

AFPP – 6^{ème} CONFERENCE INTERNATIONALE SUR LES
RAVAGEURS EN AGRICULTURE
MONTPELLIER, 4-5-6 DECEMBRE 2002

**ETABLISSEMENT DE LISTES DE SELECTIVITE DE PESTICIDES
VIS-A-VIS DE L'ENTOMOFAUNE UTILE DANS LE CADRE DE LA
PRODUCTION INTEGREE EN GRANDES CULTURES**

B. SCHIFFERS¹, R. DELEU¹, N. VIATOUR² et J-P. JANSEN²

¹Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux
Chimie analytique et Phytopharmacie (Prof. Copin)
Passage des Déportés, 2 - B 5030 Gembloux - Belgique

²Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux
Département Lutte biologique et Ressources phylogénétiques (Dr M. Cavelier)
Rue de Liroux, 4 - B 5030 Gembloux - Belgique

RESUME :

La toxicité de 19 produits phytopharmaceutiques a été déterminée au laboratoire pour *Aphidius rhopalosiphii*, *Adalia bipunctata* et *Episyrphus balteatus*. La mortalité est observée après 48 h d'exposition et les dépôts et les résidus des différents composés sont quantifiés par dosage en HPLC ou par polarographie impulsionnelle. Treize fongicides, utilisés seuls ou en associations, deux herbicides et quatre insecticides ont été envisagés aux doses agréées, en Belgique, en culture de pomme de terre. La sélectivité de différents composés vis-à-vis des trois arthropodes utiles a pu être mise en évidence.

Mots-clés : *Aphidius rhopalosiphii*, *Adalia bipunctata*, *Episyrphus balteatus*, toxicité, pesticides.

SUMMARY : ESTABLISHMENT OF PESTICIDES SELECTIVITY LISTS TOWARDS BENEFICIAL ARTHROPODS, IN THE CONTEXT OF INTEGRATED PEST MANAGEMENT IN CASH CROPS

Initial toxicity of 19 plant protection products have been assessed in laboratory trials on *Aphidius rhopalosiphii*, *Adalia bipunctata* and *Episyrphus balteatus*. The mortality was assessed after 48 hours of exposure and the deposits and product residues were quantified by HPLC or pulse polarographic analysis. Thirteen fungicides, single or in associations used, two herbicides and four insecticides were investigated at the maximum field rate recommended in Belgium on potatoes. The pesticide selectivity towards the three beneficials was able to be established.

Key words : *Aphidius rhopalosiphii*, *Adalia bipunctata*, *Episyrphus balteatus*, toxicity, pesticides.

INTRODUCTION :

Avec l'entrée en vigueur de la Directive 91/414/CEE qui régleme la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques dans l'Union Européenne, l'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement retient plus que jamais l'attention, à la fois des pouvoirs publics et de l'industrie agrochimique. Dans ce contexte, les recherches en écotoxicologie se font de plus en plus nombreuses et contribuent peu à peu à une meilleure connaissance des effets des pesticides sur les différents compartiments de l'environnement. A côté de l'étude de l'impact des pesticides sur les vertébrés terrestres, dans le milieu aquatique ou encore sur la microflore du sol, l'évaluation des effets des produits phytosanitaires sur les arthropodes utiles revêt une importance toute particulière dans la mesure où elle s'intègre nécessairement dans les programmes de lutte intégrée en horticulture ou en grandes cultures.

Les travaux présentés dans cette communication visent à participer au développement d'un cahier de charges permettant d'établir un label de qualité en considérant les pesticides «compatibles en lutte intégrée» pour différentes cultures. Ce cahier définira notamment des listes de pesticides suivant des catégories (verte, jaune et orange) qui réglementent l'utilisation des produits phytopharmaceutiques en production intégrée.

Le plus souvent, l'évaluation de la toxicité d'un produit phytosanitaire est réalisée classiquement suivant un schéma séquentiel. Dans un premier temps, le produit est testé par application sur un substrat inerte tel que le verre ou le sable. L'auxiliaire visé est mis en contact avec ce substrat pendant une période déterminée. Après exposition, les mortalités sont enregistrées et les capacités des survivants à se reproduire sont évaluées. Si des effets sont observés, des tests supplémentaires sont réalisés dans des conditions moins sévères, par exemple en utilisant des feuilles ou des portions de plantes traitées (extended laboratory tests), en conditions contrôlées. Si le produit s'avère toujours toxique, il sera évalué par la suite en conditions semi-naturelles (par exemple sur des plantes entières en petites parcelles ou en milieux cloisonnés), voire directement en conditions de plein champ. Malheureusement, les essais d'évaluation de la toxicité des pesticides à l'égard des auxiliaires en conditions naturelles se heurtent à des exigences sévères en matière d'implantation. Les résultats d'une expérimentation de ce type dépendent des conditions spécifiques de l'essai: température, humidité, pluviométrie, luminosité, ... La répétabilité de celle-ci est ainsi difficilement assurée dans le temps et dans l'espace et il est, par conséquent, difficile d'obtenir par cette voie des résultats réellement représentatifs. De plus, l'abondance des insectes, tant nuisibles qu'utiles, est souvent très variable et hétérogène au sein des parcelles rendant l'interprétation des résultats malaisée, voir impossible. Les concentrations en résidus de pesticides, auxquels sont exposés les insectes sont également très hétérogènes et exigent d'effectuer de nombreuses répétitions afin d'obtenir un résultat moyen conforme à la réalité.

Nos laboratoires ont développé de nouveaux tests permettant l'évaluation de la toxicité de pesticides à l'égard d'*Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez, *Adalia*

bipunctata (L.) et *Episyrphus balteatus* (De Geer) sur féverole, pomme de terre et escourgeon (Deleu R. et Mahaut T., 1998, Copin A. *et al.*, 2001). L'originalité de ces tests réside dans le fait que les résultats biologiques sont corrélés aux résidus de pesticides retrouvés par analyse chimique sur différentes portions de végétal. L'établissement au préalable en conditions de laboratoire de relations résidus/toxicité pour différents pesticides de référence nous a montré qu'il peut être possible de prévoir la toxicité d'un pesticide sur base de la concentration retrouvée sur les portions de plante les plus fréquentées par les auxiliaires (c'est-à-dire là où les pucerons sont le plus présents). Il peut en résulter une simplification des procédures d'évaluation de la toxicité des pesticides envers les insectes utiles en évitant notamment les essais biologiques de plein champ.

In fine, une meilleure connaissance de la toxicité au champ des résidus de pesticides à l'égard des auxiliaires devrait permettre, par l'intermédiaire du classement des pesticides en listes, de mieux conseiller l'agriculteur dans le choix de préparations phytopharmaceutiques respectueuses de l'entomofaune utile. De la sorte, le nombre de traitements aphicides pourrait être limité au strict minimum en améliorant d'autant la rentabilité de la culture.

MATERIEL ET METHODE :

La production des trois insectes, les caractéristiques des cellules utilisées pour la réalisation des bioessais et la méthode d'application des bouillies de produits sont développés en détail par Copin A. *et al.*, 2001.

Le tableau I regroupe les substances actives qui sont soumises aux expérimentations ainsi que leur dose d'utilisation agréée en Belgique. Ces composés sont testés à la dose agréée la plus élevée en pomme de terre. Si des applications successives sont prévues pour certaines substances actives (notamment pour les fongicides), la dose est multipliée par un facteur de 1,5.

Dans un premier temps tous les composés sont soumis à un test de screening de laboratoire conduit sur plaque de verre qui permet de sélectionner les pesticides qui sont à classer dans la liste verte si la mortalité corrigée des trois arthropodes se montre inférieure à 30 %. L'évaluation de la toxicité en conditions semi-contrôlées sur plantes entières est ensuite menée avec les produits phytosanitaires apparus non sélectifs à l'égard de l'un ou l'autre auxiliaire lors des tests de screening de laboratoire.

Pour chaque substance active, l'analyse chimique porte sur le dosage des dépôts de surface après l'application des composés et sur la détermination des résidus au moment du démontage des cellules-tests en quinze répétitions, en ce qui concerne les coccinelles, en dix répétitions pour les syrphes et en cinq répétitions pour les hyménoptères. Les plaques de verre sont extraites au moyen d'un solvant adéquat. Les extraits sont ensuite soumis à l'analyse par HPLC ou par polarographie impulsionnelle suivant la nature de la substance active. Au cours de toutes les expérimentations, l'application des méthodes d'analyse chimique à la quantification

des dépôts ou des résidus de substances actives permet de déterminer avec précision le niveau de substance active auquel sont confrontés les insectes.

Tableau I - Substances actives et doses d'application.
Active ingredients and recommended field rates.

| Substances actives | | | Doses agréées |
|-----------------------|---|--------------|-------------------|
| Benalaxyl | + | Mancozèbe | 2,5 kg de produit |
| Chlorothalonil | | | 1,5 kg s.a. |
| Chlorothalonil | + | Propamocarbe | 2,7 l de produit |
| Cymoxanil | + | Famoxadone | 0,6 kg de produit |
| Fluazinam | | | 200 g s.a. |
| Hydroxyde de cuivre | | | 1,6 kg s.a. |
| Mancozèbe | | | 3,2 kg s.a. |
| Manèbe | | | 3,2 kg s.a. |
| Métalaxyl-M | + | Mancozèbe | 2,5 kg de produit |
| Métalaxyl | + | Mancozèbe | 2,0 kg de produit |
| Oxychlorure de cuivre | | | 2,5 kg s.a. |
| Propinèbe | | | 2,1 kg s.a. |
| Sulfate de cuivre | | | 2,5 kg de Cu |
| Bentazone | | | 1440 g de s.a. |
| Métribuzine | | | 350 g s.a. |
| Deltaméthrine | | | 7,5 g s.a. |
| Diméthoate | | | 200 g s.a. |
| Esfenvalérate | | | 0,3 l de produit |
| Phosalone | | | 750 g s.a. |

RESULTATS :

Toxicité des pesticides à l'égard d'*Aphidius rhopalosiphi*.

Neuf fongicides sur les treize testés se sont montrés sélectifs envers l'hyménoptère : chlorothalonil, fluazinam, mancozèbe, manèbe, oxychlorure de cuivre, propinèbe, sulfate de cuivre et les associations benalaxyl + mancozèbe et cymoxanil + famoxadone. Pour les quatre autres fongicides (hydroxyde de cuivre, chlorothalonil + propamocarbe, métalaxyl-M + mancozèbe, métalaxyl + mancozèbe), une mortalité supérieure à 30% a été obtenue.

Aucun effet toxique n'a été constaté avec l'herbicide métribuzine contrairement à la bentazone qui s'est révélée modérément toxique.

Pour les insecticides, des mortalités corrigées très élevées ont été obtenues pour la deltaméthrine, le diméthoate, et l'esfenvalérate, tandis que la phosalone s'est montrée modérément toxique.

Toxicité des pesticides à l'égard d'*Adalia bipunctata*.

La plupart des fongicides se sont révélés être sélectifs à l'égard de la coccinelle : chlorothalonil, hydroxyde de cuivre, mancozèbe, manèbe, oxychlorure de cuivre, propinèbe, sulfate de cuivre et les associations benalaxyl + mancozèbe, chlorothalonil + propamocarbe et cymoxanil + famoxadone. Toutefois, les associations métalaxyl-M + mancozèbe et métalaxyl + mancozèbe sont apparues légèrement toxiques et, curieusement, le fluazinam s'est montré extrêmement nocif. Les deux herbicides métribuzine et bentazone se sont révélés sélectifs envers l'arthropode. Des taux de mortalité très importants ont été observés pour les quatre insecticides (deltaméthrine, diméthoate, esfenvalérate et phosalone).

Toxicité des pesticides à l'égard d'*Episyrphus balteatus*.

Les fongicides, à l'exception de l'association métalaxyl-M + mancozèbe, se sont montrés sélectifs vis-à-vis du syrphie (chlorothalonil, fluazinam, hydroxyde de cuivre, mancozèbe, manèbe, oxychlorure de cuivre, propinèbe, sulfate de cuivre, benalaxyl + mancozèbe, chlorothalonil + propamocarbe, cymoxanil + famoxadone et métalaxyl + mancozèbe). Aucun effet toxique n'a été mis en évidence pour la métribuzine et la bentazone. Les insecticides restent dans l'ensemble toxiques avec toutefois un effet beaucoup moins important de la part de l'esfenvalérate.

Détermination des dépôts et des résidus de substances actives lors des essais.

Le dosage par voie chimique des substrats de verre a permis de quantifier avec exactitude le niveau du dépôt initial, au moment du montage des cellules-test, ainsi que les résidus des différentes substances actives au démontage de celles-ci après 48 heures de contact insecte-pesticide. Ces résultats permettent d'émettre plusieurs commentaires. Des composés présentent une concentration constante sur les plaques de verre pendant toute la durée des tests : le chlorothalonil, le cymoxanil, le famoxadone, la bentazone, la métribuzine, la deltaméthrine, l'esfenvalérate et la phosalone. Des composés ne présentent pas une constance de la concentration sur les plaques de verre pendant la durée des tests : le benalaxyl, le mancozèbe, le propamocarbe, le fluazinam, le manèbe, le métalaxyl, le métalaxyl-M et le diméthoate. Cette disparition de substance active pendant les 48 heures peut trouver son origine dans la dégradation rapide du composé par hydrolyse (le mancozèbe, le manèbe) ou dans sa volatilité importante (le benalaxyl, le propamocarbe, le fluazinam, le métalaxyl, le métalaxyl-M et le diméthoate). L'importance du phénomène peut être, bien entendu, différente en fonction du type de cellule utilisée.

En effet, chaque insecte a une cellule dont la conception lui est spécifique. De ce fait l'hydrolyse ou la volatilisation du composé peut soit être exaltée soit ralentie. En règle générale, toutes les formulations (WP) à base d'un sel de cuivre (hydroxyde, sulfate ou oxychlorure) ou d'un dithiocarbamate (mancozèbe ou manèbe) présente une bouillie dont la tenue en suspension n'est pas suffisante pour garantir un dépôt homogène dans le temps. Cette particularité est également valable pour la formulation SC de phosalone.

Le propinèbe présente pour tous les essais un dépôt résiduel avoisinant 10 % d'une dose normale au montage des cellules. La cinétique d'hydrolyse en milieu aqueux de ce composé est connue pour être très rapide. Dès que le dépôt est sec, la dégradation du propinèbe est fortement ralentie.

DISCUSSION :

La majorité des fongicides testés jusqu'à présent n'ont pas eu d'effets significatifs sur les trois espèces d'auxiliaires testés. Ces résultats confirment ceux relevés dans la littérature (Hassan *et al.*, 1987, 1991, Krespi *et al.*, 1991, Kühner *et al.*, 1995, Jansen, 1999, 2000). Cependant, certains produits, pour lesquels aucune donnée bibliographique n'existait, se sont montrés toxiques sur l'une ou l'autre des espèces testées. Bien entendu, un produit toxique sur verre en laboratoire ne l'est peut-être pas en conditions semi-naturelles ou en champ, mais le niveau de toxicité observé pour certaines formulations était comparable à celui des insecticides testés dans les mêmes conditions. En fonction de l'utilisation intensive et répétée des fongicides en pomme de terre, il convient de se montrer très prudent vis-à-vis des auxiliaires. La protection fongicide, parce qu'elle pourrait avoir un effet sur l'entomofaune utile, est sans doute un élément important dans le cadre du développement de programmes de lutte intégrée contre les ravageurs des pommes de terre. La toxicité obtenue avec certaines associations de 2 fongicides soulèvent quelques questions. Le métalaxyl + mancozèbe, le métalaxyl-M + mancozèbe et le chlorothalonil + propamocarbe se sont montrés toxiques pour *A. rhopalosiphi* alors que le mancozèbe et le chlorothalonil seuls n'ont pas eu d'effet. Ces résultats indiquent vraisemblablement que le propamocarbe, le métalaxyl et le métalaxyl-M utilisés seuls sont toxiques en laboratoire pour *A. rhopalosiphi*. Cependant, un possible effet synergique entre les différentes substances actives ne peut pas être exclu. Au niveau des herbicides testés, seule la bentazone s'est montrée toxique pour *A. rhopalosiphi*. Aucun effet de ce produit sur les deux auxiliaires ni de la métribuzine sur les 3 espèces n'a été enregistré. La toxicité du bentazone pour *A. rhopalosiphi* est en contradiction avec les résultats obtenus dans le cadre de l'OILB où ce produit était considéré comme non toxique pour *A. matricariae* (Hassan *et al.*, 1994). Cependant, la dose testée par l'OILB était environ 3 fois et demie plus basse que la dose utilisée en champ en Belgique (400 g s.a./ha contre 1440 g s.a./ha), ce qui explique sans doute la différence de toxicité. Concernant les insecticides testés, des mortalités très élevées, proches ou égales à 100%, ont été obtenues dans la plupart des cas. Ces résultats

sont conformes aux données bibliographiques où très peu d'insecticides sont renseignés comme non toxiques pour les auxiliaires lorsqu'ils sont testés en laboratoire sur verre à la dose maximale recommandée. Sur base de nos résultats, aucun produit insecticide ne peut être inclus dans la liste verte après le screening initial sur verre. Cependant, il est intéressant de noter que certains insecticides présentent déjà une relative sélectivité vis-à-vis de l'une ou l'autre espèce d'auxiliaire, tout en étant toxiques pour les autres espèces. Par exemple, l'esfenvalérate entraîne une mortalité inférieure à 50% pour *L. balteatus* alors qu'il est très toxique pour *A. rhopalosiphi* et *A. bipunctata*. De même, la phosalone, vis-à-vis d'*A. rhopalosiphi* et d'*L. balteatus* et la deltaméthrine vis-à-vis d'*L. balteatus* entraînent des mortalités qui bien qu'elles ne soient pas négligeables, laissent supposer une certaine sélectivité qui sera sans doute davantage mise en évidence lors des tests en conditions semi-contrôlées. Si l'idée d'un insecticide sélectif pour tous les auxiliaires reste une utopie, une sélectivité au moins partielle de certains produits à l'égard de quelques espèces d'auxiliaires peut être envisagée avec un certain réalisme.

Les dosages chimiques ont permis de mettre en évidence plusieurs situations. La faible tenue en suspension de certaines bouillies a été observée surtout dans le cas des WP à base de cuivre ou de mancozèbe. Si cet état de fait peut être préoccupant pour la validité des tests de toxicité, il est résolu dans la pratique agricole où la bouillie est constamment brassée dans le tank de pulvérisation.

La disparition rapide de certaines substances actives, par dégradation ou par volatilisation a également été remarquée. Néanmoins, sauf dans le cas du propinèbe, il a été montré que l'insecte a été en contact, du moins au début des essais, avec une concentration maximale du composé. Pour les essais effectués avec les larves de syrphes, la plus faible concentration de pesticide retrouvée lors du démontage des cellules peut éventuellement être expliquée par le transfert d'une fraction du pesticide du substrat sur les larves elles-mêmes.

REMERCIEMENTS :

Ces travaux sont subsidiés par le Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture - Administration de la Qualité des Matières premières et du Secteur végétal (DG 4). -- Bruxelles, Belgique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- 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 rhopalosiphi* et *Episyrphus balteatus*) par le dosage chimique des résidus. Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture DG 6. 83 pages.
- DELEU R. & MAHAUT T., 1998. Predictive models of pirimicarb toxicity on three beneficial arthropods. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 63/2b : 593-596.

- HASSAN, S. A., ALBERT, R., BIGLER, F., BLAISINGER, P., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E.; BRUN, CHIVERTON, P.; EDWARDS, P., ENGLERT, W., HUANG, P., INGLESFIELD, C., NATON, E., OOMEN, P., OVERMEER, W., RIECKMANN, W., SAMSOE-PETERSEN, L., TUSET, J., VIGGIANI, G. & VANWETSWINKEL, G., 1987. Results of the third joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Journal of Applied Entomology*, 103 : 92-107.
- HASSAN, S. A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CHIVERTON, P.; EDWARDS, P.; MANSOUR, F.; NATON, E.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W. P. J.; POLGAR, L.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; STERK, G; TAVARES, K.; TUSET, J. J.; VIGGIANI, G.; VIVAS, A. G., 1988. Results of the fourth joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Arthropods". *Journal of Applied Entomology*, 105 : 321-329.
- HASSAN, S. A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J. N. M.; CHIVERTON, P.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; LEWIS, G. B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; OOMEN, P. A.; OVERMEER, W. P. J.; POLGAR, L.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; STERK, G; TAVARES, K.; TUSET, J. J.; VIGGIANI, G., 1991. Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Arthropods". *Entomophaga*, 36 : 55-67.
- HASSAN, S. A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J. N. M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HELYER, N.; HOKKANEN, H.; LEWIS, G. B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; POLGAR, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; STÄUBLI, A.; STERK, G; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VOGT, H., 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Arthropods". *Entomophaga*, 39 : 107-119.
- JANSEN, J-P., 1999. Effects of wheat foliar fungicides on the aphid endoparasitoid *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez (Hym., Aphidiidae) on glass plates and on plants. *Journal of Applied Entomology*, 123 : 217-223.
- JANSEN, J-P., 2000. Side-effects of pesticides on adults of *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani-Perez (Hymenoptera: Aphidiidae) in the laboratory: results of the 8th Joint Pesticide Testing Programme. *Bulletin IOBC/WPRS 2000/ XXIII/9* : 65-72.
- KRESPI, L.; RABASSE J. M.; DEDRYVER, C. A.; NENON J. P., 1991. Effect of three insecticides on the life cycle of *Aphidius uzbekistanicus* Luz. (Hym.: Aphidiidae). *Journal of Applied Entomology*, 111 : 113-119.
- KÜHNER, C.; KLINGAUF, F.; HASSAN, S. A., 1995. Development of laboratory and semi-field methods to test the side-effect of pesticides on *Diaeretiella rapae* (Hym : Aphidiidae). *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*, 50/2b : 531-538.