



HAL
open science

Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier. Première étape

Catherine Boreau de Roince, Jean-Michel Ricard, Alain Garcin, Michel Jay, Jean_françois Mandrin, Claire Lavigne, Jean-Charles Bouvier

► To cite this version:

Catherine Boreau de Roince, Jean-Michel Ricard, Alain Garcin, Michel Jay, Jean_françois Mandrin, et al.. Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier. Première étape. Infos CTIFL, 2010, 263, pp.10-15. hal-02669189

HAL Id: hal-02669189

<https://hal.inrae.fr/hal-02669189>

Submitted on 31 May 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.



LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ

FONCTIONNALITÉ DES AUXILIAIRES VERTÉBRÉS ET INVERTÉBRÉS DANS LE CONTRÔLE DES RAVAGEURS DU POMMIER (1^{RE} PARTIE)

RÉSUMÉ

L'étude de la prédation des ravageurs du pommier par des auxiliaires vertébrés et invertébrés et de leur potentiel de régulation s'inscrit dans un projet de trois ans conduit par le Ctifl. Ce premier article présente la méthodologie développée et l'avancement des travaux. Après mise au point d'un outil moléculaire de détection des ravageurs dans les contenus digestifs et les fèces, les premiers résultats révèlent des événements de prédation de la part de carabes, araignées et chauves-souris sur carpocapse, tordeuse et puceron cendré. L'installation d'un verger expérimental pour appréhender les aspects quantitatifs de la prédation et des suivis de biodiversité afin de comprendre l'influence des aménagements dans l'assemblage des auxiliaires au sein d'une parcelle font partis également des objectifs de cette recherche.

BIOLOGICAL CONTROL TO PRESERVE BIODIVERSITY: FUNCTION OF VERTEBRATE AND INVERTEBRATE BENEFICIALS IN CONTROLLING PESTS ON APPLE TREE (PART 1)

The study of using vertebrate and invertebrate beneficials to control apple tree pests, and the potential for regulating them, is part of a three-year project under way by Ctifl. This initial article describes the methodology defined for the project and the status of the work. Following the development of a molecular tool for detecting pests in digestive contents and faeces, the initial results indicate predation events by carabidae, spiders and bats on codding moth, tortrix moth and rosy apple aphid. A further aim of this research is to install an experimental orchard to study the quantitative aspects of predation and monitor biodiversity, in order to understand the influence of arrangements in the assembly of beneficial auxiliaries within a parcel.

Avec la collaboration William Symondson de l'université de Cardiff

La conservation de la biodiversité est devenue un enjeu majeur de nos sociétés. Or la biodiversité d'un territoire est influencée par les activités anthropiques qui y sont menées, notamment l'agriculture. Jusqu'à présent, de nombreux travaux ont porté sur les impacts des pratiques agricoles sur la biodiversité et ont conduit à des mesures de protection associées à des engagements de diminution des intrants (plan Ecophyto 2018). Mais quels services agronomiques sont rendus par la biodiversité, plus particulièrement quel serait son intérêt dans la régulation des ravageurs ? Pour tenter de répondre à cette question, le Ctifl engage, en partenariat avec l'Inra d'Avignon et l'université de Cardiff, une étude sur le potentiel de plusieurs groupes d'auxiliaires généralistes en verger, et sur les pratiques et les aménagements susceptibles d'améliorer leur efficacité.



> UNE DES HUIT PARCELLES DE POMMIER SUPPORT DE L'ÉTUDE



POURQUOI ÉTUDIER LES AUXILIAIRES GÉNÉRALISTES ?

Les auxiliaires ou prédateurs spécialistes tels que les parasitoïdes ont été les premiers étudiés et utilisés avec plus ou moins de succès en lutte biologique. En effet, leur spécialisation pour un ravageur permet de le contrôler rapidement même lorsque celui-ci atteint des pics de densité élevés. Cependant, par ce lien trophique exclusif, les abondances du prédateur et de sa proie sont interdépendantes ayant pour conséquence une diminution drastique, voire disparition de la population du prédateur lorsqu'il a consommé la quasi-totalité du stock de proies d'une zone donnée. C'est pourquoi, la lutte par les prédateurs spécialistes reste le plus souvent interventionniste et est réservée aux cultures sous abris car il est nécessaire de maintenir leur population pour un contrôle efficace. Ce mode de lutte ne s'appuie donc pas sur le potentiel de services que peuvent rendre les espèces naturellement présentes en verger. À l'inverse, un prédateur généraliste est beaucoup moins influencé par l'absence d'une proie particulière car son régime alimentaire est diversifié. Il peut ainsi conserver des abondances élevées en consommant des proies alternatives pendant les périodes d'absence d'une proie particulière. Il peut également être présent plus tôt et ainsi contrôler les populations de ravageurs avant qu'elles ne provoquent des dégâts. Par ailleurs, l'abondance et la diversité des prédateurs généralistes sont sous l'influence des pratiques culturales et de la qualité écologique des structures paysagères de l'environnement proche.

QUELS PRÉDATEURS POTENTIELS EN VERGER DE POMMIERS ?

L'étude a pour modèle le verger de pommiers et est axée sur le contrôle des trois principaux ravageurs de cette culture : deux lépidoptères, le carpocapse de la pomme (*Cydia pomonella*) et la tordeuse orientale (*Cydia molesta*), et le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*). Il existe des prédateurs potentiels de ces ravageurs à tous les stades de leur dévelop-

CARACTÉRISER LE POTENTIEL DE RÉGULATION

Le potentiel régulateur d'un acteur qu'il soit une molécule (lutte chimique) ou un organisme vivant (lutte biologique) est défini selon la même démarche. Premièrement, il faut connaître qualitativement son impact sur le ravageur, c'est-à-dire à quel stade, et période de l'année, il agit. Dans notre étude, on cherche donc à définir à quelle période de l'année il existe un lien trophique entre prédateur(s) et ravageur(s) par analyse du régime alimentaire. Deuxièmement, il faut déterminer quantitativement l'efficacité du prédateur selon sa densité. On suivra donc les dynamiques des populations des prédateurs et des ravageurs pour définir des périodes critiques de régulation durant lesquelles les densités de prédateurs sont suffisamment élevées pour avoir un rôle fonctionnel en vergers. D'autre part, on mesurera l'action de certains prédateurs sur un ravageur ciblé en faisant varier leur densité en conditions expérimentales. Troisièmement, il faut élucider les aspects environnementaux qui favorisent la régulation sur le ravageur. On cherchera donc à identifier les pratiques agricoles et surtout les aménagements à différentes échelles susceptibles d'influencer la richesse et l'abondance de ces prédateurs généralistes et de leurs cibles.

pement. Trois groupes de prédateurs généralistes ont été identifiés (Figure 1) : les arthropodes du sol et de la frondaison (araignées, carabes et staphylins principalement), les mésanges (mésange charbonnière essentiellement) et les chauves-souris. Les arthropodes et les mésanges sont susceptibles d'intervenir au niveau des phases non volantes du développement de ces ravageurs, tandis que les chauves-souris et les mésanges pourront agir pendant les phases volantes. Ces prédateurs généralistes ont l'avantage d'être présents dans beaucoup de milieux (haies, lisières, fossés enherbés) et de plus ils colonisent rapidement tout milieu favorable, tels que les milieux cultivés, si la structure paysagère adjacente y est bien connectée. Des études en verger de pommiers ont déjà été entreprises et laissent présager un potentiel de régulation, notamment sur le carpocapse pour les arthropodes du sol (Epstein *et al* 2001; Mathews *et al* 2004) et pour la mésange charbonnière (Mols *et al* 2005). De même, en conditions contrôlées, des comportements de prédation sont observés (Garcin 2006 et 2008). Mais la limite principale de ces travaux provient du fait qu'un seul couple proie-prédateur ne soit étudié à la fois. Il est donc impossible de conclure sur la globalité des services que peut offrir la biodiversité. C'est pourquoi, l'intérêt principal de l'étude entreprise par le Ctifl est de s'intéresser à la complémentarité de ces auxiliaires dans une lutte biologique par conservation.

COMMENT ÉTUDIER LA CONSOMMATION DES AUXILIAIRES GÉNÉRALISTES ?

L'étude du régime alimentaire dans un système naturel a longtemps posé des problèmes techniques pour des espèces difficilement observables. Parmi nos prédateurs, les carabes et chauves-souris sont des espèces nocturnes, les araignées consomment leurs proies par succion de tissus pré-digérés, les oiseaux prospectent souvent au sein du feuillage. L'observation d'événements de prédation était trop aléatoire pour être envisagée dans le cadre du projet. Par contre, la détection de l'ADN de la proie considérée dans les contenus stomacaux ou les fèces des prédateurs est aujourd'hui devenue possible grâce à l'utilisation des techniques moléculaires de PCR (Polymérase Chain Reaction) et de séquençage (Harper *et al* 2005). Il est possible de créer une sonde, que l'on appelle amorce, capable de reconnaître la séquence d'ADN d'une espèce donnée. Ainsi, l'utilisation de trois sondes spécifiques de nos trois ravageurs permettra de détecter les événements de prédation sans les avoir réellement observés. Cette méthode avait déjà été développée avec succès par le Ctifl sur la mouche de l'olive (Ricard 2008). Des prélèvements réguliers de fèces ou de spécimens sont prévus pour recueillir leur contenu digestif qui seront ensuite testés par PCR. Dès lors, le risque de perturber les comportements naturels des prédateurs



par la présence d'observateurs est évité. Cette méthode nécessite un étalonnage pour savoir au bout de combien de temps de digestion, l'ADN de la proie n'est plus détectable par la sonde. Cet étalonnage se réalise par des tests alimentaires qui consistent à faire consommer un ravageur à une cohorte de prédateurs sous conditions contrôlées, puis à un pas de temps régulier de digestion, de récupérer un sous échantillon de prédateurs pour tester la présence de l'ADN du ravageur. En conséquence, cela permet de connaître l'efficacité de la sonde et de définir le protocole d'échantillonnage sur le terrain. L'analyse moléculaire des contenus digestifs permet d'identifier l'ensemble des espèces prédatrices des trois ravageurs ciblés. Ensuite, une sélection sera effectuée parmi ces espèces prédatrices pour ne conserver que les auxiliaires généralistes à fort potentiel de régulation d'un ou de plusieurs ravageurs. Les critères de ce choix sont la présence du ravageur dans le régime alimentaire du prédateur au début et à la fin de la période de reproduction du ravageur et une densité de prédateur significative à ces mêmes périodes. Après une saison d'échantillonnage en 2009, plus de 2500 échantillons biologiques (environ 150 guanos de chauve-souris et de mésanges, 1500 arthropodes du sol et 1000 arthropodes de la frondaison) ont été prélevés sur les vergers de pommiers pour définir ces relations trophiques par PCR. De plus, des tests alimentaires en laboratoire sur carabes, araignées, chauves-souris, mésanges ont été effectués, regroupant 250 échantillons.

PREMIERS RÉSULTATS SUR LES RELATIONS TROPHIQUES ENTRE DIFFÉRENTS GROUPES

Compte tenu du nombre très important d'échantillons collectés, dans un premier temps, un screening a été fait en ciblant parcelles et dates. Excepté sur les mésanges, tous les groupes d'auxiliaires généralistes montrent des résultats positifs qui attestent d'une prédation des ravageurs recherchés (Tableau 1). Le pourcentage de positifs, assez variable selon les espèces, peut dépasser les 10 % (aux dates où la présence d'au moins un positif est notée), ce qui est très signifi-

FIGURE 1 : CYCLES DES RAVAGEURS ÉTUDIÉS ET PÉRIODES-CLÉS POTENTIELLES DES AUXILIAIRES GÉNÉRALISTES

Source : Ctifl

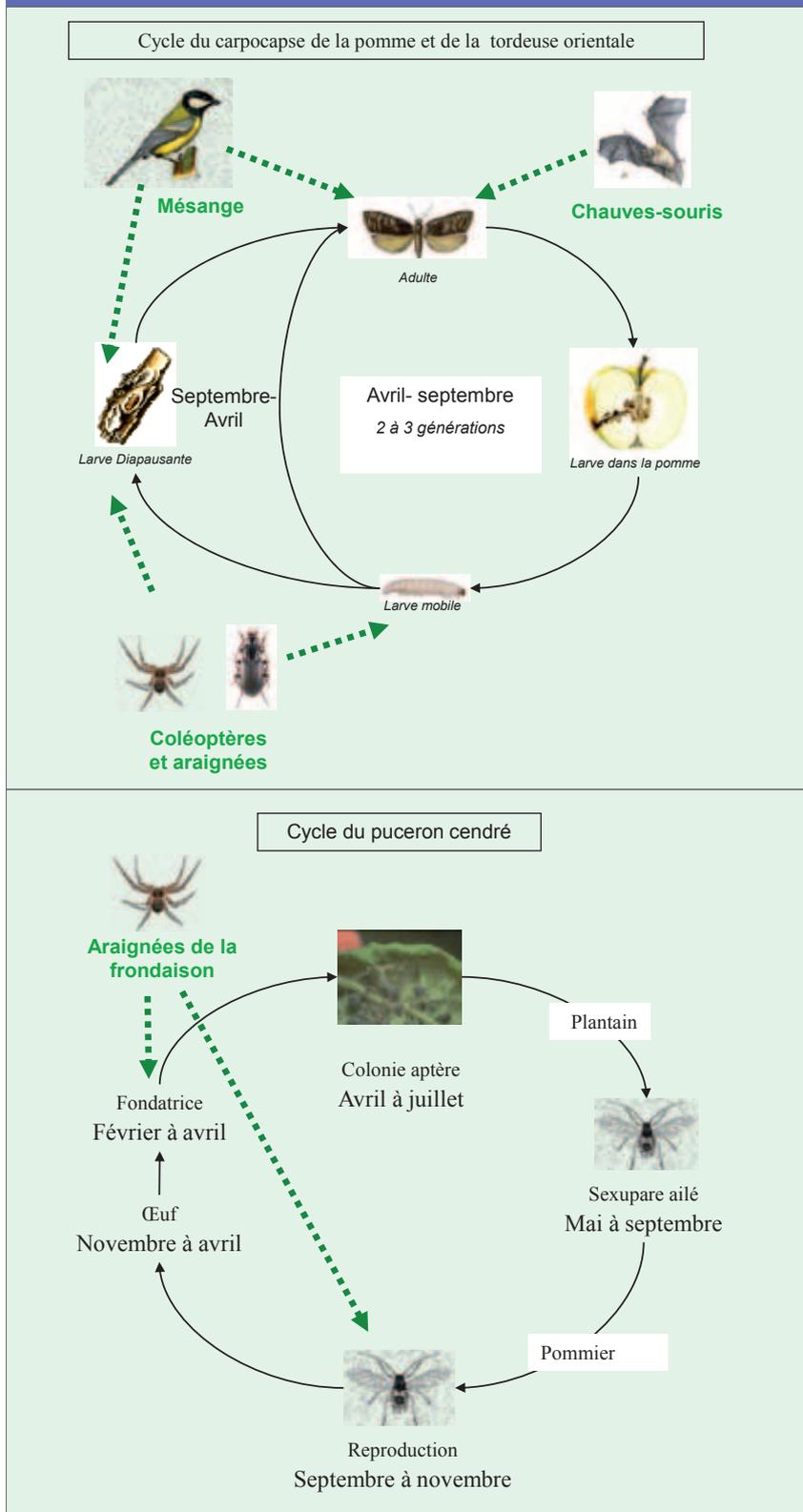




TABLEAU 1 : PREMIERS RÉSULTATS SYNTHÉTIQUES OBTENUS À PARTIR DU « SCREENING » DES GROUPES PRÉDATEURS SUR LES ÉCHANTILLONS 2009

Prédateurs	Nombre de prédateurs testés (nombre collecté)	Ravageur cible	% de positifs (lors de la présence d'au moins un positif)	Dates d'échantillonnage avec au moins un positif
Arthropodes de la frondaison (araignées)	329 (1 362)	Puceron cendré	10,4 %	19/03/2009 27/03/2009
Arthropodes du sol	401 (1 097)	Carpocapse/tordeuse orientale (multiplex)	11,2 %	10/04,23/04,06/05,19/05 18/08, 02/09,15/09
Chauves-souris	91 fécès (111)	Carpocapse/tordeuse orientale (multiplex)	10,6 %	20/05, 02/07, 02/09, 19/10
Mésanges	43 fécès (45)	Carpocapse/tordeuse orientale (multiplex)	0 %	aucune

catif. C'est le cas pour certaines espèces de carabes et d'araignées sur carpo-capse et tordeuse au printemps ainsi que pour les araignées de la frondaison sur puceron cendré très tôt en saison. Les chauves-souris donnent également des résultats de prédation tout au long de la saison, ce qui signifie qu'elles ont une « consommation de fond » des lépidoptères étudiés. Quant aux mésanges, l'absence de positifs s'explique par le fait que la prédation doit très probablement avoir lieu avant le retour des oiseaux

qui hivernent dans les nichoirs où sont collectées les fèces (novembre). Un protocole spécifique d'étude est prévu fin 2010 pour mettre en évidence la prédation suspectée sur la période de septembre-octobre.

Ces premiers résultats sont très intéressants. Complétés par l'analyse des échantillons restants, ils vont permettre de mettre en évidence les espèces et familles de prédateurs les plus intéressantes en fonction de leur fréquence de prédation et aussi de leur abondance. Ils

permettent déjà de cibler les périodes clés et de revoir les protocoles d'échantillonnage de l'année 2010.

APPROCHE QUANTITATIVE ET ESTIMATION DE LA RÉGULATION

Suite à l'identification des auxiliaires généralistes d'intérêt, la quantification de leur consommation en ravageurs est nécessaire à la caractérisation de leur potentiel de régulation.

Deux dispositifs expérimentaux sont mis en place pour répondre à cette problématique. Premièrement, au sein de ce même réseau de 15 parcelles biologiques, des nichoirs artificiels ont été installés dans les pommiers selon trois différentes modalités de densité par hectare: 5 parcelles sans nichoirs, 5 parcelles avec 3 nichoirs par hectare et 5 parcelles avec une densité de 20 nichoirs par hectare. L'objectif de ce dispositif est d'estimer l'influence du nombre de mésanges au sein d'une parcelle sur les densités en carpo-capse de la pomme et en tordeuse orientale. Ce dispositif est en place depuis le début de l'hiver 2008 afin de pouvoir suivre l'arrivée de couples de mésanges dans ces nichoirs et leur reproduction pendant le printemps 2009. Durant cette première saison, aucune mésange n'a été entendue dans les vergers dépourvus de nichoirs, et en moyenne 1,2 couples de mésanges ont été observés dans les parcelles à faible densité de nichoirs et 2,4 couples de mé-

DU TERRAIN AU LABO

L'étude se situe dans la basse vallée de la Durance (13) aux alentours de la commune de Mollégès dans laquelle 15 vergers de pommiers menés en agriculture biologique sont suivis. Pour les arthropodes et les chauves-souris, un sous-échantillon de 9 parcelles parmi ces 15 a été retenu pour des raisons de temps d'échantillonnage (Tableau 2). Le suivi consiste à connaître les densités de chacun des groupes de prédateurs, des ravageurs et à récolter des échantillons pour l'analyse moléculaire. Il a fallu adapter les méthodes d'échantillonnage habituelles aux contraintes de l'analyse moléculaire par PCR (contamination et dégradation de l'ADN) en utilisant des temps de piégeages courts (1 nuit par exemple pour individus au sol) et une congélation rapide. Au laboratoire (université de Cardiff), les amorces ADN du carpo-capse et de la tordeuse orientale ont été créées et optimisées pour fonctionner ensemble au cours d'une même réaction PCR. Les tests alimentaires sur carabe (*Calathus fuscipes*) montrent un temps de demi-détection de l'ordre de 30 heures pour le carpo-capse et 40 heures pour la tordeuse. L'amorce spécifique du puceron cendré testée quant à elle sur araignée (*Philodromus* sp.) donne un temps beaucoup plus long (> 70 heures) comme on peut s'y attendre avec des organismes au métabolisme plus lent. Pour les oiseaux et les chauves-souris les tests alimentaires sont positifs très rapidement après ingestion (1 heure environ) ce qui confirme un transit intestinal extrêmement rapide et une digestion imparfaite. L'analyse des échantillons collectés s'effectue sur fèces (oiseaux, chauve-souris), individus entiers (araignées) ou systèmes digestifs après dissection sommaire (carabes).



sanges dans les parcelles à forte densité de nichoirs. L'occupation en 2010 sera certainement plus importante par le retour des poussins nés en 2009 sur leurs parcelles d'origine. Deuxièmement, un verger de pommiers expérimental composé de trois rangs de 16 arbres, a été implanté pendant l'hiver 2008-2009 sur le centre de Balandran. Il est destiné à étudier l'influence de la densité en arthropodes du sol (carabes, staphylins), sur la prédation des larves de carpocapse de la pomme pendant l'hiver. Le principe consiste d'une part à manipuler les densités d'une ou plusieurs espèces d'arthropodes du sol, et d'autre part à contrôler l'émergence à la fin de l'hiver d'un lot de larves de carpocapses introduites artificiellement à l'automne. Pour cela, des zones rectangulaires d'une surface de 8 m² englobant chacune deux arbres, sont aménagées le long de chaque rang par la mise en place de barrières d'exclusion infranchissables par les arthropodes du sol. Au sein de ces zones, les populations des espèces d'arthropodes du sol ciblées par l'expérience sont manipulées par des transferts d'individus piégés jusqu'à obtenir des contrastes de densités parmi les zones. Par ailleurs, afin d'estimer le nombre de larves consommées pendant l'hiver, des filets-barrières contre le carpocapse placés au-dessus des zones d'étude servent à récolter les papillons adultes. Ces dispositifs ne donneront cependant des résultats que sur un petit nombre d'espèces de prédateurs. Une démarche

complémentaire de modélisation sera donc entreprise afin de généraliser les résultats à d'autres espèces. Elle consiste à simuler par ordinateur la consommation d'une population de ravageurs par une espèce de prédateurs après avoir mesuré les besoins énergétiques de ce prédateur pour subsister. Les résultats des expériences en verger seront indispensables à la validation de ces modèles. En effet, ces modèles seront considérés valables qu'à partir du moment où leurs résultats sont similaires à ceux obtenus empiriquement.

BIODIVERSITÉ ET DENSITÉ- ACTIVITÉ DES PRÉDATEURS EN RELATION AVEC LES INFRASTRUCTURES AGRO- ÉCOLOGIQUES

L'environnement proche d'une parcelle se caractérise par la présence de linéaires (haies, bandes enherbées...), leur composition, ainsi que par la présence d'éléments du réseau hydrique tels que des fossés ou plans d'eau. Ces infrastructures agro-écologiques sont supposées être essentielles à la biodiversité à la fois qualitativement (la richesse en espèce) et quantitativement (leurs abondances). Cependant, les études menées récemment (pour une synthèse: Bianchi *et al* 2006, Duelli 1997) soulignent aussi la pertinence d'étudier la

biodiversité à une échelle supérieure, celle du paysage qui prend alors en compte la mosaïque des différents milieux (agricoles et non agricoles) au sein d'une région. Ainsi sur la même zone de Mollégès, un suivi de la biodiversité en arthropodes est mené selon le programme d'échantillonnage présenté dans le tableau 2. La qualité écologique des aménagements est évaluée à l'aide de l'indicateur I-Aménagement sur lequel le Ctifl travaille par ailleurs et l'ensemble du paysage de cette zone est géo-référencé dans une base de données. L'analyse de la biodiversité pourra ainsi porter sur les influences respectives des échelles locale et paysagère. Nos premiers résultats montrent déjà une corrélation forte entre la richesse en familles d'arthropodes et l'environnement proche des parcelles soulignant donc l'intérêt d'étudier les relations entre les infrastructures agro-écologiques et la biodiversité, et plus précisément celle des auxiliaires généralistes à fort potentiel de régulation.

UNE NOUVELLE ÉVOLUTION

Le potentiel de régulation des prédateurs généralistes et les aménagements des infrastructures agro-écologiques nécessaires à leur conservation sont les deux principales questions de cette étude. Il est important de souligner que la régulation par conservation des prédateurs est une démarche plutôt préventive que curative, son but étant d'éviter les pics de populations de ravageurs en consommant ceux-ci tôt dans leur saison de reproduction lorsque leur densité est encore faible. Ainsi la lutte biologique par conservation de la biodiversité peut constituer une nouvelle évolution des pratiques agricoles. Outre l'intérêt général de conserver la biodiversité sur un territoire, il existe donc potentiellement un intérêt fonctionnel de cette biodiversité au sein des agro-écosystèmes. Le faible niveau de connaissances disponibles sur la qualité et la fiabilité de tels services dans les vergers, notamment en termes de régulation des populations de ravageurs, justifie l'investissement du Ctifl dans un tel projet qui vise à apporter des éléments de réponses concrets aux producteurs. ■



> VERGER EXPÉRIMENTAL AVEC BARRIÈRES D'EXCLUSION PERMETTANT DE MODIFIER LES DENSITÉS DE PRÉDATEURS AU SOL



TABLEAU 2 : APERÇU DES MÉTHODES DE SUIVIS DES GROUPES DE PRÉDATEURS ET DE RAVAGEURS

	Nombre de vergers suivis	Suivi de la densité relative	Récupération de spécimens ou faeces pour l'analyse moléculaire	Suivi de la richesse en espèces
Arthropodes du sol	9	<ul style="list-style-type: none"> • Une à deux fois par mois • 6 pots par parcelle dans le sol pour piégeage à sec • ouverts pendant 24 h 	<ul style="list-style-type: none"> • Avec le suivi de densité relative 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 fois par an, juin et septembre • 6 pots par parcelle dans le sol remplis d'une solution isotonique • Ouverts pendant 1 semaine
Araignées de la frondaison	9	<ul style="list-style-type: none"> • 10 bandes piège par parcelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Avec le suivi de densité relative 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 fois par an, juin et septembre • 100 battages sur la frondaison par parcelle
Chauve-souris	16	<ul style="list-style-type: none"> • Une fois par mois • Méthode acoustique (estimation du trafic) 	<ul style="list-style-type: none"> • Au niveau de gîtes artificiels sur 4 parcelles • 1 fois par mois 	<ul style="list-style-type: none"> • Une fois par an, septembre • Méthode acoustique
Oiseaux	15	<ul style="list-style-type: none"> • Une fois par semaine • Présence dans les niochirs artificiels (nombre de couples nicheurs et d'adultes en hiver) 	<ul style="list-style-type: none"> • Avec le suivi de densité relative 	<ul style="list-style-type: none"> • Deux fois par an en hiver et au printemps • Transect d'observation
Carpocapse et tordeuse orientale	15	<ul style="list-style-type: none"> • Deux fois par an • Comptage des dégâts sur 600 fruits fin juin et des larves dans 30 bandes piège fin octobre par parcelle 		
Puceron cendré	9	<ul style="list-style-type: none"> • En hiver • Nombre de colonies et leur développement estimés sur 1 branche sur 10 arbres par parcelle 		



> BANDE PIÈGE CARTONNÉE PERMETTANT D'ÉCHANTILLONNER LES ARAIGNÉES DE LA FRONDAISON DES ARBRES



> POTS «BARBER» SERVANT À CAPTURER LES CARABES DISPOSÉS DE PART ET D'AUTRE D'UNE BARRIÈRE D'EXCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

- Bianchi, F., C. J. H. Booij, and T. Tschamtkke. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 273: p. 1715-1727.
- Duelli, P. 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. *Agriculture Ecosystems & Environment* 62: p. 81-91.
- Epstein, D. L., R. S. Zack, J. F. Brunner, L. Gut, and J. J. Brown. 2001. Ground beetle activity in apple orchards under reduced pesticide management regimes. *Biological Control* 21: p. 97-104.
- Garcin, A., Mouton, S. (2006). Le régime alimentaire des carabes et staphylins. *Infos-Ctifl n° 218, janvier-février 2006.*
- Garcin, A., Darthout, L., Lochard, G (2008). Les carabes en verger de pommier. *Des auxiliaires à préserver. Infos-Ctifl n° 244, septembre 2008.*
- Harper, G. L., R. A. King, C. S. Dodd, J. D. Harwood, D. M. Glen, M. W. Bruford, and W. O. C. Symondson. 2005. Rapid screening of invertebrate predators for multiple prey DNA targets. *Molecular Ecology* 14 : p. 819-827.
- Mathews, C. R., D. G. Bottrell, and M. W. Brown. 2004. Habitat manipulation of the apple orchard floor to increase ground-dwelling predators and predation of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera : Tortricidae). *Biological Control* 30:265-273.
- Mols, C. M. M., A. J. van Noordwijk, and M. E. Visser. 2005. Assessing the reduction of caterpillar numbers by Great Tits *Parus major* breeding in apple orchards. *Ardea* 93: p. 259-269.
- Ricard, JM., Jay, M., Garcin, A., Mandrin, J.F., Petit, E. (2008). Mesure de la prédation des ravageurs par des auxiliaires vertébrés et invertébrés. Développement d'un outil biomoléculaire. *Infos-Ctifl n° 241, mai 2008.*