociables.

➤ Émulsion

Certains liquides ne se mélangent pas ensemble (p. ex. : de l'huile avec de l'eau). Une émulsion est la dispersion d'un liquide en fines gouttelettes (phase dispersée) dans un autre liquide (phase dispersante), les deux liquides n'étant pas miscibles. Une émulsion est stable lorsque les deux liquides ne se séparent pas et que l'un reste dispersé dans l'autre. L'émulsion stable est généralement obtenue par l'addition d'un surfactant. Une émulsion présente habituellement un aspect laiteux.

Suspension

Une suspension est la dispersion d'un solide (en fines particules) dans un liquide. La phase dispersée est le solide et la phase dispersante est le liquide. Une suspension est dite stable lorsque le solide reste dispersé dans le liquide. Il faut aussi habituellement ajouter un surfactant afin d'obtenir une suspension stable.

4.4.3. Les types de préparations commerciales

Les préparations commerciales, aussi appelées formulations, sont offertes principalement sous deux formes physiques : liquide ou solide.

Il y a aussi des pesticides conçus pour agir à l'état gazeux, ce sont des fumigants. Ils sont commercialisés sous forme solide, liquide ou parfois gazeuse.

Il existe plus de 60 types différents de préparations commerciales, symbolisés par un code (habituellement de 2 lettres). Le tableau VI présente quelques exemples de types de préparations commerciales et leur abréviation correspondante.

TABLEAU VI

Quelques types de préparations commerciales et leur abréviation

Forme vendue	Type de préparation commerciale	Abréviation
Liquide	Concentré émulsifiable Concentré à volume ultra bas Concentré en suspension Solution Solution concentrée Suspension Suspension en microcapsules Pâte fluide Aérosols Émulsions Émulsions inversées	EC ou E ULV SC S ou SN C ou LC SU MS F ou FL A E ou EM EO
Solide	Poudres à poudrer Poudres mouillables Poudres solubles Appâts Granulés Granulés solubles Granulés mouillables Pastilles	DU ou D WP ou W SP ou PS B G ou GR SG ou GS WG ou DF PA ou PE

4.4.3.1. Description des types de préparations commerciales liquides

Voici la description des principales préparations commerciales vendues sous forme liquide.

> Concentrés émulsifiables (EC ou E)

Les concentrés émulsifiables contiennent habituellement un ingrédient actif liquide, un ou plusieurs solvants à base de produits pétroliers et un agent émulsifiant. Un bon concentré émulsifiable forme une émulsion de fines gouttelettes d'apparence blanche lorsque mélangé avec de l'eau. Les concentrés émulsifiables contiennent entre 25 et 75 % d'ingrédients actifs. Les préparations EC sont parmi les plus versatiles. Elles peuvent être adaptées à différents types d'équipements de pulvérisation. Par contre, les EC sont facilement absorbés par la peau et doivent être manipulés avec soin. Les concentrés émulsifiables constituent le type le plus populaire de préparation commerciale utilisée pour la pulvérisation des pesticides. La tendance de l'industrie est toutefois de s'éloigner de cette formulation afin, entre autres, d'éviter l'utilisation de solvants très volatils (p. ex. : xylène), d'augmenter la sécurité lors de la manipulation du produit, de diminuer les restrictions inscrites aux étiquettes et de commercialiser des préparations davantage basées sur des technologies de pointe.

> Concentrés en suspension (SC)

Les concentrés en suspension (ou concentrés solubles) font partie de la nouvelle génération de pesticides sans utilisation ou avec utilisation réduite de solvants dangereux, non poudreux et qui offrent une meilleure stabilité. Des particules micronisées de matière active sont dispersées dans une phase aqueuse. Cette formulation est facile à mesurer et à manipuler.

> Solutions (S ou SN)

Certains ingrédients actifs de pesticides se dissolvent facilement dans un solvant liquide, comme l'eau et des composés à base de produits pétroliers. Le MCPA et le 2,4-D sous forme de sels de sodium, de potassium et d'amine sont des exemples de pesticides solubles dans l'eau. Lorsque mélangés avec le solvant approprié, ces pesticides forment une solution. Les préparations de ces pesticides contiennent habituellement l'ingrédient actif, le solvant et un ou plusieurs autres types de produits de formulation. Les solutions peuvent être utilisées avec la plupart des pulvérisateurs. En terme de quantité, les solutions dominent le marché en raison du glyphosate qui représente près de 40 % des ventes de pesticides et qui est presque exclusivement vendu sous forme de solution.

> Aérosols (A)

Ces préparations contiennent un ou plusieurs ingrédients actifs et un solvant. La plupart des aérosols contiennent un faible pourcentage de matières actives. Il y a deux types de préparations aérosol : le type prêt à utiliser et le type utilisé dans les générateurs de fumée ou de brume.

Aérosols prêts à l'usage

Ces préparations aérosol sont habituellement de petites unités qui relâchent le pesticide lorsque la valve de la buse est activée. Le pesticide est transporté à travers une petite ouverture par un gaz inerte sous pression, créant de fines gouttelettes. Ces produits sont utilisés dans les serres, sur de petites surfaces dans les édifices ou à des endroits localisés à l'extérieur. Les modèles commerciaux, qui peuvent contenir entre 2,3 et 4,5 kg (5 et 10 livres) de pesticide, sont habituellement rechargeables.

• Préparations pour générateurs de fumée ou de brume

Ces préparations aérosol ne sont pas sous pression. Elles sont utilisées dans des machines qui brisent les préparations liquides en une bruine fine ou une brume (aérosol) en utilisant un disque qui tourne rapidement et une surface chauffée. Ces préparations sont utilisées principalement pour le contrôle des insectes dans les structures comme les serres et les entrepôts et pour le contrôle à l'extérieur des moustiques et des mouches.

4.4.3.2. Description des types de préparations commerciales solides

Les préparations commerciales vendues sous forme solide peuvent être appliquées par pulvérisation ou sous leur forme solide, selon le type de préparation. Les principaux types de préparations commerciales solides qui sont appliquées sous forme de pulvérisation sont les poudres mouillables, les poudres solubles, et les granules mouillables. Les principales préparations commerciales solides destinées à une application directe sont les poudres à poudrer, les appâts, les granulés et les pastilles.

> Poudres mouillables (WP ou W)

Ces préparations, parfois appelées poudres dispersibles à l'eau ou pulvérisables, consistent en des particules de pesticide finement divisées (poudre micronisée de 50 à 100 µm). Elles sont combinées à des agents tensioactifs (surfactants) qui permettent à la poudre d'être mélangée avec l'eau pour former une suspension homogène stable ainsi qu'avec un diluant.

Les poudres mouillables contiennent entre 5 et 95 % d'ingrédients actifs, habituellement 50 % et plus. Les particules des poudres mouillables ne se dissolvent pas dans l'eau. Elles sédimentent rapidement à moins qu'une agitation constante ne soit utilisée dans le pulvérisateur pour maintenir les particules en suspension. Idéalement, la quantité d'agents mouillants (surfactants) devrait être suffisante pour permettre aux gouttelettes de pulvérisation de s'étendre sur la surface ciblée, mais les particules ne devraient pas être facilement lessivées par la pluie. Les poudres mouillables sont très utilisées. Leur coût est moins élevé que celui des autres types de préparations. Elles peuvent être employées avec la plupart des équipements de pulvérisation où une agitation est possible. Les risques d'inhalation lors de la manipulation de poudres mouillables sont cependant élevés. Leur texture poussiéreuse et la difficulté de bien les mesurer déplaisent aux utilisateurs.

> Poudres solubles (SP ou PS)

Les poudres solubles ressemblent aux poudres mouillables. Cependant, lorsque mélangées avec de l'eau, les poudres solubles se dissolvent rapidement et forment une vraie solution. Lorsque bien mélangées, aucune agitation additionnelle n'est nécessaire. La quantité de matières actives dans la poudre soluble varie de 15 à 95 % et est habituellement au-dessus de 50 %. Les poudres solubles ont les mêmes avantages que les poudres mouillables, mais aucun de leurs désavantages, mis à part le danger d'inhalation durant le mélange.

> Granulés mouillables (WG ou DF)

Les granulés mouillables sont similaires aux poudres mouillables, excepté que l'ingrédient actif est préparé en particules de taille granulaire (0,3 à 1,33 mm de diamètre). Les granulés mouillables doivent être mélangés avec de l'eau pour être appliqués. Une fois dans l'eau, les granules se brisent en poudre fine. La préparation nécessite une agitation constante pour la garder en suspension. Les granulés mouillables partagent les mêmes avantages et inconvénients que les poudres mouillables, sauf qu'elles se mesurent et se mélangent plus facilement. Les risques d'inhalation pour l'applicateur sont également moindres durant le versement et le mélange.

> Sacs hydrosolubles

Ce type de préparation commerciale est apparu sur le marché vers la fin des années 1980. La matière active et ses produits de formulation sont retenus dans des sacs hydrosolubles. La manipulation du produit se limite à ajouter un certain nombre de ces sacs dans le réservoir du pulvérisateur. Les sacs se dissolvent dans l'eau et libèrent leur contenu. Ce type de préparation commerciale limite les risques pour l'utilisateur et réduit les erreurs de calcul lors de la préparation de la bouillie de pulvérisation. La qualité de l'eau, importante pour la préparation des bouillies avec tous les types de préparations, l'est encore plus avec les sacs hydrosolubles. De plus, il est important de noter que les résidus dans les réservoirs peuvent aussi avoir un impact sur la qualité de dissolution des pellicules solubles des sachets.

➤ Poudres à poudrer (DU ou D)

La plupart des préparations sous forme de poudre à poudrer sont faciles à utiliser et contiennent un faible pourcentage de matière active (habituellement 0,5 à 10 %), en plus d'un transporteur inerte. La taille des particules individuelles de poudre varie. Divers minéraux argileux tels que la montmorillonite ou la kaolinite servent comme diluants ou transporteurs. Des formes de silice ou de la silice presque pure comme la diatomite, la perlite, la ponce ou le talc sont aussi utilisées. La diatomite est essentiellement composée de squelettes de diatomée et, tout comme la plupart des matériaux mentionnés auparavant excepté le talc, est fortement abrasive pour la cuticule des insectes. Le transporteur inerte peut également être fait de craie, d'écailles de noix ou de cendres volcaniques. Certaines préparations en poudre à poudrer sont concentrées et contiennent un pourcentage élevé de matières actives. Ces préparations doivent être mélangées avec des transporteurs secs inertes avant d'être appliquées. Les poudres à poudrer sont toujours utilisées sèches, et elles dérivent facilement vers les organismes non ciblés. Les risques d'inhalation sont également très élevés lors de la

manipulation de ces produits. Elles sont parfois utilisées pour des applications agricoles et sont largement employées pour le traitement des semences. Les poudres servent aussi pour le contrôle des puces et autres parasites sur les animaux domestiques et de ferme.

> Appâts (B)

Une préparation en appât est composée d'un ingrédient actif mélangé avec de la nourriture ou une autre substance attirante. L'appât peut soit attirer l'organisme nuisible ou être placé dans un endroit où l'organisme peut le trouver. Les organismes nuisibles sont tués après l'ingestion de l'appât. La quantité de matières actives dans la plupart des préparations sous forme d'appât est assez faible, habituellement moins de 5 %. Les appâts sont employés à l'intérieur et à l'extérieur des édifices pour contrôler les fourmis, les coquerelles, les mouches, d'autres insectes et les rongeurs. À l'extérieur, ils sont parfois utilisés pour contrôler les escargots, les limaces et quelques insectes, mais ils servent surtout à contrôler les rongeurs et les oiseaux. Il existe des appâts sous forme solide ou liquide. Ce type de préparation commerciale est efficace pour contrôler les organismes nuisibles qui se déplacent d'une région à une autre. Cependant, les appâts peuvent être attirants pour les enfants et les animaux domestiques. Une grande prudence est de mise lors de leur installation.

➤ Granulés (G ou GR)

Les préparations granulaires sont similaires aux poudres, excepté que les particules granulaires sont plus grosses et plus pesantes. La taille des particules varie de 0,3 à 1,3 mm de diamètre. Les microgranules (0,1 à 0,3 mm de diamètre) sont favorisées lorsque l'adhésion au feuillage est importante. Les particules grossières sont faites d'un matériau absorbant comme les argiles, des morceaux d'épis de maïs et des écailles de noix. L'ingrédient actif enrobe les granules ou est absorbé dans les granules. Dans ces préparations, la quantité d'ingrédients actifs est relativement faible, variant habituellement de 1 à 15 %. Les pesticides en granulés sont le plus souvent appliqués aux sols pour le contrôle des mauvaises herbes, des nématodes, et des insectes vivants dans le sol. Parfois, les préparations commerciales en granulés sont appliquées par avion ou par hélicoptère afin de minimiser la dérive et augmenter la pénétration de la végétation dense. Les préparations commerciales en granulés servent aussi pour contrôler les larves de moustiques et autres organismes nuisibles aquatiques. Ils sont utilisés dans les opérations de contrôle des organismes nuisibles en agriculture, sur les structures, en horticulture ornementale, sur les gazons, dans les milieux aquatiques, sur les allées, etc. Le développement de concentrations biologiquement efficaces dans le volume de sol, d'eau et d'air qui entoure les granules dépend de la dose, de la taille des granules, du contenu en pesticides et des caractéristiques de relâchement.

Le taux de relâchement du pesticide du granule dépend des propriétés du pesticide, du solvant, du transporteur et du mode de préparation des granules. Lorsque le granule est enrobé par le pesticide, ce dernier est relâché rapidement dans la zone traitée. Lorsque le pesticide est inclus dans un transporteur poreux, le relâchement est plus lent, car le pesticide doit diffuser de l'intérieur des granules vers l'extérieur.

➤ Pastilles (PA ou PE)

La plupart des préparations en pastilles sont très similaires aux préparations en granulés; les deux termes sont souvent utilisés sans différenciation. Dans les préparations commerciales en pastilles, toutes les particules sont du même poids et ont la même forme, contrairement aux granulés. L'uniformité des particules permet l'application avec des applicateurs de précision. Quelques fumigants sont préparés sous forme de pastilles. Par exemple, les PASTILLES DEGESCH PHOSTOXIN, composées de phosphure d'aluminium comprimé en petites tablettes dures avec du carbonate d'ammonium, lorsque exposées à de l'humidité, relâchent le fumigant phosphine, en même temps que l'hydroxyde d'aluminium, l'ammoniaque et le dioxyde de carbone. Ce produit à usage restreint peut être distribué de façon uniforme dans le grain entreposé. Le relâchement du fumigant est lent et la période d'exposition est habituellement de trois jours ou plus.

4.5. Adjuvants

La performance des pesticides peut être affectée par un certain nombre de variables. Celles-ci comprennent :

- les conditions environnementales au moment de l'application telles que la température,
 l'humidité et les précipitations;
- les propriétés de l'eau utilisée pour le mélange, comme le pH et la dureté;
- l'utilisation de mélanges en cuve de produits différents, ce qui peut affecter l'efficacité et la compatibilité;
- l'état de la surface de la cible à pulvériser comme la texture de la feuille, le stress des plantes, le stade de croissance des insectes, la couche arable et le type de sol.

Les adjuvants sont ajoutés aux pesticides pour en modifier ou en améliorer l'efficacité et en faciliter la manipulation^[16]. Il s'agit d'une substance, solide ou liquide, dépourvue d'activité biologique, mais capable d'améliorer les qualités physicochimiques d'une préparation. Il existe une grande variété d'adjuvants pouvant améliorer l'efficacité d'un pesticide :

- en augmentant les propriétés mouillantes, ce qui permet à la bouillie d'avoir une meilleure adhérence sur la surface;
- en augmentant ou en diminuant l'évaporation, ce qui empêche la bouillie de sécher trop rapidement ou l'aide à sécher plus rapidement;
- en améliorant l'absorption du pesticide par la plante, ce qui est important si le pesticide doit pénétrer dans la plante pour être efficace;
- en rendant les gouttelettes de bouillie plus uniformes (meilleur étalement), ce qui donne une couverture plus complète à la surface.

Les adjuvants peuvent être additionnés dans la préparation commerciale par le fabricant, ou encore être ajoutés lors de la préparation de la bouillie de pulvérisation par l'applicateur. Il faut toujours consulter l'étiquette du pesticide afin de déterminer si l'ajout d'un adjuvant au pesticide est nécessaire et quel adjuvant est recommandé. Dans certains cas, la dose de l'adjuvant varie selon les conditions météorologiques, le stade de croissance, l'espèce traitée, la qualité de l'eau, etc.

Santé Canada classe les adjuvants en deux grandes catégories : les activateurs ou modificateurs de bouillie et les modificateurs d'utilité. De façon générale, les activateurs ou modificateurs de bouillie ont besoin d'être homologués par Santé Canada. Les modificateurs d'utilité générale n'ont pas besoin d'être homologués à moins qu'il n'y ait une allégation sur l'étiquette indiquant que l'adjuvant en question améliore la performance du produit.

Les préparations commerciales sont généralement élaborées de façon à éviter l'ajout d'un adjuvant lors de la préparation de la bouillie de pulvérisation. Il faut toujours se méfier des additifs ou de tout autre produit non recommandé sur les étiquettes. La plupart du temps, ces produits ne permettent pas d'augmenter l'efficacité des pesticides et ne font qu'augmenter les coûts du traitement. Si l'étiquette ne mentionne pas la nécessité d'un adjuvant pour aucune des substances mélangées en cuve, il n'est pas recommandé d'en ajouter au mélange en cuve.

IMPORTANT!

Toujours lire l'étiquette du produit afin de déterminer si l'ajout d'un adjuvant est nécessaire. Si c'est le cas, utiliser un adjuvant qui figure sur l'étiquette du produit (ou un produit équivalent). Un mauvais choix d'adjuvant peut nuire à l'efficacité du produit ou à la sécurité de la culture.

4.5.1. Les activateurs ou modificateurs de bouillie

Les activateurs ou modificateurs de bouillie sont des adjuvants dont le rôle est d'améliorer directement l'efficacité ou la performance biologique du produit antiparasitaire en modifiant ou en rehaussant ses caractéristiques physiques ou chimiques. Les activateurs ou modificateurs de bouillie comprennent :

- les surfactants (incluant les agents émulsifiants, les agents mouillants et les adhésifs);
- les sels d'ammonium et de sulfate;
- les huiles ou concentrés d'huiles.

4.5.1.1. Les surfactants

Les surfactants, aussi désignés agents de surface ou agents tensioactifs, forment une importante classe d'adjuvants. Introduit dans un liquide, un surfactant abaisse la tension superficielle, ce qui a pour effet d'augmenter les propriétés mouillantes du produit. Les surfactants sont des composés chimiques qui, à de faibles concentrations, modifient les propriétés de surface des matériaux avec lesquels ils entrent en contact (figure 2) et, à des concentrations plus élevées, aident les gouttelettes de pulvérisation à pénétrer les couches cireuses des feuilles. Les surfactants sont souvent ajoutés aux herbicides afin d'augmenter leur activité sur les mauvaises herbes. Des exemples de surfactants homologués pour l'utilisation avec des herbicides se retrouvent au tableau VII. La plupart des surfactants sont non ioniques, c'est-à-dire qu'ils ne s'ionisent pas. Un tel surfactant est constitué d'alcools et/ou de dérivés d'acides gras et sert à améliorer la pénétration de l'herbicide à l'intérieur d'une cuticule cireuse. Les trois principaux groupes de surfactants sont les agents émulsifiants, les agents mouillants et les adhésifs.

TABLEAU VII

Quelques surfactants homologués pour usage avec des herbicides*

Nom commercial	Туре	Exemple d'herbicides
AGRAL 90	Non ionique	PURSUIT (imazéthapyr), REFINE EXTRA (méthylthifensulfuron/méthyltribenuron), REGLONE (diquat), TOUCHDOWN (glyphosate TMS), ULTIM (nicosulfuron/rimsulfuron), REFLEX (fomésafène)
AG-SURF Non ionique		PURSUIT (imazéthapyr), REFINE EXTRA (méthylthifensulfuron/méthyltribenuron), ROUNDUP (glyphosate), TOUCHDOWN (glyphosate), ULTIM (nicosulfuron/rimsulfuron), STRIKER (clopyralide/flumetsulame/2,4-D)
LI700	Non ionique	ROUNDUP (glyphosate), GLYFOS (glyphosate), REGLONE (diquat)
MERGE	Non ionique	POAST ULTRA (séthoxydime) et ASSURE II (quizalofop-p-éthyl)

^{*} Ce tableau n'est qu'à titre indicatif. Toujours se référer à l'étiquette du pesticide pour connaître la nécessité et les conditions d'utilisation des adjuvants.

> Les agents émulsifiants

Ce sont des produits utilisés pour former une émulsion stable avec la préparation commerciale, c'està-dire qui demeure homogène et ne se sépare pas facilement.

> Les agents mouillants

Ces produits réduisent l'angle de contact entre des substances qui se repoussent normalement. Par exemple, des agents mouillants sont utilisés afin de réduire l'angle de contact entre une gouttelette d'un pesticide et la surface de la feuille de la plante. La rétention de la gouttelette à la surface de la feuille et l'absorption du pesticide par cette dernière sont ainsi augmentées.

> Les adhésifs

Ce sont des produits qui augmentent l'adhésion des pesticides à la surface des feuilles.

Ils ont trois fonctions:

- augmenter l'adhésion des particules solides pour diminuer leur lessivage;
- réduire l'évaporation;
- fournir un recouvrement à l'épreuve de l'eau.

4.5.1.2. Les sels d'ammonium et de sulfate

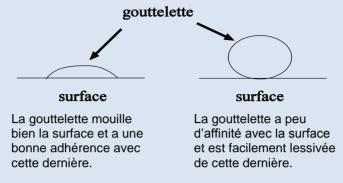
Les sels d'ammonium et de sulfate recommandés sur les étiquettes de certains herbicides sont souvent utilisés avec des surfactants ou des huiles ou concentrés d'huiles. Les mécanismes possibles par lesquels ces adjuvants augmentent l'efficacité des pesticides sont :

- l'augmentation de la perméabilité cellulaire (passage plus facile de certains pesticides à travers les parois cellulaires);
- la diminution du pH de la bouillie (ce qui permet aux pesticides acides d'être sous leur forme neutre qui diffuse plus facilement à travers les parois cellulaires);
- la création d'un gradient de pH entre l'extérieur et l'intérieur des cellules (pH plus faible à l'extérieur de la cellule qu'à l'intérieur, ce qui augmente la diffusion de pesticides acides neutres à travers la cellule).

4.5.1.3. Les huiles ou concentrés d'huiles

Ce sont des produits utilisés pour augmenter l'absorption des pesticides par les plantes. Ils disloquent la cuticule des feuilles ou la couche cireuse des feuilles, permettant ainsi une meilleure pénétration de la bouillie. Les huiles sont des huiles minérales raffinées (à base de pétrole) ou des huiles végétales. Par exemple, ASSIST (huile minérale à base de 83 % de paraffine et de 17 % d'un mélange surfactant) s'utilise entre autres avec les herbicides LADDOK (bentazone/atrazine) et BASAGRAN (bentazone).

L'angle de contact est l'angle entre une surface solide plane et une goutte de liquide qui y est déposée. La mesure de l'angle de contact rend compte de l'aptitude d'un liquide à s'étaler sur une surface par mouillabilité. Le schéma suivant en fait la démonstration.



Dans la partie gauche du schéma, l'angle entre la surface et la gouttelette est faible, ce qui permet à la gouttelette de bien s'étaler sur la surface et d'y adhérer. On dit alors que l'affinité entre la gouttelette et la surface est élevée. La partie droite du schéma illustre le cas d'une gouttelette qui a peu d'affinité avec la surface. On peut utiliser des surfactants afin de changer l'affinité des gouttelettes pour la surface des feuilles et ainsi augmenter l'efficacité du pesticide.

Figure 2 : L'angle de contact

4.6. Les modificateurs d'utilité générale

Les modificateurs d'utilité générale sont des adjuvants qui ne contribuent pas à améliorer directement l'efficacité, mais qui élargissent plutôt les conditions dans lesquelles le produit antiparasitaire est utile, ou encore qui servent à préserver l'intégrité de la bouillie de pulvérisation.

Les modificateurs d'utilité générale comprennent :

- les solutions tampons;
- les agents antimousse;
- les agents de compatibilité;
- les agents antidérive.

4.6.1. Les solutions tampons

Les solutions tampons peuvent servir à accroître la solubilité ou à régler le pH d'une solution. L'eau utilisée pour diluer la préparation commerciale de pesticide est parfois alcaline. Si le pH est assez élevé et que le pesticide est sujet à une hydrolyse alcaline, il peut être nécessaire de diminuer le pH de la solution; ceci est habituellement inscrit à l'étiquette du produit (certaines préparations commerciales contiennent déjà des tampons). Les solutions tampons contiennent par exemple de l'acide phosphorique ou un sel d'acide phosphorique qui diminuera le pH et aura tendance à le maintenir à une valeur acceptable. L'efficacité de la solution tampon dépend de sa concentration en acide phosphorique et de la dureté de l'eau qui est neutralisée. Plus l'eau est alcaline, plus on devra ajouter de tampons pour la neutraliser. Les solutions tampons permettent aussi aux pesticides de bien se mélanger avec les diluants ou autres pesticides ayant une acidité ou une alcalinité différente.

4.6.2. Les agents antimousse

Les agents antimousse (ou antimoussants) servent à minimiser la formation de mousse dans le réservoir lors de la préparation d'une bouillie. Certaines préparations commerciales ont tendance à mousser lorsqu'elles sont mélangées avec de l'eau. L'agent antimousse permet d'obtenir une distribution uniforme du pesticide dans le réservoir de mélange et jusqu'à l'équipement de pulvérisation. De plus, lors de la préparation, il est difficile d'obtenir la bonne dilution, puisque la mousse empêche de bien voir le volume des liquides présents dans le réservoir. Les agents antimousse permettent de résoudre ce problème.

4.6.3. Les agents de compatibilité

Les pesticides peuvent parfois être combinés avec des fertilisants liquides lors de l'application (cette possibilité est alors inscrite à l'étiquette du produit phytosanitaire). L'avantage est de réduire le passage de la machinerie dans le champ. Les désavantages sont que la distribution du pesticide peut être inégale et que la préparation commerciale de pesticide peut être altérée sous l'influence des solutions fortement salines des fertilisants liquides. Il existe une classe spéciale d'émulsifiants connus sous le nom d'agent de compatibilité qui sont conçus de façon à prévenir les changements dans la préparation commerciale de pesticide lors de la combinaison avec un fertilisant liquide.

4.6.4. Les agents antidérive

La dérive des gouttelettes de pulvérisation lors de l'application est fonction de la taille des gouttelettes. Les gouttelettes fines, avec un diamètre de 100 µm ou moins, sont susceptibles de dériver loin du site d'application. Les composés chimiques qui augmentent la viscosité de l'eau diminueront la proportion de ces petites gouttes dans la pulvérisation. Ils augmenteront également la taille moyenne des gouttelettes de pulvérisation, ce qui réduira la dérive. L'augmentation de la taille moyenne des gouttelettes ne change pas le taux d'application du pesticide à l'hectare, mais change la surface couverte par le pesticide. L'utilisation de buses antidérive est un autre moyen de réduire la dérive et est fortement recommandée aux producteurs. Avec une buse antidérive, le spectre du diamètre des gouttelettes est moins étendu et la proportion des petites gouttes susceptibles de dériver est réduite à un minimum.

4.7. Mélanges de pesticides et compatibilité

Plusieurs mélanges de pesticides sont déjà formulés et commercialisés. Ils se retrouvent déjà prémélangés ou vendus dans des emballages commerciaux (voir dernier paragraphe du point 2.2). À titre d'exemple, le MARKSMAN est une préparation commerciale sous forme de suspension qui contient 261 g/L d'atrazine et 132 g/L de dicamba.

On peut également mélanger différents pesticides ensemble dans la cuve du pulvérisateur. L'ARLA a publié en 2009 une note disponible sur son site Internet et intitulée « Utilisation de mélanges en cuve non affichés sur les étiquettes de produits antiparasitaires à usage commercial utilisés pour la production agricole ou la gestion de la végétation »^[4], où elle indique les six conditions à respecter pour appliquer des mélanges en cuve non affichés sur l'étiquette de produits antiparasitaires. L'une de ces conditions se lit comme suit : « Le mélange en cuve n'est pas précisément exclu ou contre-indiqué sur l'étiquette de chacune des substances mélangées en cuve ».

Les mélanges de pesticides présentent divers avantages dont :

- une économie de temps et de travail;
- une réduction des coûts d'énergie;
- une réduction du nombre de passages dans le champ.

Les désavantages possibles sont :

- une connaissance insuffisante de la compatibilité des mélanges;
- une efficacité biologique non assurée si le mélange n'est pas recommandé sur l'étiquette du produit.

Les mélanges de pesticides peuvent être compatibles (ou incompatibles) à différents degrés. Il existe différents types de compatibilité :

- Compatibilité **chimique** : pas de réactions chimiques secondaires lors du mélange.
- Compatibilité **physique** : pas de changements physiques (précipités, gels...) lors du mélange.
- Compatibilité biologique: le mélange ne provoque pas d'effets non voulus sur les organismes vivants.
- Compatibilité agronomique : les composés du mélange peuvent être appliqués à la même culture, au même stade de croissance et dans les mêmes conditions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES

- [1] ARLA. Directive d'homologation : Étiquetage en vue de la gestion de la résistance aux pesticides, compte tenu du site ou du mode d'action des pesticides (DIR99-06). [En ligne] : http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pubs/pest/_pol-quide/dir99-06/index-fra.php (Page consultée le 28 novembre 2013)
- ARLA. Directive d'homologation : Initiative de l'ARLA concernant les pesticides à risque réduit (DIR2002-02). [En ligne] : http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pubs/pest/_pol-guide/dir2002-02/index-fra.php (Page consultée le 15 novembre 2013)
- [3] ARLA. Lexique bilingue des étiquettes de l'ARLA. Disponible sur demande auprès du Service de renseignements de l'ARLA. [En ligne] :: http://www.hc-sc.gc.ca/contact/order-pub-commande-fra.php?title=ARLA (lexicon-lexique) lexique bilingue des étiquettes (Page consultée le 2 décembre 2013)
- [4] ARLA. Note Utilisation de mélanges en cuve non affichés sur les étiquettes de produits antiparasitaires à usage commercial utilisés pour la production agricole ou la gestion de la végétation. [En ligne]: http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/registrant-titulaire/prod/_memo-note/mixes-melanges-fra.php (Page consultée le 9 décembre 2013)
- [5] ARLA. Recherche dans les étiquettes de pesticides. [En ligne]: http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/index-fra.php (Page consultée le 10 décembre 2013)
- ^[6] ARLA. *Roténone Note de réévaluation (REV2008-01)*. [En ligne] : http://publications.gc.ca/collections/collection_2008/pmra-arla/H113-5-2008-1F.pdf (Page consultée le 12 novembre 2013)
- [7] Bayer CropScience. [En ligne]: http://www.cropscience.bayer.ca/fr-CA/Products.aspx (Page consultée le 21 novembre 2013)
- ^[8] Carisse, O. Comment bien utiliser ses fongicides systémiques, translaminaires et cie dans l'oignon . Agriculture et Agroalimentaire Canada. [En ligne] : http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/Texte%20Odile%20Carisse%20JH%202008_Comment%20bien%20utiliser%20ses%20fongicides.pdf (Page consultée le 11 novembre 2013)
- [9] CRAAQ. Répertoire 2011 Traitements de protection des plantes ornementales en pépinière. 363 p.
- [10] CRAAQ. SAgE Pesticides. [En ligne]: http://www.sagepesticides.qc.ca/Default.aspx (Page consultée le 10 décembre 2013)
- [11] Duval, J. *Biopesticides et biostimulants* . [En ligne] : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2012/7_decembre_2012/09h00_Commencons_par_le_debut_(J_Duval).p df (Page consultée le 15 novembre 2013)
- [12] DUVAL, J. et G. MÉNARD. 2012. « Manuel des intrants bio : un recueil des intrants commerciaux autorisés en production biologique et disponibles au Québec ». [En ligne] : http://reseaubio.org/documents/mib_2012-2013.pdf (Page consultée le 15 novembre 2013)

- [13] Environnemental Protection Agency. *Regulating Biopesticides*. [En ligne]: http://www.epa.gov/oppbppd1/biopesticides/index.htm et http://iaspub.epa.gov/apex/pesticides/f?p=CHEMICALSEARCH:1 (Pages consultées le 15 novembre 2013)
- [14] Fortin, J. 2010. *Pesticides et environnement (SLS-3302)*. Notes de cours, Université Laval, Québec. 452 p.
- [15] Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). [En ligne]: http://www.frac.info/.Herbicide Resistance Action Committee (HRAC). [En ligne]: http://www.hracglobal.com/. Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). [En ligne]: http://www.irac-online.org/ (Pages consultées le 29 novembre 2013)
- [16] MAAARO. *Guide de lutte contre les mauvaises herbes 2012-2013. Publication 75F.* 468 p. http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub75/pub75.pdf (Page consultée le 6 décembre 2013)
- [17] Réseau d'avertissements phytosanitaires. *Bulletin d'information Cultures en serres No 06, 4 avril 2011*. MAPAQ. [En ligne] : http://www.agrireseau.gc.ca/Rap/documents/b06cs11.pdf (Page consultée le 8 novembre 2013)
- [18] Réseau d'avertissements phytosanitaires. *Bulletin d'information Pomme de terre No 04, 17 mai 2013. Désherbage des pommes de terre.* MAPAQ. [En ligne]: http://www.agrireseau.gc.ca/Rap/documents/b04pdt13.pdf (Page consultée le 8 novembre 2013)
- [19] Réseau d'avertissements phytosanitaires. *Bulletin d'information Pomme de terre No 08, 21 juin 2013. Mildiou de la pomme de terre : stratégies d'utilisation des fongicides. MAPAQ.* [En ligne] : http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/b08pdt13.pdf (Page consultée le 11 novembre 2013)
- [20] Santé Canada. *Le mercure Votre santé et l'environnement*. [En ligne] : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/mercur/index-fra.php (Page consultée le 14 novembre 2013)
- ^[21] Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux. FAO. NIMP n° 5 *Glossaire des termes phytosanitaires*. 2007. [En ligne] : https://www.ippc.int/largefiles/adopted_ISPMs_previousversions/fr/ISPM_05_2007_Fr_2007-07-26.pdf (Page consultée le 2 décembre 2013)
- [22] Stephenson, G.R., G.I. Ferris, P.T. Holland and M. Nordberg. 2006. « Glossary of Terms Relating to Pesticides. (IUPAC Recommendations 2006) ». *Pure Appl. Chem.*, 78 (11) p. 2075-2154. [En ligne] :http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/2006/pdf/7811x2075.pdf (Page consultée le 2 décembre 2013)

THÈME 5 Lutte intégrée aux ennemis des cultures

Par

Johanne Van Rossum, agronome et consultante

OBJECTIF DU THÈME 5

Ce chapitre vous permettra d'expliquer le concept et les étapes de la lutte intégrée aux ennemis des cultures.

INTRODUCTION

La gestion intégrée des ennemis des cultures est 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 (Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, 2011-2021).

Elle repose sur l'emploi judicieux et harmonieux de plusieurs approches, qu'elles soient d'ordre mécanique ou physique, biologique, chimique ou autres. Elle collige toutes les informations disponibles sur le cycle de vie des ravageurs, l'impact environnemental, les solutions technologiques adaptées pour prévenir des dommages aux plantes. Elle s'applique autant pour les cultures agricoles, les parcs urbains, les terrains résidentiels, ainsi qu'aux espaces naturels.

Elle ne vise pas nécessairement à éliminer les organismes nuisibles, mais à réduire leur population à des niveaux acceptables.

Sa mise en œuvre suit cinq étapes soutenues par diverses activités de recherche et de développement, de formation et d'information. Toutes ces actions ont pour objectif d'augmenter au maximum l'efficacité de la production en réduisant les coûts de cette dernière tout en optimisant le rendement dans le respect de la santé du public et de la protection de l'environnement.

Chacune des étapes permet de cibler une bonne stratégie de lutte selon les organismes nuisibles rencontrés. Une telle stratégie permettra d'obtenir des rendements adéquats, tout en utilisant des pesticides lorsque vraiment nécessaires. Elle devient donc économiquement rentable et soucieuse de l'environnement.

5. LUTTE INTÉGRÉE AUX ENNEMIS DES CULTURES

5.1. Les cinq étapes de la gestion intégrée des ennemis des cultures

Étape 1 : Connaissance

Connaître les principaux ennemis des cultures, savoir identifier le ravageur, reconnaître les symptômes sur les plantes affectées, connaître son cycle de vie, ses ennemis naturels et son mode de gestion.

Étape 2 : Prévention (méthodes indirectes)

Prévenir l'infestation ou freiner l'augmentation des populations de l'organisme nuisible afin de réduire ou d'éviter les interventions futures par des méthodes indirectes de lutte comme le choix du site ou le choix d'un cultivar résistant.

Étape 3 : Suivi des champs (ou serres)

Par le dépistage et l'utilisation de seuils d'intervention, la surveillance à l'aide de modèles prévisionnels, de pièges ou autres.

Étape 4 : Intervention (combinaison de méthodes directes)

Lorsque le seuil d'intervention est atteint, il est suggéré d'utiliser une ou plusieurs méthodes directes de lutte, telles la lutte mécanique, biologique ou chimique.

Étape 5 : Évaluation et rétroaction

À la fin de la saison, l'analyse des résultats obtenus permet de modifier ou d'ajuster les pratiques de lutte contre un organisme nuisible et de planifier la saison suivante.

Chacune des étapes sera détaillée dans les pages suivantes. La figure 1 de la page 101 illustre bien les cinq étapes de la gestion intégrée des ennemis des cultures.



Figure 1 : Les cinq étapes de la gestion intégrée des ennemis des cultures (Source : http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf)

5.1.1. Les connaissances nécessaires (étape 1)

La première étape consiste à identifier la source du problème. Il est important de faire la distinction entre les organismes nuisibles (agents biologiques) et les conditions défavorables du milieu (agents abiotiques). Après avoir posé le bon diagnostic, et relié les causes d'un problème à un organisme nuisible, son identification adéquate est essentielle afin d'utiliser la meilleure stratégie de lutte.

> Qu'est-ce qu'un organisme nuisible?

Un organisme nuisible cause un tort ou un préjudice quelconque. Cependant, un même organisme peut être nuisible dans une situation donnée mais pas dans une autre. De façon générale, on peut définir qu'un organisme est nuisible lorsqu'il :

- entre en compétition avec la culture pour les ressources telles l'eau ou les nutriments;
- blesse ou détériore les humains, les animaux, les cultures ou les structures (ex. : termites, champignons);
- devient un vecteur des maladies aux humains, animaux ou plantes (ex.: pucerons, acariens);
- dérange les humains ou les animaux (ex. : mouches, souris, rats, etc.).

L'identification juste de l'organisme nuisible permet d'obtenir l'information de base à son sujet, incluant sa biologie, son cycle de vie, et son comportement et ce, afin de déterminer le choix du type d'intervention et le moment dans la saison où l'intervention sera la plus efficace.

Les types d'organismes nuisibles peuvent être décrits de la façon suivante :

- continus: ils sont toujours présents et nécessitent un contrôle régulier (ex.: la tavelure du pommier);
- sporadiques, migratoires ou cycliques : nécessitent un contrôle occasionnel ou intermittent (ex. : le hanneton);
- **potentiels :** ils nécessitent un contrôle dans certaines conditions seulement (ex. : mauvaises herbes ou maladies dont on peut tolérer la présence jusqu'à un certain niveau).

> Comment identifier un organisme nuisible?

L'utilisation de guides d'identification ou d'outils pratiques disponibles sur Internet permet d'identifier les organismes nuisibles et de cibler le moment d'intervention adéquat.

Lorsqu'il est impossible d'identifier l'organisme nuisible sur le champ, il peut être nécessaire de prélever soit cet organisme nuisible ou la plante cultivée qui en est atteinte.

Les spécimens ainsi prélevés devraient être réfrigérés le plus tôt possible pour que leur qualité soit maintenue. Par la suite, l'envoi de l'échantillon aux laboratoires spécialisés en diagnostic permettra de confirmer l'identification. Pour plus de détails, consulter le module 7 sur les différentes procédures selon l'organisme rencontré.

5.1.2. La prévention – méthodes indirectes (étape 2)

La mise en quarantaine des végétaux provenant d'autres pays est une mesure préventive directe. Cette méthode est utile lorsque la destruction complète des organismes nuisibles est requise.

L'adoption de mesures indirectes peut prévenir l'infection, l'implantation ou freiner l'augmentation des populations de l'organisme nuisible et peut diminuer ou éliminer l'utilisation des méthodes de lutte directe.

La présente section traite de mesures indirectes pouvant être adoptées.

5.1.2.1. Cultivars résistants ou tolérants

La résistance ou la tolérance d'une plante à un organisme nuisible (un pathogène ou un insecte ravageur) est à la base de tout programme de lutte intégrée. Elle permet de réduire la population de l'organisme nuisible et de limiter les dommages. Il faut toutefois noter que l'utilisation de cultivars résistants aux insectes implique l'aménagement d'un refuge avec des plants non résistants afin d'éviter le développement de la résistance chez l'insecte. Les refuges sont essentiels pour les plantes génétiquement modifiées afin de combattre certains insectes (plantes avec les gènes de *Bacillius thurigiensis* (B.t)). Les cultivars naturellement moins sensibles n'ont pas besoin de refuges.

Dans le cas des maladies des grandes cultures, des informations sur le degré de sensibilité des différents cultivars sont disponibles dans plusieurs publications ou sites Internet, notamment sur le site d'Agri Réseau (www.agrireseau.qc.ca).

5.1.2.2. Les pratiques culturales

> Rotation des cultures

La rotation des cultures consiste à alterner dans le temps différents types de cultures. Selon le nombre d'espèces implantées dans chaque cycle, la rotation peut améliorer la fertilité du sol, limiter les

maladies, rompre le cycle vital des mauvaises herbes et de certains insectes ravageurs et ainsi limiter leur incidence.

En incluant différentes types de culture (ex. : annuelles ou vivaces) et d'espèces (ex. : graminées ou légumineuses), cette mesure permet de varier les moyens de contrôle tel que par exemple d'utiliser des herbicides différents, des techniques de travail de sol qui permettent d'éliminer efficacement les mauvaises herbes, etc.. Elle est aussi efficace dans la lutte contre les maladies puisque l'inoculum provient en totalité ou en partie du champ (dans le sol ou dans les résidus de culture).

> Travail du sol et gestion des résidus

Le travail du sol (labour, chisel, etc.) a des effets évidents sur les propriétés physiques du sol. La température, la porosité et l'humidité du sol, ainsi que la quantité de résidus à la surface et la teneur en matière organique des différents horizons de sol peuvent être modifiés selon le degré de perturbation. La diversité de la vie du sol (faune et flore) et l'activité des organismes sont aussi modifiés par le travail du sol. Le semis direct, le travail réduit ou le travail du sol conventionnel avec labour influencent donc le cycle biologique des organismes nuisibles présents.

Exemple 1:

La réduction du travail de sol influence la distribution des graines de mauvaises herbes. En semis direct, plus de 75 % des graines se retrouvent dans les cinq premiers centimètres du sol. Après quelques années, les populations de mauvaises herbes annuelles tendent à diminuer. Par contre, les mauvaises herbes vivaces et biannuelles se reproduisant par les racines ou autres organes souterrains augmentent.

Exemple 2:

Du côté des insectes, la réduction du travail du sol favorise le développement des insectes hibernant dans le champ tels que les taupins, les hannetons, et la tipule des prairies. Dans un système conventionnel, le travail du sol peut réduire les populations de ces ravageurs, mais peut aussi réduire les ennemis naturels bénéfiques.

> Date, dose de semis et espacement des rangs

Le choix de la date, de la dose des semis et l'espacement entre les rangs peuvent influencer l'incidence des organismes nuisibles.

Ainsi, le déplacement de la date de semis peut permettre à différentes cultures d'éviter ou de déplacer les stades critiques d'infestation par les mauvaises herbes, les insectes nuisibles ou les maladies.

Exemple 1:

Pour diminuer les risques d'infestation par la fusariose dans les céréales, il est fortement recommandé de semer le plus tôt possible. Ainsi, la culture a plus de chance d'atteindre le stade épiaison avant l'arrivée ou le développement de l'agent pathogène et ainsi éviter ou réduire le degré d'infestation.

Exemple 2:

Un semis tardif peut permettre de réduire les dommages causés par la tipule des prairies. La larve cesse de s'alimenter entre le 3 et le 20 juin pour entrer en diapause estivale.

La dose de semis peut influencer la population de divers organismes nuisibles. Une dose de semis plus élevée tend à limiter le développement des mauvaises herbes. Une dose de semis trop élevée favorise le développement de certaines maladies lorsque celle-ci augmente la verse ou réduit l'aération entre les plants (sclérotinia dans le soya).

L'utilisation de semences certifiées permet également de limiter la dispersion de mauvaises herbes, car ces dernières doivent en être exemptes, ou selon l'espèce en nombre très limité.

L'espacement des rangs peut également avoir un effet sur certains organismes nuisibles. Des rangs plus étroits favorisent une meilleure couverture du sol. La culture ferme ses rangs plus rapidement et assure une compétition plus forte envers les mauvaises herbes. Par contre, les rangs étroits favorisent le développement de certaines maladies (ex. : *sclérotinia* dans le soya). Le manque d'aération entre les plants augmente le risque de développement de ces champignons, étant donné l'augmentation du taux d'humidité.

> Faux semis

Le faux semis consiste à travailler le sol et à permettre aux graines de mauvaises herbes de germer avant l'implantation de la culture. Par la suite, la destruction des plantules de mauvaises herbes s'effectue de façon mécanique (un nouveau passage dans le champ en minimisant la perturbation du sol) ou par une application d'herbicide avant l'implantation de la culture.

> Gestion des mauvaises herbes et volontaires

Puisque certains organismes nuisibles utilisent les mauvaises herbes en bordure du champ ou les volontaires, il est important de gérer leur croissance par la tonte ou le désherbage. On entend par volontaires, les repousses des cultures précédentes provenant des grains laissés au champ au moment de la récolte ou lors de conditions exceptionnellement sèches provoquant des pertes par l'éclatement des gousses du canola et du soya par exemple. Ces plantes peuvent être tolérantes aux herbicides et infester les cultures successives sur une parcelle donnée.

Par exemple, la mouche de Hesse peut pondre dans les repousses de céréales à l'automne et infester les champs le printemps suivant.

5.1.2.3. Aménagement des parcelles

L'aménagement des parcelles permet de diversifier le milieu pour favoriser l'abondance des ennemis naturels et réduire les populations des organismes nuisibles, particulièrement les insectes ravageurs et les pathogènes.

> Culture piège

Une culture piège est une culture différente mise en place ou la même espèce semée 7 à 10 jours plus tôt afin d'attirer un ou des insectes ravageur dans cette section plutôt que dans la zone principale.

Cultures associées

Lorsque deux cultures ou plus sont implantées dans le même champ, elles sont considérées comme des cultures associées.

Elles permettraient notamment de réduire l'incidence des maladies et de limiter le développement des populations d'insectes ravageurs.

Exemple 1:

Les cultures intercalaires de blé et de lin permettraient de réduire l'incidence de maladies foliaires dans le blé ⁵

Exemple 2:

Au Québec, des essais sont en cours sur l'utilisation de trèfle en culture intercalaire avec le blé. Le trèfle pourrait jouer un rôle de barrière physique entre les épis de blé et les résidus de la culture précédente sur lesquels les spores du champignon *Fusarium* sont produites. Le rapport complet de cette étude est disponible sur le site Agri réseau à l'adresse suivante : http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents.

> Préservation des ennemis naturels

Les ennemis naturels des insectes ravageurs comme les oiseaux, les rongeurs insectivores et les insectes bénéfiques (ex. : les coccinelles) sont plus abondants dans un milieu diversifié. Par exemple, la diversité des cultures dans un rayon de 1 à 2 km et la proximité de boisés, pâturages et terres en friche offrent une grande quantité de nourriture aux coccinelles, ce qui leur permet de rester sur place et d'agir plus rapidement lors des infestations.

Plusieurs stratégies de prévention sont donc possibles pour limiter l'impact des organismes nuisibles sur les cultures. À titre d'exemple, le tableau I de la page suivante résume les méthodes préventives disponibles pour le contrôle des organismes nuisibles dans la culture des céréales. Si malgré tout une infestation survient, les méthodes curatives en lutte intégrée sont également décrites dans le même tableau.

Page | 110

-

⁵ Université du Manitoba. 2006. *Cultivar Mixtures, Cover Crops, and Intercropping with Organic Spring Wheat.* En ligne: http://www.umanitoba.ca/outreach/naturalagriculture/articles/wheatintercrop.html

TABLEAU I

Résumé des méthodes de lutte intégrée disponibles contre les mauvaises herbes, les maladies et les insectes nuisibles des céréales

	Lutte intégrée	Mauvaises herbes	Maladies	Insectes
	Dépistage	✓	✓	✓
	Piégeage			✓
	Surveillance météorologique		✓	
	Analyse de sol (incluant les oligoéléments)		✓	
	Cultivars résistants		✓	✓
	Dates de semis	✓	✓	✓
	Taux de semis	✓	✓	
	Faux semis	✓		
Méthodes préventives	Travail du sol	✓	✓	✓
preventives	Rotation des cultures	✓	✓	✓
	Élimination ou gestion des résidus	✓	✓	✓
	Gestion des mauvaises herbes et volontaires ⁶	✓	✓	✓
	Entretien des bordures	✓	✓	
	Culture piège			✓
	Cultures associées	✓	✓	✓
	Préservation des ennemis naturels			✓
	Travail mécanique	✓		
	Introduction d'agents de lutte biologique			✓
	Seuils d'intervention			✓
Méthodes curatives	Biopesticides	~	✓	✓
	Pesticides de synthèse	✓	✓	✓

(Source : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 2012. Guide de production : Les céréales à paille, 148 p.)

⁶ Sont appelées mauvaises herbes volontaires, les plantes cultivées tolérantes aux herbicides qui peuvent infester les cultures successives sur une parcelle donnée.

5.1.3. Suivi des champs (étape 3)

Le dépistage et la surveillance des organismes nuisibles sont les éléments de base de la lutte intégrée. Les mauvaises herbes, les maladies et les insectes peuvent être présents dans tous les champs mais avec une densité de population très variable. L'observation est le mot clé dans la lutte contre les organismes nuisibles. Une intervention en phytoprotection nécessite de se poser les questions suivantes :

- quelles sont les espèces présentes?
- depuis quand et à quel moment se sont-elles développées?
- est-ce que le nombre ou l'infestation est assez élevé pour nécessiter une action?
- quel est le bon moment pour commencer le traitement?
- est-ce que les actions posées ont réduit avec succès le nombre d'organismes nuisibles?

Les techniques d'échantillonnage selon l'organisme nuisible en présence et selon les autres facteurs pouvant affecter la culture sont détaillées dans le module 6.

Les seuils sont les niveaux de populations d'organismes nuisibles au-dessus desquels on devrait entreprendre des mesures de contrôle afin de prévenir des dommages inacceptables aux cultures. Ces seuils sont variables selon les organismes nuisibles présents et selon les cultures. Pour chaque situation, il y a une période critique. C'est à cette période que le seuil économique est le plus bas pour une culture donnée.

> Seuil de nuisibilité ou seuil d'intervention

Ce seuil fait référence à la présence d'organismes nuisibles. Il correspond au niveau de population de l'organisme nuisible nécessitant une intervention pour éviter que les dégâts causés à la culture soient supérieurs au seuil de tolérance ou seuil économique. Ainsi, lorsque la population ou l'incidence de l'organisme nuisible atteint ce seuil, il s'agit du moment idéal d'intervention.

Différentes méthodes de recensement (ex.: pièges à insectes, brossage des feuilles, comptage de mauvaises herbes au mètre carré) sont utilisées pour déterminer les niveaux de population ou l'incidence de ces organismes nuisibles.

> Seuil économique ou seuil de tolérance

Ce seuil fait référence aux dommages à la culture. Il correspond au niveau de maladie ou à la densité de population des mauvaises herbes ou insectes au-dessus desquels la valeur des dommages est plus élevée que le coût du traitement. L'utilisation du seuil économique comme outil d'aide à la décision implique un programme d'échantillonnage pour évaluer le nombre de plantes infestées ou le pourcentage d'infestation.

Il est donc important de visiter les champs régulièrement, surtout en période critique. Cette période varie selon la culture et selon l'organisme nuisible présent. Le tableau II à la page suivante décrit le stade critique pour le contrôle des mauvaises herbes dans différentes cultures.

TABLEAU II

Période critique pour le contrôle des mauvaises herbes pour différentes cultures

Culture	Période critique
Céréales	1-3 feuilles (stade 10-13 sur l'échelle Zadok)
Maïs	3-8 feuilles
Soya	1-3 feuille trifoliée (V2-V3)
Canola	Émergence jusqu'à 6 feuilles
Plantes fourragères	Année de l'établissement : 4-6 semaines

(Source : Ministère de l'agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. 2009. *Guide agronomique des grandes cultures : lutte contre les mauvaises herbes*. Publication 811F, chapitre 12, p. 190.)

Exemple:

Pour les céréales de printemps, la période critique pendant laquelle la culture doit demeurer exempte de mauvaises herbes se situe entre le stade de la première à la troisième feuille (stades 10 à 13 de l'échelle Zadoks). Si les suivis au champ révèlent la présence de mauvaises herbes à ce stade, et que la densité est suffisante, il est important de remédier à la situation immédiatement. Par contre, si le dépistage révèle la même densité de mauvaises herbes, mais plus tard en saison après la période critique, il ne sera probablement pas nécessaire d'intervenir. Le seuil de nuisibilité est plus élevé.

5.1.4. Intervention – combinaison de méthodes directes (étape 4)

Lorsque les données cumulées pendant la surveillance de l'organisme nuisible atteignent le seuil d'intervention, il est important d'agir rapidement pour minimiser les dégâts. Selon l'organisme nuisible visé et les conditions présentes, on peut utiliser des méthodes de lutte mécaniques, biologiques ou chimiques ou la combinaison de différentes méthodes. Peu importe la méthode de contrôle choisie, le traitement risque de déranger l'équilibre de l'environnement et les autres organismes vivants non ciblés. La méthode de contrôle choisie devrait toujours être celle permettant de minimiser les effets néfastes.

Lutte mécanique (ou physique)

La lutte mécanique (ou physique) correspond à l'utilisation des méthodes manuelles, d'équipements ou de barrières physiques pour prévenir, limiter ou contrôler la propagation des organismes nuisibles que ce soit en champs ou en serres ou en bâtiments.

Cette technique est notamment appliquée pour le désherbage mécanique. De nombreux documents ont été publiés sur le sujet et peuvent être consultés sur le site Agri réseau (www.agrireseau.qc.ca). Différents instruments sont utilisés selon le stade de croissance de la culture.

Exemple 1:

La houe rotative est utilisée tôt après le semis sur toute la surface. Le sarclage entre les rangs peut être réalisé aussi longtemps que la hauteur de la culture permet le passage de la machinerie.

La lutte mécanique (ou physique) englobe également l'utilisation de paillis, de moustiquaires, ou autres dispositifs pour bloquer l'accès aux organismes nuisibles.

➤ Lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser des agents vivants (auxiliaires présents ou introduits) comme des virus, bactéries, champignons, nématodes ou insectes pouvant être des prédateurs, agents pathogènes ou parasitoïdes, pour contrôler les organismes nuisibles.

Le contrôle biologique n'implique pas généralement une éradication. Le degré de contrôle fluctue. L'utilisation de prédateurs naturels fonctionne habituellement très bien en milieu fermé comme dans les serres. Cependant, cette méthode peut également fonctionner en plein champ (ex. : les trichogrammes dans le maïs sucré).

• Suppression, répression ou éradication?

De façon générale, l'intervention vise à réduire ou affaiblir suffisamment les organismes nuisibles pour éviter des dommages trop importants. (ex. : contrôle des mauvaises herbes ou insectes). Par contre, certaines situations requièrent des interventions contrôlées par l'Agence canadienne d'inspection des aliments en vertu de la *Loi sur la protection des végétaux* (ex. : nématodes à kyste de la pomme de terre).

> Lutte chimique

L'utilisation de pesticides permet une action directe et rapide sur les organismes nuisibles. Ils agissent suivant différents modes d'action. Les différentes caractéristiques sont détaillées au module 4. Il est important de rappeler qu'un organisme nuisible peut développer une résistance à un groupe chimique, mais aussi à deux groupes parfois, tout en restant sensible à d'autres groupes. Elles peuvent aussi être résistantes à une catégorie d'herbicides au sein d'un groupe ou à toutes les catégories d'herbicides au sein du même groupe. Par conséquent, il faut pratiquer une rotation entre les produits phytosanitaires appartenant à différents groupes chimiques au cours de la saison de croissance et d'une saison de croissance à l'autre. Ne recourir aux produits chimiques qu'au besoin, de manière à réduire le risque d'apparition de la résistance.

L'utilisation judicieuse des pesticides est une composante clé du programme de lutte intégrée. L'identification précise de l'organisme visé, la détermination du seuil d'intervention ainsi que le respect de l'étiquette du pesticide choisi sont essentiels.

5.1.5. Évaluation et rétroaction (étape 5)

Cette évaluation détermine si des ajustements doivent être apportés aux interventions et si le seuil d'intervention est approprié. La tenue d'un registre est indispensable afin d'évaluer l'efficacité de l'approche de lutte employée et de planifier la prochaine saison. Le registre devrait notamment donc contenir :

- les informations sur les organismes nuisibles rencontrés au cours de la saison;
- les traitements préventifs effectués (date, dose, conditions d'application);
- les interventions directes (choix de la méthode, nom du pesticide, date du traitement, conditions climatiques, etc.);
- les résultats obtenus.

Chacune des étapes décrites précédemment permet de cibler une bonne stratégie de lutte selon les organismes nuisibles rencontrés. Une telle stratégie permettra d'obtenir des rendements adéquats, tout en utilisant des pesticides lorsque vraiment nécessaires. Elle devient donc économiquement rentable et soucieuse de l'environnement.

Exemples de registres d'épandage :

Indices de risqu SECTEUR AGRIC	ue et registre des pesticio COLE	des	IR PQ
SAISIE DE L'INFORMATIO	N (*: Champs obligatoires)	Guide d'utilisation 🕒	
Renseignements générau	x		
Exploitant :	*		
Champ :	*		
Superficie du champ cultivé	(ha): *		
Culture :	Votre choix *	▼	
Renseignements sur les ti	raitements		
Date du traitement :	14 JAN 2014 (jj/mm/aaaa) *	
Technique d'application :	Votre choix	*	
Type de pesticide :	Votre choix ▼		
Produit commercial :	Sélectionner un produit homologué pou	ur cette culture et l'ennemi visé	*
Superficie traitée (ha) :	*	Formulation Matière(s) act	ive(s) :
Dose ou quantité appliquée :	Dose Quantité /ha ou	Famille(s) chim Groupe(s) de résistance :	ique(s) :
Période d'application :	Votre choix ▼		
Ennemi(s) visé(s) :			
Risque du produit / ha :	IRE:	IRS:	
Conditions environnemen Météo :	tales Votre choix		
T°:			
Vitesse vent :	Votre choix	v	

Période de la journée :	Votre choix	•		
Évaluation du contrôle				
Votre choix ▼				
Remarques (volume de bo	uillie, buse, press	ion, nom de l'ap	plicateur)	
			<u> </u>	

	celle ou serre :	-					Super	licie :						1000	THE REAL PROPERTY.
illure ;				Varièté :			Date do	semis ;			Tau	k de semis ;			
REGISTRI	E DE BASE														
	进口行者 改造	IN'	TERVEN	TIONS	PHYTOSAN	ITAIRES (PESTICIDE:	SETMOYE	NS NON	CHIMIQU	IES DE LUTTE				
Dalevieura	Produit (nom commercial » for ou autre moyen de	muration) tube	- Ind IRE	ices IRS	Superfice tradife	Dosc	Taux d'application	Slora	Foreini (rbië Stace de cëvel.	Statio de croissanue de la politica	Déal sy, répolte	Délai de réentrée	Efficie	
		-												pai	ron
														oui	non
		Aug Tale												oat	non
														0.0	non
														aui	tion
Dabe	CONDITIONS MÉTÉOR Conditions générales	Tr (°C)		ı vent			SERVATIONS ators générales		Da	to récette	RENI	Qua Qua	ilté des réco	Itea	
REGISTRI	E «EXPERT»					DÉPIS	TAGE (MAL	ADIES)							
Date	Technique de dépistage	Stade de dévi de la culture		Maladio (obsarvés	Partie(s) de syr	prant affectés / nptôme	EUN			JIVI DE DÉPISTAGE				
								No stations	No plants/ station		noyenne de stés / station	Gorditions •	mmentaires / favorisant la	maladie	
				Helli											
											0.00				

THÈME 6

Diagnostiquer les problèmes phytosanitaires dans les champs

Par

Brigitte Duval, agronome, conseillère en phytoprotection Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) Direction régionale du Centre-du-Québec

et

Gérard Gilbert, agronome, phytopathologiste Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) Laboratoire de diagnostic en phytoprotection

En collaboration avec

Danielle Bernier et Denis Ruel, agronomes Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)

OBJECTIF DU THÈME 6

Le présent chapitre vous permettra de connaître les étapes menant au diagnostic de problèmes phytosanitaires en culture de champ. Il vous outillera de manière à ce que vous soyez en mesure de poser un diagnostic, c'est-à-dire de déterminer avec justesse le ou les problèmes phytosanitaires observés.

INTRODUCTION

Lorsqu'un problème phytosanitaire apparaît dans un champ, le travail de l'agronome ressemble à celui d'un détective. En effet, il doit :

- examiner les indices présents;
- poser des questions pour établir les faits;
- éliminer les causes possibles les unes après les autres;
- consulter des références pour valider son diagnostic;
- arriver à une conclusion.

Un esprit ouvert et un bon sens de l'observation sont essentiels, puisque l'agronome doit être capable d'envisager plusieurs possibilités.

Les problèmes phytosanitaires peuvent être de nature :

- parasitaire ou biotique (microorganismes infectieux [champignon, bactérie, virus ou phytoplasme]; insectes; acariens);
- non parasitaires ou abiotiques (stress de régie [phytotoxicité liée à un pesticide, déséquilibre minéral, blessure mécanique, etc.] ou stress associés au climat [polluants atmosphériques, froid, gel printanier ou hivernal, manque d'eau, grêle, etc.]).

Il est, d'ailleurs, fréquent qu'une combinaison de facteurs soit en cause.

Des exemples?

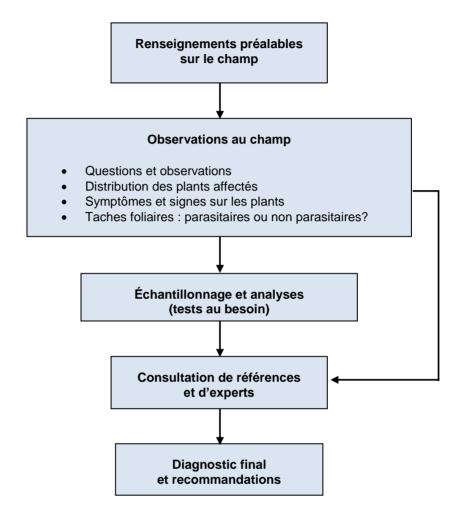
- Vous constatez l'apparition d'une maladie dans un champ. Après plusieurs analyses, vous découvrez qu'un déséquilibre minéral (carence ou excès) a affaibli les plants et les a rendus plus sensibles à la maladie.
- Vous observez la présence de feuilles violettes sur des plants de maïs. Cet état n'est pas toujours synonyme d'une carence en phosphore. Cela peut être lié à une réaction des plants au froid, à un enracinement inadéquat dans un sol trop compact ou, encore, à un pH trop acide ou trop alcalin, modifiant la forme ionique absorbable du phosphore.

Voilà pourquoi il faut éviter à tout prix de tirer des conclusions prématurées.

Le diagnostic d'un problème dans une culture s'obtient grâce à une démarche précise. Le schéma à la page suivante vous résume la démarche complète. C'est en fonction de ces étapes qu'a été structuré le présent document. Notez que vous trouverez les définitions de certains termes dans le glossaire, à l'annexe 3.

Un conseil à retenir!

Dans l'exercice de vos fonctions, n'hésitez jamais à faire appel à des collègues ou à des experts, et à consulter des ouvrages de référence pour valider vos diagnostics.



6. DIAGNOSTIQUER LES PROBLÈMES PHYTOSANITAIRES DANS LES CHAMPS

6.1. Étape 1 : Renseignements préalables sur le champ

La collecte des renseignements et des documents mentionnés dans le tableau I vous permettra de gagner un temps précieux pour réaliser le diagnostic des problèmes phytosanitaires lorsque vous serez au champ. Ces données vous aideront à déterminer si vous êtes en présence de problèmes phytosanitaires, donc à établir un diagnostic.

TABLEAU I

Renseignements à obtenir sur le champ

Catégorie de renseignements	Détails
Culture	 Cultivar (bien connaître les caractéristiques du cultivar) Source de la semence (certification, traitements, entreposage, fournisseur, etc.) Précédents culturaux des deux dernières années au moins Qualité du semis (date, taux, profondeur, conditions) Type de culture (biologique ou) Utilisation d'engrais verts
Sol	 Type de sol Travail du sol (conventionnel, travail minimum, billons, etc.) Analyse de sol la plus récente Drainage de surface et souterrain
Fertilisation ou fertigation	 Produits utilisés, dates d'application, doses, méthodes d'application (à la volée, en bande au semis, foliaire, etc.) Stade de la culture au moment des applications
Pesticides	 Pesticides appliqués durant la saison actuelle et au minimum l'année précédente, notamment pour les herbicides (date d'application, stade de la culture, conditions météorologiques avant, pendant et après l'application, dose, etc.) Pesticides appliqués précédemment avec le même pulvérisateur
Autres	 Plan de ferme Conditions climatiques au moment du semis, de la levée, etc. Irrigation Aléas climatiques (vent, pluie, sécheresse, grêle, foudre, etc.) survenus récemment (www.agrometeo.org) Récents avertissements phytosanitaires

6.2. Étape 2 : Observations au champ

Les outils mentionnés dans le tableau II sont essentiels : ils faciliteront votre travail d'observation et d'analyse, dont la prise d'échantillons. Assurez-vous de les avoir avec vous lors de votre visite au champ.

TABLEAU II

Outils utiles pour le diagnostic de problèmes phytosanitaires

Outil	Utilisations possibles
Petite pelle à jardin et sonde de sol	 Prélever des échantillons de sol (la petite pelle peut remplacer la sonde) Creuser à la base des plants pour observation du système racinaire Vérifier la présence d'insectes dans et sur le sol Prendre des échantillons de plantes entières avec mottes de terre
Appareil-photo numérique	 Faire une prise de vue du champ entier ou de la zone affectée Photographier des plants entiers Faire des photos rapprochées des symptômes (gros plans) Photographier des mauvaises herbes (ex. : cas de dérive d'herbicide) Photographier des plants sains et affectés pour les comparer
Loupe (au moins 10 X)	Examiner de plus près symptômes, insectes, racines, etc.
Cahier de notes	 Noter les données, les observations et les dates de visites au champ (l'utilisation d'un formulaire maison ou autre minimisera les oublis)
GPS (ou localisation du site sur plan de ferme)	Noter précisément les endroits problématiques pour pouvoir y revenir plus tard dans la saison, et même l'année suivante
pH-mètre (si disponible)	 Mesurer le pH de différentes zones du champ et à différentes profondeurs
Assortiment de contenants et étiquettes	 Utiliser des sacs de plastique avec attaches (grandeurs variées) Avoir des pots de plastique de différentes tailles Utiliser un Crayon marqueur indélébile Avoir des bouteilles à insectes
Couteau, sécateurs et scalpel	Prélever des feuilles, rameaux, etc.Faire des incisions
À avoir à portée de la main	 Guides (insectes, fertilisation, maladies, dépistage, etc.) Glacière avec bouteilles d'eau congelée ou plaques réfrigérantes Bouteille d'eau déminéralisée ou distillée (ex. : pour rincer des racines) Ruban à mesurer, quadrat (pour compter des populations de plants ou d'insectes, déterminer la dimension d'une zone affectée, etc.) Drapeaux ou piquets pour marquer des sites particuliers Filet fauchoir (utile pour le dépistage ou la capture de certains insectes)

> Questions et observations

Lorsque vous vous présentez au champ, vous devez, avant toute chose, faire des observations générales et poser des questions au producteur.

Quelques exemples:

- Depuis quand le problème est-il présent?
- Est-ce la première fois que ce problème survient dans ce champ?
- Le problème est-il apparu soudainement ou graduellement?
- Le problème évolue-t-il avec une succession de symptômes variés dans le champ?
- Les dommages s'aggravent-ils de jour en jour?
- Les mauvaises herbes sont-elles aussi ? Qu'en est-il des champs voisins?
- S'il y a plus d'un cultivar dans le champ, sont-ils tous affectés de la même façon?
- Quel est le pourcentage de plants affectés?
- Y a-t-il eu un changement récent dans la régie du producteur? Qu'en est-il dans les champs voisins?
- Avant et lors de l'apparition des symptômes, quelles étaient les conditions climatiques?
- Est-ce que le même problème a été rapporté chez des producteurs voisins?

Notez le stade de croissance de la culture. Si des insectes suspects sont visibles, inscrivez leur stade et leur taille dans votre cahier de notes et conservez quelques spécimens dans un contenant. Au besoin, vérifiez la conformation du champ et l'état de santé du sol (matière organique, structure, coloration, compaction, encroûtement, etc.).

Exercice d'observation

La figure 1 présente le cas d'un vignoble. Observez bien l'arbre faisant partie du brise-vent adjacent (A) et la vigne (B). Que pouvez-vous en conclure?



Figure 1: Il s'agit d'un cas de dérive d'herbicide (MCPA) d'un champ de blé vers un vignoble. Des symptômes sont visibles sur l'arbre (A) et sur la vigne qui se trouve entre le champ de blé et le vignoble.

Les symptômes sont apparus de 24 à 48 heures après l'application de l'herbicide, qui avait été faite dans des conditions de vent propices à la dérive.

Photos: Denis Ruel, MAPAQ

> Distribution des plants affectés

Ensuite, vous devez examiner la distribution des plants affectés à l'échelle du champ.

Les dommages semblent-ils :

- aller dans le même sens que les rangs ou suivre le déplacement de la machinerie (ex. : problème associé à des opérations culturales)?
- situés en bordure du champ (ex. : dérive d'herbicide d'un champ voisin, invasion d'insectes)?
- distribués en ronds ici et là dans le champ (ex. : carences minérales, maladies parasitaires liées au sol, insectes)?
- généralisés dans tout le champ ou une grande partie du champ (ex. : problème avec un lot de semence)?
- varier en intensité selon l'endroit dans le champ ou sa topographie (dépression, butte sablonneuse, bas de pente, zone compactée, etc.)?

Si vous soupconnez un problème d'insectes, référez-vous à des guides de dépistage et évaluez l'ampleur des dommages et la quantité de ravageurs.

Pour plus de détails sur la distribution des plants affectés et les causes possibles, consultez la clé présentée à l'annexe 1.

Exercice d'observation

Regardez la distribution des plants affectés dans la figure 2. Quelles pourraient être les causes possibles?



Figure 2: Champ de présentant une zone plus ou moins ronde de plants très affectés. Certains endroits sont même dégarnis.

Un examen plus approfondi, surtout en bordure de la zone touchée, a révélé la présence de larves de hannetons (vers blancs).

Photos: Brigitte Duval, MAPAQ

> Signes et symptômes sur les plants

Après avoir observé la distribution du problème à l'échelle du champ, vous devez examiner les symptômes et les signes présents sur les plants affectés.

- Dans un cahier, notez l'intensité et la distribution des symptômes sur le plant sélectionné (ex. : symptômes situés sur la plante entière, les feuilles du haut ou du bas, le collet, les gousses, les racines, etc.).
- Photographiez le plant sous tous ses angles.
- Prenez le temps de décrire le mieux possible les symptômes, comme les couleurs et les formes (ex.: jaunissement du contour des feuilles, chlorose sur le bout des feuilles, taches brunes entourées d'un halo pâle, plants rabougris, pourriture, etc.).
- Sortez vos outils couteau, pelle, loupe pour examiner les feuilles de près (dessus et dessous); ouvrir des plants pour voir l'intérieur de la tige et du collet; sortir des plants du sol pour examiner et sentir les racines (ex. : odeur de pourriture); creuser autour de la base des plants pour chercher des insectes; etc.

Exercice d'observation

Quels signes et symptômes voyez-vous sur les plants des figures 3 et 4?



Figure 3 : Plant de maïs ayant subi des changements de températures radicaux : nuit très froide (de 1 à 5 °C), sans nuages, avec de la rosée, suivie d'un matin très ensoleillé se réchauffant rapidement.

Les parties des feuilles les plus exposées au soleil du matin prennent une coloration gris pâle ou argentée (« effet de flash »). Les parties des feuilles « cachées » par une autre feuille ne démontrent aucune anomalie.

Photo: Brigitte Duval, MAPAQ



Figure 4 : Plant de soya atteint de pourriture phytophthoréenne.

Le champignon pathogène provient du sol. À ce stade de l'infection, un chancre peut être observé sur le collet et la base de la tige, mais pas sur la partie supérieure de la tige.

Photo: Brigitte Duval, MAPAQ

Les symptômes associés à des maladies peuvent être regroupés à l'intérieur de dix grandes classes. Une plante malade peut montrer un ou plusieurs symptômes simultanément ou successivement. Le tableau III, à la page suivante, présente ces classes de symptômes et les parties des plants qui peuvent être touchées. Rappelez-vous que plusieurs de ces symptômes ne sont pas à des maladies (ex. : ils peuvent être causés par des insectes, des carences, etc.).

TABLEAU III

Classes de symptômes et parties des plants pouvant être touchées

		CLASSE DE SYMPTÔMES										
PARTIE TOUCHÉE DU PLANT	Anomalie de coloration	Avortement	Brûlure	Chancre	Dépérissement	Faible croissance	Flétrissement	Malformation	Pourriture	Taches		
Feuilles	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓		
Tige	✓			✓				✓	✓	✓		
Collet	✓			✓				✓	✓	✓		
Racines	✓			✓		✓		✓	✓	✓		
Tubercules, bulbes, rhizomes	√			√			√	√	√	✓		
Fleur, inflorescence	✓	✓	✓				✓	✓	√	✓		
Fruits	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
Plante entière	✓				✓	✓	✓	✓				

Source : Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ

Lorsque vous décrivez un symptôme, faites-le de manière précise. Par exemple, en présence de taches foliaires, observez chacun des éléments suivants :

- forme (ronde, ovale, elliptique, anguleuse, irrégulière, etc.);
- couleur;
- contour (net sans halo, avec halo jaune, rougeâtre, vert, transparent, etc.);
- reflet (humide, sec, métallique, etc.);
- dimension (mm);
- densité (nombre de taches par feuille);
- localisation et distribution (sur les feuilles basales, médianes ou terminales ou toutes les feuilles; aléatoire; sur les marges des feuilles; entre les nervures; accolées aux nervures; traversant ou non le limbe; etc.);
- autres caractéristiques (ciblée, criblée, surélevée, affaissée, etc.).

Notez les signes physiques témoignant de la présence d'un microorganisme (mycélium, pycnides, sclérotes, etc.) ou d'un arthropode (exuvies, œufs ou excréments) ainsi que leur localisation sur le plant. Prenez des photos et prélevez des échantillons. Pour plus de détails sur les symptômes observables sur les plants et les causes possibles, consultez la clé présentée à l'annexe 2.

> Taches foliaires : parasitaires ou non parasitaires?

Le tableau IV présente des renseignements et des observations permettant de soupçonner l'origine des taches foliaires. Il s'agit de renseignements généraux à utiliser avec précaution, car il existe plusieurs exceptions.

TABLEAU IV

Caractéristiques des taches foliaires d'origine parasitaire et non parasitaire

CARACTÉRISTIQUE	PARASITAIRE	NON PARASITAIRE				
CARACTERISTIQUE	FARAGITAIRE					
Distribution des plants affectés	Les plants affectés sont distribués de manière éparse ou en petits groupes.	Les plants affectés sont distribués en bordure du champ ou selon des rangées particulières ou des blocs particuliers.				
Nombre de cultivars affectés	Un seul cultivar présente un problème.	Plusieurs cultivars sont affectés.				
État de la végétation environnante	La végétation environnante n'a pas ces taches.	La végétation environnante montre des taches comparables.				
Orientation et distribution des symptômes sur les plants	Il n'y a aucune orientation particulière dans la présentation des symptômes, bien que les feuilles plus vieilles soient souvent plus affectées.	L'orientation des symptômes sur les plants est particulière (ex. : les feuilles affectées sont toutes du même côté des plantes).				
Signes présents	Il y a des signes de la présence d'un microorganisme ou d'un ravageur (mycélium, sporulation, sclérotes, exuvies, excréments, etc.).	Il n'y a aucun signe de la présence d'un microorganisme ou d'un ravageur.				
	TACHES					
Rapidité d'apparition	Les taches sont apparues graduellement de sorte qu'il y a des plants intacts et d'autres moyennement affectés et très affectés.	Les taches sont apparues plus ou moins rapidement; les plants sont souvent affectés au même degré d'intensité (exceptions : certains dommages d'herbicides, etc.).				
Mode de distribution	Les taches sont distribuées aléatoirement.	Les taches sont habituellement distribuées plus uniformément (ex. : picotement) sur toutes les feuilles.				
Variabilité	Les taches présentent des caractéristiques variables; d'autres symptômes sont aussi remarqués (ex. : brûlures).	Les variations entre les taches différent peu ou pas; d'autres symptômes sont rarement remarqués.				
Contour	Les taches sont rougeâtres avec un centre brun; le contour est diffus (halo jaune).	Les taches ont un contour net (sans halo).				
Atteinte du limbe	Les taches traversent le limbe.	Les taches ne traversent pas le limbe.				

6.3. Étape 3 : Échantillonnage et analyses

Une fois qu'une ou plusieurs hypothèses sont établies, vous devez déterminer si des analyses de laboratoire sont requises. Vous pouvez parfois faire vos propres tests.

> Faire vos propres tests au champ

Si vous suspectez un déséquilibre minéral pour lequel un traitement est possible, vous pouvez faire une application manuelle sur une petite superficie et revenir quelques jours plus tard pour constater l'effet. Il s'agit d'une intervention peu coûteuse.



Figure 5: Champ de soya carencé en potassium. Une application de 100 kg de K_2 O/ha a été faite à la volée, c'est-à-dire à la main, un peu avant une pluie.

Quelques jours plus tard, l'effet positif était évident. Cet essai a confirmé le diagnostic de carence en potassium.

Photo: Brigitte Duval, MAPAQ

Le pH du sol est l'un des premiers éléments à vérifier lors d'un diagnostic au champ. Plusieurs problèmes peuvent être reliés au pH : déséquilibre minéral (carence ou toxicité), faible développement racinaire, etc. Le pH peut être mesuré au champ à l'aide de différents appareils, le plus pratique étant un pH-mètre portatif. Vous pouvez vous le procurer chez divers fournisseurs de laboratoire.

> Comment utiliser le pH-mètre?

Mélangez un échantillon de sol dans un contenant de plastique propre avec un volume approximativement égal d'eau distillée ou déminéralisée. Lorsque le sol se dépose au fond du contenant, trempez l'électrode dans l'eau. Le pH s'affichera sur l'appareil. Avant d'utiliser l'instrument, calibrez-le en utilisant des solutions de calibration à pH connu. Ce simple outil peut servir pour mesurer rapidement le pH de différentes zones dans le champ, et ce, à différentes profondeurs dans le sol.

> Analyses de laboratoire

Plusieurs laboratoires offrent une gamme de services d'analyse. Dans la mesure du possible, faites appel à des laboratoires accrédités.

- Analyse minérale du sol incluant les oligo-éléments (et autres éléments au besoin);
- Analyse minérale de tissus végétaux;
- Analyse par le Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ (entomologie, phytopathologie, malherbologie, symptômes de phytotoxicité liée à un herbicide, etc.);
- Analyse par le Laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires (LEAA) du MAPAQ pour détecter des résidus de pesticides (ex. : dans le cas d'une dérive ou d'un résidu).

Si vous devez faire parvenir un ou des échantillons dans un laboratoire, prenez le temps de déterminer le type d'échantillon à prélever et les endroits où ce sera fait. Cela est très important. Des indications sont disponibles dans différents documents d'information.

Pour ce qui est du Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ, vous pouvez consulter la section *Procédures* de son site Internet. Vous y trouverez des informations détaillées sur l'envoi des échantillons suivants :

- insectes, acariens ou arthropodes;
- mauvaises herbes ou problèmes de phytotoxicité;
- plantes présentant un symptôme;
- détection de nématodes dans le sol.

Le Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ exige généralement que les échantillons respectent les conditions suivantes :

- plantes entières (avec motte racinaire, séparée de la plante au besoin);
- échantillon de plantes peu affectées plus échantillon de plantes très affectées;
- échantillon de plantes saines;
- absence de sol sur les feuilles (la présence de sol nuit aux isolements des microorganismes);
- absence de tissus gelés, surchauffés, desséchés et trop dégradés (ces tissus peuvent être colonisés par des microorganismes secondaires).

Autre point à retenir, vous devez fournir autant de plantes qu'il y a de symptômes différents.

Aussi, peu importe le laboratoire que vous choisirez, les échantillons fournis doivent être de qualité. Cela est essentiel. En effet, la qualité de l'analyse dépend en grande partie de la qualité des échantillons envoyés;

Également, le choix du contenant à utiliser (sac de plastique, pot Mason, etc.) dépend du type d'échantillon et de l'analyse désirée (des informations détaillées seront fournies plus loin).

De plus, assurez-vous de toujours bien fermer et bien identifier les différents contenants utilisés. Pour conserver l'intégrité des échantillons expédiés au laboratoire, placez les contenants d'échantillons dans une boîte de carton rembourrée et fermée hermétiquement.

Enfin, lors de l'envoi des échantillons, il est important de préciser l'analyse demandée en remplissant le formulaire propre à chaque laboratoire.

Un conseil à retenir!

Évitez d'envoyer vos échantillons le vendredi, car ceux-ci pourraient passer la fin de semaine dans un véhicule ou un local, où les changements de température ne sont pas contrôlés. Cela pourrait nuire à la conservation des échantillons.

> Quelques précisions sur l'échantillonnage de sols et de tissus végétaux

Vous avez à prélever des échantillons au champ? Certaines précautions sont à prendre :

Analyse minérale de sols :

Pour obtenir des informations détaillées sur l'échantillonnage des sols, référez-vous au chapitre 1 de la 2^e édition du *Guide de référence en fertilisation* du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ, 2010). La prise d'échantillons dans les zones affectées *ainsi que dans les zones témoins* facilitera l'interprétation des résultats.

• Analyse minérale de tissus végétaux :

Pour faciliter l'interprétation des résultats, vous devriez prélever les échantillons au stade recommandé de la culture. Le plus important, cependant, demeure de faire le prélèvement dès que les symptômes sont observés. La prise d'échantillons dans les zones affectées *ainsi que dans les zones témoins* facilitera l'interprétation des résultats.

Points importants

- Évitez d'échantillonner des feuilles vieilles, des plants morts, des tissus sales ou des plants trop affectés.
- Évitez de contaminer les tissus végétaux avec de la terre, de la poussière ou d'autres substances. Cela pourrait fausser les résultats.
- N'utilisez jamais de contenant de métal.
- Il est possible de « laver » les échantillons avec de l'eau distillée ou déminéralisée. Veillez, cependant, à ne pas faire un rincage prolongé pour éviter les pertes de minéraux.

Mettez les échantillons récoltés dans un sac de plastique propre et envoyez-les au laboratoire immédiatement. Si cela est impossible, faites d'abord sécher les échantillons en les enfournant (de 60 à 70 °C) ou en les étalant sur une table propre, à température ambiante. Après le séchage, déposez les échantillons dans un sac de plastique propre et sec, puis faites-les parvenir au laboratoire par courrier rapide. Mettez les échantillons au réfrigérateur iusqu'à l'arrivée du messager.

Vous désirez obtenir plus de détails sur les parties de plante à échantillonner selon la culture et l'interprétation des résultats? Consultez le chapitre 8 de la 2^e édition du *Guide de référence en fertilisation* du CRAAQ. Vous pouvez aussi vous renseigner auprès des laboratoires effectuant ces analyses.

> Détection de pesticides (ex. : à la suite d'une dérive d'herbicide, d'un mauvais rinçage de pulvérisateur, etc.)

Avant de procéder à un échantillonnage dans le but de détecter la présence d'un pesticide dans une plante ou dans le sol, vous devez :

- préciser les matières actives ou le nom commercial du produit ou du mélange utilisé;
- connaître la date d'application du pesticide. Ce détail peut être très important. Selon le produit utilisé, une matière active peut être dégradée dans la plante. Cela pourrait rendre la matière indétectable sur ou dans la plante, et ce, même si cette dernière présente toujours des symptômes.

Le temps nécessaire pour qu'une matière active soit décomposée, s'il y a lieu, varie d'un produit à l'autre. Par exemple, les phytohormones (herbicides du groupe 4) se dégradent en deux semaines maximum; une analyse trois semaines après l'application serait donc inutile. Des remarques similaires s'appliquent pour les échantillons de sol.

Dans le doute, n'hésitez pas à contacter le personnel du Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ ou tout autre expert.

Pour les plantes, un échantillon pour ce type de problème devrait être constitué de trois à cinq plants entiers, incluant le système racinaire, parmi les plants les plus affectés. La masse racinaire devrait être détachée du plant si ce dernier est trop volumineux. Le volume des plants devrait être suffisant pour remplir un contenant de quatre à cinq litres. Les plants ne doivent pas être lavés.

Pour le diagnostic de dommages causés par des résidus de pesticides dans le sol, l'échantillon devrait être constitué d'au moins 100 g de sol, pris à de 5 à 15 endroits différents dans la zone touchée. Prélevez le sol jusqu'au système racinaire des plantes (de 15 à 30 cm de profondeur). L'échantillon de sol ne doit pas être séché. Expédiez rapidement l'échantillon dans un contenant adéquat. Conservez l'échantillon au réfrigérateur en attendant son transport au laboratoire.

❖ Points importants

Peu importe la nature de l'échantillon (plantes ou sol), faites très attention au choix du contenant.

Pourquoi?

- Parce que les pesticides peuvent être présents en très petite quantité. Il faut manipuler les échantillons avec le plus grand soin et les protéger de la lumière pour éviter la photodégradation des pesticides.
- Parce que les pesticides peuvent s'adsorber à la surface du contenant. Pour éviter ce phénomène, il vaut mieux ne pas utiliser de sacs de papier, ni de boîtes de carton, ni certains plastiques, etc.

Les échantillons de plantes ou de sol peuvent être placés dans un pot Mason. Avant de visser le couvercle, déposez un morceau de papier d'aluminium sur l'ouverture. En dernier recours, un contenant de plastique de haute densité (HDPE) peut être utilisé. Des plantes ou des parties de plantes peuvent être enveloppées hermétiquement dans du papier d'aluminium et insérées dans un sac de papier ou de plastique bien fermé.

Le froid permet de conserver les échantillons. Au champ, mettez-les dans une glacière avec une plaque réfrigérante. Ensuite, déposez les échantillons dans un réfrigérateur jusqu'à l'arrivée du messager. Lors de l'envoi par courrier rapide, accompagnez les échantillons de plaques réfrigérantes ou de bouteilles d'eau congelée.

6.4. Étape 4 : Consultation de références et d'experts

Pour terminer la démarche diagnostique (renseignements collectés sur le champ, observations au champ, échantillonnages et tests de laboratoire), il est souvent utile de consulter des ouvrages de référence, des collègues et des experts.

Vous ne trouverez pas de listes de ressources dans ce document. Comme agronome, vous avez votre propre réseau d'experts et de collègues ainsi que vos ouvrages de référence de prédilection pour valider vos conclusions.

6.5. Étape 5 : Diagnostic final et recommandations

Le moment est venu de poser votre diagnostic. Attention! Vous devez absolument éviter de tirer des conclusions hâtives, même si vous souhaitez apporter une réponse rapide au producteur. En effet, il vaut mieux attendre les résultats pour émettre votre diagnostic si des tests de laboratoire sont nécessaires.

Il vous faudra, ensuite, déterminer si un correctif doit ou peut être apporté. Cette étape est importante. Il est possible qu'il soit trop tard pour intervenir. Agir pourrait ne pas être justifiable économiquement (ex. : en deçà du seuil d'intervention ou inutile). De plus, certains problèmes phytosanitaires diminuent d'eux-mêmes lorsque les conditions météorologiques s'améliorent, que le système racinaire des plantes se développe, etc.

Peu importe la situation, le moment du diagnostic est l'occasion idéale pour vous de discuter avec le producteur des façons de prévenir le problème à long terme. Votre intervention comme professionnel serait incomplète sans un suivi. Vous devez connaître les résultats liés au traitement proposé et, s'il y a lieu, remettre en question son efficacité.

Finalement, conservez toujours une copie des photos, des notes, des résultats des analyses et des renseignements en lien avec le diagnostic. Ces données pourraient vous être utiles lors de prochains diagnostics et nécessaires pour certaines réclamations.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES

BRIGGS, S. P., T. A. Melton, M. S. Orfanedes, G.F. Czapar, J.O. Jensen, R.W. Koethe, D.E. Kuhlman. 1984. *Field crop scouting manual: a guide to identifying and diagnosing pest problems.* University of Illinois Extension.

CRAAQ. 2010. Guide de référence en fertilisation, 2^e édition.

HOEFT, R.G, E.D. Nafziger, R.R. Johnson, and S.R. Aldrich. 2000. *Modern Corn and Soybean Production*, 1st edition.

IRIIS Phytoprotection. [En ligne]: www.iriisphytoprotection.qc.ca.

Laboratoire de diagnostic en phytoprotection. [En ligne] : www.agrireseau.qc.ca/lab.

MAAARO. 2009. Guide agronomique des grandes cultures. Publication 811F.

MERCIER, G. 1997. Approche systématique pour le diagnostic et techniques d'échantillonnage (notes de cours), 1^{re} édition. PRISME et ITA de St-Hyacinthe.

University of Illinois Extension. 2010. Field crop scouting manual: a guide to identifying and diagnosing pest problems.

WALKER, D. J., R. W. Taylor, and R. P. Mulrooney. 1997. *Diagnosing Field Crop Problems*. University of Delaware. AF-16. [En ligne]: http://ag.udel.edu/extension.

WALKER, D. J. and R. W. Taylor. 1998. *Diagnosing Crop Problems for Ag Advisors*. University of Delaware. AF-15. [En ligne]: http://ag.udel.edu/extension.

ANNEXE 1

Patrons de distribution des plants affectés à l'échelle du champ

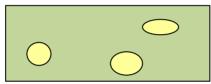
Contenu adapté de Walker and Taylor, 1998

Le patron de distribution des plants affectés à l'échelle du champ est très utile pour déterminer s'il s'agit d'un problème parasitaire ou non. La clé ci-après, même si elle n'est pas exhaustive, permet d'éliminer rapidement plusieurs possibilités et d'établir quelques hypothèses.

A. Patron irrégulier de dommages : les zones de plants affectés sont distribuées aléatoirement dans le champ

Lorsque la distribution des plants affectés est irrégulière ou les plants affectés, dispersés au hasard, la cause peut être d'origine parasitaire. Il y a, cependant, plusieurs exceptions (ex. : certains déséquilibres minéraux)

 Zones de dommages plus ou moins circulaires, ces zones étant distribuées aléatoirement dans le champ.



- a) Foudre : il s'agit d'une zone assez circulaire. Les plants sont souvent de couleur foncée (brûlure électrique) et peuvent sembler flétris ou humides; tant les mauvaises herbes que la culture sont affectées.
- b) Nématodes : zones plus ou moins rondes ou oblongues, souvent étirées dans la direction du travail de sol. Il y a souvent plus de dommages dans le centre de la zone comparativement aux bordures. (Il est important de noter que peu de nématodes sont présents au centre d'une zone très affectée par ceux-ci, d'où l'importance d'échantillonner des plants très affectés et peu affectés.)
- c) Déversement de pesticide ou accumulation de pesticides dans une dépression.
- d) Certaines maladies fongiques transmises par le sol.
- e) Certains problèmes d'insectes.
- f) Site d'amas de fumier ou de chaux (entraînant un déséquilibre minéral ou biologique).
- g) Déséquilibre minéral. Un déséquilibre minéral se manifeste souvent par des zones plus ou moins oblongues de plants affectés.
- 2) Plants affectés ici et là dans le champ, pas de zones précises de dommages.
 - a) Déséquilibre minéral. Certains déséquilibres minéraux (ex. : toxicité à l'aluminium chez le maïs) se manifestent par une grande variabilité de la taille des plants, ici et là dans le champ.

B. Patron régulier de dommages (constant, répétitif ou symétrique)

Lorsque la distribution des plants affectés est régulière, la cause est souvent d'origine non parasitaire.

1) Mêmes rangs tout le long du champ ou sur une certaine longueur.



- a) Problème avec une unité de semis ou d'engrais (manque de semence ou d'engrais, problème mécanique, obturation d'une unité de semis, engrais appliqué trop près de la semence pour une unité de semis seulement, etc.).
- b) Problèmes de buses sur le pulvérisateur (ex. : buse bouchée).
- 2) Croissance anormale sur approximativement la même largeur, tout le long du champ (mesurer la largeur des zones saines et des zones affectées pour déterminer quelle pièce d'équipement ne fonctionnait pas adéquatement).



- a) Épandeur à déjections animales, à engrais ou à chaux.
- b) Pulvérisateur:
 - problème mécanique (ex. : l'agitateur ne fonctionnait pas);
 - calibration irrégulière;
 - mauvais croisement des passages;
 - mauvais écoulement ou précipitation de la bouillie (problème de compatibilité, qualité du produit, pas mélangé dans le bon ordre);
 - bande de la même largeur que la rampe du pulvérisateur, avec une intensité décroissante des dommages, suivi de plusieurs hectares sans dommage (dans un grand champ, il peut y avoir plus d'une telle bande, les autres bandes débutant toujours avec un nouveau réservoir de bouillie).
- c) Application en bandes de fertilisants ou de pesticides à une culture précédente.
- d) Bandes alternées de résidus de culture de l'année précédente (répartition inégale de ces résidus).

3) Une lisière le long d'un champ, d'un fossé ou d'un chemin.



- a) pH différent du sol régalé à la suite du creusage du fossé.
- b) Compaction à la suite du passage répété de la machinerie.
- c) Dommage relié à la salinité (ex. : salage des routes).
- d) Dommages attribuables à la présence d'animaux sauvages (oiseaux, chevreuils, etc.) ou de certains insectes (tétranyques et criquets).
- 4) Un champ entier, une section complète d'un champ ou plusieurs champs affectés.



- Type de sol: sur certains types de sols, les plants sont plus sujets à certains dommages (ex.: carences minérales, maladies).
- b) Traitements ou travaux de l'année précédente ou de l'année en cours :
 - chaux, engrais ou boues (mauvaise dose, mauvaise formulation, etc.);
 - appareils mal ajustés ou utilisés dans de mauvaises conditions (ex. : compaction ou tassement du sol si celui-ci a été travaillé lorsqu'il était trop humide);
 - variété, hybride ou cultivar inadéquats;
 - semis (trop ou pas assez profond, trop tôt ou trop tard, semences de mauvaise qualité, taux de semis inadéquat);
 - omission d'inoculer les légumineuses;
 - pesticides: utilisation du mauvais produit, dose inadéquate, oubli d'un produit qui devait être ajouté à la bouillie, application au mauvais moment, omission de respecter l'intervalle de remise en culture, dérive (celle-ci peut se déplacer sur de bonnes distances et affecter des champs entiers ou avec gradient croissant ou décroissant de dommages).
- c) Dommages reliés aux conditions climatiques :
 - des températures froides peuvent intensifier les dommages à la suite de l'utilisation d'un pesticide; réduire l'absorption de certains éléments nutritifs; augmenter les dommages liés à la présence d'insectes ou de maladies; nuire à la pollinisation; causer des dommages physiques aux plantes, etc.;
 - des températures élevées peuvent intensifier les dommages phytotoxiques reliés à un pesticide; causer l'avortement de fleurs ou la chute de fruits; causer un stress physique à la plante, etc.;
 - le vent peut dessécher les plants; causer de l'abrasion (« sandblasting »); enterrer des plantules ou endommager des fruits, ce qui peut favoriser le développement de maladies secondaires. La pluie forte poussée par des vents intenses brise les feuilles d'un côté des plants;

- la **grêle** peut causer des dommages physiques qui exposent la plante aux microorganismes phytopathogènes;
- le **gel** peut endommager ou tuer les plants. Il peut tuer les bourgeons et les fleurs sans endommager le reste du plant;
- un excès de pluie peut entraîner l'asphyxie des racines; le lessivage de certains éléments nutritifs du sol; la volatilisation de l'azote; la compaction du sol; une pression de maladies plus forte; un déplacement d'herbicides vers les racines des plantes, etc.;
- les inversions de température et le smog peuvent entraîner des concentrations importantes d'ozone près de la surface du sol, ce qui cause du bronzage foliaire, des phytotoxicités par les herbicides et des pertes de rendement chez certaines cultures.

ANNEXE 2

Symptômes sur les plants

Contenu adapté de Walker, et collab., 1997

L'observation de signes et de symptômes sur des plantes individuelles est nécessaire pour réaliser un diagnostic précis. Les signes et les symptômes peuvent être subdivisés en différentes catégories. L'utilisation d'une clé, même si elle n'est pas exhaustive, permet d'éliminer rapidement un grand nombre de possibilités et de cibler quelques hypothèses, et ce, que le problème soit d'origine parasitaire ou non parasitaire.

A. Flétrissement ou brunissement de la plante au complet, ou d'une partie de la plante

- 1) Plant entier présente un flétrissement soudain, suivi d'un brunissement des feuilles et se terminant par la mort du plant.
 - a) Certaines maladies vasculaires, comme les flétrissements (Fusarium et Verticillium).
 - b) Insectes faisant des dommages au niveau du sol ou sous le niveau du sol, par exemple : ver fil-de-fer, hanneton, etc. (habituellement, le flétrissement de plantes entières est observé sur de jeunes plantules).
 - c) Températures froides ou gel.
 - d) Phytotoxicité liée à un herbicide.
 - e) Manque ou excès d'eau.
 - f) Dommages causés par des engrais (ex. : trop près de la semence).
 - g) Dommage par la foudre.
- 2) Parties du plant brunissent ou flétrissent.
 - a) Certaines maladies parasitaires (flétrissements, pourriture des racines).
 - b) Insectes se nourrissant de racines.
 - c) Insectes foreurs ou perceurs (chercher les excréments sur le plant).
 - d) Dommages physiques (ex. : à la suite d'une intervention mécanique, comme le sarclage) :
 - feuilles (ou autres parties de la plante) brisées;
 - racines coupées ou limitées dans leur croissance.
 - e) Pesticides (les dommages peuvent être seulement sur un côté de la plante; chercher des dommages similaires sur les mauvaises herbes ou les plants voisins).

B. Plant chétif

- 1) Compaction ou tassement du sol.
- 2) Faible fertilité.
- 3) pH trop acide ou trop alcalin.
- 4) Insectes se nourrissant de racines.
- 5) Nématodes.
- 6) Maladie des racines ou du collet.
- 7) Phytotoxicité reliée à un herbicide (ex. : résidu dans le sol).

C. Taches ou coloration anormale du feuillage

- 1) Feuilles ont des taches irrégulières brunes ou des zones « brûlées ».
 - a) Certaines maladies.
 - b) Problème physiologique (ex. : tache physiologique chez les céréales).
 - c) Dommage causé par la pulvérisation d'un pesticide.
- 2) Feuilles picotées (le picotement de nombreuses petites zones nettes de décoloration est souvent un symptôme de dommages faits par certains insectes).
 - a) Picots blancs: cicadelles.
 - b) Picots jaunes: thrips.
 - c) Fin picotement ou fine granulation de couleur bronze :
 - tétranyques (associés à de minuscules œufs rougeâtres, exuvies et parfois de fines toiles);
 - pollution atmosphérique (ozone);
 - dommage causé par la pulvérisation d'un pesticide.
- 3) Entre-nervures sont brunes ou d'une autre couleur anormale.
 - a) Carence minérale (azote, manganèse, magnésium, zinc).
 - b) Cicadelles (dommage ressemblant à une brûlure).
 - c) Dommage d'herbicide.
- 4) Feuilles d'une couleur inhabituelle.
 - a) Mutation, plant hors type.
 - b) Certains herbicides (jaune pâle à blanc, rouge).
 - c) Virus (ex. : coloration rougeâtre, couleurs vert et jaune alternées, etc.).
 - d) Températures froides durant le développement des feuilles (chez le maïs, cela peut causer une coloration violacée).
 - e) Grand écart de température nuit-jour (chez le maïs, cela peut causer une coloration grisâtre des surfaces exposées).
 - f) Dommages d'ozone (chez le soya, cela cause une coloration bronze du feuillage).
 - g) Coup de soleil (coloration bronze ou violacée).

D. Dommages physiques aux feuilles

- 1) Feuilles squelettiques ou mangées seulement en surface (ne traverse pas le limbe).
 - a) Scarabée japonais.
 - b) Limace.
 - c) Certains coléoptères (ex. : larves de criocères des céréales).
- 2) Feuilles grugées.
 - a) Chenilles (les chenilles devraient être présentes sur la plante ou dans le sol; du moins, leurs excréments devraient être visibles sur la plante ou le sol).
 - b) Criquets, communément appelés « sauterelles » (bords des feuilles grugés).
 - c) Certains coléoptères (l'alimentation des coléoptères cause habituellement des feuilles d'apparence squelettique, sauf pour les jeunes stades de l'insecte).
- 3) Feuilles trouées, percées, déchirées ou déchiquetées.
 - a) Grêle.
 - b) Abrasion par le sable (« sandblasting »).
 - c) Machinerie (ex. : sarcleur).

E. Malformations

- 1) Inflorescence, épi, etc.
 - a) Herbicides de la famille des phénoxy ou des acides benzoïques.
 - b) Charbons (champignons).
 - c) Certains insectes (ex. : cécidomyie du chou-fleur dans le canola).
 - d) Certains virus (ex. : la jaunisse de l'aster chez le canola, qui est transmise par les cicadelles).
- 2) Feuilles (courbées ou déformées).
 - a) Dommage d'herbicide de la famille des phénoxy (hormonaux) ou des acides benzoïques (2,4-D, dicamba et autres herbicides phytohormonaux).
 - b) Pucerons (lorsqu'ils sont nombreux, le plant devient stressé et les feuilles peuvent devenir déformées).
 - c) Virus et certains champignons.
 - d) Certains insectes (tordeuses, thrips).

3) Racines.

- a) Nématode à kystes (kystes sur les racines).
- b) Herbicide (les dinitroanilines et les thiocarbamates causent des racines raccourcies et épaisses avec un hypocotyle enflé; les acides phénoxyques soudent les racines d'ancrage latéralement chez le maïs).
- c) Acidité du sol causant une toxicité à l'aluminium (malformation des racines).
- 4) Plante entière a une croissance anormale (souvent les feuilles ont de la difficulté à sortir).
 - a) Application inappropriée d'herbicides hormonaux.
 - b) Plantule de maïs en tire-bouchon sous le niveau du sol à la suite de pluies froides.
 - c) Syndrome de croissance rapide (conditions limitant la croissance du maïs, comme des températures fraîches, suivies d'une transition rapide à d'excellentes conditions de croissance [temps chaud, humide, ensoleillé]).

ANNEXE 3

Glossaire

Notez que la majorité des définitions proviennent du Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ.

Anomalie de coloration : Toute coloration anormale et superficielle couvrant entièrement ou partiellement une partie d'une plante. (Sur une feuille, si les taches sont nombreuses, que leur distribution est symétrique [ex. : entre les nervures] ou qu'elles recouvrent une grande partie du limbe, on considère ce symptôme comme une anomalie de coloration.)

Avortement : Mort soudaine ou chute des boutons floraux non ouverts ou des jeunes fruits. Chez les céréales, absence de développement des grains (coulure).

Brûlure : Plage de tissus desséchés, sans forme bien définie, habituellement supérieure à 1 cm, recouvrant entièrement ou partiellement une feuille ou une fleur.

Chancre: Zones déprimées, décolorées ou non, pouvant présenter des fentes, des fendillements ou des fissures. Les chancres peuvent être présents sur les tiges, les branches, le tronc, le collet et les racines pivotantes ou globuleuses (ex. : carotte, panais, radis, rutabagas).

Dépérissement : Affaissement d'une plante accompagné d'anomalies de coloration, de brûlures foliaires ou d'une défoliation. Cela inclut le manque de débourrement des plantes pérennes au printemps.

Exuvie: ancien tégument (peau) rejeté lors de la mue des insectes et des arthropodes en général.

Faible croissance: Plante ayant une taille plus petite que la normale (nanisme) ou plante grêle (longue et menue, étiolée); absence de germination ou faible germination.

Fente: Ce terme inclut le fendillement, la fissure et la craquelure.

Flétrissement : Affaissement d'une plante à la suite d'une perte de turgescence. La plante demeure verte.

Malformation : Altération de la forme d'une partie de la plante ou de la plante entière. Les tumeurs, nodules, galles ou gommoses (production anormale d'un exsudat clair [gomme] qui se solidifie) sont regroupés sous le terme malformation. Cela inclut la destruction de l'apex ou du bourgeon apical.

Mycélium : Ensemble de filaments plus ou moins ramifiés formant la partie végétative des champignons.

Pourriture : Décomposition d'une partie d'une plante qui se caractérise par la désagrégation des tissus.

Pycnide: Structure reproductrice de certains champignons.

Sclérote: Forme de conservation hivernale de certains champignons, dure et formée de mycélium très compact, riche en réserves, noirâtre.

Tache : Lésion bien définie, de dimension habituellement inférieure à 1,0 cm, ayant une forme circulaire, ovale, elliptique ou angulaire, pouvant même être irrégulière. Cela inclut la moucheture.

FORMATIF: TESTEZ VOS CONNAISSANCES!

Vous trouverez dans les pages qui suivent des photos d'un problème phytosanitaire rencontré dans un champ, ainsi que des résultats d'analyses de feuilles et de sol à partir d'échantillons pris dans des zones saines et des zones affectées.

À l'aide de ces photos et des analyses fournies, décrivez les étapes menant au diagnostic et toutes les informations que vous pouvez en tirer. Quelles questions poseriez-vous au producteur? Quel serait votre diagnostic final? Donnez des pistes de solution pour prévenir ou corriger le problème.

Photo n° 1:



Photo n° 2:

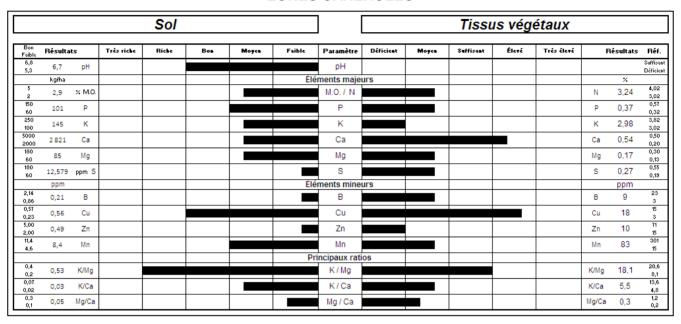


Photo n° 3:

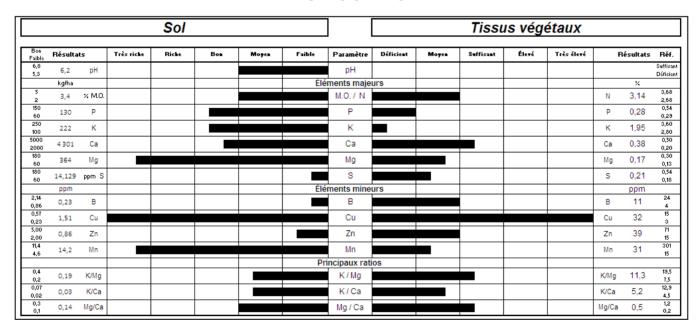


Analyses de sols et analyses foliaires

ZONES CARENCÉES



ZONES SAINES



THÈME 7 L'étiquette et la fiche signalétique

Par

Johanne Van Rossum, agronome et consultante

OBJECTIF DU THÈME 7

Ce chapitre vous permettra de répérer et d'utiliser efficacement les informations pertinentes contenues dans les étiquettes de produits phytosanitaires et dans les fiches signalétiques.

INTRODUCTION

Plusieurs notions théoriques apprises précédemment prendront tout leur sens au moment de consulter l'étiquette ou la fiche signalétique d'un produit de phytoprotection, et ce, en vue d'établir une recommandation.

7. L'ÉTIQUETTE ET LA FICHE SIGNALÉTIQUE

7.1. L'étiquette

L'étiquette est le texte légal régissant les conditions d'utilisation, visant entre autres à minimiser les risques sur la santé humaine et sur l'environnement. Elle est un outil utile aux conseillers et aux utilisateurs, tels que les producteurs agricoles.

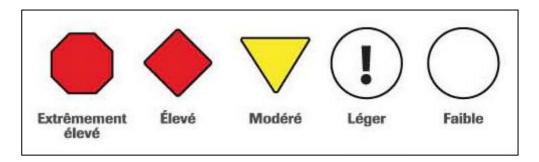
La présentation de l'étiquette varie selon le fabricant. Par contre, toutes les informations nécessaires pour une application réussie doivent s'y retrouver. À cet effet, le site de Santé Canada donne accès à toutes les étiquettes des produits homologués au Canada : http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/index-fra.php.

Par ailleurs, SAgE pesticides offre un accès facile, rapide et gratuit à des banques de données sur les pesticides homologués pour l'est du Canada, et ce, pour la plupart des productions végétales que l'on retrouve au Québec. Cet outil d'information permet de faire des choix éclairés grâce à une meilleure connaissance des risques pour la santé humaine et pour l'environnement. Il s'adresse aux conseillers agricoles et à tous les utilisateurs de pesticides. (http://www.sagepesticides.qc.ca/)

7.1.1. Description du produit

En plus du nom commercial, la première page de l'étiquette indique :

- le nom commun de l'ingrédient actif à la ligne « garantie »;
- sa concentration;
- · groupe de produits chimiques;
- le numéro d'homologation;
- la classe fédérale (usage restreint, agricole...);
- le nom et les coordonnées du fabricant;
- le symbole selon la toxicité du produit (ex. : pictogramme pour risque pour environnement et descriptif comme poison, irritant, etc.).



Il est à noter que pour les pesticides à usage agricole, le code permettant de connaître le groupe pour la gestion de la résistance doit obligatoirement se retrouver sur l'étiquette.

Exemple d'étiquette commerciale :

2011-4284 2012-06-13

GROUPE 9 HERBICIDE

Roundup Transorb^{MD} HC Herbicide Liquide

SOLUTION

USAGE AGRICOLE et INDUSTRIEL

ATTENTION



POISON

AVERTISSEMENT - IRRITANT POUR LA PEAU ET LES YEUX

No. D'HOMOLOGATION 28198 LOI SUR LES PRODUITS ANTIPARASITAIRES

GARANTIE: Glyphosate, 540 grammes d'équivalent acide par litre, présent à l'état de sel de potassium

Herbicide hydrosoluble pour la suppression non sélective des mauvaises herbes

LIRE L'ÉTIQUETTE ET LE DÉPLIANT CI-JOINT AVANT L'UTILISATION

CONTENU NET: 10 LITRES

MONSANTO CANADA INC. 900 Un Rue Research Winnipeg (Manitoba) R3T 6E3 1-800-667-4944

2011

(ENGLISH ON OTHER SIDE)

7.1.2. Consignes de sécurité

Plusieurs consignes pour une utilisation sécuritaire du produit sont détaillées sur l'étiquette :

- les premiers soins en cas d'empoisonnement;
- les renseignements toxicologiques;
- les risques pour l'environnement;
- les précautions au moment de l'utilisation du produit;
- · les vêtements de protection requis;
- les consignes d'entreposage;
- le nettoyage du pulvérisateur;
- les procédures d'élimination des contenants.

7.1.3. Mode d'emploi du produit

Les conditions d'utilisation pour l'obtention de l'efficacité maximale du produit sont inscrits sur l'étiquette dont :

- le type de culture;
- le stade de la culture;
- le système cultural (semis direct, conventionnel, etc.);
- les organismes nuisibles contrôlés pour chaque culture et les spécifications associées à chaque organisme (stade des mauvaises herbes, des insectes, etc.);
- le nombre d'applications;
- le délai de réentrée au champ et les intervalles avant la récolte;
- les directives de mélange et de pulvérisation (doses, types de buses, volume d'eau, surfactant);
- les directives pour la rotation des cultures (essai biologique au champ si nécessaire);
- les consignes de nettoyage du réservoir du pulvérisateur.

Exercice pratique

Tentez de retrouver toutes les informations nommées ci-dessus dans une étiquette de formulation commerciale.

7.1.4. Doses d'application

Les doses d'application sont indiquées sur l'étiquette selon la culture et les conditions.

Exercice pratique

Il est primordial à cette étape-ci de comprendre les différentes formulations commerciales contenant le même ingrédient actif. Selon la dose recommandée sur l'étiquette pour chacun d'eux, on peut établir un coût à l'hectare pour fins de comparaison.

7.2. La fiche signalétique

La fiche signalétique est un document qui renseigne de façon sommaire sur certaines caractéristiques d'un pesticide en lien avec ses effets sur la santé et l'environnement, les risques d'incendie, la réactivité chimique, etc. Elle complète les informations de l'étiquette à ce suiet. Cette fiche propose aussi plusieurs informations sur la manière de travailler en toute sécurité avec le produit. Elle propose certaines mesures pour limiter les risques d'utilisation, d'entreposage et de manutention du produit chimique ainsi que des mesures d'urgence. Les informations sont disponibles en ligne à l'adresse http://ccinfoweb.cchst.ca/help/mms.html.

Au Canada, chaque matière réglementée par le SIMDUT (Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail) doit être accompagnée d'une fiche signalétique spécifique. Ainsi, le fabricant d'un produit chimique se qualifiant comme matière dangereuse doit fournir une fiche signalétique à l'ARLA dans son dossier en vue de l'homologation. Cette fiche est disponible pour les vendeurs et les utilisateurs auprès des manufacturiers.

Le site Web de la CSST (Commission de la santé et de la sécurité du travail) offre d'ailleurs un répertoire toxicologique ainsi que des informations sur le SIMDUT via le lien suivant : http://www.reptox.csst.gc.ca/documents/SIMDUT/introfra/HTM/introfra.htm.

Il est recommandé de lire la fiche signalétique de chaque produit pour s'assurer d'en connaître les dangers, les instructions d'entreposage et de manutention sécuritaires, ainsi que les mesures à prendre en cas d'urgence.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET ÉLECTRONIQUES

Centre canadien de Santé et sécurité au travail. [En ligne] : http://ccinfoweb.cchst.ca/help/mms.html

Commission de la santé et de la sécurité du travail. [En ligne] : http://www.reptox.csst.qc.ca/documents/SIMDUT/introfra/HTM/introfra.htm

SAgE pesticides. [En ligne]: http://www.sagepesticides.qc.ca/

SAgE pesticides, *Trousse « Les risques des pesticides : mieux les connaître pour les réduire.* [En ligne] :

http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche6.pdf/

THÈME 8 Recommandations en phytoprotection

Par

Johanne Van Rossum, agronome et consultante

OBJECTIF DU THÈME 8

Ce chapitre vous aidera à élaborer un programme de phytoprotection et à proposer des recommandations agronomiques adéquates.

INTRODUCTION

Plusieurs éléments incontournables doivent être pris en compte lorsqu'on établi un programme de phytoprotection dans le but de faire des recommandations pertinentes et adéquates.

Pour ce faire, il est nécessaire de procéder de la façon suivante :

- Identifier toutes les lois et tous les règlements associés.
- Identifier ses responsabilités professionnelles.
- Diagnostiquer les problèmes phytosanitaires.
- Retracer les zones sensibles.
- · Choisir les pesticides.
- Réaliser les étapes pour présenter une recommandation.
- Présenter une recommandation.
- Associer à chaque étape les différentes connaissances et savoir-faire.

De plus, il est important de satisfaire aux critères de qualité suivants :

- Clarté des explications.
- Utilisation juste de la terminologie.
- Identification juste des pesticides et de leurs mécanismes.
- Utilisation adéquate des outils de référence.
- Réalisation juste de chaque étape menant à la recommandation.
- Tenue rigoureuse et complète du cahier de charge.
- Formulation claire et précise de la recommandation.

Les pages qui suivent vous donneront plus de détails sur les bonnes pratiques à observer pour réaliser des recommandations en phytoprotection.

8. RECOMMANDATIONS EN PHYTOPROTECTION

8.1. Éléments incontournables d'un programme en phytoprotection à la ferme

Avant la saison

8.1.1. Établissement de bonnes pratiques

8.1.1.1. Objectifs du producteur

Le programme de phytoprotection à la ferme doit s'adapter aux objectifs attendus par le producteur, soit de gérer les organismes nuisibles dans le respect de la santé humaine et de la protection de l'environnement, tout en assurant sa viabilité économique. Il peut s'agir :

- Baisser le coût de production.
- Utiliser les pesticides de façon sécuritaire et rationnelle.
- Éviter l'apparition de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides et des insectes aux insecticides.
- Réduire les risques de contamination des milieux par les pesticides.
- Intégrer progressivement des méthodes alternatives aux pesticides.
- Faire une transition progressive d'une régie conventionnelle vers une régie biologique.
- Intégrer des semences conventionnelles (non génétiquement modifiées et non traitées aux insecticides).
- Etc.

8.1.1.2. Aspects réglementaires

Le conseiller doit passer en revue et discuter des éléments suivants avec le producteur client :

- Certificat de qualification pour utiliser des pesticides (application à forfait ou par l'exploitant).
- Plan d'urgence en cas d'accident ou de déversement.
- Distances d'éloignement à respecter selon le Code de gestion des pesticides (ex. : cours d'eau, puits d'eau, immeubles protégés) et zones tampons.
- Trousse d'information sur les pesticides.

8.1.1.3. Équipements et installations

Le conseiller doit passer en revue et discuter des éléments suivants avec le producteur client :

- Types d'équipement pour les applications de pesticides.
- Entretien et réglage du pulvérisateur.
- Choix des buses (types, format, antidérive).
- Équipements de protection pour les utilisateurs (gant, masque, etc.).
- Nettoyage du pulvérisateur et disposition des eaux de rinçage.
- Règles de préparation et de chargement des pesticides (installation de remplissage : puits, pompe, étangs, qualité de l'eau disponible).
- Règles relatives à l'entreposage des pesticides (bâtiment, local, armoire).
- Plan de récupération des contenants vides et des sacs de semences.

8.1.2. Plan d'intervention

- Plan de rotation des cultures : cultures précédentes, actuelles et projetées.
- Travail de sol au printemps et à l'automne.
- Gestion des résidus de culture.
- Registre des interventions précédentes: pression des mauvaises herbes, identification des mauvaises herbes nuisibles, présence de maladies ou d'insectes.
- Cultures génétiquement modifiées, conventionnelles ou biologiques.
- Traitements des semences (insecticides, fongicides).
- Gestion de la résistance (rotation des produits ou moyens de lutte).
- Localisation des ruchers d'abeilles.
- Planification des interventions (avant ou après le semis) :
 - méthodes chimique, mécanique ou biologique de contrôle proposées;
 - choix de deux ou trois produits phytosanitaires équivalents à proposer aux producteurs;
 - respect des conditions d'utilisation du produit phytosanitaire spécifiées sur l'étiquette (ex.: doses et usages autorisés, préparation de la bouillie, délais de rentrée des travailleurs dans la zone traitée, conseils d'application, restrictions, etc.).
- Signer et remettre le plan d'interventions à la ferme au producteur et le classer dans le dossier client

Pendant la saison

8.1.3. Diagnostic des problèmes phytosanitaires

- Dépistage (mauvaises herbes, insectes, maladies).
- Conditions propices au développement de la maladie ou des insectes (ex. : avertissements du réseau d'avertissement phytosanitaire pour la fusariose de l'épi dans les céréales).
- Seuils d'intervention des maladies ou des insectes, densité de population des mauvaises herbes.

8.1.4. Recommandation ponctuelle en phytoprotection

Au besoin, l'agronome devra faire une recommandation ponctuelle selon l'ennemi des cultures en présence :

- Recommandation ponctuelle concernant la méthode d'intervention proposée : chimique, mécanique ou biologique.
- Respect des conditions de l'étiquette du produit phytosanitaire.
- Signer et remettre la recommandation au producteur et la classer dans le dossier client.

8.1.5. Registre des actions ou applications

- À remplir par le producteur.
- Pro format (Annexe 1).

8.1.6. Après l'intervention

- Suivi de l'efficacité des recommandations, interventions supplémentaires.
- Bilan de fin de saison : retour sur les problèmes rencontrés.

ANNEXE 1

Disponible dans la trousse d'information sur les pesticides SAgE

	celle ou serre :				leve I		Super	licie :					-		STATE OF THE PARTY	
flure :				Variété :			Date do	semis :		Taux de semis :						
REGISTR	E DE BASE															
		INTE	RVEN	TIONS	PHYTOSA	VITAIRES	PESTICIDE:	S ET MOYE	NS NO	V CHIMIQI	JES DE LUTTE)				
Date/heure	Produit (nom commercial – for nuration) ou authe moyen de lutte		Indices IRE IRS		Superfield tradée	Dosc	Dose Taux d'application	Alom Esn		obië Stice de cëvel.	Stade de croissance de la politure	Dé ai sv. répolte	Gélai de réentrée	Efficac Inside		
														opi	ron	
							T. M. L.							oui	non	
									N. Sal					out	non	
						10 10 1								030	non	
														cui	non	
ресістр	E « EVDEDT»				NAME OF TAXABLE PARTY.	DÉPIS	TAGE (MAL	Aputeo	all Parts	Charles and the Control of the Contr	Market Street		Sales I	9/50		
REGISTR	E « EXPERT»		100				HAREHIMAN	ADIES:					SUIVI DE DEP STAGE Stants/ Densitá moyenne de Commentaires / etcor plars affecés / station conditions inverseur la maladie			
REGISTR Date	E « EXPERT» Technique de dépatage	Stade de dévol de la culture		Maladio (observés	Partie(s) di	piant affectés / nptôme	AlbiES) Albistations	No plants	v Densitá r	moyenne de		nmentaires ; laver sent la	maladik		
		Stade de dévol. de la culture		Maladio (observés	Partie(s) di	plant affectés /		Mb plants station	v Densitá r	moyenne de		nmentaires ; swer sant la	maladie		
		Stade de dévol. de la culture		Maadio (obsprv6s	Partie(s) di	plant affectés /		No plants station	v Densitá r	moyenne de	Don conditions	nmentaires ; aversant la	maladie		
		Stade de dével, de la culture		Maladio	observés	Partie(s) di	plant affectés /		No plants station	v Densitá r	moyenne de	Don conditions	nmentafres (aversent la	maladik		

NOTES PERSONNELLES

