

LA RÉSISTANCE DES INSECTES ET DES ACARIENS AUX PESTICIDES

ÉTAT DE LA SITUATION POUR LES ESPÈCES AGRICOLES PRÉSENTES AU QUÉBEC



LA PREMIÈRE MENTION DE LA RÉSISTANCE D'UN INSECTE, LA COCHENILLE DE SAN JOSÉ, À UN INSECTICIDE A ÉTÉ PUBLIÉE PAR MELANDER EN 1914. DEPUIS 1940, LES CAS SE SONT MULTIPLIÉS DANS PLUSIEURS CULTURES À TRAVERS LE MONDE SUITE À L'UTILISATION INTENSIVE DE DIFFÉRENTS PESTICIDES. EN 2014, 586 ESPÈCES D'INSECTES ET ACARIENS ÉTAIENT CONNUS AU NIVEAU MONDIAL POUR PRÉSENTER DES CAS DE RÉSISTANCE À CERTAINES MATIÈRES ACTIVES. PARMIS LA LISTE DES 12 INSECTES ET ACARIENS AYANT DÉVELOPPÉ LE PLUS DE RÉSISTANCE AUX PESTICIDES DANS LE MONDE, PLUSIEURS SONT PRÉSENTS DANS LES CULTURES AU QUÉBEC : L'ALEURODE DU TABAC, LE DORYPHORE DE LA POMME DE TERRE, LE TÉTRANYQUE ROUGE DU POMMIER, LE TÉTRANYQUE À DEUX POINTS ET LA FAUSSE-TEIGNE DES CRUCIFÈRES.

QU'EST-CE QUE LA RÉSISTANCE AUX PESTICIDES ?

La résistance se définit comme un changement génétique (mutation) chez un ravageur en réponse à une sélection induite par un pesticide, qui se transmet d'une génération à l'autre, permettant à une proportion de la population de plus en plus grande de survivre aux effets de l'utilisation répétitive de ce pesticide (figure 1). En général, les populations de ravageurs n'ayant jamais été exposées aux pesticides sont totalement sensibles et les gènes de la résistance dans ces populations sont rares.

Pour une espèce donnée, une population peut être résistante simultanément à plusieurs matières actives de la même famille ou de familles de pesticides différentes. On distingue la résistance multiple et la

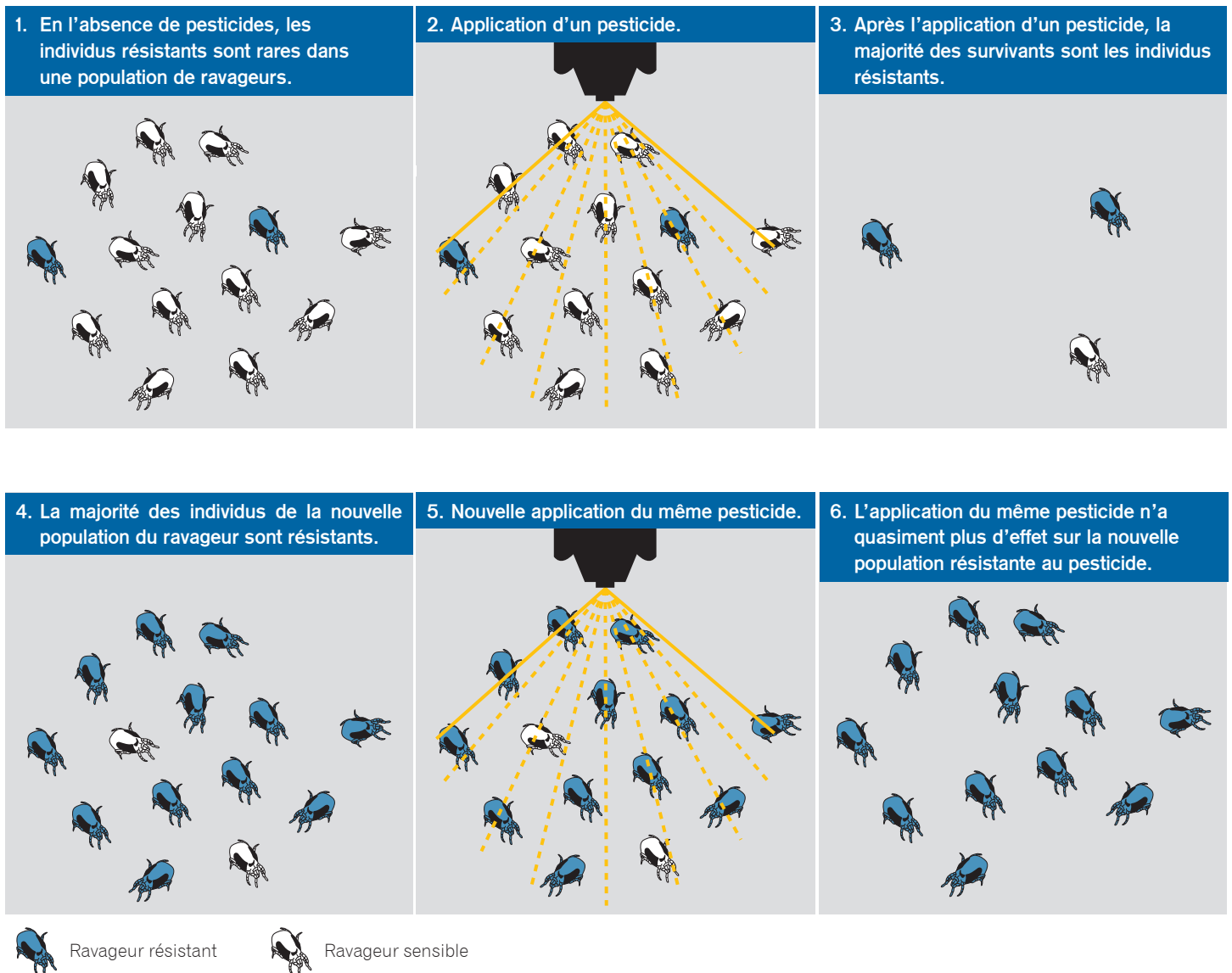
résistance croisée. La première est une résistance à plusieurs pesticides résultant de la combinaison de différents mécanismes alors que la seconde est déterminée par le même mécanisme de résistance.

Bien que la résistance à un pesticide donne un avantage aux ravageurs qui la possèdent, elle engendre souvent une réduction d'un trait biologique (fécondité, longévité, survie hivernale, etc.). Les individus résistants se retrouvent désavantagés dès que le pesticide n'est plus utilisé alors que les individus sensibles sont avantagés. La population du ravageur en question peut donc retrouver sa sensibilité à des vitesses variables. Ce processus est à la base de la gestion de la résistance aux pesticides.



FIGURE 1

Exemple de sélection de ravageurs résistants à la suite de l'application répétée d'un même pesticide



LES MÉCANISMES DE RÉSISTANCE AUX PESTICIDES

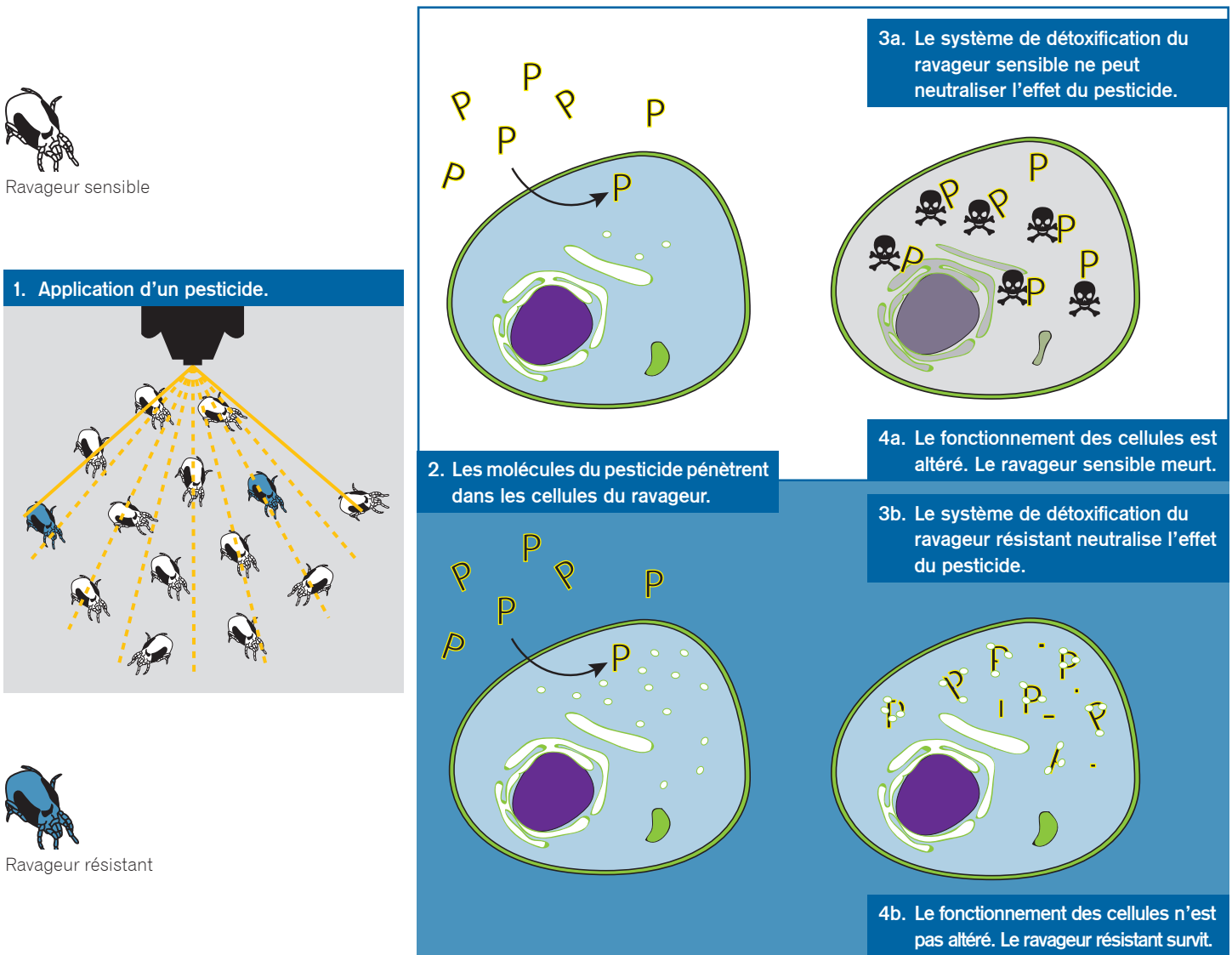
Les insectes et acariens ravageurs ont recours à divers mécanismes afin de survivre à l'exposition de différents agents toxiques avec lesquels ils peuvent être en contact dans le milieu naturel. Ce sont ces mêmes mécanismes qui peuvent évoluer (mutation) afin de conférer aux ravageurs de la résistance aux pesticides.

Ces mécanismes sont classés dans deux grandes catégories :

- La résistance ne touchant pas aux sites cibles des pesticides ou résistance non liée à la cible qui regroupe des mécanismes comportementaux, physiques et métaboliques (figure 2).
- La résistance touchant aux sites cibles ou résistance liée à la cible, qui regroupe les formes de résistance dues à la surexpression des protéines intracellulaires ciblées ou à la modification structurale des protéines ciblées (figure 3).

FIGURE 2

Exemple de mécanisme de résistance non liée à la cible



Ravageur sensible



Ravageur résistant



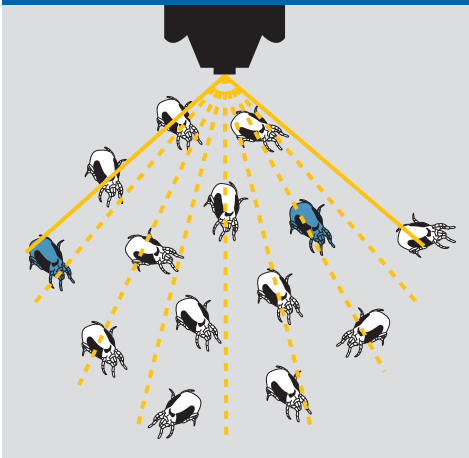
FIGURE 3

Exemple de mécanisme de résistance liée à la cible

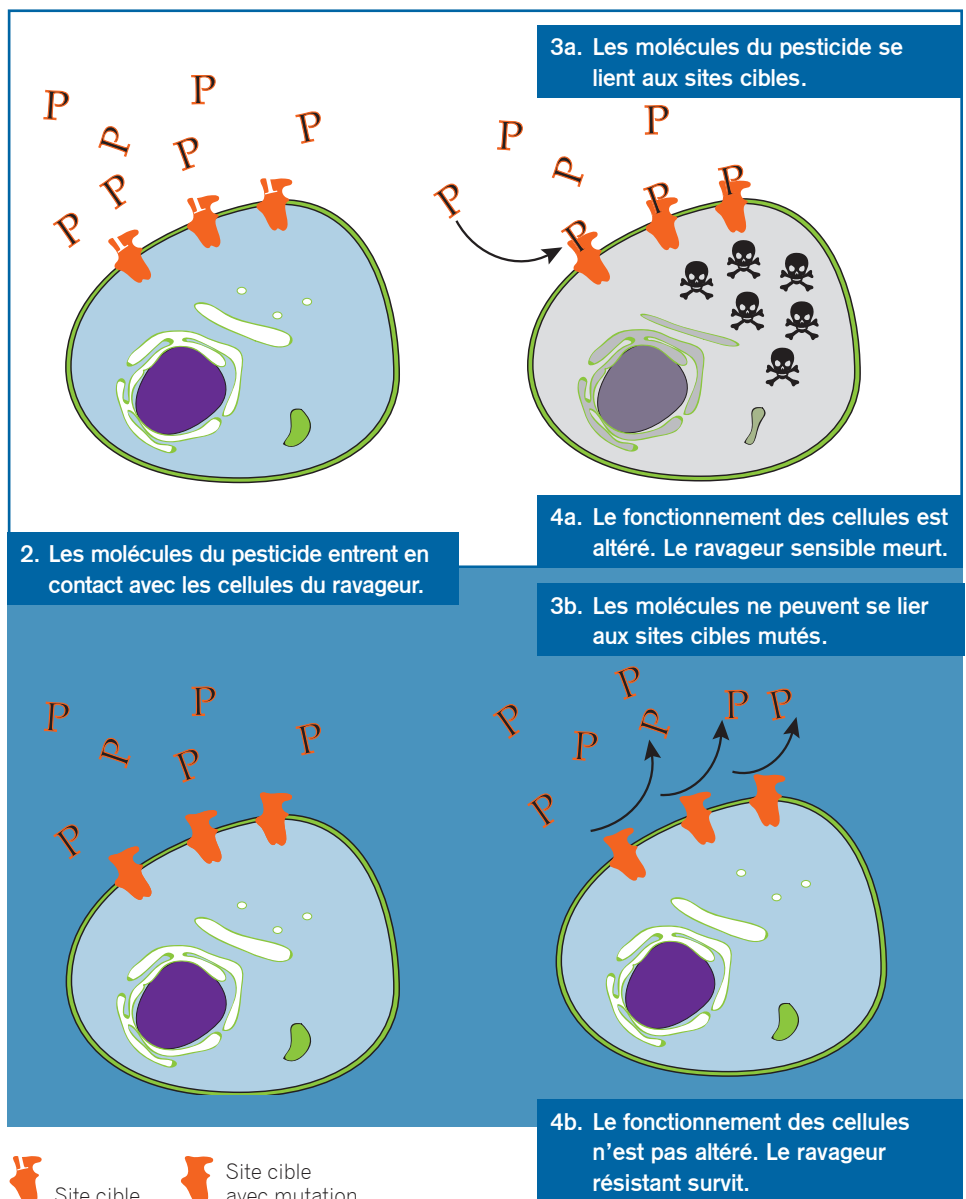


Ravageur sensible

1. Application d'un pesticide.



Ravageur résistant



FACTEURS CLÉS DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA RÉSISTANCE

Familles des pesticides et classification des modes d'action

L'*Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC) a créé un schéma de classification des modes d'action des insecticides : le *Mode of Action Classification Scheme* (MoA). Cet outil synthétise l'information sur les pesticides couramment disponibles et permet d'orienter les différents intervenants en agriculture afin de faire des choix éclairés dans l'utilisation des pesticides. Cette classification MoA est disponible sur le site web de l'[IRAC](#).

Facteurs clés induisant la résistance

La FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) regroupe les facteurs qui influencent le développement de la résistance en trois catégories : la **biologie** du ravageur, son **bagage génétique** et les **facteurs opérationnels** (facteurs liés aux pesticides et à leur utilisation). Il n'est pas possible de prédire si un composé donnera lieu à de la résistance. Cependant, il est possible d'évaluer le risque général en évaluant ces facteurs pour chaque situation « pesticide – ravageur – culture ».

Les facteurs principaux liés aux insectes et aux acariens sont : le **cycle de vie court** (plusieurs générations par an), des **infestations élevées**, une **progéniture nombreuse par femelle** et une **large gamme de plantes hôtes**. De leur côté, les facteurs opérationnels principaux sont : un **emploi de doses inférieures ou supérieures à celles indiquées sur l'étiquette**, une **couverture inadéquate** ou un **mauvais synchronisme d'application**, l'**emploi d'une seule classe de pesticides**, une **lutte presque exclusivement chimique**, la **présence d'un ravageur dans plusieurs cultures**, l'**emploi de composés très rémanents**, l'**emploi de produits à large spectre** et le fait de ne **cibler qu'un seul ravageur**.

DÉTECTION DE LA RÉSISTANCE

Les méthodes de détection de la résistance se concentrent principalement sur les modifications phénotypiques, biochimiques ou génétiques des individus. On distingue ainsi trois grands types de méthodes de détection de la résistance : les **méthodes par bioessais** (mise en évidence des différentes réponses phénotypiques à l'exposition d'une ou de plusieurs matières actives), les **méthodes biochimiques** (détection des différences associées aux protéines ciblées par les pesticides ou à la neutralisation ou la séquestration des pesticides) et les **méthodes moléculaires** (détection des mutations responsables de la résistance).

PRÉVENIR LA RÉSISTANCE

Les pratiques suivantes sont recommandées pour prévenir la résistance aux pesticides :

- Dépister les ravageurs et ne traiter que lorsque le seuil d'intervention est atteint.
- Appliquer le pesticide sur le stade le plus vulnérable.
- Appliquer les doses recommandées et utiliser les bonnes buses.
- Calibrer le pulvérisateur.
- Alternier les pesticides selon leur famille.
- Intégrer, dans la rotation des pesticides, ceux n'ayant pas un mode d'action spécifique (ex : huiles et savons).
- Établir un programme de détection et de surveillance de la résistance.
- Protéger les auxiliaires de lutte.

Afin de gérer la résistance, les rotations de pesticides doivent se faire sur la base des numéros de groupes de mode d'action (tableau 1). Une description des groupes chimiques est aussi disponible par ordre alphabétique sur le site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/guide/description_b-g.htm). À noter qu'il existe trois groupes pour lesquels il n'est pas obligatoire de faire des rotations. En effet, ces derniers ne visent pas des sites cibles communs (groupes 8, 13 et UN).

TABLEAU 1

Groupes et familles des insecticides selon la classification des Modes d'Action (MoA) du Comité d'Action contre la Résistance aux Insecticides (IRAC)

Groupes et modes d'action	Familles des insecticides (sous-groupes)
1 : Inhibiteurs de l'acétylcholine-estérase (AChE)	1A Carbamates; 1B Organophosphorés
2 : Antagoniste de l'inhibition par le GABA du canal ionique chlorure	2A Cyclodiènes chlorés et polychlorocycloalcanes; 2B Phénylpyrazoles
3 : Modulateurs du canal ionique sodium	3A Pyréthrinoïdes, pyréthrines; 3B Diphényléthanes (DDT†, méthoxychlore†)
4 : Agonistes/antagonistes des récepteurs de l'acétylcholine nicotinique (nAChR)	4A Néonicotinoïdes; 4B Nicotine; 4C Sulfoximines; 4D Buténolides; 4E Mésoioniques
5 : Modulateurs allostériques du récepteur de l'acétylcholine nicotinique (nAChR)	5 Spinosynes
6 : Activateurs du canal ionique chlorure (GluCl) modulateur allostérique	6 Avermectines, Milbémycines
7 : Analogues des hormones juvéniles (régulation de la croissance des insectes)	7A Analogues des hormones de croissance; 7B Fénoxycarbe; 7C Pyriproxifène
8 : Divers inhibiteurs non spécifiques (multizones)	8A Halogénures d'alkyles; 8B Chloropicrine; 8C Fluorures; 8D Borates; 8E Tartrate d'antimoine et de potassium (tartrate émétique); 8F Générateurs d'isothiocyanate de méthyle
9 : Modulateur des canaux TRPV des organes chordotonaux	9B Dérivés azométhaniques de la pyridine
10 : Inhibiteurs de croissance des acariens	10A Clofentézine, Diflovidazin, Hexythiazox; 10B Étoxazole
11 : Perturbateurs d'origine microbienne de l'intestin moyen des insectes	11A <i>Bacillus thuringiensis</i> ; 11B <i>Bacillus sphaericus</i>
12 : Inhibiteurs de l'ATP synthase mitochondriale	12A Diafenthion; 12B Acaricides organostanniques; 12C Propargite; 12D Tétradifon
13 : Découpleurs de la phosphorylation oxydative via la perturbation du gradient de protons	13 Pyrroles, Dinitrophénols, Sulfuramide
14 : Inhibiteurs du canal récepteur de l'acétylcholine nicotinique (nAChR)	14 Analogues de la Néréistoxine
15 : Inhibiteurs de la biosynthèse de la chitine, type 0	15 Benzoylurées
16 : Inhibiteurs de la biosynthèse de la chitine, type 1 (Perturbateur de la mue des Homoptères)	16 Buprofézine
17 : Inhibiteur de la biosynthèse de la chitine, type 2 (Perturbateur de la mue des diptères)	17 Cyromazine
18 : Agonistes du récepteur de l'ecdysone	18 Diacylhydrazines
19 : Agonistes du récepteur de l'octopamine	19 Amitraz
20 : Inhibiteurs du complexe III de transport mitochondrial d'électrons	20A Hydraméthylnone; 20B Acéquinocyl; 20C Fluacrypyrime; 20D Bifénazate
21 : Inhibiteurs du complexe I de transport mitochondrial d'électrons	21A acaricides et insecticides METI; 21B Roténone
22 : Inhibiteurs des canaux sodium dépendants du voltage	22A Oxadiazines; 22B Semicarbazones
23 : Inhibiteurs de l'acétyl CoA carboxylase	23 Dérivés des acides Tétronique et Tétramique
24 : Inhibiteurs du complexe IV de transport mitochondrial d'électrons	24A Phosphines; 24B Cyanures
25 : Inhibiteurs du complexe II de transport mitochondrial d'électrons	25A Dérivés du <i>bêta</i> cétonitrile; 25B Carboxanilides
28 : Modulateurs du récepteur de la Ryanodine	28 Diamides
29 : Modulateurs d'organes chordotonaux – site cible non défini	29 Flonicamide

N.B. Afin d'uniformiser le document, la terminologie en français des groupes et familles correspond à celle utilisée par l'ARLA (1999).

†Produits non homologués au Canada (vérifications faites sur le site des étiquettes de l'ARLA, février 2018).

Physiologies ciblées :

Nerfs et muscles
 Croissance et développement
 Respiration
 Intestin
 Inconnu ou non spécifique

RÉSISTANCE AUX PESTICIDES CHEZ LES INSECTES ET ACARIENS DU QUÉBEC

Bien qu'il y ait une multitude de ravageurs dans toutes les cultures d'importance économique au Québec, il n'existe actuellement que quatre espèces d'insectes pour lesquelles de la résistance à des insecticides a été confirmée (tableau 2).

TABLEAU 2

Liste des insectes confirmés pour leur résistance aux insecticides au Québec

Nom	Culture	Stade problématique	Insecticides	Famille	Localisations
Carpocapse de la pomme	Pommes	Larves	Guthion 50WSB †	1B	Montérégie et Laurentides
			Calypso 480 SC	4A	Montérégie et Laurentides
			Intrepid 240F	18	Montérégie et Laurentides
Tordeuse à bandes obliques	Pommes	Larves	Lannate L	1A	Oka, Saint-Joseph
			Guthion 50WSB †	1B	Oka, Saint-Joseph
			Cyperméthrine	3A	Oka, Saint-Joseph
Doryphore de la pomme de terre*	Pomme de terre	Larves et adultes	Carbamates	1A	Sherbrooke
			Organophosphorés	1B	Sherbrooke
			Organochlorés	2A	Sherbrooke
			Pyréthrinoïdes	3A	Sherbrooke
			DDT†	3B	Sherbrooke
			Admire 240F	4A	Province de Québec
			Actara 240 SC	4A	Farnham
Fausse-teigne des crucifères*	Crucifères	Larves	Matador 120EC	3A	Basses-Laurentides
			Carbofuran†	1A	Saint-Eustache
			Méthamidophos†	1B	Saint-Rémi
			Endosulfan†	2A	Saint-Rémi
			Cyperméthrine	3A	Saint-Eustache
			Deltaméthrine	3A	Saint-Eustache et Saint-Rémi
			Perméthrine	3A	Saint-Eustache
			Imidaclopride	4A	Saint-Rémi

*Espèce listée parmi les 12 insectes et acariens les plus résistants aux pesticides dans le monde.

†Produits non homologués au Canada (vérifications faites sur le site des étiquettes de l'ARLA, février 2018).

FIGURE 4

Adulte du carpocapse de la pomme, *Cydia pomonella* (Linnaeus)



FIGURE 5

Adulte de la tordeuse à bandes obliques, *Choristoneura rosaceana* (Harris)





Parmi ces quatre ravageurs, deux sont des ravageurs de la pomme, le carpocapse de la pomme (figure 4) et la tordeuse à bandes obliques (figure 5). Le carpocapse est mondialement le plus problématique puisque de la résistance à 25 matières actives regroupée dans 12 familles d'insecticides a été documentée à travers le monde. Au Québec, des populations de ce ravageur ont été confirmées résistantes à trois insecticides de trois familles différentes. Pour la tordeuse, la résistance à 16 matières actives regroupées dans 8 familles d'insecticides a été documentée à travers le Canada et les États-Unis. Au Québec, une population a été reconnue comme résistante à trois insecticides de trois familles différentes (tableau 2).

Le doryphore de la pomme de terre (figure 6) et la fausse-teigne des crucifères (figure 7) font partie des insectes les plus résistants en agriculture à l'échelle mondiale, car ils ont développé de la résistance à la plupart des insecticides utilisés pour leur suppression. Au Québec, des populations de doryphores sont confirmées résistantes à sept matières actives réparties dans six familles d'insecticides.

FIGURE 6

Adulte du doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* (Say)



La fausse-teigne est confirmée résistante à huit matières actives réparties dans cinq familles d'insecticides différentes (tableau 2).

Après consultations d'experts des diverses cultures du Québec, nous avons identifié à l'espèce chacun des ravageurs, puis mis à jour cette liste d'insectes et acariens résistants aux pesticides ou soupçonnés de l'être au Québec (tableau 3).

À ce jour, des soupçons de résistance, basés sur des observations de sous-performance de pesticides au champ, concernent 21 espèces de ravageurs. Parmi ces ravageurs il y a quatre espèces d'acariens (dont trois tétranyques) et 17 espèces d'insectes (dont deux espèces d'aleurodes, une de puceron et trois de thrips). Bien qu'il existe plusieurs facteurs autres que la résistance pouvant expliquer la sous-performance des pesticides (couverture, dosage, mauvaise identification du ravageur, mauvaises conditions climatiques, période et synchronisme des applications, etc.), les observations de chercheurs, d'agronomes et d'agriculteurs permettent de mettre l'emphase sur certains ravageurs.

FIGURE 7

Adulte de la fausse-teigne des crucifères, *Plutella xylostella* (Linnaeus)



TABLEAU 3

Liste des insectes et acariens résistants ou soupçonnés de l'être au Québec et familles d'insecticides pour lesquelles de la résistance a été confirmée à travers le monde

Nom	Résistance en Amérique du Nord ¹	Numéro des familles d'insecticides concernés ²	Résistance croisée	Cultures visées ³
Aleurode des serres <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westw.)	Oui	1A; 1B; 3A; 3B; 4A; 7C; 9B; 15; 16; 23	4A X 9B	Serres ornementales, tomates
Aleurode du tabac <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)	Oui	1A; 1B; 2A; 2B; 3A; 3B; 4A; 4D; 7C; 9B; 12A; 16		Poinsettias en serres ornementales
Altise des navets <i>Phyllotreta striolata</i> (F.)	Oui	1A; 2A; 4A		Canola
Carpocapse de la pomme <i>Cydia pomonella</i> (Linnaeus)	Oui	1A; 1B; 2A; 3A; 3B; 4A; 6; 7B; 15; 18; 22A; Virus	1B X (3A; 4A; 7B; 15) 3A X (1B; 15) 4A X 1B 7B X (1B; 15) 15 X (1B; 3A; 7B; 15; 18) 18 x (1B; 15)	Pommes
Cécidomyie du chou-fleur <i>Contarinia nasturtii</i> (Kieffer)	Non			Crucifères
Charançon de la carotte <i>Listronotus oregonensis</i> (LeC.)	Oui	1B		Carottes
Chrysomèle rayée du concombre <i>Acalymma vittatum</i> (F.)	Non			Concombres
Doryphore de la pomme de terre <i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say)	Oui	1A; 1B; 2A; 3A; 3B; 4A; 5; 6; 11A; 12B; 14; 21B	1A X 14 1B X 4A 4A X (1B; 3A; 5) 5 X 4A 14 X 1A	Pommes de terre
Fausse-arpenteuse du chou <i>Trichoplusia ni</i> (Hübner)	Oui	1A; 1B; 2A; 3B; 11A		Crucifères
Fausse-teigne des crucifères <i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus)	Oui	1A; 1B; 2A; 2B; 3A; 3B; 4A; 5; 6; 11A; 13; 14; 15; 18; 22A; 22B; 28; UN	1B X (3A; 5) 2B X (5; 22A) 3A X (1B; 4A; 5) 4A X 3A 5 X (1B; 2B; 3A; 18; 22A) 6 X (2B; 5) 11A (Cry1A, Cry1D) X 11A (Cry1C) 18 X 5 22A X (2B; 5)	Crucifères
Mouche de l'oignon <i>Delia antiqua</i> (Meig.)	Oui	1A; 1B; 2A; 3B		Oignons

Espèce pour laquelle des populations ont été **confirmées** résistantes à certaines matières actives au Québec.

Espèce pour laquelle les populations sont **soupçonnées** de résistances à certaines matières actives au Québec et sont **à surveiller** ⁴.

Espèce pour laquelle les populations sont **soupçonnées** de résistances à certaines matières actives au Québec.

¹ La résistance pour chaque espèce varie en fonction des matières actives et des localisations ([voir la revue de littérature pour plus de détails](#)).

² Familles d'insecticides pour lesquelles de la résistance a été confirmée à travers le monde.

³ Cultures pour lesquelles des cas de résistance sont confirmés ou soupçonnés.

⁴ Critères de sélection : espèces **résidentes** au Québec; espèces en **expansion** géographique; ravageurs principaux ou **problématiques**; **élevages possibles** en laboratoire; espèces contre lesquelles il existe **peu de méthodes de lutte alternatives**.

TABLEAU 3 (suite)

Liste des insectes et acariens résistants ou soupçonnés de l'être au Québec et familles d'insecticides pour lesquelles de la résistance a été confirmée à travers le monde

Nom	Résistance en Amérique du Nord ¹	Numéro des familles d'insecticides concernés ²	Résistance croisée	Cultures visées ³
Mouche du chou <i>Delia radicum</i> (L.)	Oui	1B; 2A; 3B		Crucifères
Mouche mineuse serpentine américaine <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess)	Oui	1A; 1B; 2A; 3A; 5; 6; 17		Oignons verts
Puceron de la digitale <i>Aulacorthum solani</i> (Kltb.)	Non	1B		Serres ornementales
Punaise de la courge <i>Anasa tristis</i> (DeG.)	Non			Courges
Punaise terne <i>Lygus lineolaris</i> (P. de B.)	Oui	1A; 1B; 2A; 3A; 4A; 15		Fraises, framboises, pommes
Pyrale du maïs <i>Ostrinia nubilalis</i> (Hübner)	Oui	3A; 11A		Maïs
Tarsonème du fraisier <i>Phytonemus pallidus</i> (Banks)	Non			Fraises
Tétranyque à deux points <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Oui	1A; 1B; 2A; 3A; 3B; 6; 10A; 10B; 12A; 12B; 12C; 12D; 13; 15; 19; 20B; 20C; 20D; 21A; 23; 25A; UN		Fraises, framboises, pommes, serres ornementales
Tétranyque de McDaniel <i>Tetranychus mcdanieli</i> McG.	Oui	1B; 2A; 12B; 12D; 13; UN		Fraises, framboises, pommes
Tétranyque rouge du pommier <i>Panonychus ulmi</i> (Koch)	Oui	1A; 1B; 2A; 3B; 6; 10A; 12B; 12C; 12D; 13; 19; 21A; 23; UN		Pommes
Thrips de l'oignon <i>Thrips tabaci</i> Lind.	Oui	1A; 1B; 2A; 3A; 3B; 4A; 5; 6		Oignons
Thrips des fleurs <i>Frankliniella tritici</i> (Fitch.)	Oui	2A		Fraises
Thrips des petits fruits <i>Frankliniella occidentalis</i> (Perg.)	Oui	1A; 1B; 2A; 2B; 3A; 4A; 5; 6; 7C; 28		Fraises, poivrons en serres, serres ornementales
Tordeuse à bandes obliques <i>Choristoneura rosaceana</i> (Harris)	Oui	1A; 1B; 3A; 5; 13; 18; 22A; 28	1A X 1B 1B X (1A; 3A; 18) 3A X 1B 18 X 1B	Pommes

Espèce pour laquelle des populations ont été **confirmées** résistantes à certaines matières actives au Québec.

Espèce pour laquelle les populations sont **soupçonnées** de résistances à certaines matières actives au Québec et sont **à surveiller** ⁴.

Espèce pour laquelle les populations sont **soupçonnées** de résistances à certaines matières actives au Québec.

¹ La résistance pour chaque espèce varie en fonction des matières actives et des localisations ([voir la revue de littérature pour plus de détails](#)).

² Familles d'insecticides pour lesquelles de la résistance a été confirmée à travers le monde.

³ Cultures pour lesquelles des cas de résistance sont confirmés ou soupçonnés.

⁴ Critères de sélection : espèces **résidentes** au Québec; espèces en **expansion** géographique; ravageurs principaux ou **problématiques**; **élevages possibles** en laboratoire; espèces contre lesquelles il existe **peu de méthodes de lutte alternatives**.



Comment citer ce document :

Vanoosthuysse, F., A. Firlej et D. Cormier. 2018. La résistance des insectes et des acariens aux pesticides – État de la situation pour les espèces agricoles présentes au Québec. Feuillelet synthèse IRDA. 12 pages.

Pour en savoir plus :

- [Arthropod Pesticide Resistance Database \(APRD\)](#)
- [Insecticide Resistance Action Committee \(IRAC\)](#)
- [Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides](#)
- [Directives pour la prévention et la gestion de la résistance aux pesticides](#)
- [Réseau de réflexion et de recherches sur les résistances aux pesticides \(R4P Network\)](#)
- [Revue de littérature sur la résistance des insectes et acariens aux pesticides pour les espèces agricoles présentes au Québec](#)

Crédits photographiques :

Joseph Moisan-De Serres (Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection, MAPAQ), figures 5 à 7 et page 12; Franz Vanoosthuysse (Laboratoire de production fruitière intégrée, IRDA), figures 1 à 4; Bogdan Mircea Hoda (123rf), page 5; Avemario (123rf), pages 2 et 3; Roksana Bashyrova (123rf), couverture et page 9.

Collaborateurs :

- | | |
|---|--|
| — Alessandro Dieni, M. Sc., IRDA | — Jean-Philippe Légaré, M. Sc., MAPAQ |
| — Audrey Charbonneau, B. Env., IRDA | — Liette Lambert, agr., MAPAQ |
| — Brigitte Duval, agr., MAPAQ | — Marie-Pascale Beaudoin, agr., MAPAQ |
| — Élisabeth Ménard, B. Sc., IRDA | — Mario Leblanc, agr., MAPAQ |
| — Isabelle Couture, M. Sc., agr., MAPAQ | — Stéphanie Tellier, agr., M. Sc., MAPAQ |

Ce document a été réalisé en vertu du volet 4 du programme Prime-Vert 2013-2018 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans cette revue émanent des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.