

Symposium

« Entomologie et agriculture biologique : de l'écologie à la pratique »

Résumés des conférences

2 novembre 2012

Hôtel Mortagne, Boucherville



Les textes présentés ci-dessous sont les résumés des conférences présentées lors du Symposium «Entomologie et agriculture biologique : de l'écologie à la pratique » tenu le 2 novembre 2012, à l'Hôtel Mortagne de Boucherville dans le cadre de la 139e réunion de la Société d'entomologie du Québec, et organisé par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du programme Innovbio.

Table des matières

Ecological Pest Management, Deep Organics and Sustainability: Social Ecology and Psychosocial Perspectives - *Gestion écologique des ravageurs, production biologique intégrée et durabilité: Écologie sociale et perspectives psychosociales*

Stuart B. Hill, Professeur et titulaire de la chaire d'écologie sociale, Faculté d'éducation, Université de Western Sydney, Penrith, NSW, Australie

Abstract.....2

Résumé4

Habitat Diversity and Biological Control: Soybean Aphid as a Case Study - *Diversité de l'habitat et lutte biologique: le puceron du soya comme étude de cas*

George Heimpel, Professeur et directeur des études supérieures, Département d'entomologie, Université du Minnesota, St. Paul, MN, États-Unis

Abstract.....7

Résumé7

Entomology and future farming: from ecological principles to practical applications - *L'entomologie et l'agriculture de demain: des principes écologiques aux applications pratiques*

Steve Wratten, Professeur d'écologie, chef de projet et directeur adjoint, Bio-Protection Research Centre, Université Lincoln, Nouvelle-Zélande

Abstract.....8

Résumé10

Pest control strategies in organic cropping systems: habitat management as a key tool to suppress pest outbreaks - *Stratégies de contrôle des ravageurs dans des systèmes de culture biologique: la gestion de l'habitat comme outil clé pour supprimer les infestations de ravageurs*

Lucius Tamm, Chef de groupe : Protection des plantes et biodiversité et membre de la direction, Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Frick, Suisse)

Abstract.....12

Résumé14

Défis, contraintes et pratiques dans la lutte aux ravageurs en agriculture biologique au Québec

Jean Duval, Chargé de projet : productions végétales biologiques, Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB+), Victoriaville

Résumé17

Ecological Pest Management, Deep Organics and Sustainability: Social Ecology and Psychosocial Perspectives - *Gestion écologique des ravageurs, production biologique intégrée et durabilité: Écologie sociale et perspectives psychosociales*

Stuart B. Hill¹, Ph. D.

Professeur et titulaire de la chaire d'écologie sociale, Faculté d'éducation, Université de Western Sydney, Penrith, NSW, Australie

Abstract

Ecology is concerned with the lives of, and relationships between, organisms within their environment; and particularly with their diversity, numbers, distribution and activities (especially their system-maintenance roles), and with the factors that influence these characteristics. Ecological approaches to pest management draw on this knowledge to design and manage ecosystems to:

1. make the crop (and habitat) unacceptable and resistant to pests by interfering with their oviposition preferences, host plant discrimination or location by both adults and immatures;
2. make the crop unavailable to the pest in space and time by utilizing knowledge of the pest's life history, especially its dispersal and overwintering habits; and
3. reduce pest survival on the crop by supporting its natural enemies, particularly by enhancing predator and pathogen evenness², and by reducing the crop's susceptibility to the pest³.

This particularly involves doing things that favour the crop and the natural controls, and that discourage and impact on the pests.

Whereas 'deep' (design- and management-based) approaches to organic farming (and other 'alternative' agricultural systems⁴) aim to do the above, the more common 'shallow' organic approaches rely primarily on the use of the least disruptive and least toxic curative interventions (as

¹ s.hill@uws.edu.au

² Crowder, DW, TD Northfield, MR Strand & WE Snyder 2010. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control, *Nature* 466, 109–112 (Letter, 01 July); doi:10.1038/nature09183

³ Hill, SB 2004. Redesigning pest management: a social ecology approach. Pp. 491-510 in D Clements & A Shrestha (eds). ***New Dimensions in Agroecology***, Haworth, Binghamton, NY. See also: Gurr, GM, SD Wratten & MA Altieri (eds) 2004. ***Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods***, CABI Publishing, Wallingford, UK; Gurr, GM, SD Wratten & WE Snyder (eds) 2012. ***Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management***, John Wiley & Sons, Chichester, UK.

⁴ Hill SB (2012 – *in press*). Considerations for enabling the ecological redesign of organic and conventional agriculture: a social ecology and psychological perspective. In: S Penvern, S Bellon & I Savini (eds). ***Organic Farming: Prototype for Sustainable Agricultures***. Springer, London.

substitutes for conventional synthetic biocides⁵). Only 'deep' approaches, which are likely to be most sustainable, will be discussed in this presentation.

It is equally important to consider the contexts in which such sustainable 'deep' initiatives can be implemented and further developed.

Pest control is a contested area, involving – in order of power – the pharmaceutical and petrochemical (and other agribusiness) industries, governments, and the community. Within the community, influencing our understanding and action, are the media, the various sectors within the food system (including producers and other natural resource managers, product handlers and distributors, and service providers), non-governmental and professional organisations, educators, researchers, and consumers.

Current pest management perceptions and practices are the result of the progressive psychosocial evolution of our species, and of the influences of our past and present institutional structures and processes, including particularly those of our economic, political and social systems, the design and management of our natural resource systems (agroecosystems, etc), human competence and access to resources and technologies, and environmental conditions.

It is not surprising, therefore, that what is currently practiced, despite the commitments, good intentions and efforts of people such as yourselves, is far from ideal.

Optimal pest management is limited by the levels of empowerment, awareness, vision and values among all involved, and within the general population. As well as addressing these foundational factors, implementation will eventually require the following:

1. comprehensive knowledge, competence, wisdom, experience, the psychological health of all involved, and considerable commitment and courage (to resist acting in ways that are in conflict with our highest values, and to not postpone responsible action);
2. natural resource systems that are designed and managed to enable system health and wellbeing (with high levels of evenness among the natural controls, and among the species involved in system maintenance), and be as pest-proof as possible;
3. research and extension programs that prioritise the design and management of such systems, with the development of curative interventions being secondary, and being required to be supportive of, and minimally disruptive to, such systems; and
4. education and training programs being similarly supportive to the above criteria.

All of these areas need to be subjected to a critical evaluation as to what among present structures, processes and actions need to be:

⁵ Biocide is consciously used here rather than pesticide. Because pests are defined by their economic and nuisance properties, and because these characteristics cannot provide the basis for the selection of chemicals that are toxic to pests, the use of the term pesticide contributes to the common misconception that such chemicals can be specific to the pests, when in reality they are potentially toxic to all species (including humans), and usually more toxic to certain other species than the pests, particularly to their natural controls.

- discontinued or reduced;
- retained;
- expanded or modified; and
- newly developed and introduced.

Institutional means to achieve this will involve the development and implementation of a broad range of:

- supports (ongoing);
- rewards (just available during transition periods); and
- penalties (to achieve compliance).

Because all of the above is ultimately limited (and enabled) by our psychological condition, this – and its improvement – will be the final focus of this presentation, together with suggestions for some helpful achievable actions that may be taken by all who are present today.

Résumé

L'écologie s'intéresse à la vie et aux relations des organismes entre eux et avec leur environnement; particulièrement quant à leur diversité, nombre, distribution et activités (spécifiquement leurs rôles dans l'équilibre des systèmes) et aux facteurs qui influencent ces caractéristiques. Les approches écologiques de gestion des ravageurs puisent dans ces connaissances afin de concevoir et gérer les écosystèmes pour:

1. rendre la culture ou l'habitat défavorable et résistant aux ravageurs en interférant avec les préférences de ponte, la discrimination ou la localisation de la plante hôte par les adultes et les immatures;
2. rendre la culture non disponible aux ravageurs dans l'espace et le temps en utilisant la connaissance du cycle vital du ravageur, particulièrement ses comportements de dispersion et d'hibernation; et
3. réduire la survie d'un ravageur sur une culture en favorisant ses ennemis naturels, particulièrement en favorisant la stabilité des populations de prédateurs et pathogènes⁶, et en réduisant la sensibilité de la culture au ravageur⁷.

⁶ Crowder, DW, TD Northfield, MR Strand & WE Snyder 2010. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control, *Nature* 466, 109–112 (Letter, 01 July); doi:10.1038/nature09183

⁷ Hill, SB 2004. Redesigning pest management: a social ecology approach. Pp. 491-510 in D Clements & A Shrestha (eds). ***New Dimensions in Agroecology***, Haworth, Binghamton, NY. See also: Gurr, GM, SD Wratten & MA Altieri (eds) 2004. ***Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods***, CABI

Ceci implique particulièrement de faire des actions qui favorisent la culture et le contrôle naturel, et qui repoussent et ont un impact sur les ravageurs.

Alors que les approches « en profondeur » (basées sur la conception et la gestion) de l'agriculture biologique (et des autres systèmes agricoles 'alternatifs'⁸) visent à faire ce qui précède, les approches « superficielles » plus couramment utilisées en agriculture biologique s'appuient principalement sur l'utilisation d'interventions curatives moins perturbatrices et moins toxiques (en tant que substituts pour les biocides⁹ synthétiques conventionnels). Seules les approches « en profondeur », qui sont probablement les plus durables, seront abordées dans cette présentation.

Il est tout aussi important de considérer le contexte dans lequel ces initiatives « approfondies » et durables peuvent être implantées et développées.

La lutte contre les ravageurs est un domaine contesté, impliquant – dans l'ordre du pouvoir – les industries pharmaceutiques et pétrochimiques (et autres industries agroalimentaires), les gouvernements et la communauté. Au sein de la communauté, influençant notre compréhension et nos actions, se trouvent les médias, les différents secteurs du système agroalimentaire (incluant les producteurs et autres gestionnaires des ressources naturelles, les fabricants et distributeurs de produits, et les fournisseurs de services), les organisations non-gouvernementales et professionnelles, les enseignants, les chercheurs et les consommateurs.

Les pratiques et perceptions actuelles de la gestion des ravageurs sont le résultat de l'évolution psychosociale progressive de notre espèce, et de l'influence des processus et structures institutionnels passés et présents, incluant particulièrement ceux de nos systèmes économiques, politiques et sociaux. Nos pratiques et perceptions résultent également du design et de la gestion de nos systèmes de ressources naturelles (agroécosystèmes, etc.), de l'accès et de la compétence humaine par rapport aux ressources et technologies, et des conditions environnementales.

Il n'est donc pas surprenant que ce qui est présentement pratiqué, en dépit des engagements, des bonnes intentions et des efforts des gens tels que vous, est loin de l'idéal.

La gestion optimale des ravageurs est limitée par les niveaux d'empowerment, de prise de conscience, de vision et de valeurs des gens impliqués et de la population en général. En plus de viser ces facteurs fondamentaux, la mise en œuvre exigera éventuellement les éléments suivants :

Publishing, Wallingford, UK; Gurr, GM, SD Wratten & WE Snyder (eds) 2012. ***Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management***, John Wiley & Sons, Chichester, UK.

⁸ Hill SB (2012 – *sous presse*). Considerations for enabling the ecological redesign of organic and conventional agriculture: a social ecology and psychological perspective. In: S Penvern, S Bellon & I Savini (eds). ***Organic Farming: Prototype for Sustainable Agricultures***. Springer, London.

⁹ Biocide est consciemment utilisé ici à la place de pesticides. Puisque les ravageurs (pestes) sont définis par leurs propriétés économiques et nuisibles, et puisque ces caractéristiques ne peuvent pas être à la base d'une sélection de produits chimiques qui sont toxiques pour les ravageurs, l'utilisation du terme pesticide contribue à l'idée fausse commune que ces produits chimiques peuvent être spécifiques aux ravageurs, alors qu'ils sont en réalité potentiellement toxiques pour toutes les espèces (incluant les humains), et généralement plus toxiques pour certaines autres espèces que les ravageurs, particulièrement pour leurs ennemis naturels.

1. la connaissance approfondie, la compétence, la sagesse, l'expérience, la santé psychologique de toutes les parties impliquées, ainsi qu'un engagement et un courage considérables (à résister aux comportements qui sont en conflit avec nos valeurs les plus importantes, et à ne pas reporter les actions responsables);
2. des systèmes de ressources naturelles qui sont conçus et gérés afin de permettre la santé et le bien-être du système (avec de hauts niveaux de stabilité parmi les contrôles naturels, et entre les espèces impliquées dans le maintien du système), et d'être le plus possible à l'épreuve des ravageurs;
3. des programmes de recherche et de transfert technologique qui priorisent la conception et la gestion de ces systèmes, et considèrent le développement d'interventions curatives comme étant secondaires, et devant appuyer et être minimalement perturbateurs pour ces systèmes; et
4. des programmes d'éducation et de formation qui appuient également les critères ci-dessus.

Tous ces domaines doivent être sujets à une évaluation critique du niveau auquel les structures, processus et actions actuels doivent être :

- abandonnés ou réduits;
- conservés;
- étendus ou modifiés; et
- nouvellement développés et introduits.

Les moyens institutionnels afin d'atteindre ceci impliquent le développement et la mise en œuvre d'un large spectre de:

- soutien (continu);
- récompenses (disponible seulement durant les périodes de transitions); et
- pénalités (afin d'atteindre la conformité).

Puisque tout ceci est ultimement limité (et permis) par notre condition psychologique, tout ceci – et son amélioration – seront le point de mire final de cette présentation, avec des suggestions pour quelques actions réalisables et utiles pouvant être entreprises par tous ceux qui sont présents aujourd'hui.

Habitat Diversity and Biological Control: Soybean Aphid as a Case Study - *Diversité de l'habitat et lutte biologique: le puceron du soya comme étude de cas*

George E. Heimpel, Ph. D.

Professeur et directeur des études supérieures, Département d'entomologie, Université du Minnesota, St. Paul, MN, États-Unis

Abstract

Numerous studies have shown a decline in the abundance of agricultural pests in the presence of habitat diversification. Explanations for such an effect include the so-called 'resource concentration' and 'enemies' hypotheses from the 1970s. Despite these trends and this theoretical basis for understanding them, the predictability of habitat diversification as a strategy for suppressing pests remains low. In addition, while a number of mechanisms have been proposed that would lead to reduced herbivore densities in polycultures, critical tests of the importance of these mechanisms remain relatively scarce. I will discuss ongoing work addressing these hypotheses in the context of an invasive pest in North America – the soybean aphid, *Aphis glycines*.

The soybean aphid is attacked by a number of insect predators in North America. We showed in a number of states in the U.S. that the effect of these predators is stronger in landscapes that are more diverse. The mechanism driving this effect is not clear but it appears that soybean fields adjacent to forested areas receive the strongest biological control services, possibly because these areas are sources of coccinellid beetles. We have recently initiated a series of studies aimed at understanding the mechanisms that could lead to such an effect. These studies are embedded within an experiment comparing various potential biofuel cropping systems (willow, native prairie plants) in terms of their productivity for fuel generation as well as their contribution to biological control services in surrounding soybean fields. We are using replicated field studies to investigate various mechanistic hypotheses for resource utilization by soybean aphid predators and parasitoids in the bioenergy crops.

Lastly, we describe an experiment in which we investigated autumn-seeded cover crops as a means of reducing soybean aphid pressure. In these studies, winter rye is planted in the autumn preceding a soybean crop. The rye overwinters as a cover crop and the soybeans are planted into the standing rye crop in the spring. We showed that this management practice can lead to very strong soybean aphid suppression, although enhanced biological control does not appear to be the mechanism.

Résumé

De nombreuses études ont montré un déclin dans l'abondance des ravageurs agricoles en présence d'une diversification de l'habitat. Les explications pour une telle incidence incluent les soi-disant hypothèses de « concentration des ressources » et « d'ennemis » des années 1970. En dépit des tendances et des bases théoriques pour les comprendre, la prédictibilité de la diversification de l'habitat comme stratégie pour supprimer des ravageurs demeure faible. De plus, alors que nombre de mécanismes ont été proposés pour mener à une réduction de la densité des herbivores dans les

polycultures, les tests critiques sur l'importance de ces mécanismes demeurent relativement rares. Je discuterai de travaux en cours concernant ces hypothèses dans le contexte d'un ravageur envahissant en Amérique du Nord – le puceron du soya, *Aphis glycines*.

Le puceron du soya est attaqué par un bon nombre d'insectes prédateurs en Amérique du Nord. Nous avons montré, dans plusieurs états des États-Unis, que l'effet de ces prédateurs est plus grand dans les paysages plus diversifiés. Le mécanisme sous-jacent n'est cependant pas clair, mais il semble que les champs de soya adjacents à des aires boisées reçoivent plus de services de lutte biologique, possiblement parce que ces aires sont des sources de coléoptères coccinellidés. Nous avons récemment initié une série d'études visant à comprendre les mécanismes qui pourraient mener à un tel effet. Ces études ont été réalisées dans le cadre d'une expérience comparant différents systèmes culturels de plantes à potentiel énergétique (saule, prairie de plantes indigènes). Cette comparaison s'attardait avant tout à la productivité pour la génération de carburant et à la contribution de ces différents systèmes culturels aux services de lutte biologique dans les champs de soya environnants. Nous utilisons des études de terrain répliquées afin d'investiguer différentes hypothèses mécanistiques pour l'utilisation des ressources par les prédateurs et les parasitoïdes du puceron du soya dans les cultures énergétiques.

Finalement, nous décrivons une expérience dans laquelle nous étudions l'utilisation des cultures de couverture semées l'automne pour réduire la pression des pucerons du soya. Dans ces études, du seigle d'automne est semé l'automne précédent la culture de soya. Le seigle hiverne comme culture de couverture et le soya est semé dans la culture de seigle au printemps. Nous avons montré que cette pratique de gestion peut mener à une très forte suppression des pucerons du soya, bien que l'augmentation de la lutte biologique ne semble pas en être le mécanisme.

Entomology and future farming: from ecological principles to practical applications - *L'entomologie et l'agriculture de demain: des principes écologiques aux applications pratiques*

Stephen Wratten, Ph. D.

Professeur d'écologie, chef de projet et directeur adjoint, Bio-Protection Research Centre, Université Lincoln, Nouvelle-Zélande

Abstract

"What good are all those species that man cannot eat or sell?" E.P. Odum

"Each species on our planet plays a role in the healthy functioning of natural ecosystems, on which humans depend" William H. Schlesinger

The above famous quotations were written before the concept of ecosystem services (ES) was developed. They all indicate that without the services provided by living things, mankind could not exist. Albert Einstein was even more specific with the quotation below (at least, it was attributed to him): "If the bee disappears from the surface of the earth, man would have no more than four years to live". In other words, through pollination, bees provide a major ES. Other insects provide

equally important ES, such as biological control of pests, decomposition of ungulate dung- and leaf-litter breakdown.

Key questions in ES have recently centred around how much biodiversity (BD) (insect species in this case) are needed to provide maximum ecosystem functions (EF). It is worth remembering that EF, such as pollination, occur all over the world. It is only when mankind attributes a value to these functions, usually financial but sometimes aesthetic or even spiritual, that we call them ES. Recent work by Brad Cardinale and others shows that the relationship between EF and BD is asymptotic, suggesting that more species added past the plateau of the curve would be “redundant”. However, the use of this latter word is dangerous in this context because insect species which do not contribute to one particular EF are certain to have other EF functions. This is implied in the quotation by Schlesinger above.

The concentration on species biodiversity has, more recently, been supplanted by an emphasis on species' traits or guilds. For example, a community of carabid beetle species in a cereal field may comprise nocturnal and diurnal species, those which climb the plant or are totally epigeal, those which overwinter in the field boundary or in the open field etc. Similarly, with spiders, there may be orb-web spinners inhabiting the higher levels of the plant or money spiders (Linyphiidae) which spin small, horizontal webs at the base of plants. Wolf spiders (Lycosidae), in contrast, spin no webs but actively hunt for their prey. Compounding the added complexity when we move from species to traits, increasing species or trait diversity can lead to inter-specific competition for food amongst predators or even intra-guild predation. Work by William Snyder and colleagues at Washington State University is pioneering investigating the latter approach. Ideally, of course, complementarity between natural enemies would occur so that the delivery of the ES called biological control would involve a synergistic effect.

Notwithstanding the above complexity, there is no doubt that insects do deliver vital ES for mankind. However, ES are provided by BD and the latter is declining at the fastest rate since the last Ice Age. Agriculture is the greatest cause of BD loss worldwide and with the world population fast approaching nine billion, every indication is that this rate of loss will accelerate. The challenge for insect ecologists and others working in agro-ecology is to find ways to identify and enhance Functional Agricultural Biodiversity (FAB) to complement food production rather than be antagonistic to it. For the key ES which we call biological control, the newest component of that discipline is expanding in influence and practice very rapidly. This component is “conservation biological control” (CBC). Many years ago, the agro-ecologist R.B. Root wondered why crops with extra plant diversity (e.g. weeds) supported fewer insect pests than did monocultures. Root speculated that top-down and/or bottom-up dynamics were involved in this, implicating pests' natural enemies or insects' ability to find or remain in crops, respectively. That pivotal paper by Root has led in many ways to the modern science which we call CBC. Now, work in vineyards, brassicas and many other crops intensively researches CBC to find ways of boosting the efficacy of natural enemies. It does this by recognising the value of the acronym SNAP as an *aide mémoire*. **S**helter, **N**ectar, **A**lternative prey/hosts and **P**ollen are the constituents of SNAP. In agro-ecology, in which we wish to practice CBC, enhancing all or some of these four resources is crucial. Much of our recent work in the Bio-Protection Research Centre at Lincoln University in New Zealand has been concentrating on this approach. Because the most successful insect BC agents worldwide are parasitoid wasps, our work often focuses on that very useful group. These insects do not usually consume pollen but the provision of appropriate nectar in what would otherwise be a monoculture

can lead to dramatic results. These are expressed most clearly in the laboratory work which precedes field manipulations. In such bioassays, it is not uncommon for a parasitoid's longevity to increase from three days if provided with only water to 30 or 40 days if the benefits of nectar sugars and amino acids are made available. This simple knowledge helps us embark on "ecological engineering" in which we manipulate the farm environment to improve FAB and with that, farmer profits and true sustainability. This approach can often be visually spectacular, especially when one of the top flowering species, *Phacelia tanacetifolia*, is deployed. Images of this plant in action have been used in marketing and even agro-eco-tourism. Also, given the worldwide decline in honey bee populations, the added-value of phacelia (tansey leaf) should not be ignored; it makes excellent honey and provides supplementary nectar and pollen for bees when the crop itself is not in flower.

In my presentation in November in Québec, I will cover the above topics and emphasise how intensive agriculture can benefit from targeted ecological engineering. Above all, it's worth remembering why we study insects in the first place. We marvel at their success, their numbers and their behaviour; just as the French entomologist Jean-Henri Fabre did when he wrote about the praying mantis, *la mante religieuse*. He wrote: « *Le langage de la science et le naïf vocabulaire du paysan sont ici d'accord et font de la bizarre créature une pythonisse rendant ses oracles, une ascète en extase mystique.* »

Résumé

"What good are all those species that man cannot eat or sell?"¹⁰ E.P. Odum

"Each species on our planet plays a role in the healthy functioning of natural ecosystems, on which humans depend"¹¹ William H. Schlesinger

Les citations connues ci-dessus ont été écrites avant que le concept de Services Écosystémiques (SE) soit développé. Elles indiquent que sans les services fournis par les organismes vivants, l'humanité ne pourrait pas exister. Albert Einstein était encore plus spécifique avec la citation suivante (ou du moins, elle lui a été attribuée) : "If the bee disappears from the surface of the earth, man would have no more than four years to live"¹². En d'autres mots, via la pollinisation, les abeilles fournissent un SE majeur. D'autres insectes fournissent des SE aussi importants, dont la lutte biologique des ravageurs et la décomposition des bouses d'ongulés et de la litière de feuilles.

Des questions clés en SE ont porté récemment sur la quantité de biodiversité (BD) (les espèces d'insectes dans ce cas) nécessaire pour fournir un maximum de Fonctions Écologiques (FE). Il faut se rappeler que les FE, comme la pollinisation, se produisent partout dans le monde. C'est seulement lorsque l'humanité attribue une valeur à ces fonctions, généralement financière mais quelquefois esthétique ou même spirituelle, que nous les appelons SE. Des récents travaux par Brad Cardinale et d'autres ont montré que la relation entre les FE et la BD est asymptotique, suggérant qu'ajouter des espèces après le plateau de la courbe serait « redondant ». Cependant, l'utilisation de ce dernier mot est dangereuse dans ce contexte puisque les espèces d'insectes qui ne

¹⁰ Traduction : « À quoi servent toutes ces espèces que l'homme ne peut ni manger ni vendre? »

¹¹ Traduction : « Chaque espèce sur notre planète joue un rôle dans le sain fonctionnement des écosystèmes naturels, desquels l'humain dépend »

¹² Traduction : « Si les abeilles disparaissent de la surface de la Terre, l'homme n'aurait plus que quatre ans à vivre »

contribuent pas à une FE particulière ont nécessairement d'autres FE. Ceci est implicite dans la citation de Schlesinger plus haut.

L'emphase sur la biodiversité des espèces a, plus récemment, été supplantée par l'emphase sur les traits ou les guildes d'espèces. Par exemple, une communauté d'espèces de carabes dans un champ de céréales peut comprendre des espèces nocturnes et diurnes, celles qui vont grimper sur la plante ou qui sont complètement épigées, celles qui hivernent aux frontières du champ ou en plein champ, etc. Similairement, avec les araignées, il peut y avoir des tisseuses de toiles orbiculaires habitant les niveaux supérieurs de la plante ou les Linyphiidés qui tissent de petites toiles horizontales à la base des plantes. Les araignées-loup (Lycosidés), au contraire, ne tissent aucune toile, mais chassent activement leurs proies. En plus de la complexité ajoutée quand nous passons des espèces aux traits, augmenter la diversité des espèces ou des traits peut mener à une compétition interspécifique pour la nourriture parmi les prédateurs, ou même à la prédation intra-guille. Les travaux de William Snyder et ses collègues à l'Université de l'état de Washington sont pionniers en investiguant cette dernière approche. Idéalement, les ennemis naturels devraient être complémentaires afin que la livraison du SE appelé lutte biologique implique un effet synergique.

Nonobstant la complexité ci-dessus, il n'y a aucun doute que les insectes fournissent des SE vitaux pour l'humanité. Cependant, les SE sont fournis par la BD et cette dernière décroît à son taux le plus rapide depuis la dernière glaciation. L'agriculture est la plus grande cause de perte de BD au monde, et avec la population mondiale qui approche neuf milliards, tout indique que ce taux de perte s'accroîtra. Le défi pour les entomologistes écologistes et les autres intervenants en agroécologie est de trouver des façons d'identifier et d'améliorer la Biodiversité Agricole Fonctionnelle (BAF) afin qu'elle soit complémentaire à la production de nourriture plutôt que d'y être antagoniste. Pour le SE clé que nous appelons lutte biologique, la plus récente composante de cette discipline grandit en influence et en pratique très rapidement. Cette composante est la lutte biologique par conservation (LBC). Il y a plusieurs années, l'agroécologiste R.B. Root s'est demandé pourquoi les cultures avec plus de diversité végétale (par exemple des mauvaises herbes) soutenaient moins d'insectes ravageurs que les monocultures. Root a spéculé que les dynamiques « top-down » et « bottom-up » y étaient pour quelque chose, faisant référence à l'habileté des ennemis naturels à respectivement trouver ou rester sur les cultures. Cet article pivot de Root a mené de différentes façons à la science moderne que nous appelons LBC. Maintenant, les travaux dans les vignobles, les brassicacées et plusieurs autres cultures portent intensivement sur la LBC afin de trouver des façons d'augmenter l'efficacité des ennemis naturels. Ceci peut être fait en reconnaissant la valeur de l'acronyme SNAP comme aide-mémoire. **S**helter (abri), **N**ectar, **P**roies/hôte **A**lternatifs et **P**ollen sont les constituants de SNAP. En agroécologie où nous souhaitons pratiquer la LBC, améliorer toutes ou quelques-unes de ses quatre ressources est crucial. La majorité de nos récents travaux au centre de recherche en bio-protection de l'Université Lincoln en Nouvelle-Zélande s'est concentrée sur cette approche. Parce que les agents de lutte biologique contre les insectes ayant le plus de succès au monde sont les guêpes parasitoïdes, nos travaux se concentrent souvent sur ce groupe très utile. Ces insectes ne consomment généralement pas de pollen, mais l'approvisionnement approprié en nectar dans ce qui serait autrement une monoculture peut amener des résultats significatifs. Cela s'exprime plus clairement dans les travaux en laboratoire qui précèdent les tests en champs. Dans de tels essais, il n'est pas rare que la longévité d'un parasitoïde passe de trois jours lorsque seule de l'eau est disponible, à 30 ou 40 jours si les avantages des sucres et des acides aminés du nectar sont disponibles. Cette simple connaissance nous aide à embarquer dans « l'ingénierie écologique » dans laquelle nous

manipulons l'environnement agricole afin d'améliorer la BAF et conséquemment, les profits des agriculteurs et la vraie durabilité. Cette approche peut souvent être visuellement spectaculaire, particulièrement quand une espèce de plante à fleurs, comme *Phacelia tanacetifolia*, est utilisée. Des images de cette espèce de plante à fleurs ont été utilisées dans la publicité et même à des fins d'agroécotourisme. De plus, considérant le déclin mondial dans les populations d'abeilles, la valeur ajoutée de la phacélie ne devrait pas être ignorée. Elle produit du très bon miel et fournit du nectar et du pollen supplémentaires pour les abeilles quand la culture elle-même ne fleurit pas.

Dans ma présentation en novembre au Québec, je couvrirai les sujets ci-dessus et je me concentrerai sur la façon dont l'agriculture intensive peut bénéficier de l'ingénierie écologique ciblée. Par-dessus tout, il faut se rappeler en tout premier lieu pourquoi nous étudions les insectes. Nous nous émerveillons de leur succès, leur nombre et leur comportement : tout comme l'entomologiste français Jean-Henri Fabre avait fait quand il a écrit sur la mante religieuse. Il a écrit : « *Le langage de la science et le naïf vocabulaire du paysan sont ici d'accord et font de la bizarre créature une pythoïsse rendant ses oracles, une ascète en extase mystique.* »

Pest control strategies in organic cropping systems: habitat management as a key tool to suppress pest outbreaks - *Stratégies de contrôle des ravageurs dans des systèmes de culture biologique: la gestion de l'habitat comme outil clé pour supprimer les infestations de ravageurs*

Lucius Tamm Ph.D.,

Chef de groupe : Protection des plantes et biodiversité et membre de la direction, Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Frick, Suisse.

Claudia Daniel, Oliver Balmer, Céline Généau, Elodie Belz, Lukas Pfiffner et Henryk Luka
Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Frick, Suisse

Abstract

Pests cause severe losses in organic agriculture, depending on crop and pedo-climatic conditions. In Central Europe, pests are predominant in vegetable and fruit crops. However, insect pests are also yield limiting factors in potato and rape seed production. Due to climate change, some pests known mainly in Mediterranean region are currently crossing the Alps and invading Central European countries such as Switzerland, Germany, and Austria.

In principle, organic growers face the same potentially severe pest insect problems as their colleagues in conventional production. If pest populations reach a critical level, organic farmers have a very limited range of approved products at hand to control these pest problems. Organic production systems are believed to be self-regulating to some extent, as biodiversity is often larger than in conventional systems and significant populations of beneficial insects are present in many cases, contributing to pest control. Nevertheless, there is often a need to control pest invertebrates, as crop losses become intolerably high.

Pest control in organic farming relies on preventative measures, supplemented by direct or reactive control. The first tier therefore consists in the implementation of preventive strategies such as a diverse crop rotation, enhancement of soil quality by incorporation of specific cover crops and/or the addition of soil amendments, and choice of resistant varieties that help to prevent pest outbreaks. In a second tier, habitat management (e.g. incorporation of hedgerows and wild flower strips) is implemented to facilitate the survival of significant populations of pest antagonists. The third and fourth tiers include deployment of direct measures such as biocontrol agents and approved insecticides.

Habitat management aims to create functional biodiversity and in consequence, to suppress pest populations and associated yield reduction. Unfortunately, the implementation of functional biodiversity in real-life farming systems is a challenge and we still stand at the beginning of this development. We have learned that the composition of the elements needs to be adapted to the crop, pest complex, pedo-climatic conditions, as well as to the farm structure and the farmer. Furthermore, the pest/damage reduction has to be substantial, and the management needs to be economically feasible. The overall objective of our research is therefore to (i) identify and combine preventive elements, (ii) to promote functional biodiversity, (iii) to quantify the benefits and to explore the limits of the various approaches and (iv) to combine preventive as well as intervention strategies in economically feasible organic production systems.

In the past decade, we have focused our activities on two model crops, i.e. apple as well as cabbage production. Apple and brassica were selected since perennial and annual crops differ radically in terms of biology/management while both systems are highly productive and relevant from the economic point of view.

Case study 1: The Sustainable Fruit System (SFS).

The overall aim of this long-term trial is to explore the impact of combined use of a wide range of preventive management strategies on pest insects and diseases. Our experiment combines all known measures of indirect pest and disease control (e.g. choice of disease resistant varieties, 'designer' coppices, sown flowering plants in the alley ways and tree row) in a near-to practical production model orchard (1 ha). The orchard is split into 4 blocks: in addition to the indirect control measures, two blocks are treated with biocontrol measures, e.g. application of Granulosis virus against codling moth (*Cydia pomonella*), in the other two blocks no biocontrol is applied. The trial has reached full productivity in 2011 and is now in a steady state. The implementation of preventive strategies has a substantial impact on system performance. For example, predators were capable to keep the aphid damages on trees and fruits under the commercially relevant level although the initial abundance of aphid colonies in spring (in particular *Dysaphis plantaginea*) was by far over the common threshold value. However, we will also report on other effects such as enhanced biodiversity as well as side-effects on disease development.

Case study 2: The use of companion plants to enhance parasitism and predation of cabbage pests. Insect pests cause enormous yield and economic losses in cabbage crops production every year. The most relevant pest species of cabbage in central Europe and their primary larval parasitoids are the cabbage moth *Mamestra brassicae* (Noctuidae), attacked by the hymenopteran endoparasitoids *Microplitis mediator* (Braconidae) and parasitism of *M. brassicae* eggs by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) and by *Telenomus sp.* (Hymenoptera,

Scelionidae). The overall objective of this study is to optimize the use of companion plants supporting parasitoids in brassica.

In a first step, we conducted a series of laboratory experiments to identify selective plant species that would improve the longevity and parasitization rate of the parasitoid wasp *M. mediator* without benefiting its host pest, the cabbage moth *M. brassicae*. Effects on longevity were also assessed for *Diadegma fenestrata*, a generalist parasitoid wasp attacking lepidopteran pests. Additionally, we compared the effects of floral and extrafloral nectar, the latter being formed in some plant species and can significantly prolong the duration of nectar availability for natural enemies. In addition, we evaluated the olfactory attractiveness of five wildflowers (*Ammi majus* (Apiaceae); *Centaurea cyanus* (Asteraceae); *Fagopyrum esculentum* (Polygonaceae); *Iberis amara* L. (Brassicaceae); *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae)) to the parasitoid *M. mediator*. The combined results indicate that *M. mediator* has evolved innate preferences that could be effectively exploited in biological control.

In a second step, we conducted field experiments using *C. cyanus* as companion plant in commercial white cabbage fields to investigate the effects on pests, natural enemies and cabbage yield. Companion plants led to a significant increase in parasitization. However, the effect of increased larval parasitization on crop yield was weaker than desired. Our results demonstrate that, in principle, the approach to increase parasitization by adding floral subsidies works also in the field. Importantly, our results also show that companion plants did not negatively affect cabbage growth. This is a central prerequisite for any conservation biological approach since direct competition with the crop would be intolerable for farmers.

The systematic combined use of elements that support biodiversity in general as well as control of important crop pest is intriguing in theory and has a huge potential, especially in organic farming systems. The so-called eco-intensification of organic farming, i.e. the increase of productivity while reducing environmental impacts, is a very ambitious objective. We are convinced that the combination of functional biodiversity and supplemented by direct pest control will be a key strategy to increase productivity in the future.

Résumé

Selon la culture et les conditions pédoclimatiques, les ravageurs peuvent causer des pertes importantes en agriculture biologique. En Europe centrale, les ravageurs sont prédominants dans les cultures de légumes et de fruits. Cependant, les insectes ravageurs sont aussi des facteurs qui limitent le rendement dans les productions de pomme de terre et de colza. En raison des changements climatiques, certains ravageurs connus principalement dans les régions méditerranéennes traversent actuellement les Alpes et envahissent les pays d'Europe centrale tels que la Suisse, l'Allemagne et l'Autriche.

En principe, les producteurs biologiques font face aux mêmes problèmes potentiellement sévères d'insectes ravageurs que leurs collègues en production conventionnelle. Si les populations de ravageurs atteignent un seuil critique, les producteurs biologiques ont une gamme bien limitée de produits approuvés pour contrôler ces ravageurs problématiques. Les systèmes de production biologique sont considérés comme autorégulateurs dans une certaine mesure, puisque la biodiversité est souvent plus grande que dans les systèmes conventionnels et que des populations significatives d'insectes bénéfiques sont présents dans beaucoup de cas, contribuant au contrôle des ravageurs. Néanmoins, il y a souvent un besoin de contrôler les invertébrés ravageurs lorsque les pertes deviennent trop élevées.

Le contrôle des ravageurs en agriculture biologique repose sur des mesures préventives, supplémentées de lutte directe ou réactive. Le premier niveau consiste à implanter des stratégies préventives telles que la rotation de cultures diversifiées, l'amélioration de la qualité du sol en incorporant des engrais verts spécifiques et/ou des amendements de sol, et le choix de variétés résistantes qui aident à prévenir les infestations de ravageurs. Au deuxième niveau, la gestion de l'habitat (ex. l'incorporation de haies et de bandes de fleurs sauvages) est employée pour faciliter la survie de populations élevées d'antagonistes des ravageurs. Les troisième et quatrième niveaux incluent le déploiement de mesures directes telles que les agents de lutte biologique et les insecticides approuvés.

La gestion de l'habitat vise à créer une biodiversité fonctionnelle, et par conséquent, à supprimer les populations de ravageurs et la réduction de rendement qui leur est associée. Malheureusement, la mise en place d'une biodiversité fonctionnelle dans de vrais systèmes agricoles est un défi et nous nous situons encore au début de ce développement. Nous avons appris que la composition des éléments doit être adaptée à la culture, au complexe de ravageurs, aux conditions pédoclimatiques ainsi qu'à la structure de la ferme et à l'agriculteur. De plus, la réduction du ravageur/des dommages doit être substantielle, et la gestion doit être économiquement rentable. L'objectif général de notre recherche est donc (i) d'identifier et de combiner des éléments préventifs, (ii) de promouvoir la biodiversité fonctionnelle, (iii) de quantifier les bénéfices et d'explorer les limites des différentes approches, et (iv) de combiner des stratégies préventives et d'intervention dans des systèmes de production biologique économiquement rentables.

Dans la dernière décennie, nous avons concentré nos activités sur deux cultures modèles, i.e. la production de pommes et de choux. Les pommes et les crucifères ont été sélectionnées parce que les cultures vivaces et annuelles diffèrent radicalement en termes de biologie et gestion, alors que les deux systèmes sont hautement productifs et pertinents d'un point de vue économique.

Étude de cas 1 : Le système production fruitière durable.

L'objectif général de cet essai à long terme est d'explorer l'impact de l'utilisation combinée d'une vaste gamme de stratégies de gestion préventive sur les insectes ravageurs et les maladies. Notre expérience combine toutes les mesures connues de lutte indirecte contre les ravageurs et les maladies (par exemple le choix de variétés résistantes aux maladies, le régime de taillis, les semis de plantes à fleurs dans les allées et entre les arbres) dans un verger modèle de production (1 ha). Le verger est séparé en 4 blocs : en plus des mesures de lutte indirecte, deux blocs sont traités avec des mesures de lutte biologique, par exemple l'application de virus Granulosis contre le carpocapse (*Cydia pomonella*), et dans les deux autres blocs, aucune lutte biologique n'est utilisée. L'essai a atteint sa pleine productivité en 2011 et est maintenant dans un état stable. La mise en œuvre de stratégies préventives a un impact substantiel sur la performance du système. Par exemple, les prédateurs étaient capables de maintenir les dommages de pucerons sur les arbres et les fruits sous le seuil économique bien que l'abondance initiale des colonies de pucerons au printemps (particulièrement *Dysaphis plantaginea*) était largement au-dessus des valeurs seuils habituelles. Nous avons également observé d'autres effets tels qu'une amélioration de la biodiversité ainsi que des effets secondaires sur le développement des maladies.

Étude de cas 2: Le compagnonnage végétal afin d'augmenter le parasitisme et la prédation des ravageurs du chou.

Les insectes ravageurs causent d'énormes pertes de rendement économiques dans les productions de choux chaque année. L'espèce de ravageur la plus importante sur le chou en Europe centrale est la noctuelle du chou *Mamestra brassicae* (Noctuidae), dont les parasitoïdes primaires sont les hyménoptères endoparasitoïdes *Microplitis mediator* (Braconidae) attaquant les larves, ainsi que *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) et *Telenomus sp.* (Hymenoptera, Scelionidae) qui parasitent les œufs. L'objectif général de cette étude est d'optimiser le compagnonnage végétal afin d'encourager le parasitisme des insectes nuisibles dans les Brassicacées. Dans un premier temps, nous avons mené une série d'expériences en laboratoire afin d'identifier les espèces de plantes qui amélioreraient la longévité et le taux de parasitisme de la guêpe parasitoïde *M. mediator* sans favoriser son hôte, la noctuelle du chou *M. brassicae*. Les effets sur la longévité ont également été évalués pour *Diadegma fenestrale*, un parasitoïde généraliste attaquant les lépidoptères ravageurs. De plus, nous avons comparé les effets du nectar floral et extra-floral, ce dernier étant formé par certaines espèces de plantes et pouvant prolonger de façon significative la disponibilité du nectar pour les ennemis naturels. Finalement, nous avons évalué l'attraction olfactive de cinq fleurs sauvages (*Ammi majus* (Apiaceae); *Centaurea cyanus* (Asteraceae); *Fagopyrum esculentum* (Polygonaceae); *Iberis amara* L. (Brassicaceae); *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae)) pour le parasitoïde *M. mediator*. Les résultats combinés indiquent que *M. mediator* a développé des préférences innées qui pourraient être exploitées efficacement en lutte biologique.

Dans un deuxième temps, nous avons mené des expériences sur le terrain en utilisant *C. cyanus* comme plante compagne dans des champs commerciaux de choux blancs afin d'investiguer les effets sur les ravageurs, les ennemis naturels et le rendement du chou. Le compagnonnage végétal a mené à une augmentation significative du parasitisme. Cependant, l'effet de l'augmentation du parasitisme larvaire sur le rendement de choux était plus faible que souhaité. Nos résultats démontrent qu'en principe, l'augmentation du parasitisme en ajoutant des sources florales fonctionne aussi sur le terrain. Il est important de noter que nos résultats montrent également que le compagnonnage végétal n'affecte pas négativement la croissance des choux. Il s'agit d'un pré-requis central pour toute approche de conservation biologique puisque la compétition directe avec la culture serait intolérable pour les agriculteurs.

La combinaison systématique d'éléments qui supportent la biodiversité générale autant que la lutte contre les ravageurs d'importance est intrigante en théorie et a un fort potentiel, particulièrement dans les systèmes agricoles biologiques. La soi-disant éco-intensification de l'agriculture biologique, i.e. l'augmentation de la productivité en réduisant les impacts environnementaux, est un objectif très ambitieux. Nous sommes convaincus que la combinaison de la biodiversité fonctionnelle et la lutte directe aux ravageurs sera une stratégie clé afin d'augmenter la productivité dans le futur.

Défis, contraintes et pratiques dans la lutte aux ravageurs en agriculture biologique au Québec

Jean Duval, agronome, M.Sc.

Chargé de projet - productions végétales biologiques, Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB+), Victoriaville

Résumé

La production biologique a connu une progression modérée mais constante au Québec dans les derniers 25 ans. Si la lutte aux ravageurs des cultures a toujours présenté un défi important dans la pratique de ce type d'agriculture, il existe aussi de nombreuses contraintes qui limitent son développement :

- Les normes biologiques édictent les principes à respecter et les substances permises dans la lutte aux ravageurs. Ces normes évoluent très lentement, dans un contexte de plus en plus mondialisé en outre. Il est donc difficile d'ajouter aux normes canadiennes de nouvelles pratiques ou de nouvelles substances qui pourraient servir dans la lutte aux ravageurs;
- L'homologation de nouveaux pesticides se fait de façon très lente auprès de l'ARLA, non seulement en raison du processus exigeant et coûteux pour les demandeurs mais aussi parce que le secteur biologique canadien représente un trop petit marché pour intéresser certains fabricants. On dispose donc de beaucoup moins de produits de phytoprotection pour la régie biologique qu'en Europe et qu'aux États-Unis;
- L'apparition de nouveaux ravageurs pour lesquels il existe peu de moyens de lutte efficace ajoute un défi supplémentaire pour les producteurs. Ainsi, le Québec a dû faire face à l'arrivée de la teigne du poireau, de la cécidomyie du chou-fleur et du puceron du soya dans la dernière décennie;
- La recherche et le développement dans la lutte aux ravageurs en régie biologique ne se sont intensifiés au Québec que dans les dernières années. Auparavant, certains producteurs développaient eux-mêmes de nouveaux moyens de lutte. Le transfert de résultats de recherche intéressants est souvent le maillon faible. Certains moyens de lutte issus de recherches faites ailleurs ne s'appliquent pas au Québec. Par exemple, la technique des bandes-pièges de luzerne utilisée dans la lutte à la punaise terne dans les fraisiers en Californie n'a pas donné ici les résultats escomptés;
- Finalement, la réalité économique fait en sorte qu'il peut exister des moyens de lutte efficace contre certains ravageurs mais que leur utilisation n'est pas justifiable économiquement. Par exemple, la présence de peu de ravageurs attaquant la pomme dans l'Ouest canadien fait en sorte que les pommes biologiques peuvent y être produites à plus faible coût qu'au Québec où les ravageurs sont nombreux et les coûts de traitement nécessairement plus élevés.

Dans la pratique, il existe une diversité chez les producteurs dans l'attitude et les actions entreprises face aux ravageurs. Certains ont une grande tolérance, interviennent peu et espèrent qu'un équilibre s'établisse entre les ravageurs et les ennemis naturels. D'autres sont prêts à intervenir rapidement et plus souvent. L'absence de seuils officiels pour la régie biologique aggrave cette disparité. Il existe aussi des différences selon les types de culture. En grande culture, il ne se fait à peu près pas d'interventions; les producteurs vivent avec la pression de la pyrale du maïs et

du puceron du soya par exemple. Chez les producteurs de fruits et de légumes, la diversité des moyens de lutte utilisés est grande. Les dernières années ont vu une utilisation croissante des méthodes de lutte par exclusion telles que les bâches et les filets. Le recours à des substances chimiques autorisées (p. ex. : savon) ou dérivées de microorganismes (p. ex. : Bt et Spinosad) est courant pour les ravageurs qui y sont sensibles. La dépendance à seulement quelques substances est d'ailleurs un problème à moyen et à long terme car elle pourrait entraîner de la résistance de certains ravageurs à ces substances. L'intérêt pour l'encouragement de la biodiversité fonctionnelle est présent chez les producteurs mais peu d'entre eux mettent en place des mesures concrètes pour la favoriser. Si la plupart des fermes maraîchères ont des zones qui abritent des populations de prédateurs naturels (p.ex. oiseaux, batraciens), il ne s'agit pas en général de zones planifiées. La lutte biologique par introduction est très utilisée en serre mais peu en champ sinon que pour des cultures marginales en production biologique comme le maïs sucré. Enfin, le principe de l'agriculture biologique qui veut qu'un sol en santé produise des plantes en santé qui sauront mieux résister aux ravageurs reste un idéal à atteindre sur la plupart des entreprises.