

Influence des insecticides sur les auxiliaires dans les céréales et pommes de terre

Stève Breitenmoser¹ et Robert Baur²

¹Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon 1, Suisse

²Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: Stève Breitenmoser, e-mail : steve.breitenmoser@agroscope.admin.ch, tél: +41 22 363 43 17



Figure 1 | Groupes d'auxiliaires pertinents retenus pour les céréales et les pommes de terre. A) Larve et adulte de *Coccinella septempunctata* (Linnaeus 1758). B) Larve et adulte de *Episyrphus balteatus* (De Geer 1776). C) Larve et adulte de *Chrysoperla carnea* (Stephens 1836). D) Adultes et pucerons parasités par *Aphidius rhopalosiphii* de Stefani-Perez 1902. (Photos: Mario Waldburger, Agroscope; sauf larve de *Episyrphus* [Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège – Belgique)] et *Aphidius* © INRA, Bernard Chaubet.

Introduction

La protection ou lutte intégrée en agriculture a notamment pour but de minimiser les effets secondaires négatifs des produits phytosanitaires sur la faune auxiliaire. Elle privilégie l'emploi d'insecticides ménageant cette faune qui joue un rôle important dans la régulation des ravageurs. Les insecticides autorisés librement dans les grandes cultures pour les prestations écologiques requises (PER) sont réglementés dans l'Ordonnance sur les paiements directs (OPD). Une fois les seuils de tolérance dépassés, l'OPD liste les insecticides qui peuvent être utilisés librement et ceux qui nécessitent une autorisation spéciale délivrée par les services phytosanitaires cantonaux. Cependant, les connaissances actuelles sur l'impact des substances actives sur les auxiliaires sont souvent insuffisantes ou incomplètes. C'est pourquoi, dans le cadre d'une actualisation des insecticides utilisables librement en PER dans les céréales et les pommes de terre ou afin de permettre un choix plus approprié de ceux-ci lors de l'octroi d'autorisations spéciales par les cantons, une évaluation de leur impact sur la faune auxiliaire a été réalisée.

Matériel et méthodes

L'évaluation se base d'une part sur l'impact d'un traitement sur chaque groupe d'auxiliaires avec une seule substance active, et d'autre part sur l'impact de scénarios phytosanitaires (Mouron *et al.* 2013) sur chaque groupe d'auxiliaires avec plusieurs traitements insecticides et fongicides. Ces scénarios comportent des traitements contre les criocères (*Oulema* spp.) et les maladies fongiques dans le blé d'automne et des interventions contre le doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* [Say 1824]), les pucerons du feuillage (différentes espèces) et les maladies fongiques dans les pommes de terre de consommation. Enfin, une note globale de l'impact des scénarios phytosanitaires est donnée pour l'ensemble des groupes d'auxiliaires.

Choix des groupes d'auxiliaires

Le choix des groupes taxonomiques d'auxiliaires pertinents dans les céréales et les pommes de terre a été déterminé par leur fonction régulatrice envers les ravageurs principaux (criocères dans les céréales, doryphore

dans les pommes de terre) ainsi que les ravageurs plutôt secondaires (pucerons des épis ou du feuillage). Les groupes d'auxiliaires dominants présents dans ces cultures au moment des applications phytosanitaires sont les coccinelles, chrysopes, syrphes et hyménoptères parasitoïdes (Borgemeister 1991; Radtke et Rieckmann 1991; Obst et Volker 1993) (fig. 1; tabl. 1). Les carabes et araignées, prédateurs non spécifiques agissant principalement au sol, n'ont pas été retenus comme pertinents. L'influence des champignons entomopathogènes (entomopathorales) n'a pas été considérée, car elle est difficile à évaluer et peu de données sont disponibles dans la littérature.

Quant aux abeilles, elles ne sont pas considérées comme auxiliaires au sens de l'OPD. En effet, selon la définition d'un auxiliaire, celui-ci doit avoir une fonction régulatrice sur un ravageur. La toxicité des produits de protection des plantes sur les abeilles est ainsi évaluée lors du processus d'homologation selon l'Ordonnance sur les produits phytosanitaires (OPPh).

Sources de données

Les informations quant aux effets secondaires négatifs d'une application d'une substance active sur un groupe d'auxiliaires proviennent des sources suivantes: rapports internes du Groupe Ecotoxicologie de ACW (2008); base de données de l'IOBC/OILB (2005); guides Arbo-Viti ACW (Wirth et al. 2011a, Wirth et al. 2011b); Biobest (2012); base de données des produits de traitements des plantes autorisés en France (E-phy 2005). Les informations ne sont pas toujours satisfaisantes et parfois même contradictoires. Les données à disposition pour chaque subs- ➤

Résumé Dans les prestations écologiques requises (PER), seuls certains insecticides ménageant les auxiliaires (insectes utiles) sont librement autorisés dans les grandes cultures en Suisse. Avec l'arrivée de nouveaux produits phytosanitaires ces dernières années, une nouvelle évaluation de la toxicité des insecticides est souhaitée autant par les autorités que par la pratique. Une évaluation basée sur des données de la littérature a permis de mettre en évidence quelles substances actives ménagent – ou pas – quatre groupes d'auxiliaires pertinents préalablement sélectionnés (*Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* et hyménoptères parasitoïdes). Dans un deuxième temps, la toxicité des quatre groupes d'auxiliaires a été évaluée sur la base de différents scénarios phytosanitaires préétablis (Mouron et al. 2013), comprenant insecticides et fongicides. Ces scénarios concernent la lutte contre les criocères dans le blé d'automne et la lutte contre le doryphore et les pucerons du feuillage dans les pommes de terre de consommation. Les résultats ont montré quels scénarios et surtout quelles substances actives ont un effet négatif sur cette faune utile. Les résultats montrent également que quelques fongicides ou leur application répétée peuvent également avoir un impact négatif sur les auxiliaires. Toutes ces données sont basées principalement sur des essais en laboratoire ou en conditions contrôlées sous abris. Elles mériteraient cependant d'être vérifiées en plein champ.

Tableau 1 | Choix et description des actions sur les ravageurs des différents groupes d'auxiliaires présents dans les céréales et les pommes de terre

Groupe d'auxiliaire (GA)	Action des auxiliaires	Pertinence ¹⁾
Coccinelles (<i>Coccinellidae</i>) Exemples: <i>Coccinella septempunctata</i> (Linnaeus 1758). <i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus 1758).	Larves et adultes sont des prédateurs non spécifiques qui se nourrissent de pucerons, d'œufs et de larves de criocères et de doryphore. Dans les céréales aussi de thrips. Une génération par an, relativement mobiles.	Pertinent
Chrysopes (<i>Chrysopidae</i>) Exemple: <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens 1836)	Larves et adultes sont des prédateurs non spécifiques qui se nourrissent de pucerons, éventuellement aussi d'œufs de criocères et de doryphore, également de thrips. Deux générations par an, relativement mobiles.	Pertinent
Syrphes (<i>Syrphidae</i>) Exemple: <i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer 1776).	Larves et adultes sont des prédateurs non spécifiques qui se nourrissent de pucerons. Trois générations par an, relativement mobiles.	Pertinent
Parasitoïdes (<i>Hymenoptera</i>) Exemples: <i>Aphidius rhopalosiphi</i> (de Stefani-Perez 1902). <i>Aphidius colemani</i> (Viereck 1912).	Adultes relativement spécifiques, important surtout comme parasitoïde de pucerons (<i>Aphididae</i>). Plusieurs générations par an, peu mobiles.	Pertinent
Carabes (<i>Carabidae</i>), Araignées (<i>Araneae</i>), Staphylinins (<i>Staphilinidae</i>) Exemples: <i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus 1758). <i>Pardosa</i> spp. <i>Aleochara bilineata</i> (Gyllenhaal 1810).	Larves et adultes sont des prédateurs non spécifiques qui vivent principalement au sol, là où ne se trouvent pas les pucerons, œufs et larves de criocères et de doryphore.	Ces trois groupes sont moins pertinents

¹⁾Pertinence du groupe d'auxiliaire par rapport aux ravageurs et aux cultures concernées.

Tableau 2 | Scénarios pour le blé d'automne

Scénario	Stratégie Criocères		Remarques
	Nom commercial	Matières actives (g ma/ha)	
A1	Biscaya	thiaclopride (48-72)	sans restriction
B1	Nomolt	téflubenzuron (60)	très restrictif
B2	Nomolt+Audienz	téflubenzuron (60) + spinosad (48)	très restrictif
C1	Nomolt+Biscaya	téflubenzuron (60) + thiaclopride (48-72)	avec autorisation cantonale

tance active et groupe d'auxiliaires ne sont pas toujours équivalentes; dans de tels cas, on a considéré la moyenne du taux de mortalité observé par les différentes sources pour une substance active et un groupe d'auxiliaire. Pour certaines substances actives, il n'y a même aucune information disponible.

Scénarios phytosanitaires

Les différents scénarios phytosanitaires utilisés dans cette évaluation sont décrits par Mouron *et al.* (2013). Ils comprennent toutes les interventions phytosanitaires (herbicides, fongicides et insecticides) usuellement réalisées dans les cultures de blé d'automne et de pommes de terre de consommation durant une saison. Les insecticides visent les criocères dans le blé, le doryphore et les pucerons du feuillage dans les pommes de terre. Les applications plus rares ont été exclues des scénarios, comme par exemple la lutte contre les pucerons des épis ou la mouche jaune des chaumes (*Chlorops pumilionis* [Bjerkander 1778]) dans le blé.

Dans le blé, quatre scénarios d'utilisation d'insecticides ont été définis (A1, B1, B2 et C1; tabl. 2). Dans

toutes ces variantes, un seul et même scénario fongicide a été suivi; il s'agit d'un traitement avec **azoxystrobine+cyproconazole** (Amistar Xtra) puis d'une application avec **spiroxamine+prothioconazole** (Input).

Dans les pommes de terre, sept scénarios d'utilisation d'insecticides ont été définis (A1, A2, B1, B2, B3, C1 et C2; tabl. 3). Dans toutes les variantes, un seul et même scénario fongicide a été suivi; il comprend les applications des substances actives suivantes: **mancozèbe** (dose cumulée = 4,5 x la dose d'emploi), **métalaxyl-M**, **fluazinam**, **benthiavalcarbe**, **mandipropamide**, **cymoxanil**, **zoxamide**, **dimétomorphe**, **cyazofamide**, **difénoconazole** et **chlorothalonil** (pour toutes les autres substances, la quantité appliquée correspond à la dose d'emploi normale).

Méthode d'évaluation

Les différentes sources utilisées classent généralement les substances actives dans trois ou quatre classes de toxicité. Par souci de synthèse et de robustesse, seules trois classes ont été retenues: N = inoffensif à peu toxique

Tableau 3 | Scénarios pour les pommes de terre de consommation

Scénario	Stratégie Doryphore		Stratégie Pucerons		Remarques
	Nom commercial	Matières actives I (g ma/ha)	Nom commercial	Matières actives II (g ma/ha)	
A1	Karate	lambda-cyhalotrine (7,5)	Biscaya	thiaclopride (72)	sans restriction
A2	Biscaya	thiaclopride (48)	Biscaya	thiaclopride (72)	sans restriction
B1	Nomolt+Audienz	téflubenzuron+spinosad (37,5 + 24)	Plenum ou Teppeki	pymétozine (150) ou flonicamide (80)	très restrictif
B2	Novodor+Audienz	<i>Bacillus thuringiensis</i> +spinosad (90-150 + 24)	Plenum ou Teppeki	pymétozine (150) ou flonicamide (80)	très restrictif
B3	Novodor (2x)	<i>Bacillus thuringiensis</i> (90-150)	Plenum ou Teppeki	pymétozine (150) ou flonicamide (80)	très restrictif
C1	Audienz	spinosad (24)	Plenum ou Teppeki	pymétozine (150) ou flonicamide (80)	avec autorisation cantonale. Présence du doryphore et des pucerons NON simultanée.
C2	Audienz	spinosad (24)	Biscaya	thiaclopride (72)	avec autorisation cantonale. Présence du doryphore et des pucerons simultanée.

Tableau 4 | Evaluation de la toxicité des substances actives sur les quatre groupes d'auxiliaires pertinents (GA)

Note finale	Impact sur chaque groupe d'auxiliaires pertinents (GA)	Description finale de l'impact sur l'ensemble des groupes d'auxiliaires pertinents (GA)
1	+/- tous N	Aucun GA n'est significativement altéré.
2	Plusieurs N, mais un GA avec M (évent. un T)	Un seul GA est moyennement à gravement altéré mais la fonction régulatrice reste clairement maintenue
3	Au moins 1 GA pertinent avec un N	La majorité des GA sont altérés mais au moins 1 GA n'est clairement pas altéré. La fonction régulatrice reste assurée.
4	Combinaison de M et T (ou tous M)	Les indications sont clairement données que la fonction régulatrice n'est plus assurée et que les GA sont fortement altérés
5	Tous T	Tous les GA sont fortement altérés, détruits. La fonction régulatrice des GA est compromise.

N = inoffensif à peu toxique 0-50 % de mortalité; M = moyennement toxique 50-75 % de mortalité; T = toxique >75 % de mortalité

(0–50% de mortalité); M = moyennement toxique (50–75 % de mortalité); T = toxique (>75 % de mortalité). L'évaluation a tout d'abord porté sur l'influence d'un seul traitement avec une substance active sur chaque groupe d'auxiliaires, puis l'impact a été évalué sur l'ensemble des quatre groupes d'auxiliaires. Pour pouvoir assurer une fonction régulatrice sur les ravageurs des deux cultures, au moins un des groupes d'auxiliaires pertinents doit être épargné par la substance active. Dans cette étude, on admet que le potentiel de régulation de ces quatre groupes d'auxiliaires est analogue. Suite à l'évaluation, cette dernière obtient une note finale de 1 à 5. Au-delà de la note 3, la fonction régulatrice des auxiliaires principaux n'est plus assurée (tabl. 4).

Dans un deuxième temps, la combinaison des effets de plusieurs substances actives sur chaque groupe d'auxiliaires a été évaluée de manière multiplicative. Ainsi, quand deux traitements occasionnent chacun 50 % de mortalité pour un groupe d'auxiliaires (classe M), il en résulte, selon le calcul $(1-0,5) \times (1-0,5) = 0,25$, un taux de survie de 25 % seulement, soit une classification T. De même, on obtient un taux de survie de 18,7 % en cumulant un traitement occasionnant 75 % de mortalité et une application qui provoque une mortalité de 25 % [$(1-0,75) \times (1-0,25) = 0,187$]. Cette méthodologie est également valable pour trois traitements ou plus et le tableau 5 montre les différentes catégories obtenues suite aux combinaisons des trois classes N, M et T. Cette méthode permet d'évaluer l'impact d'un scénario phytosanitaire comprenant plusieurs substances actives

Tableau 5 | Effet de la combinaison des différentes classes de mortalité lorsque plusieurs traitements (substances actives) sont utilisées sur un groupe d'auxiliaire

T et T = T	M et M = T	N et N = N ou M (évaluation détaillée)
T et M = T	M et N = M	
T et N = T		

N = inoffensif à peu toxique 0-50 % de mortalité; M = moyennement toxique 50-75 % de mortalité; T = toxique >75 % de mortalité.

insecticides et fongicides différentes sur l'ensemble des quatre groupes d'auxiliaires pertinents. Tout comme pour l'évaluation des matières actives seules, le scénario obtient une note finale de 1 à 5 dont la note 3 est la limite (tabl. 4).

Résultats

Impact d'une seule substance active

Les résultats des évaluations de l'impact d'une seule substance active sur l'ensemble des quatre groupes d'auxiliaires sont donnés dans le tableau 6. Les insecticides à base de *Bacillus thuringiensis*, de **flonicamide** et de **pymétrozine** n'altèrent aucun des groupes d'auxiliaires pertinents dans les cultures de céréales et de pommes de terre, et sont donc favorables à la faune auxiliaire. Les substances actives comme l'**azadirachtine**, le **diflubenzuron**, le **novaluron**, le **pirimicarbe**, le **spinosad** et le **téflubenzuron** permettent à au moins un groupe d'auxiliaires pertinents d'assurer une fonction régulatrice sur les ravageurs dans ces deux cultures. L'**acétamipride** et le **chlorantraniliprole** présentent une combinaison de toxicité moyenne à forte sur les groupes d'auxiliaires pertinents (note 4), tandis que les autres substances évaluées sont toutes toxiques (**alpha-cyperméthrine**, **bifenthrine**, **chlorpyrifos-éthyl**, **chlorpyrifos-méthyl**, **cyperméthrine**, **deltaméthrine**, **lambda-cyhalothrine**, **thiaclopride**, **thiaméthoxame** et **zéta-cyperméthrine**).

Impact d'un scénario phytosanitaire

Les résultats des évaluations de l'impact d'un scénario phytosanitaire sur l'ensemble des quatre groupes d'auxiliaires sont présentés pour le blé d'automne dans le tableau 7 et pour les pommes de terre de consommation dans le tableau 8.

Blé d'automne

Pour le blé d'automne, les scénarios étudiés se classent tous entre la note 3 et 5 envers les auxiliaires. Concernant les fongicides, il s'avère que la **spiroxamine** est

Tableau 6 | Catégorisation des substances actives insecticides au niveau de leur toxicité envers les groupes d'auxiliaires pertinents (GA): *Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae*, *Hymenoptera parasitoïdes* dans les céréales et les pommes de terre. Pour chaque catégorie de note, les substances actives sont classées par ordre alphabétique

Note finale	Substances actives	Impact sur les groupes d'auxiliaires (GA)	Impact sur la fonction régulatrice
1	<i>Bacillus thuringiensis</i> , flonicamide, pyméthrozine	+/- tous N	Fonction régulatrice assurée
2	huile de colza, huile de paraffine	Plusieurs N, mais 1 GA avec M (évent. T)	
3	azadirachtine, diflubenzuron, novaluron, pirimicarbe, spinosad, téflubenzuron	Au moins 1 GA avec un N	
4	acétamipride, chlorantraniliprole	Combinaison de M et T (un GA = M)	Fonction régulatrice NON assurée
5	alpha-cyperméthrine, bifenthrine, chlorpyrifos-éthyl, chlorpyrifos-méthyl, cyperméthrine, delta-méthrine, lambda-cyhalothrine, thiaclopride, thiaméthoxame, zéta-cyperméthrine	tous T (tous les GA = T)	

N = inoffensif à peu toxique 0-50 % de mortalité; M = moyennement toxique 50-75 % de mortalité; T = toxique >75 % de mortalité.

moyennement toxique pour les coccinelles et les parasitoïdes. Les variantes A1 et C1 avec l'insecticide **thiaclopride** obtiennent la note finale 5, car cette substance active est toxique pour trois groupes d'auxiliaires pertinents. Les variantes B1 et C1 avec le **téflubenzuron** donnent des résultats contrastés, car cette substance est toxique pour les coccinelles et moyennement toxique pour les chrysopes.

La variante B2 avec l'insecticide **spinosad** donne le meilleur résultat (note 3), car la substance active est neutre pour deux groupes d'auxiliaires pertinents. C'est le seul scénario qui permet d'assurer une fonction régulatrice pour au moins un groupe d'auxiliaires malgré l'utilisation du fongicide **spiroxamine** qui péjore un peu

la note finale. En renonçant à ce fongicide ou en en choisissant d'autres non toxiques pour les quatre groupes d'auxiliaires, la variante B2 obtiendrait la note 2. En revanche, cette option ne changerait pas la notation finale des autres variantes.

Pommes de terre de consommation

Dans les pommes de terre, les scénarios étudiés obtiennent des notes de 4 et 5 envers les auxiliaires. Les résultats montrent que le cumul des fongicides s'avère moyennement toxique pour les quatre groupes d'auxiliaires pertinents. Ceci est dû uniquement à l'emploi répété de **mancozèbe** qui altère les populations d'auxiliaires. En effet, avec cinq applications (dont certaines à dosages réduits),

Tableau 7 | Evaluation de la toxicité des scénarios sur les groupes d'auxiliaires clés dans le blé d'automne. Fongicides: une application avec Amistar Xtra (**azoxystrobine + cyproconazole**) puis une application avec Input (**spiroxamine + prothioconazole**)

	Scénario	Syrphes (<i>Syrphidae</i>)	Coccinelles (<i>Coccinellidae</i>)	Chrysopes (<i>Chrysopidae</i>)	Parasitoïdes (<i>Hymenoptera</i>)	Note finale
A1	Biscaya (thiaclopride)	?	T	T	T	
	Fongicides (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthèse	?	T	T	T	5
B1	Nomolt (téflubenzuron)	N	T	M	N	
	Audienz (spinosad)	?	N	N	T	
	Fongicides (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthèse	?	T	M	T	4
B2	Audienz (spinosad)	?	N	N	T	
	Fongicides (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthèse	?	M	N	T	3
C1	Nomolt (téflubenzuron)	N	T	M	N	
	Biscaya (thiaclopride)	?	T	T	T	
	Fongicides (Amistar Xtra+Input)	?+?	N+M	N+N	N+M	
	Synthèse	?	T	T	T	5

N = inoffensif à peu toxique 0-50 % de mortalité; M = moyennement toxique 50-75 % de mortalité; T = toxique >75 % de mortalité. ? = pas de données disponibles.

Tableau 8 | Evaluation de la toxicité des scénarios sur les groupes d'auxiliaires clés dans les pommes de terre de consommation. Fongicides: mancozèbe (dose cumulée = 4.5x la dose d'emploi), métalaxyl-M, fluazinam, bentiavalcarbe, mandipropamide, cymoxanil, zoxamide, dimétomorphe, cyazofamide, difénoconazole et chlorothalonil (pour ces dernières, la quantité appliquée correspond à la dose d'emploi)

Scénario		Syrphes (Syrphidae)	Coccinelles (Coccinellidae)	Chrysopes (Chrysopidae)	Parasitoïdes (Hymenoptera)	Note finale
A1	Karate (lambda-cyhalothrine)	?	T	T	T	
	Biscaya (thiaclopride)	?	T	T	T	
	Fongicides	M	M	M	M	
	Synthèse	?	T	T	T	5
A2	Biscaya 2x (thiaclopride)	?	T	T	T	
	Fongicides	M	M	M	M	
	Synthèse	?	T	T	T	5
B1	Nomolt (téflubenzuron)	N	T	M	N	
	Audienz (spinosad)	?	N	N	T	
	Plenum (pymétrozine) ou Teppeki (flonicamide)	? ou N	N ou N	N ou N	N ou N	
	Fongicides	M	M	M	M	
	Synthèse	?	T	T	T	5
B2	Novodor (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	N	N-M	N	N	
	Audienz (spinosad)	?	N	N	T	
	Plenum (pymétrozine) ou Teppeki (flonicamide)	? ou N	N ou N	N ou N	N ou N	
	Fongicides	M	M	M	M	
	Synthèse	?	M	M	T	4
B3	Novodor 2x (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	N	N-M	N	N	
	Plenum (pymétrozine) ou Teppeki (flonicamide)	? ou N	N ou N	N ou N	N ou N	
	Fongicides	M	M	M	M	
	Synthèse	? ou M	M	M	M	4
C1	Audienz (spinosad)	?	N	N	T	
	Plenum (pymétrozine) ou Teppeki (flonicamide)	? ou N	N ou N	N ou N	N ou N	
	Fongicides	M	M	M	M	
	Synthèse	?	M	M	T	4
C2	Audienz (spinosad)	?	N	N	T	
	Biscaya (thiaclopride)	?	T	T	T	
	Fongicides	M	M	M	M	
	Synthèse	?	T	T	T	5

N = inoffensif à peu toxique 0-50 % de mortalité; M = moyennement toxique 50-75 % de mortalité; T = toxique >75 % de mortalité; ? = pas de données disponibles.

la dose cumulée de ce fongicide correspond à 4,5 fois la dose d'emploi simple soit 10 kg ma/ha. Les résultats de Mills (2006) montrent qu'à la suite d'applications répétées de cette matière active correspondant à 6,3 à 7,7 kg ma/ha, les populations de parasitoïdes comme *Aphidius rhopalosiphii* de Stefani-Perez 1902 et de *Chrysoperla carnea* (Stephens 1836) sont légèrement altérées. Les applications répétées de mancozèbe ont donc été considérées comme moyennement toxiques à l'égard des quatre groupes d'auxiliaires, tandis qu'une seule application de

cette substance est considérée comme neutre à peu toxique. Les scénarios A1, A2 et C2 avec l'insecticide thiaclopride obtiennent la note 5, car cette substance active est toxique pour trois groupes d'auxiliaires pertinents.

Le scénario B1 avec le téflubenzuron donne des résultats contrastés, car cette substance est toxique pour les coccinelles et moyennement toxique pour les chrysopes.

L'emploi de flonicamide ou de pymétrozine pour lutter contre les pucerons du feuillage n'a aucune

influence sur le résultat final du scénario, car ces deux substances actives sont neutres à peu toxiques pour les quatre groupes d'auxiliaires pertinents (même si pour la **pymétrozine** on ne dispose pas de données concernant les syrphes).

Avec l'utilisation de **mancozèbe**, aucune variante n'obtient une note finale en dessous de 4, synonyme d'une fonction régulatrice assurée. Les moins mauvaises variantes avec la note finale de 4 sont donc B2, B3 et C1. En renonçant ou en limitant fortement l'utilisation de ce fongicide ou en choisissant d'autres non toxiques pour les quatre groupes d'auxiliaires, la variante B3 obtiendrait la meilleure note 1–2 (au lieu de 4). Mais ceci ne serait valable que lors d'une faible pression du doryphore, car le *Bacillus thuringiensis* n'est efficace que contre les jeunes larves de stades L1 et L2. De même, les variantes C1 et B2 obtiendraient la note respectivement de 2 et 2–3 (au lieu de 4). L'utilisation de **spinosad** permet une lutte efficace lorsque la pression du doryphore est importante, car cette substance active est efficace contre tous les stades du ravageur. Par contre, ces scénarios sans **mancozèbe** ne changeraient pas la note finale 5 pour les variantes A1, A2 et C2.

Discussions

L'étude a permis de classifier et d'identifier les substances actives et les scénarios pouvant engendrer des impacts négatifs sur la fonction régulatrice des groupes d'auxiliaires pertinents dans les céréales et les pommes de terre.

Actuellement, les restrictions d'utilisation PER pour les produits de traitement dans les grandes cultures ne concernent que les insecticides. Ce travail a montré que certains fongicides peuvent également engendrer des effets négatifs sur les auxiliaires. Ainsi, l'usage de la **spiroxamine** dans les céréales et l'application répétée de **mancozèbe** dans les pommes de terre peuvent avoir un impact non négligeable sur les auxiliaires.

Malgré le fait que la méthodologie utilisée dans cette étude permet un schéma d'analyse reproductible et cohérent, les sources utilisées sont pour certaines substances actives parfois incomplètes, lacunaires ou dans certains cas contradictoires. Ces données reposent principalement sur des études conduites en laboratoire ou en conditions contrôlées sous abris (*semi-field tests*). Dans un contexte global, l'effet des substances actives seules ou de scénarios considérant tous les paramètres extérieurs et l'agroécosystème dans son ensemble (climats, régions, interactions des populations et peuplements de ravageurs et auxiliaires, etc.) permettraient d'avoir une vision plus réaliste de la situation au champ (*field tests*).

De telles études de plein champ manquent souvent, mais seraient souhaitables pour affiner et valider les évaluations. De plus, si le choix des principaux auxiliaires est cohérent, la non prise en compte des prédateurs du sol comme les carabes et les araignées est discutable.

Biondi *et al.* (2012), mentionnent dans leur synthèse des résultats similaires aux nôtres concernant le **spinosad**, dans des conditions de laboratoire ou aux champs. Ainsi, si les résidus de **spinosad** n'ont pas d'effets significatifs sur *Chrysoperla carnea*, les femelles de *Coccinella septempunctata* Linnaeus 1758 et les larves et adultes de *Adalia bipunctata* (Linnaeus 1758), ils ont une toxicité aigüe sur 22 espèces d'hyménoptères parasitoïdes dont *Aphidius colemani* Viereck 1912 et *Trichogramma* spp.

Conclusions

- Cette évaluation de la toxicité des insecticides sur les auxiliaires dans le blé d'automne et les pommes de terre de consommation a permis de définir les substances actives ou les scénarios ayant un impact négatif sur la fonction régulatrice des groupes d'auxiliaires pertinents dans ces cultures.
- Ces résultats peuvent servir d'outil d'aide à la décision.
- Dans le blé d'automne, les résultats montrent que l'utilisation de **spinosad** ou de **téflubenzuron** contre les criocères, mais dans ce dernier cas sans **spiroxamine**, est à privilégier pour ménager les auxiliaires.
- Dans les pommes de terre de consommation, les résultats montrent que l'utilisation de *Bacillus thuringiensis* et/ou **spinosad** contre le doryphore et/ou **pymétrozine** ou **flonicamide** contre les pucerons est à privilégier pour ménager les auxiliaires. Dans nos scénarios, il est préférable de limiter les applications de **mancozèbe**.
- Les connaissances actuelles sur la toxicité des insecticides et spécialement des fongicides sur les auxiliaires sont partielles et basées sur des données obtenues en laboratoire ou en conditions contrôlées (*semi-field tests*). Les conclusions de l'analyse des scénarios mériteraient d'être validées en conditions réelles aux champs (*field tests*). ■

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Bernard Chaubet de l'INRA et Encyclop'aphid (www.inra.fr/encyclopedie-pucerons) INRA- UMR IGEPP (www.rennes.inra.fr/igepp) de nous avoir mis à disposition la photo de *Aphidius rhopalosiphii*, ainsi que M. François Verheggen de l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège – Belgique) pour la mise à disposition de la photo de la larve de *Episyrphus balteatus*. Merci enfin à M. Mario Waldburger (Agroscope) pour la mise à disposition des six autres photos.

Riassunto

Influenza degli insetticidi sugli ausiliari presenti nelle colture di cereali e di patate

Nelle prestazioni ecologiche richieste (PER) solitamente alcuni insetticidi, rispettosi nei confronti degli ausiliari (insetti utili) sono liberamente omologati per la coltura svizzera. Con l'arrivo di nuovi prodotti fitosanitari negli ultimi anni sia le autorità, sia la pratica auspica una nuova valutazione della tossicità degli insetticidi. Una valutazione basata sulle indicazioni della letteratura ha permesso di evidenziare quali sostanze attive rispettano – o non rispettano – quattro gruppi d'ausiliari pertinenti precedentemente selezionati (*Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* e imenotteri parassitoidi). In un secondo tempo si è valutata la tossicità nei confronti dei quattro gruppi d'ausiliari sulla base di diversi scenari fitosanitari prestabiliti (Mouron *et al.* 2013), comprendenti insetticidi e fungicidi. Questi scenari concernono la lotta contro le crioce del frumento autunnale e la lotta contro la dorifora e gli afidi del fogliame della patata di consumo. I risultati hanno mostrato quali scenari e, soprattutto, quali sostanze attive hanno un effetto negativo su questa fauna utile. Inoltre, essi mostrano anche che alcuni fungicidi o la loro ripetuta applicazione possono aver un impatto negativo sugli ausiliari. Tutti questi dati si basano principalmente su prove in laboratorio e in condizioni controllate in coltivazione protetta. Meriterebbero tuttavia, di essere verificate in pieno campo.

Summary

Influence of insecticides on beneficial arthropods in cereals and potatoes

The Swiss program on ecological production restricts the range of insecticides approved for pest control to those with relatively little impact on beneficial arthropods. With the arrival of new crop protection products over the last few years, a re-evaluation of the toxicity of insecticides has been requested by both the official authorities and farmers. The present study used data from the scientific literature to rank several insecticides based on their side effects on selected groups of beneficial insects: *Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* and parasitic wasps. In a second step, different plant protection scenarios, including the use of insecticides and fungicides, were evaluated for their impact on beneficial insects. The scenarios focused on the control of the cereal leaf beetle in wheat as well as the control of Colorado beetle and aphids in potato. The results showed that certain scenarios and especially certain active substances will likely have adverse effects on the beneficial fauna. Furthermore, some fungicides may also have a negative impact on beneficials if applied repeatedly. All available data on non-target effects was obtained in laboratory or semi-field experiments. Validation under the field conditions would be very valuable.

Key words: sustainable agriculture, plant protection strategies, insecticide, toxicity evaluation, beneficial's arthropods, side effects, potato, wheat.

Bibliographie

- Biondi A., Mommaerts V., Smaghe G., Viñuela E., Zappala L. & Desneux N., 2012. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest Manag Sci* **68**, 1523–1536.
- Biobest 2012, Biological systems for sustainable crop management. Accès: <http://www.biobest.be/neveneffecten/2/search-itmq/> [20.06.2012]
- Borgemeister C., 1991. Primär- und Hyperparasitoiden von Getreideblattläusen: Interaktionen und Beeinflussung durch Insektizide. *Agrarökologie* Band 3, Verlag P. Haupt, Bern, Stuttgart und Wien, 191 p.
- E-phy, 2012. Catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France. Ministère français de l'agriculture et de la pêche. Accès: <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> [+20.06.2012]
- Groupe Ecotoxicologie de Agroscope Changins-Wädenswil, 2008. Rapports internes des effets secondaires des produits/substances actives sur les arthropodes non cibles (dont les auxiliaires).
- IOBC/OILB, IOBCwrps Working Group «Pesticides and Beneficial Organisms & IOBCwrps Commission IP Guidelines and Endorsement», 2005. Accès: http://www.iobc-wrps.org/ip_ipm/IOBC_IP_Tool_Box.html [20.06.2012].
- Mills M., 2006. Mancozeb : A profile of effects on beneficial and non-target arthropods. *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC/wrps Bulletin* **29** (10), 67-79.
- Mouron P., Calabrese C., Breitenmoser S., Spycher S. & Baur R., 2013. Evaluation de l'impact des insecticides sur la durabilité dans les cultures. *Recherche Agronomique Suisse* **4** (9), 368–375.
- Obst A. & Volker H. P., 1993. *Krankheiten und Schädlinge des Getreides*. Ed. Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, 159–165.
- Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture (OPD) du 7 décembre 1998 (Etat le 1^{er} janvier 2013). RS 910.13. Accès: <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983379/index.html> [05.06.2013]
- Ordonnance sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (OPPh) du 12 mai 2010 (Etat le 1^{er} février 2013). RS 916.161. Accès: <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20100203/index.html> [05.06.2013]
- Radtke W. & Rieckmann W., 1991. *Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel*. Ed. Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer, 85–140.
- Wirth J., Linder Ch., Höhn H., Dubuis P.-H. & Gölles M., 2011a. Index phytosanitaire pour l'arboriculture «Guide Arbo» 2011. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **43** (1).
- Wirth J., Linder Ch., Höhn H., Dubuis P.-H. & Naef A., 2011b. Index phytosanitaire pour la viticulture «Guide Viti» 2011. *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **43** (1).