

ETABLISSEMENT DE LISTES DE SELECTIVITE DE PESTICIDES VIS-A-VIS DE L'ENTOMOFAUNE UTILE DANS LE CADRE DU DEVELOPPEMENT DE PROGRAMMES DE LUTTE INTEGREE EN CULTURE DE POMMES DE TERRE DE CONSOMMATION

HAUTIER L.¹, JANSEN J.-P.¹, SCHIFFERS B.², DELEU R.²

¹ Département de Lutte biologique et Ressources phytogénétiques, Centre wallon de Recherches Agronomiques, Chemin de Liroux, 2, B-5030 Gembloux, Belgique

² Unité de Chimie analytique et Phytopharmacie, Faculté universitaire des Sciences Agronomiques, Passage des Déportés, 2, B-5030 Gembloux, Belgique

Résumé

Dans le but de promouvoir la lutte intégrée en culture de pommes de terre de consommation, des listes de sélectivité de pesticides vis-à-vis de l'entomofaune utile ont été établies. Au total, la toxicité de 19 fongicides, 4 herbicides et 11 insecticides a été évaluée sur trois espèces représentatives de l'entomofaune utile, à savoir l'hyménoptère parasite *Aphidius rhopalosiphi* (De Stefani-Perez) (Hym., Aphidiidae), la coccinelle *Adalia bipunctata* (L.) (Col., Coccinellidae) et le syrphé *Episyrphus balteatus* (Dipt., Syrphidae). Dans un premier temps, les pesticides ont d'abord été testés sur verre et les produits provoquant une mortalité corrigée (Mc) inférieure à 30 % ont été considérés comme sélectifs. Les pesticides pour lesquels la mortalité était supérieure à 30% ont ensuite été testés sur plantes en conditions semi-contrôlées. Sur base des résultats de ce test, ils ont été classés en quatre groupes : sélectif (Mc < 30 %), moyennement sélectif (30 % < Mc < 60 %), peu sélectif (60% < Mc < 80 %), non sélectif (Mc > 80 %). Lors de chaque test, tant sur verre que sur plantes, un dosage chimique a été effectué dans le but de connaître avec exactitude la concentration en pesticide à laquelle l'insecte utile a été exposé et de valider les techniques d'application. En fonction de ces résultats de toxicité aiguë, des périodes normales d'application des différents pesticides et de la phénologie des arthropodes utiles, 4 listes de sélectivité ont été établies, chacune correspondant à une période déterminée : Période 1 - du semis jusque début juin (sélectivité vis-à-vis d'*A. rhopalosiphi*), Période 2 - début juin jusqu'à la fin juin (sélectivité vis-à-vis d'*A. rhopalosiphi*), Période 3- début juillet jusqu'à la fin juillet (sélectivité vis-à-vis d'*E. balteatus* et d'*A. bipunctata*) et Période 4 - août jusqu'à la récolte (pas d'exposition).

Les résultats indiquent que tous les herbicides testés sont sélectifs et peuvent être utilisés sans restriction particulière. Au niveau des fongicides, aucun produit n'était toxique pour un des trois auxiliaires, à l'exception du mélange métalaxyl M et fluazinam qui était moyennement sélectif pour les coccinelles. Par contre aucun des insecticides testés ne s'est montré sélectif en même temps pour ces trois auxiliaires. De ce fait, ils doivent être employés selon certaines restrictions en fonction des auxiliaires à préserver.

Abstract

In order to promote IPM programs in potato, the toxicity of 19 fungicides, 4 herbicides and 11 insecticides commonly used in Belgium in this crop was assessed on three beneficial arthropods. These species were representative of the most important aphid specific natural enemies encountered in potatoes: parasitic wasps - *Aphidius rhopalosiphi* (De Stefani-Perez) (Hym., Aphidiidae), ladybirds - *Adalia bipunctata* (L.) (Col., Coccinellidae) and hoverfly - *Episyrphus balteatus* (Dipt., Syrphidae).

Pesticides were tested in a first time on glass plates on adults of *A. rhopalosiphi* and larvae of *A. bipunctata* and *E. balteatus*. For each insect, products with corrected mortality (Mc) lower than 30% were retained for the constitution of positive list (green list) and other compounds were further tested on plants, with the help of an extended laboratory test, and listed in toxicity class according to mortalities obtained in this last test : harmless (Mc <30%), slightly harmful (30% < Mc < 60%),

moderately harmful ($60\% < Mc < 80\%$) and harmful ($Mc > 80\%$). A chemical dosage of pesticides residues was also performed for each experiment in order to determine the exposure of beneficial to pesticide residue and to validate application of chemicals on tested substrates.

On basis of toxicity test results, the period of each pesticide use according to normal agricultural practices and the abundance and importance of the three different groups of aphid natural enemies at different periods of the year, four pesticides lists were build up, corresponding to four different periods of application: Period I - from seedling to beginning of June (based on *A. rhopalosiphi* tests), Period II - beginning to end of June (based on *A. rhopalosiphi* tests), Period III - beginning to end of July (based on *E. balteatus* and *A. bipunctata* tests) and Period IV - August to harvest (no exposure of beneficials). Results showed that herbicides were not toxic to the three species and can be used according to normal agricultural practices without restrictions. All fungicides can also be used without restrictions at recommended rates. Only the mixture Metalaxyl-M + Fluazinam was slightly toxic to *A. bipunctata* but had no effects on *A. rhopalosiphi* and *E. balteatus*. Results were more contrasted for insecticides and none of them was totally selective for the 3 beneficial arthropods. According to this, they can only be used with restrictions at periods II and III, considering the beneficials to be protected.

Introduction

L'utilisation de pesticides non sélectifs vis-à-vis des ennemis naturels des ravageurs a régulièrement des conséquences négatives importantes. L'élimination par un pesticide des parasites et des prédateurs des ravageurs des cultures permet un développement rapide de ces derniers peu après un traitement destiné à les combattre, avec souvent des niveaux de populations très supérieurs avec ceux observés peu avant l'intervention insecticide (Ripper, 1956; Pimentel, 1961; Besemer, 1964; Vickerman & Sunderland, 1977; Shires, 1985; Borgemeister & Poehling, 1989; Croft & Slone, 1998). L'apparition de ravageurs considérés auparavant comme économiquement secondaires, favorisée par l'élimination de leurs ennemis naturels, est également une conséquence fréquemment observée de l'utilisation de pesticides non sélectifs, que ce soit insecticide, herbicide ou fongicide (Adams & Drew, 1965; Nanne & Radcliffe, 1971; Brown, 1978; Sotherton *et al.*, 1987; Sotherton & Moreby, 1988; Lagnaoui & Radcliffe, 1998). Ces deux phénomènes, tout à fait évitables si des pesticides sélectifs avaient été utilisés au départ, entraînent une multiplication inutile des traitements, augmentent les coûts de productions et l'impact négatif de la lutte sur la santé humaine et l'environnement. Dans le contexte du développement d'une agriculture durable et la mise en place de systèmes de production intégrée, l'utilisation de pesticides sélectifs vis-à-vis des ennemis naturels des ravageurs est devenue une nécessité, fréquemment exigée dans les cahiers des charges et les standards de qualité comme EUREPGAP, PERFECT et GIQF.

En Belgique, parmi les différentes cultures herbacées, la pomme de terre est une des plus grandes consommatrice de produits phytosanitaires, en raison notamment de l'utilisation de variétés très sensibles au mildiou et d'un climat généralement humide en été. La protection fongicide de cette culture est complexe et nécessite en moyenne 7 à 10 traitements fongicides en système raisonné et 11 à 15 traitements en système non raisonné, du début du mois de mai jusqu'au défanage (Michelante *et al.*, 1998). Au niveau des ravageurs, les pucerons peuvent également nécessiter une intervention insecticide en pomme de terre de consommation. Cependant, la plupart du temps, ils sont parfaitement contrôlés par leurs ennemis naturels, constitués principalement par les hyménoptères parasites Aphidiidae et les prédateurs aphidiphages comme les syrphes et coccinelles (Jansen, 2000). Sur base des observations de ces dix dernières années, une intervention insecticide n'est nécessaire en moyenne que sur 1 parcelle sur 6 (Jansen, 2002). Vu l'importance de ce contrôle naturel, il est clair que tout produit non sélectif pour les principaux ennemis naturels des pucerons, que ce soit herbicide, fongicide ou insecticide, peut avoir des conséquences négatives importantes et augmenter inutilement le recours aux insecticides.

L'objectif de ce travail est de mesurer la sélectivité des pesticides utilisés en pomme de terre vis-à-vis des principaux ennemis naturels des pucerons et de mettre ces informations à la disposition des agriculteurs, sous forme de liste de sélectivité. Ces listes s'intègrent aux programmes de lutte intégrée et de réductions d'intrants en pomme de terre permises par les systèmes d'avertissements relatifs au mildiou et aux ravageurs et devraient permettre de garantir le développement d'une production intégrée de qualité.

Matériel et méthodes

La construction des listes de sélectivité est basée sur la toxicité intrinsèque de chaque pesticide vis-à-vis des auxiliaires retenus, de la phénologie de ces auxiliaires et des périodes d'application des différents pesticides afin de disposer, pour chaque pesticide, de sa toxicité pour les auxiliaires-clés présents dans la culture au moment où le produit est normalement employé.

Phénologie des arthropodes utiles

La phénologie des différents auxiliaires rencontrés en culture de pomme de terre de consommation a été établie sur base d'observations en champs réalisées dans différentes régions de Belgique, entre 1994 et 2002, dans le cadre des systèmes d'avertissements relatifs au puceron de la pomme de terre, où la dynamique des populations du ravageur et de ses ennemis naturels étaient suivis par inspection visuelle en saison (Jansen, 2002).

Pesticides et périodes d'application

19 fongicides, 11 insecticides et 4 herbicides couramment utilisés en culture de pommes de terre ont été testés lors de ce travail sous forme de produit formulé. Les insecticides et herbicides ont été testés à leur dose maximale recommandée, sur base d'une application unique, tandis que les fongicides ont été testés à 1.5x la dose d'application recommandée pour prendre en considération les applications répétées des fongicides. La liste des produits et les doses testées sont reprises au tableau 1. Pour la constitution des différentes listes, les périodes d'application des différents pesticides ont été établies selon les bonnes pratiques agricoles.

Détermination de la toxicité

La toxicité des différents pesticides à l'égard des arthropodes utiles a été évaluée en suivant les lignes directrices internationales fixées par le SETAC (Barrett *et al.*, 1994) et la méthodologie originale développée par Copin *et al.* (2001). Pour réaliser les tests de toxicité, trois insectes utiles ont été retenus: l'Hyménoptère parasite *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez (Hym. ; Aphidiidae), la coccinelle *Adalia bipunctata* (L.) (Col. ; Coccinellidae) et le syrphé *Episyrphus balteatus* (De Geer.) (Dipt. ; Syrphidae).

La toxicité a été évaluée selon un schéma de test séquentiel comprenant une première évaluation de la toxicité aiguë sur substrat inerte (verre) suivie d'une évaluation de la toxicité sur substrat naturel (féverole pour le syrphé et la coccinelle, escourgeon pour l'hyménoptère parasite) pour les produits dont la mortalité corrigée était supérieure à 30% lors du test sur substrat inerte. En fonction des mortalités corrigées obtenues après 48h (verre, parasites sur plante) ou 72h (prédateurs sur plante), les produits ont été classés en 4 catégories:

- catégorie "verte", produit sélectif : $Mc < 30\%$ sur verre ou sur plante
- catégorie "jaune", produit moyennement sélectif : $30\% < Mc < 60\%$ sur plante
- catégorie "orange", produit peu sélectif : $60\% < Mc < 80\%$ sur plante
- catégorie "rouge", produit non sélectif $Mc > 80\%$ sur plante

Toutes les applications ont été réalisées à l'aide d'un pulvérisateur pneumatique, sur base d'un volume de bouillie de $200 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ et avec un coefficient de variation inférieur à 10%. Lors de chaque test, tant sur verre que sur plantes, un dosage chimique des dépôts de matière active en début et en fin de test a été réalisé dans le but de connaître avec exactitude la concentration en pesticide à laquelle l'insecte utile a été exposé et l'évolution dans le temps des résidus après application (Copin *et al.*, 2001). En fonction de ces résultats, les composés ont été considérés comme stables si au moins 85 % de la dose appliquée était retrouvée 48h après application sur verre et instable si moins de 85% était retrouvé.

Tableau 1. Liste des produits testés, doses théoriques, analyses chimiques et évaluation de la stabilité des composés sur substrat inerte S = stable ; I = instable (* le dosage quantitatif n'a pas pu être réalisé)

Substances actives	Formulations commerciales	Doses théoriques (g s.a./ ha)	Pourcentage de la dose théorique retrouvé sur substrat inerte			Pourcentage de résidus des substances actives après 48 heures par rapport au dépôt initial			
			<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. bipunctata</i>	<i>E. balteatus</i>	<i>A. rhopalosiphi</i>	<i>A. bipunctata</i>	<i>E. balteatus</i>	
Fongicides	Benalaxyl + Mancozèbe	GALBEN M - WP	300 + 2437,5	119 + 96	119 + 96	119 + 96	95 + 81	67 + 81	72 + 78
	Chlorothalonil	CLORTOSIP - SC	2250	93	96	106	97 + 65	96 + 51	99 + 51
	Chlorothalonil + Propamocarbe	TATTOO C - SC	1518,7 + 1518,7	83 + 81	98 + 97	110 + 111	99	95	100
	Cyazofamide+ heptaméthyltridioxane	RANMAN - SC	120 + 190,3	100	100	100	101	101	86
	Cymoxanil + Mancozèbe	CURZATE M - WP	135 + 1950	103 + 99	97 + 103	103 + 99	101 + 80	100 + 82	100 + 91
	Cymoxanil + Métirame	AVISO - WG	216 + 2880	101+ 93	101 + 93	101 + 93	99 + 101	98 + 100	98 + 102
	Cymoxanil + Famoxadone	TANOS - WG	225 + 225	112 + 114	112 + 114	112 + 114	100 + 100	101 + 102	99 + 99
	Diméthomorphe + Mancozèbe	ACROBAT EXTRA - WG	225 + 2512,5	101 + 103	101 + 103	101 + 100	102 + 89	98 + 92	99 + 91
	Fluazinam	SHIRLAN - SC	300	93	93	93	90	54	65
	Hydroxyde de cuivre	KOCIDE - WG	2400	82	90	86	104	99	89
	Mancozèbe	DEQUIMAN MZ - WG	4800	101	103	103	86	88	86
	Mancozèbe + Zoxamide	UNIKAT PRO - WG	1800,9 + 224	97 + 98	97 + 98	97 + 98	76 + 101	71 + 84	84 + 75
	Manèbe	TRICARBAMIX EXTRA - WG	4800	105	94	81	67	78	81
	Métalaxyl-M + Fluazinam	EPOK 600 - EC	150 + 300	100 + 104	100 + 104	100 + 104	105 + 97	78 + 96	88 + 97
	Métalaxyl-M + Mancozèbe	RIDOMIL GOLD SPECIAL 68 - WP	150 + 2400	100 + 98	100 + 98	100 + 98	70 + 77	12 + 77	35 + 64
	Oxychlorure de cuivre	CUPRAVIT FORTE - WP	3750	106	106	81	89	89	87
	Propinèbe	ANTRACOL - WP	3150	17	12	10	74	74	75
Propinèbe + Oxychlorure de cuivre	CUPRO-ANTRACOL - WP	2775 + 1312,5	* + 104	* + 104	* + 104	* + 92	* + 91	* + 83	
Sulfate de cuivre	MACC80 BOUILLIE BORDELAISE - WP	3750	69	69	69	100	92	100	
Herbicides	Bentazone	BASAGRAN - SG	1440	104	104	118	96	93	85
	Clethodime	SELECT 240 - EC	120	91	91	91	34	44	20
	Cycloxydime	FOCUS PLUS - EC	600	100	100	100	92	97	98
	Métribuzine	SENCOR - WG	350	100	99	100	103	99	102
Insecticides	Alpha-cyperméthrine	FASTAC - EC	12,5	105	105	111	96	102	98
	Carbaryl	CARBISAN - WP	768	90	90	90	53	42	48
	Cyperméthrine	CYMTOP 100 - EC	25	110	110	110	96	97	99
	Deltaméthrine	DECIS 2,5 - EC	7,5	96	71	93	100	99	101
	Diméthoate	HERMOOTROX - EC	200	106	117	105	66	80	108
	Esfenvalérate	SUMI ALPHA - EC	7,5	96	96	99	98	102	112
	Lambda-cyhalothrine	KARATE ZEON - CS	7,5	113	113	113	93	96	96
	Lambda-cyhalothrine + Pirimicarbe	OKAPI - EC	7,5 + 150	98 + 96	99 + 96	103 + 96	103 + 8	98 + 17	96 + 8
	Phosalone	ZOLONE FLO - SC	750	68	70	70	101	100	100
	Pirimicarbe	PIRIMOR - WG	200	60	60	56	24	14	56
Zeta-cyperméthrine	FURY 10 - EW	10	101	101	101	98	100	101	

Résultats et discussion

Phénologie des arthropodes utiles et périodes d'application des pesticides

En culture de pommes de terre de consommation, les principaux insectes utiles qui régulent les populations aphidiennes sont les hyménoptères parasites et les prédateurs de pucerons, essentiellement coccinelles et syrphes (Jansen, 2000 ; Jansen, 2002). La phénologie de ces auxiliaires, sur base des observations réalisées entre 1994 et 2002 est reprise à la figure 1. Les hyménoptères Aphidiidae sont les premiers auxiliaires actifs, arrivant dans la culture pratiquement en même temps que les premiers pucerons. Des pucerons ailés parasités sont régulièrement retrouvés en début de saison, indiquant que les parasites peuvent coloniser la culture sous forme d'œufs ou de larves. Les coccinelles et les syrphes s'installent plus tardivement. Les premiers œufs sont détectés à partir de la fin juin lorsque les populations de pucerons sont suffisantes pour permettre le développement de leur progéniture (Dixon, 2000), et sont actives jusqu'au déclin des populations de pucerons, survenant entre le 15 juillet et la fin juillet, au plus tard. Ce déclin, rapide et brutal, est à la fois la conséquence de l'apparition en masse de formes ailées des pucerons et de leur émigration, de l'efficacité des auxiliaires et de changements physiologiques de la plante, induisant un ralentissement du développement des pucerons (Karley *et al.*, 2003). Après ce déclin, les auxiliaires émigrent vers d'autres cultures ou écosystèmes afin de continuer leur développement.

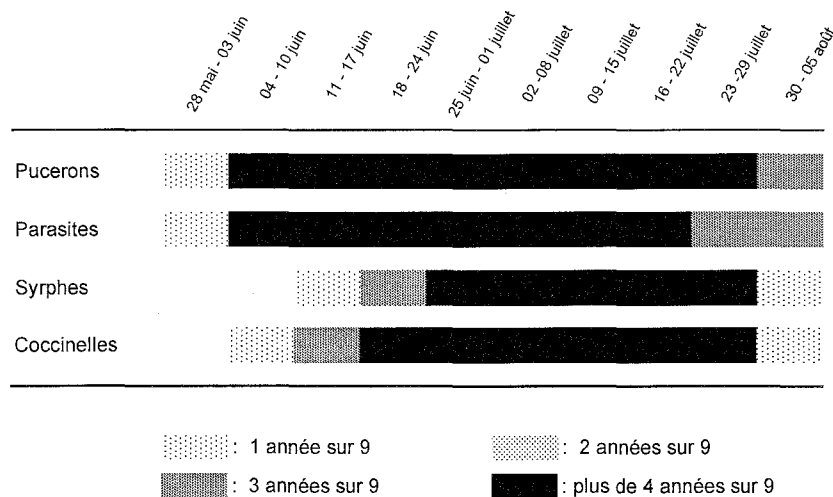


Figure 1. Fréquence d'apparition des pucerons et des aphidiphages en culture de pommes de terre en Belgique entre 1994 et 2002.

En se basant sur la phénologie des auxiliaires présentées ci-dessus et sur les dates d'application, il est possible de scinder l'année culturale en quatre périodes. La première, se terminant vers le 10 juin, voit l'arrivée des premiers hyménoptères parasites. Ils peuvent être exposés aux fongicides appliqués pour lutter contre le mildiou ainsi qu'à des herbicides appliqués en post-émergence. La deuxième période, s'étalant du 10 juin au 30 juin, est caractérisée par l'installation des hyménoptères parasites. Ils peuvent être touchés à la fois par les traitements fongicides et insecticides. Ensuite du 1^{er} au 30 juillet, troisième période, les coccinelles et les syrphes vont à leur tour s'installer et devenir les auxiliaires les plus actifs, en terme de contrôle des populations de pucerons. Ils peuvent entrer en contact comme les hyménoptères parasites avec les traitements fongicides et insecticides. A partir de début Août (quatrième période), les populations de pucerons sont devenues quasi-nulles et les auxiliaires ont pratiquement tous émigrés vers d'autres cultures.

La construction des listes a été réalisée en se basant pour les périodes 1 et 2 sur la sélectivité des fongicides, herbicides et insecticides sur les Hyménoptères parasites, pour la période 3 sur la

sélectivité des insecticides et fongicides vis-à-vis des coccinelles et des syrphes (moyenne des 2 résultats) tandis que pour la période 4, vu l'absence d'exposition, il n'y a pas de restriction d'usage des fongicides sur base de leur toxicité éventuelle pour les auxiliaires.

Détermination de la toxicité aiguë

Tests sur *Aphidius rhopalosiphi*

Au terme des essais réalisés sur verre et en conditions semi-contrôlées sur plantes entières, tous les fongicides et herbicides se sont montrés sélectifs vis-à-vis de cet hyménoptère parasite sur verre ou sur plante. Parmi les 11 insecticides testés, six insecticides se sont avérés sélectifs (cyperméthrine, esfenvalérate, lambda-cyhalothrine, pirimicarbe, zetacyperméthrine et l'association lambda-cyhalothrine + pirimicarbe). Les autres sont soit moyennement sélectifs (alpha-cyperméthrine, carbaryl et phosalone), peu sélectif (deltaméthrine), voire non sélectif (diméthoate).

Tests sur *Adalia bipunctata*

Tous les fongicides testés se sont révélés sélectifs à l'égard de cette coccinelle, à l'exception du mélange métalaxyl-M + fluazinam, qui est apparu moyennement sélectif. Pour les insecticides, seul le pirimicarbe s'est avéré sélectif envers *A. bipunctata*, tous les autres produits testés étant très toxiques pour cette coccinelle, avec des mortalités sur plante supérieures à 80% et bien souvent égales à 100%.

Tests sur *Episyrphus balteatus*

Tous les fongicides se sont montrés sélectifs vis-à-vis d'*E. balteatus*. Sur les 11 insecticides testés, cinq se sont avérés sélectifs pour les syrphes (alpha-cyperméthrine, carbaryl, esfenvalérate, lambda-cyhalothrine et zeta-cyperméthrine). Les autres sont moyennement sélectifs comme la phosalone, peu sélectifs tels que la cyperméthrine et la deltaméthrine ou encore non sélectifs comme le diméthoate, le pirimicarbe et l'association lambda-cyhalothrine + pirimicarbe.

Sur base de ces résultats, il est à noter qu'aucun insecticide n'est sélectif en même temps vis à vis des trois arthropodes utiles testés. Certains comme le diméthoate ou la deltaméthrine sont peu recommandables dans un programme de lutte intégrée vu leur manque de sélectivité. D'autres sont sélectifs uniquement pour les hyménoptères parasites et toxiques pour les prédateurs comme l'association lambda-cyhalothrine + pirimicarbe ou encore la cyperméthrine. Enfin, aucun insecticide actuellement agréé n'est sélectif à la fois pour les syrphes et les coccinelles. Ainsi, afin de les utiliser au mieux dans le cadre d'un programme de lutte intégrée sans nuire aux insectes utiles, il faudra donc positionner correctement ces traitements et choisir idéalement les matières actives à utiliser en fonction des auxiliaires que l'on souhaite protéger.

Détermination de la stabilité des dépôts

Le tableau 1 regroupe les pourcentages de résidus des substances actives retrouvées après 48 heures par rapport au dépôt initial et les appréciations de stabilité de celles-ci lors des tests de toxicité sur plaques de verres au laboratoire. Les composés sont considérés comme étant stables si moins de 15 % de ceux-ci disparaissent durant les deux jours d'expérimentation. Ainsi 62 % de l'ensemble des composés répondent à cette condition, tandis que 38 % peuvent être considérés comme étant instables. Les composés dont l'estimation de la toxicité a été conduite en conditions semi-contrôlées sur plantes entières ont eu, généralement, un comportement identique que celui observé sur substrat inerte au laboratoire.

Constitution des listes de sélectivité

Les listes constituées sur base des résultats des tests de toxicité, de la phénologie des auxiliaires et de la période normale d'application des produits phytosanitaires sont présentées au tableau 2.

Période 1 – jusqu'au 10 juin

Vu leur absence de toxicité pour les hyménoptères parasites, tous les fongicides et herbicides testés peuvent être appliqués sans restriction particulière, conformément à l'agrément obtenue. Pour les insecticides, aucune application n'est justifiée à cette époque.

Période 2 – du 10 au 30 juin

De la même manière que pour la période 1, il n'y a aucune restriction particulière pour les fongicides. Au niveau des herbicides, aucun traitement ne se justifie à cette période. Pour les insecticides, la situation est plus complexe, certaines préparations étant sélectives et d'autres non. Si un traitement insecticide doit être réalisé à cette période, ce qui ne se justifie que dans des situations très particulières, le choix de la préparation devra se faire prioritairement parmi les produits les plus sélectifs, en tenant compte bien évidemment de l'efficacité de ces produits et du ravageur à combattre.

Période 3 – du 1^{er} au 31 juillet

Sur base des toxicités des pesticides vis-à-vis des syrphes et des coccinelles, l'utilisation des fongicides ne pose pas de problèmes particulier. Le Metalaxyl-M + fluazinam, légèrement toxique pour les coccinelles ne l'est pas du tout pour les syrphes et l'impact global de ce produit sur les prédateurs devrait en final être très limité. Pour les insecticides, il n'y a pas de produits entièrement sélectifs pour les syrphes et les coccinelles, le seul produit non toxique pour les coccinelles, le pirimicarbe, étant un des plus toxique pour les syrphes. De ce fait, si un insecticide doit être appliqué, il devra être choisi parmi les produits les plus sélectifs, en sachant qu'ils pourront perturber le contrôle biologique des pucerons. Pour les traitements anti-pucerons, les produits les plus sélectifs sont l'alpha-cyperméthrine, l'esfenvalérate, la lambda-cyhalothrine et la zeta-cyperméthrine. Pour les traitements destinés à lutter contre les doryphores, devenus, extrêmement rares en Belgique, le carbaryl peut être ajouté à la liste de ces produits moyennement sélectifs. Les autres produits, non sélectifs à cette époque pour l'entomofaune utile, sont à éviter autant que possible, sauf situation très particulière (gestion de souches de ravageurs résistantes aux autres préparations, par exemple).

Période 4 – après le 1^{er} août

Pour cette période, où l'exposition des auxiliaires est très limitée, tous les fongicides testés peuvent être utilisés. Selon les pratiques normales en pomme de terre de consommation, il n'y a pas lieu d'utiliser des insecticides.

Conclusions

Les résultats obtenus au cours de cette étude indiquent qu'une protection phytosanitaire à la fois efficace et respectueuse des prédateurs et parasites de pucerons est tout à fait possible en pomme de terre de consommation, sans contrainte particulière pour l'agriculteur d'un point de vue économique et sans compromettre la qualité de la récolte. Le désherbage et la protection de la culture contre le mildiou ne présente pas de difficultés particulières par rapport à une protection ne tenant pas du tout compte de la sélectivité. Au niveau du contrôle des ravageurs, le choix des insecticides est plus problématique et si la gamme de produit disponible est suffisante à certaines périodes, il n'y a pas d'insecticides sélectif à la fois pour les syrphes et coccinelles, ce qui peut poser problème au mois de juillet, période où l'activité de ces auxiliaires est primordiale. Plus que jamais, il est nécessaire de réfléchir les interventions et de choisir la préparation la plus adaptée à la situation rencontrée, en se basant notamment sur les informations délivrées par les systèmes d'avertissements mis en place dans le cadre du contrôle des pucerons.

Les listes de sélectivité présentées complètent les différents travaux déjà réalisés en Belgique pour la mise en place d'une production intégrée basée sur une utilisation raisonnée des intrants, comme les avertissements relatifs au mildiou et au ravageurs de la pomme de terre de consommation.

Tableau 2. Listes de sélectivité : v = groupe vert, produit sélectif ; j = groupe jaune, produit, moyennement sélectif ; o = groupe orange, produit peu sélectif ; r = groupe rouge, produit non sélectif ; - = application non justifiée.

Substances actives	Périodes				
	1	2	3	4	
	Jusqu'au 10 juin	10 juin au 30 juin	1 ^{er} au 31 juillet	Après le 1 ^{er} août	
Fongicides	Benalaxyl + Mancozèbe	v	v	v	v
	Chlorothalonil	v	v	v	v
	Chlorothalonil + Propamocarbe	v	v	v	v
	Cyazofamide	v	v	v	v
	Cymoxanil + Famoxadone	v	v	v	v
	Cymoxanil + Mancozèbe	v	v	v	v
	Cymoxanil + Métirame	v	v	v	v
	Diméthomorphe + Mancozèbe	v	v	v	v
	Fluazinam	v	v	v	v
	Hydroxyde de cuivre	v	v	v	v
	Mancozèbe	v	v	v	v
	Mancozèbe + Zoxamide	v	v	v	v
	Manèbe	v	v	v	v
	Métalaxyl-M + Fluazinam	v	v	v	v
	Métalaxyl-M + Mancozèbe	v	v	v	v
	Oxychlorure de cuivre	v	v	v	v
	Propinèbe	v	v	v	v
	Propinèbe + Oxychlorure de cuivre	v	v	v	v
Sulfate de cuivre	v	v	v	v	
Herbicides	Bentazone	v	-	-	-
	Clethodime	v	-	-	-
	Cycloxydime	v	-	-	-
	Métribuzine	v	-	-	-
Insecticides	Alpha-cyperméthrine	-	j	j	-
	Carbaryl	-	j	j	-
	Cyperméthrine	-	v	r	-
	Deltaméthrine	-	o	r	-
	Diméthoate	-	r	r	-
	Esfenvalérate	-	v	j	-
	Lambda-cyhalothrine	-	v	j	-
	Lambda-cyhalothrine + Pirimicarbe	-	v	r	-
	Phosalone	-	j	o	-
	Pirimicarbe	-	v	j	-
Zeta-cyperméthrine	-	v	j	-	

Remerciements

Ce projet de recherche a été financé par le SPF SANTE PUBLIQUE, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement, Direction générale Animaux, Végétaux et Alimentation, Division Matières premières et protection des végétaux.

Bibliographie

ABBOTT S. W. 1925. A method of computing the effectiveness of insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 18 : 265-267.

ADAMS, J. B., DREW M. E. 1965. Grain aphids in New Brunswick. III. Aphid populations in herbicide-treated oat fields. *Canadian Journal of Zoology*, 43:789-794

BARRETT K. L., GRANDY N., HARRISON E.G., HASSAN S. A., OOMEN P. 1994. Guidance document on regulatory testing procedures for pesticide with non-target arthropods. Workshop European Standard Characteristics of Beneficials Regulatory Testing (ESCORT) held at IAC Wageningen, The Netherlands, 28-30 March 1994, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) – Europe, ISBN 0 9522535 2 6.

BESEMER A. F. 1964. The available data on the effect of spray chemicals on useful arthropods in orchards. *Entomophaga*, 9:263-269.

BORGEMEISTER C., POEHLING H-M. 1989. The impact of insecticide treatments on the population dynamics of cereal aphids and their parasitoids. *IOBC/WPRS Bulletin* 1989/XII/1 : 122-132.

BROWN A. W. 1978. Insecticides and the arthropod fauna of plant communities. In "*Ecology of pesticides*", pp 28-62. John Wiley & Sons editors, New-York, USA.

COPIN A., LATTEUR G., DELEU R., MAHAUT T., SCHIFFERS B. 2001. Evaluation du risque de toxicité de pesticides vis-à-vis de trois auxiliaires (*Adalia bipunctata*, *Aphidius rhopalosiphii* et *Episyrphus balteatus*) par le dosage chimique des résidus. Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture DG 6. 83 pages.

CROFT B. A., SLONE D. H., 1998. Perturbation of regulated apple mites: Immigration and pesticide effects on outbreaks of *Panonychus ulmi* and associated mites (Acari: Tetranychidae, Eryophidae, Phytoseiidae and Stigmatidae). *Environmental Entomology*, 27(6):1548-1556.

DIXON A.F.G. 2000. *Insect predator – prey dynamics*. Cambridge University Press : Cambridge. 257 pp

JANSEN J-P. 2000. Pucerons de la pomme de terre de consommation, bilan de la saison écoulée. *Parasitica* 56(2-3), 47-57

JANSEN J-P. 2002. Pucerons et auxiliaires de lutte en pomme de terre de consommation : synthèse des observations réalisées entre 1994 et 2001 en Belgique. 2ème conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux, Lille – 4, 5, 6 et 7 mars 2002.

KARLEY A.J., PITCHFORD J.W., DOUGLAS A.E., PARKER W.E., HOWARD J.J. 2003. The causes and process of the mid-summer population crash of the potato aphids *Macrosiphum euphorbiae* and *Myzus persicae* (Hemiptera : Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, 93, 425-437.

LAGNAOUI A., RADCLIFFE E.B., 1998. Potato fungicides interfere with entomopathogenic fungi impacting population dynamics of green peach aphid. *American Potato Journal*, 75 :19-25.

MICHELANTE D., ROLOT J-L., VERLAINE A. 1998. Le service d'avertissements mildiou de la pomme de terre de la station de Haute-Belgique : fonctionnement et résultats. 1er Colloque transnational sur les luttes biologique, intégrée et raisonnée. 21-23 janvier 1998, Lille : 345-353.

PIMENTEL D. 1961. An ecological approach to the insecticide problem. *Journal of Economic Entomology*, 54 : 108-114.

NANNE, H.W., RADCLIFFE E.B, 1971. Green peach aphid populations on potatoes enhanced by fungicides. *Journal of Economic Entomology*, 64: 1569-1570.

- RIPPER W. E. 1956. Effect of pesticides on balance of arthropod populations. *Annual Review of Entomology*, 1 : 403-438.
- STARY P. 1988. Parasites. In MINKS A.K., HARREWIJN P. *Aphids their Biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam. 171 – 216.
- SHIRES S. W. 1985. Effects of aerial applications of cypermethrin and demeton-s-methyl on nontarget arthropods. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 10: 1-11
- SOTHERTON N. W., MOREBY S. J. 1988. The effects of foliar fungicides on beneficial arthropods in wheat fields. *Entomophaga*, 33 :87-99.
- SOTHERTON N. W., MOREBY S. J., LANGLEY, M. G. 1987. The effects of the foliar fungicide pyrazophos on beneficial arthropods in barley fields. *Annals of Applied Biology*, 111 :75-87.
- VICKERMAN G.P., SUNDERLAND K.D. 1977. Some effects of dimethoate on arthropods in winter wheat. *Journal of Applied Ecology*. 14, 767-777.