



HAL
open science

Protection phytosanitaire et biodiversité en agriculture biologique. Le cas des vergers de pommiers

Benoit B. Sauphanor, Sylvaine S. Simon, Catherine Boisneau, Yvan Capowiez,
René Rieux, Jean-Charles Bouvier, Hubert Defrance, Camille Picard,
J-Francois Toubon

► To cite this version:

Benoit B. Sauphanor, Sylvaine S. Simon, Catherine Boisneau, Yvan Capowiez, René Rieux, et al..
Protection phytosanitaire et biodiversité en agriculture biologique. Le cas des vergers de pommiers.
Dinabio, May 2008, Montpellier, France. hal-02824075

HAL Id: hal-02824075

<https://hal.inrae.fr/hal-02824075v1>

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Protection phytosanitaire et biodiversité en agriculture biologique. Le cas des vergers de pommiers

B. Sauphanor¹, S. Simon², C. Boisneau³, Y. Capowiez¹, R. Rieux¹, J.C. Bouvier¹, H. Defrance², C. Picard¹, J.F. Toubon¹.

¹: INRA, PSH Equipe EPI, Agroparc, F-84914 Avignon Cedex 9

²: INRA, UERI Gotheron, F-26320 Saint-Marcel-lès-Valence

³: IRBI, UMR CNRS 6035, Université de Tours, Avenue Monge, F-37200 Tours

Correspondance : benoit.sauphanor@avignon.inra.fr

La mise en place de méthodes de lutte alternatives contre certains insectes, des conversions accrues en agriculture biologique, et à l'opposé une intensification de la lutte contre des ravageurs résistants aux pesticides, font aujourd'hui apparaître des stratégies de protection contrastées en arboriculture fruitière. Les vergers peu traités constituent, avec les haies environnantes, une source appréciable de biodiversité. Un fait à ne pas négliger dans le cadre de l'éco-conditionnalité des aides, mais également comme contribution à la régulation naturelle des populations de bioagresseurs.

Résumé :

La protection des vergers nécessite de nombreux traitements antiparasitaires, quel que soit le cahier des charges. L'agriculture biologique (AB) utilise des fongicides minéraux et des insecticides d'origine végétale, microbiologiques ou dérivés ; l'arboriculture conventionnelle a essentiellement recours à la chimie de synthèse. Evalués au moyen d'indicateurs synthétiques, ces différents programmes de protection ne se distinguent pas fondamentalement en termes d'impacts environnementaux. Les observations biologiques directes dans le verger et dans son environnement immédiat indiquent cependant un effet de l'AB moindre que celui du conventionnel sur les lombrics, les communautés aviaires, et sur l'abondance globale des arthropodes. Des réponses opposées sont enregistrées pour les hyménoptères parasitoïdes et les acariens prédateurs, sensibles aux applications répétées de fongicides minéraux contre la tavelure. Peu diversifiés, les insecticides biologiques dont les modes d'action s'apparentent souvent à ceux des molécules de synthèse sont fréquemment répétés, donc sujets à l'acquisition de résistances par les ravageurs cibles. Si la préservation de la biodiversité n'est pas acquise par le simple respect du cahier des charges AB, elle semble bien prise en compte par les arboriculteurs biologiques, conscients de son utilité pour la limitation des infestations parasitaires.

Mots clés : verger, pesticide, protection intégrée, lutte biologique, indicateur, diversité, durabilité

Abstract: Pest management and biodiversity in organic fruit production: the case of apple orchards

Numerous pesticide applications are required for orchard protection, regardless of the guidelines. Organic fruit production (OFP) mainly relies on the use of mineral fungicides and microbiological or naturally-occurring insecticides. The environmental impact of this type of production does not significantly differ from that of conventional production when assessed in terms of synthetic indicators. However, the abundance of earthworms, as well as the abundance and specific richness of arthropod pests and beneficials in the orchards and surrounding hedges, is greater in OFP than in conventional orchards. Generalist predators are usually less affected by OFP compounds than by the chemical pesticides applied in conventional orchards. OFP also benefits avian communities, and above all,

insectivorous birds, for which organic orchards offer a suitable habitat similar to that of undisturbed natural areas.

In addition to this general trend, discrepancies may be observed in the protection responses of different insect groups. The abundance of hymenopteran parasitoids is the lowest in organic orchards in which outbreaks of phytophagous mites are also recorded in relation to the intensive use of sulphur for scab protection. Biological insecticides often act in ways that are similar to those of chemical ones, and the restricted choice of available compounds is likely to induce resistance selection in insect pests.

Although maintaining biodiversity is not a direct result of the implementation of OFP guidelines, it seems to be widely considered as an option by organic growers, both alone and as a complementary tool for pest regulation.

Keywords: orchard; pesticide; integrated protection; biological pest control; indicator; diversity; sustainability.

Introduction

Selon la définition de l'IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), l'agriculture biologique (AB) s'articule autour de 3 volets : un volet agronomique, prônant un mode de production s'opposant à l'agriculture intensive et limitant les atteintes à l'environnement ; un volet économique visant une production en quantité de qualité, par des entreprises à taille humaine et une filière équitable ; un volet social avec une dimension éthique, privilégiant le rapport producteur-consommateur, la qualité de vie des producteurs et la solidarité internationale.

Cette approche est assise sur une réglementation et un cahier des charges, qui portent essentiellement sur le volet agronomique. Ils ne comportent comme règle stricte que l'exclusion des intrants de synthèse, avec toutefois des exceptions pour quelques produits issus de synthèse industrielle figurant sur une liste positive. Les autres aspects du volet agronomique, concernant notamment la conduite de la culture et sa durabilité, figurent au rang de recommandations.

On peut donc s'attendre à une très grande diversité de transcription du concept d'AB dans les pratiques des producteurs. La question posée ici est de savoir si la principale règle objectivée dans le cahier des charges AB, à savoir la substitution des intrants, est à même de garantir les objectifs de préservation de la diversité agricole et naturelle du milieu cultivé.

Nous présentons une synthèse d'investigations conduites sur l'impact de systèmes de protection en vergers de pommiers biologiques et conventionnels, à la fois sur le site d'application des pesticides, à savoir la parcelle, et sur son environnement proche, à savoir la strate herbacée et les haies brise-vent bordant les vergers. Ces haies qui structurent le paysage arboricole du sud-est de la France reçoivent par dérive des brouillards de pulvérisation. L'étude fait appel à des indicateurs synthétiques qui mesurent un impact *a priori* et sont basés sur l'analyse des pratiques, et à des observations directes sur les communautés biologiques.

1. Les vergers d'étude

Les analyses sont conduites sur deux zones de production, la basse vallée de la Durance (vergers commerciaux proches d'Avignon) et la moyenne vallée du Rhône (domaine expérimental de l'INRA de Gotheron, près de Valence).

Un réseau de parcelles de référence en basse Durance, réparties entre le nord des Bouches du Rhône et le sud du Vaucluse, sert de support d'étude depuis 2002. Des observations biologiques et des

relevés de pratiques ont été conduits sur 5 vergers en AB et 10 vergers sous cahiers des charges Production Fruitière Intégrée (PFI) conformes à la Charte nationale pommes, dont cinq protégés contre le carpocapse par confusion sexuelle (modalité Confusion) et cinq exclusivement par voie chimique (modalité Conventionnel).

S'agissant de parcelles encadrées par un groupement de techniciens (réseau « PFI-PACA »), les pratiques pouvaient ne pas être représentatives de l'ensemble des exploitations de la région. Une zone d'étude (« site 13 ») a pour cela été mise en place par l'INRA sur une fenêtre de paysage de 70 km² à l'intérieur de ce réseau de référence, et sur lequel un échantillon de 80 parcelles de pommiers et poiriers a été tiré au sort (en incluant toutefois l'ensemble des vergers en AB du site). Un relevé détaillé des pratiques de protection a été réalisé sur ce site à l'issue des campagnes 2006 et 2007.

Une étude similaire a été conduite en parallèle sur trois vergers de pommiers du domaine expérimental INRA de Gotheron (26). Pour chacune des trois modalités de protection, les stratégies et le choix des matières actives y sont calqués sur les pratiques observées sur le réseau de parcelles PFI-PACA.

2. Les indicateurs

Les pratiques de protection peuvent être caractérisées au moyen d'indicateurs de pression, comme les volumes de pesticides appliqués, le nombre de traitements ou le nombre de passages de pulvérisateur.

Elles peuvent également être appréciées par des indicateurs d'impact, reliant les pressions de protection à leurs effets biologiques et provenant de calculs réalisés à partir de relevés des pratiques de l'agriculteur (indicateurs agri-environnementaux) ou d'observations directes sur les communautés biologiques.

Un exemple d'indicateur agri-environnemental est représenté par l'Environmental Impact Quotient (EIQ) de l'Université de Cornell aux USA (Kovach *et al.*, 1992). Une comparaison de systèmes de protection en arboriculture au moyen de cet indicateur synthétique est diffusée sur le site de l'Université de Cornell (<http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/>). La note la plus favorable est obtenue pour les vergers en protection intégrée. L'impact calculé pour les vergers en AB est 10 fois plus fort, en raison principalement de la toxicité des traitements fongicides à base de soufre, appliqués à doses et fréquences élevées. La protection chimique conventionnelle obtient un classement intermédiaire.

Les effets des pratiques peuvent aussi être appréhendés par des indicateurs biologiques (espèces ou groupes d'espèces pouvant rendre compte par leur variation de densité de l'évolution du milieu), d'indices écologiques (variables caractérisant le milieu déterminées à partir de valeurs quantitatives propres aux communautés, comme l'abondance, la richesse spécifique, la diversité), ou de biomarqueurs (caractères comportementaux, physiologiques ou moléculaires révélant l'exposition d'un organisme aux toxiques). Une revue scientifique fait état de 76 études comparant la biodiversité de systèmes de culture conventionnels et biologiques ou intégrés (Hole *et al.*, 2005). Selon les communautés étudiées, les résultats peuvent être contradictoires, mais la majorité des études conclut à une minimisation des impacts sur les communautés par l'AB. Les études biologiques sur l'arboriculture fruitière restent cependant peu nombreuses et fragmentaires.

La contradiction apparente entre observations biologiques et évaluation *a priori* au moyen d'un indicateur agri-environnemental justifie la mise en œuvre conjointe sur un même dispositif de ces différentes méthodes d'évaluation, ainsi que la confrontation des résultats obtenus à partir de différents indicateurs synthétiques. L'EIQ n'est en effet qu'un exemple d'indicateur applicable à l'échelle de la parcelle agricole. Il existe plusieurs autres outils portant sur le même objet mais dont les constructions diffèrent, et qui sont pour une partie d'entre eux analysés dans une revue bibliographique (Devillers *et al.*, 2005). Par ailleurs, si les indicateurs biologiques ont la meilleure pertinence environnementale, leur difficulté de mise en œuvre restreint le nombre de parcelles analysables et pose la question de leur

représentativité. La question de la faisabilité se pose également pour les indicateurs agri-environnementaux, dont certains sont très complexes. Les indicateurs de pression, dont la pertinence environnementale est faible, permettent au contraire de traiter de plus gros échantillons pour appréhender la variabilité de pratiques et d'impacts potentiels.

L'étude s'appuie ici sur une analyse des pratiques de protection, sur le calcul de deux indicateurs synthétiques, l'EIQ et I-PHY_{arbo} (Devillers *et al.*, 2005), et prend en compte l'observation de communautés représentatives des compartiments sol (les vers de terre) et aérien (arthropodes et oiseaux).

2.1) Indicateurs de pression

En 2006 sur le site atelier 13, les vergers de pommiers en AB reçoivent en moyenne 29,9 traitements insecticides et fongicides, valeur proche de celle des vergers conventionnels (Tableau 1). Ces résultats s'apparentent à ceux du réseau PFI-PACA, sur lequel les parcelles en AB reçoivent en moyenne chaque année 14 traitements fongicides minéraux (2 au cuivre et 12 à base de soufre) contre la tavelure et l'oïdium et 12 applications de virus de la granuloïse contre le carpocapse (valeur en augmentation depuis l'acquisition de résistances à ce traitement biologique chez le carpocapse), très souvent complétées par la confusion sexuelle. Hormis quelques applications de roténone contre le puceron cendré, les autres insectes et les acariens ne font par contre l'objet d'aucun traitement déclaré.

Tableau 1 : Traitements phytosanitaires et production sur un échantillon de vergers en basse vallée de la Durance (parcelles de pommiers du site atelier 13, année 2006)

Type de verger (n)	Insecticides (n)	Fongicides (n)	Total (n)	Passages pulvérisateur	volume matière active kg/ha	Rendement (t/ha)
Conventionnel (26)	14,2	11,3	28,4	17,3	37,2	34,4
Confusion (14)	9,2	12,4	24,9	14,6	40,8	39,1
Biologique (7)	15,7	12	29,9	24	92,1	24,4

Dans les deux autres modalités, la protection contre la tavelure et l'oïdium s'effectue essentiellement au moyen de fongicides organiques de synthèse, auxquels s'ajoutent annuellement 3 à 5 fongicides minéraux. En 2006, sur le site atelier 13, la confusion sexuelle permet l'économie de cinq insecticides par rapport à la modalité conventionnelle, sans changement significatif dans le choix des matières actives. Il s'agit principalement d'insecticides neurotoxiques, dont 9 à 12 organophosphorés (OPs) contre le carpocapse, 2 à 3 pyréthrinoïdes contre la zeuzère et un nombre équivalent d'applications contre les pucerons (incluant les familles précitées et les néonicotinoïdes).

Si le nombre de traitements ne distingue pas les vergers en AB des vergers conventionnels, les volumes appliqués sont plus de deux fois plus élevés en AB, en lien avec les doses efficaces élevées des fongicides minéraux, soufre et cuivre. La protection en AB s'accompagne d'un plus grand nombre de passages de pulvérisateur que dans les autres modalités en raison de l'incompatibilité entre insecticides microbiologiques et fongicides minéraux.

2.2) Indicateurs d'impact

2.2.1) Indicateurs agri-environnementaux

Les deux indicateurs utilisés, l'EIQ et I-PHY_{arbo}, sont de construction différente. L'EIQ permet d'évaluer les risques vis-à-vis de deux compartiments de l'environnement (eaux de surface et eaux souterraines), de la biodiversité, de la santé de l'opérateur et du consommateur. Sa construction est fondée sur le produit de l'exposition par la toxicité sur chaque compartiment. Les notes obtenues sont agrégées de manière simple (somme pondérée et produit) pour obtenir un EIQ pour chaque substance active (EIQsa). Le risque à la parcelle s'obtient en multipliant chaque EIQsa par la dose épandue, puis en additionnant les résultats de l'ensemble des substances actives. I-PHY_{arbo} évalue l'impact environnemental en fonction des risques regroupés en différents modules : eaux de profondeur, eaux de surface, air, auxiliaires et faune utile et « I-PHYsa » lié à la présence du pesticide pour chaque substance active. Son mode d'agrégation est un système expert basé sur la logique floue (van der Werf *et al*, 1998), calculant pour chaque substance active une note de 0 (fort impact environnemental) à 10 (pas d'impact) avant d'agréger l'ensemble de ces notes au niveau de la parcelle.

Que l'on considère l'EIQ global ou chacun de ses trois sous-indicateurs relatifs aux travailleurs agricoles, à la consommation et au lessivage, ou à la composante écologique, la note d'impact est significativement plus élevée en AB qu'en conventionnel (Figure 1). Ce résultat est en partie attribuable à la dose d'utilisation de cuivre, de soufre ou des traitements d'hiver. L'effet dose est en effet intégré ici de manière linéaire. Parmi les autres questions que pose la construction de cet indicateur, le caractère simplement additif des effets est discutable quand les premiers traitements ont déjà fortement réduit les populations présentes notamment les auxiliaires (Dushoff *et al*, 1994).

Au contraire, selon I-PHY_{arbo}, qui ne retient pas le principe d'additivité des effets, les agriculteurs en AB ont des pratiques qualifiées de plus respectueuses de l'environnement que les conventionnels ou les producteurs utilisant la confusion sexuelle (Sauphanor *et al*, 2008). Ce moindre impact est essentiellement attribuable au module « auxiliaires et faune utile ». Cependant, les notes observées même en AB ne sont que très rarement supérieures à 7, note définie comme « acceptable » en termes d'impact, traduisant le fort poids de la protection phytosanitaire en arboriculture.

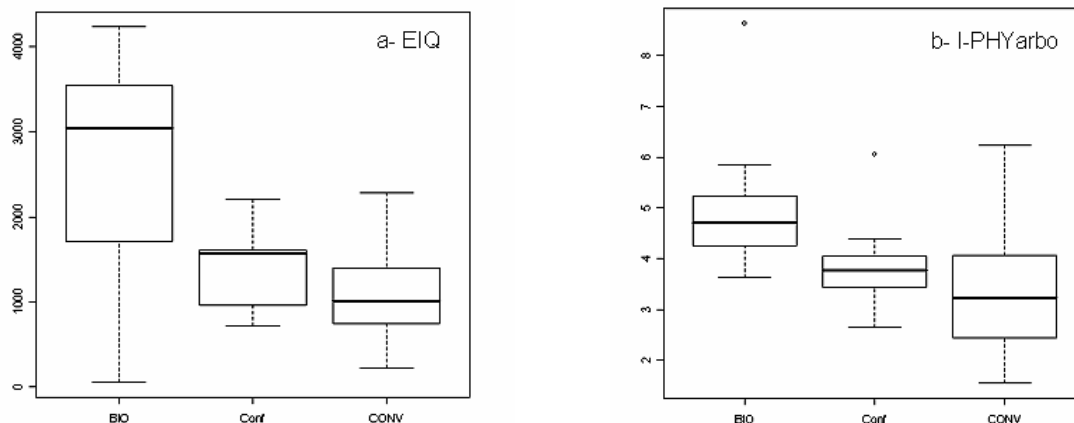


Figure 1 : Impacts environnementaux calculés selon les indicateurs EIQ et I-PHY_{arbo} pour des vergers en AB (BIO, n=12), Confusion (Conf, n=18) ou Conventionnels (CONV, n=41). Selon la notation EIQ, une note élevée traduit un fort impact environnemental. Selon I-PHY_{arbo}, une note élevée traduit un impact environnemental faible.

2.2.2) Indicateurs biologiques

Vers de terre

Six études sur cultures arables relatives dans la littérature font état d'une plus grande abondance des vers de terre en AB qu'en agriculture conventionnelle (Hole *et al.*, 2005). Cet effet s'exprime sur les parcelles cultivées comme sur leurs bordures. Un résultat différent est obtenu ici en vergers en termes d'abondance lombricienne puisque cette dernière n'est pas significativement influencée par les modes de protection (Figure 2A). Cependant, l'abondance d'une espèce de ver de terre anécique (*Lumbricus terrestris*) est significativement plus élevée dans les vergers en AB ou dans les parcelles abandonnées (Figure 2B). Mais si la densité dans la parcelle témoin (non traitée et non fertilisée) est significativement supérieure à celle des parcelles en conventionnel et confusion, elle est inférieure à celle des parcelles en AB. Des facteurs autres que les pesticides peuvent donc agir sur ces communautés, comme l'effet favorisant de la fumure organique ou du travail du sol.

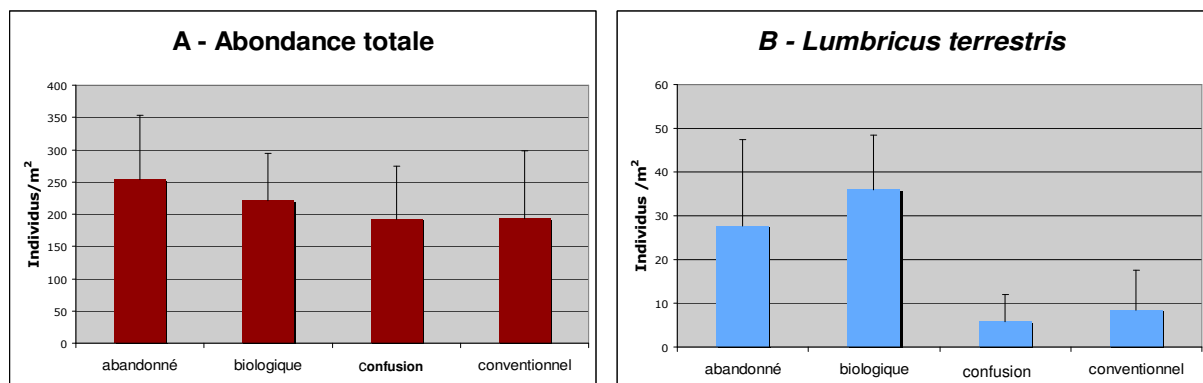


Figure 2 : Impact du système de protection en vergers de pommiers sur l'abondance des vers de terre

L'activité acétylcholinestérase (*Ace*), système enzymatique impliqué dans la transmission de l'influx nerveux et inhibé par les OPs et les carbamates, est analysée sur des échantillons de vers (*Allolobophora chlorotica*, espèce la plus fréquente dans les vergers) prélevés à différentes dates de mai à novembre 2003 dans chacune des parcelles. Ces activités sont similaires dans la parcelle témoin et dans les parcelles en AB, mais sont significativement altérées dans 50% des parcelles en confusion (sur lesquelles les applications d'OPs sont réduites mais non supprimées) et dans 75% des parcelles en conventionnel (Denoyelle *et al.*, 2007). Des analyses sont en cours pour identifier les facteurs (traitements, pratiques culturales, nature du sol) à l'origine de la variabilité enregistrée dans les parcelles recevant une protection chimique. Il est à noter que sur les parcelles où l'*Ace* est altérée, aucune restauration d'activité n'est observée plusieurs mois après l'arrêt des traitements.

Arthropodes auxiliaires

Selon les matières actives utilisées, les arthropodes non-cibles ne sont pas nécessairement plus sensibles aux traitements que les espèces cibles, et la fonction de régulation exercée par les auxiliaires n'est donc pas nécessairement altérée par la lutte phytosanitaire. Globalement toutefois, dix études citées par Hole *et al.* (2005) indiquent une plus forte abondance des insectes auxiliaires et des araignées dans les cultures en AB, comparée aux cultures protégées au moyen de pesticides chimiques. Par ailleurs, le déclin des espèces pollinisatrices, hyménoptères et diptères, très largement documenté dans la communauté scientifique, est attribué pour partie à l'utilisation des pesticides, mais également à la fragmentation des habitats et à la réduction des ressources alimentaires liées à la diversité végétale.

Parmi les trois modalités de protection, les parcelles en AB présentent la plus grande abondance et la plus forte richesse spécifique en arthropodes phytophages et auxiliaires, échantillonnés par battage pendant dix mois consécutifs sur les arbres du verger et de la haie. Ces deux indices ne différencient pas significativement entre elles les modalités confusion et conventionnel (Figure 3). Le rapport prédateurs-proies est légèrement mais non significativement supérieur dans les vergers en AB. On note également que valeurs d'abondance et de richesse spécifique des arthropodes sont plus fortes dans les haies que dans le verger, et que le système de protection influe aussi bien sur les communautés du verger que sur son environnement végétal. La diversité des arthropodes (indice de Shannon) ne sépare pas les parcelles des différentes modalités mais tend à être plus élevée dans les haies des parcelles en AB que dans celles des deux autres modalités.

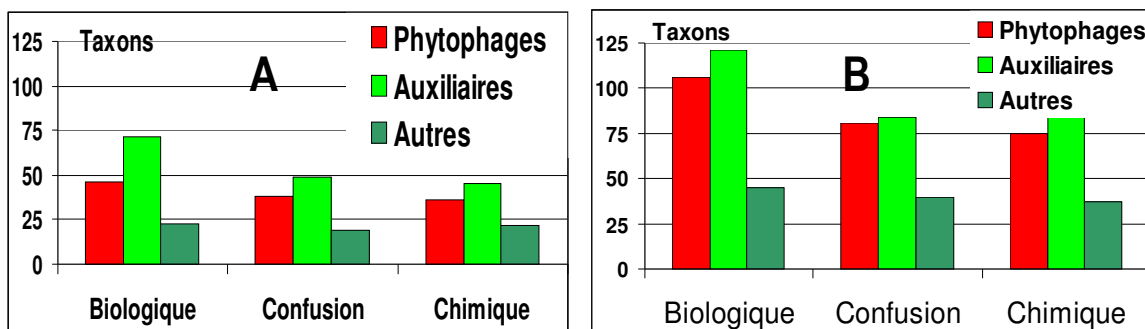


Figure 3 : Impact du système de protection en vergers de pommiers sur la richesse spécifique en arthropodes du verger (A) et de son environnement végétal proche, les haies (B).

Par ailleurs, au cours de quatre années de suivi en vergers expérimentaux à Gothenon, les échantillonnages d'arthropodes sur pommier et dans le couvert herbacé de l'inter-rang du verger pour les trois systèmes de protection indiquent :

- des effectifs élevés tout au long de la saison dans le verger AB, alors que des fluctuations importantes sont notées pour le verger conventionnel, notamment dans le couvert herbacé ;
- parmi les groupes fonctionnels d'auxiliaires présents, les hyménoptères parasitoïdes associés aux Névroptères, qui constituent une aéroentomofaune témoin de la recolonisation des vergers à partir de leur environnement (Kozár, 1992) sont prépondérants pour le verger conventionnel et, dans une moindre mesure, pour le verger en confusion ;
- le verger AB se distingue des deux autres par la présence de punaises prédatrices d'acariens (*Orius* sp.), de coccinelles (nombreuses larves, *Adalia bipunctata*), de diptères prédateurs (principalement des syrphes) et par la présence marquée de prédateurs de régulation tels les forficules.

Ces résultats, en termes de biomasse, de composition du cortège d'auxiliaires et probablement de fonctionnement des systèmes, peuvent être attribués à la protection phytosanitaire AB, *via* l'absence d'insecticide neurotoxique après floraison, l'utilisation importante de soufre en protection contre la tavelure (toxicité pour différents antagonistes), sans toutefois exclure l'effet d'autres facteurs culturels tel l'entretien du sol sur le rang (sol travaillé, apports de matière organique).

Ils témoignent enfin, tout comme précédemment pour les haies, d'un effet de la protection sur le peuplement du pommier mais également pour d'autres compartiments du verger (couvert herbacé) (Simon *et al.*, 2007).

En observant plus précisément une communauté trophique, celle des mineuses de feuilles présentes, on décèle une richesse spécifique maximale (quatre espèces), une structuration du réseau de

parasitoïdes (familles des Eulophidae, des Braconidae et des Encyrtidae) avec hyper et multi-parasitisme, et les densités les plus élevées (30 individus/100 feuilles) dans le verger témoin. En conventionnel, une seule espèce de mineuse est présente, les densités sont peu élevées (10 individus / 100 feuilles) et les réseaux de parasitoïdes ne sont constitués que de parasitoïdes primaires. La richesse spécifique des mineuses est identique pour les modalités AB et confusion. Cependant, celles-ci diffèrent par les densités de mineuses, supérieures en confusion, et par la structure des réseaux qui ne comptent que du parasitisme simple en AB. Les taux de mortalité et de parasitisme présentent de grandes variabilités intra-modalités mais ne diffèrent pas d'une modalité à l'autre. A l'échelle des mineuses et de leurs parasitoïdes, la modalité confusion est celle qui présente le moins de perturbation. Les pesticides chimiques et les composés soufrés agissent ici en perturbateurs : leur application répétée et leur toxicité s'opposent à l'installation de communautés à plusieurs niveaux de trophiques.

Communautés aviaires

Le mode de protection des vergers influe sur l'installation et la reproduction des oiseaux insectivores, suivies pendant trois ans au moyen de nichoirs installés à raison de cinq par verger d'étude. La mésange bleue (*Parus caeruleus*) et le moineau friquet (*Passer montanus*) ne s'installent que dans les vergers en AB. Et si la mésange charbonnière (*Parus major*) colonise l'ensemble des vergers des trois modalités, le nombre de jeunes produits, qui s'établit à 17/ha dans les vergers en AB, décroît significativement à 11 en confusion et à 9 en conventionnel. Le suivi des paramètres de reproduction permet d'attribuer ces différences en premier lieu à une moindre installation puis à un plus fort taux d'abandon des nids par les adultes en parcelles traitées chimiquement. Ces deux paramètres sont conditionnés par la disponibilité en nourriture. L'abandon des nids est également induit par l'action neurotoxique des traitements altérant la capacité de nourrissage des adultes (Bouvier *et al.*, 2005). De rares cas de mortalité directe dans les nids à l'occasion de traitements insecticides avant fleur sont enfin observés. De même, la communauté aviaire dans son ensemble diffère significativement entre les trois modalités AB – confusion – conventionnelle avec respectivement des abondances de 46,3 – 32,7 – 15,1 individus/ha, des richesses spécifiques de 18,5 – 14,5 – 7,2 espèces nicheuses/ha et des indices de diversité (Shannon) de 3,9 – 3,6 – 2,5. La structure fonctionnelle de ces communautés est elle-même altérée puisque les vergers de la modalité conventionnelle connaissent un fort déclin des taux relatifs d'insectivores et de rapaces, affectés à la fois par l'impact direct des traitements et par la raréfaction de leurs proies. Bien qu'également affectés (richesse spécifique réduite de 20% en chimique comparée aux vergers AB), les oiseaux granivores voient donc leur taux relatif s'accroître dans les vergers conventionnels (Figure 4).

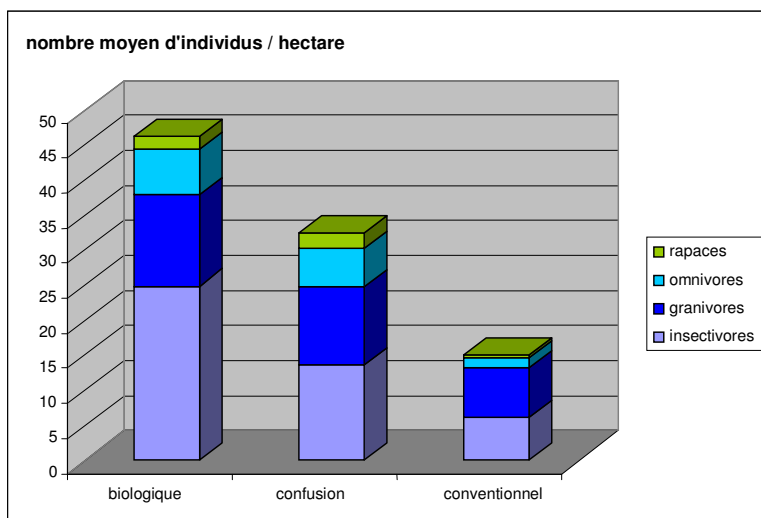


Figure 4 : Impact du système de protection en vergers de pommiers sur l'abondance des oiseaux classés par guildes.

3. Bilan des pratiques de protection en AB

3.1) Quels pesticides utilisés en AB ?

Bien que non issus de synthèse industrielle (hors dérogation), les pesticides utilisés en AB ne sont pas exempts d'impacts environnementaux. On peut rappeler l'effet du cuivre sur la faune aquatique et pour le sol, du soufre sur les parasitoïdes et les acariens prédateurs, de la roténone sur de nombreux auxiliaires. Les modes d'action des pesticides biologiques sont souvent similaires à ceux de pesticides chimiques. C'est le cas du pyrèthre, produit à partir d'un chrysanthème, et dont l'action sur la conduction nerveuse axonique est reproduite dans la famille des pyréthriinoïdes. C'est le cas de la nicotine et du Spinosad (insecticide dérivé de la bactérie *Saccharopolyspora spinosa*), qui, comme les néonicotinoïdes (exemple l'imidaclopride, matière active du Gaucho), agissent sur les récepteurs nicotiques à acétylcholinestérase. Par ailleurs, si la construction de l'EIQ engage à la prudence quant à son interprétation, les notes d'impact élevées obtenues dans les vergers en AB n'en constituent pas moins une alerte. Des restrictions de dose ou d'usage des produits les plus dommageables (cuivre, soufre en perspective) voire des retraits (retrait déjà ancien de la nicotine, de la roténone à compter de 2011, interdiction des fongicides à base de cuivre au Danemark et aux Pays-Bas) interviennent dans ce cadre au niveau de la réglementation européenne, au même titre que pour les pesticides chimiques. A l'inverse, des assouplissements du cahier des charges européen AB sont opérés. La récente autorisation en AB du Spinosad, qui n'est pas exempt de toxicité sur abeilles, sur faune aquatique et sur divers auxiliaires (et qui était très attendu par les arboriculteurs biologiques pour lutter contre le carpocapse en pommiers et poiriers ou contre la tordeuse orientale en pêcher), pourra rendre plus difficile la distinction entre AB et conventionnel en termes d'impacts environnementaux (en particulier par l'indicateur I-PHY_{arbo}). Rappelons enfin que la très grande majorité des vergers en AB reçoit une double protection contre le carpocapse associant au virus de la granulose la confusion sexuelle, dont le principe consiste à imprégner l'atmosphère du verger d'une phéromone de synthèse en vue d'interdire les accouplements de l'insecte.

3.2) Une difficile évaluation des effets des pesticides

Les différences d'impact entre familles chimiques d'insecticides sont souvent attribuées à des différences de persistance. La persistance du soufre explique l'impact de systèmes en AB sur certaines communautés biologiques des vergers, que notre étude semble confirmer sur les hyménoptères et les prédateurs d'acariens. En AB à Gotheron, des conditions climatiques favorables à la tavelure en 2002 avaient entraîné de nombreuses applications anti-fongiques avec un effet favorisant sur *Panonychus ulmi*. Ce déséquilibre, attribuable à la toxicité du soufre sur les ennemis naturels des acariens, s'était maintenu en 2003 avant que l'infestation ne soit régulée, en particulier par l'installation de punaises prédatrices du genre *Orius*.

Mais des produits non persistants dans le milieu peuvent avoir une persistance d'effet sur les organismes. C'est le cas pour l'altération de l'Ace par les OPs et les carbamates comme nous l'avons vu dans le cas du ver de terre. Ce constat renvoie à la question générale de la résilience des systèmes, à savoir leur capacité à retrouver leur état initial après une perturbation. De la même manière que la perturbation du système nerveux par les insecticides neurotoxiques peut être durable chez un individu, une communauté peut mettre un temps plus ou moins long à restaurer son intégrité, à partir des survivants d'une espèce sur la parcelle traitée ou d'immigrations d'individus en provenance de zones refuges. Une fréquence élevée de renouvellement des traitements peut donc interdire cette restauration même dans le cas de spécialités à faible persistance, comme le sont en AB le pyrèthre ou la roténone.

Au-delà de leur difficile mise en œuvre, les observations directes sur les communautés biologiques ne permettent pas d'individualiser l'effet des pesticides, et aucune espèce ou groupe d'espèces traduisant

spécifiquement l'effet des pesticides n'est identifiée. Les différences de colonisation observées entre modalités reflètent l'impact global du système de production, incluant les pesticides, les autres actes techniques, et l'aménagement végétal de l'environnement. On peut toutefois remarquer que les vergers étudiés dans le cadre du réseau Basse vallée de la Durance ont une conduite et un environnement homogènes, en raison de leur proximité géographique et d'un historique commun avant l'introduction de la confusion sexuelle contre le carpocapse ou d'une conversion en AB. Un classement similaire des itinéraires techniques pour leurs impacts biologiques est obtenu sur une expérimentation système conduite sur le domaine de Gotheron, où les différentes modalités sont implantées en conditions homogènes en termes de sol et d'environnement (Simon *et al.*, 2008). L'effet bénéfique des systèmes arboricoles en AB sur les communautés biologiques semble donc avéré. Des observations conduites en vergers de pêcheurs des principales régions productrices françaises indiquent de la même manière une plus grande diversité des auxiliaires en AB, tout particulièrement des ennemis naturels des pucerons (Penvern *et al.*, 2008).

3.3) Durabilité des méthodes de protection en AB

La protection phytosanitaire affecte la diversité intraspécifique des espèces cibles et non cibles, notamment par sélection de populations résistantes. Cette évolution est bien connue chez le carpocapse des pommes qui, dans la quasi-totalité des vergers du sud-est de la France, présente une résistance croisée à plusieurs familles d'insecticides chimiques. Depuis 2005, une forte résistance du carpocapse au virus de la granulose (CpGV) est également avérée dans les vergers en AB de quelques localités du sud-est et du centre de la France (Sauphanor *et al.*, 2006). En raison de la stabilité de ces différentes résistances, associée à leur faible coût biologique, et de la capacité du carpocapse à se déplacer de plusieurs km en cours de saison, des populations très résistantes aux insecticides chimiques sont détectées dans des parcelles en AB ou abandonnées depuis de nombreuses années. De manière similaire, les carpocapses de vergers conventionnels situés à proximité de vergers en AB présentent de forts taux de résistance au CpGV. D'une manière générale, le risque d'acquisition de résistances est fort dans les vergers en AB en raison d'une faible diversité de solutions utilisables et de leur moindre efficacité nécessitant une répétition des applications (10 à 15 traitements annuels au CpGV sur plus de 10 années consécutives dans certaines parcelles, par exemple). Des résistances au Spinosad sont également à attendre, d'autant qu'elles se sont déjà développées sur d'autres espèces (résistances métaboliques, fréquentes chez le carpocapse), et que leur cible moléculaire est la même que celle des néonicotinoïdes aujourd'hui très utilisés en vergers conventionnels contre le carpocapse et le puceron cendré. Il en est de même pour les fongicides minéraux (soufre, cuivre), une érosion de l'efficacité des produits à action multi-site étant suspectée. Enfin, une résistance à la confusion sexuelle, déjà observée chez quelques espèces de lépidoptères (Mochizuki *et al.*, 2002), n'est pas à exclure chez le carpocapse combattu par cette méthode sur 50% du verger français de pommiers-poiriers.

A l'inverse, certains bioagresseurs combattus en arboriculture conventionnelle ne font l'objet d'aucun traitement phytosanitaire en AB, faute de produit efficace. C'est particulièrement le cas pour les lépidoptères xylophages telles la zeuzère ou la sésie, ainsi que pour les acariens phytophages. Peu de traitements contre les pucerons sont par ailleurs déclarés dans les calendriers de traitement AB que nous avons analysés. Cette absence de possibilité de lutte directe contre des cibles dites secondaires, ainsi que l'efficacité relative des mesures de protection contre les cibles principales, font que les arboriculteurs en AB tolèrent des attaques parasitaires jugées inacceptables en conventionnel. Ils considèrent par contre comme prioritaire un raisonnement du système dans son ensemble, pour rendre la culture moins favorable ou plus tolérante au développement des bioagresseurs. Ce raisonnement, qui s'applique à l'implantation de la parcelle (quand il s'agit de nouveaux vergers), à l'aménagement de son environnement et à la conduite de l'arbre (taille, irrigation), est aussi un facteur de durabilité du système.

Conclusion

Le cas des vergers de pommiers illustre bien le fait que l'innocuité sur l'environnement des systèmes agricoles en AB n'est que partielle. Les pratiques de protection y sont intenses, tant au niveau de la fréquence des passages (peu favorable au bilan carbone) que des volumes de produits phytosanitaires appliqués, de leur persistance ou de leur toxicité potentielle sur les organismes vivants. Mais les valeurs élevées d'abondance, de richesse spécifique et de diversité observées pour certaines communautés, dès lors que l'intensité de la protection chimique est réduite, soulignent l'intérêt de systèmes comme l'arboriculture fruitière au titre de la conservation de la biodiversité. Les observations en vergers AB indiquent que ces milieux sont potentiellement aussi favorables pour l'installation et la reproduction de nombreuses espèces d'oiseaux que les milieux naturels non perturbés de la même aire géographique. Une réduction d'abondance et de richesse spécifique de 70% (plus élevée si on considère en bout de chaîne alimentaire les insectivores et rapaces) s'observe dans la modalité conventionnelle, indiquant la marge disponible. Mais les systèmes de production incluent aussi les aménagements paysagers comme la mosaïque de cultures et les haies brise-vent, influant eux-mêmes fortement sur la biodiversité animale (Burel et Baudry, 1999 ; Rieux *et al.*, 1999). Le maintien voire la diversification végétale des haies brise-vent - auquel semble aujourd'hui s'opposer l'implantation de filets para-grêle jouant également ce rôle de brise-vent - est donc à considérer comme une mesure d'intérêt agronomique au titre de la lutte biologique par conservation, mais également d'intérêt environnemental au même titre que l'enherbement des parcelles et la diversification des cultures. Au-delà du respect de la mention obligatoire du cahier des charges AB de non utilisation d'intrants de synthèse, une adhésion à l'esprit de l'AB prônant une désintensification des cultures et le respect de l'environnement est à promouvoir dans cet objectif.

Remerciements. *Nous remercions les agriculteurs de la région d'Avignon qui accueillent ces travaux dans leurs vergers. Les travaux mentionnés ont été réalisés dans le cadre des programmes Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides du Ministère chargé de l'Environnement et Ecoger de l'Agence Nationale pour la Recherche.*

Références bibliographiques :

- Bouvier J.C., Toubon J.F., Boivin T., Sauphanor B., 2005. Effects of apple orchard management strategies on the great tit (*Parus major*) in southeastern France. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24, 2846-2852.
- Burel F., Baudry J., 1999. *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications.* Tec & Doc, Paris, 409p
- Devillers J., Farret R., Girardin P., Rivière J.L., Soulas G., 2005. Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Tec & Doc, Paris, 278 p.
- Denoyelle R., Rault M., Mazzia C., Mascle O., Capowiez Y., 2007. Cholinesterase activity as a biomarker of pesticide exposure in *Allolobophora chlorotica* earthworms living in apple orchards under different management strategies. *Environmental Toxicology and Chemistry* 26, 2644-2649.
- Dushoff J., Caldwell B., Mohler C.L., 1994. Evaluating the environment effect of pesticides: A critique of the Environmental Impact Quotient. *American Entomologist* 40, 180-184.
- Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice P.V., Evans A.D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological conservation* 122, 113-130.
- Kovach J., Petzold C., Degni J., Tette J., 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Science Bulletin* 139, 1-8.

- Kozar F., 1992. Organization of arthropod communities in agroecosystems. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 27, 365-373.
- Mochizuki F., Fukumoto T., Noguchi H., Sugie H., Mori-moto T., Ohtani K., 2002. Resistance to a mating disruptant composed of (Z)-11-tetradecenyl acetate in the smaller tea tortrix *Adoxophyes honmai* (Yasuda) (Lepidoptera : Tortricidae). *Appl Entomol Zoo.* 37, 299-304.
- Penvern S., Fauriel J., Bellon S., 2008. Peach aphid management in organic and conventional orchards: How to reconnect efficiency and ecology? in *Organic Fruit Conference (ISHS)*, 15-17 Juin 2008, Vignola, Italy.
- Rieux R., Simon S., Defrance H., 1999. Role of hedgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. *Agric. Ecosyst. Environ.* 73, 129-140.
- Sauphanor B., Berling M., Toubon J.F., Reyes M., Delnatte J., 2006. Carpopapse des pommes : cas de résistance au virus de la granulose en vergers biologiques. *Phytoma* 590, 24-27.
- Sauphanor B., Picard C., Plenet D., Simon S., 2008. Indicators to assess the environmental impact of protection practices in apple orchards. Book of Abstract poster 103, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.
- Simon S., Defrance H. and Sauphanor B., 2007. Effect of codling moth management on orchard arthropods. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122, 340-348.
- Simon S., Sauphanor B., Buléon S., Guinaudeau J., Brun L., 2008. Building up management and evaluation of orchards systems: a four-year experience in apple production. Book of Abstract poster 159, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.
- Van der Werf H. M. G., Zimmer C., 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. *Chemosphere* 36, 2225-2249.