

QUELQUES CONSEILS POUR OBSERVER LES PUCERONS DES GRANDES CULTURES ET LEURS AUXILIAIRES

TOSSER V.¹, CHABERT A.², LELIEUR V.¹

1 Arvalis Institut du Végétal, Station expérimentale La Jaillière, 44 370 Loireauxence

2 ACTA, AGRAPOLE, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon Cedex 07

RÉSUMÉ

Le projet ARENA (CASDAR, 2017-2020) vise à quantifier le potentiel de contrôle biologique des pucerons par leurs auxiliaires en grandes cultures. Pour acquérir des références sur les dynamiques de ces organismes, des observations en parcelles agricoles et expérimentales ont eu lieu pendant 3 ans, sur un réseau de parcelles. Plusieurs méthodes d'observation des pucerons et de leurs auxiliaires ont été mises en place, au printemps et à l'automne : observations visuelles, cuvettes jaunes, aspirations, pot Barber. Malgré la grande variabilité de l'abondance et de la diversité d'organismes observés, certaines méthodes employées se sont révélées plus informatives que d'autres.

Mots-clés : auxiliaires des cultures, grandes cultures, méthodes d'échantillonnage, contrôle biologique, pucerons

ABSTRACT

The ARENA project (2017-2020) aims to quantify the potential of natural control of aphids by natural enemies in arable crops. To acquire references on the dynamics of these organisms, observations in agricultural and experimental fields took place during 3 years, on a fields network in France. Several sampling techniques of aphids and their natural enemies have been used, during spring and autumn: visual observations, yellow bowls, aspirations, pitfall traps. Despite the important variability in the abundance and diversity of observed organisms, some of the methods seems to be more informative than others.

Key words: natural enemies, arable crop, sampling techniques, natural pest control, aphids

Introduction

La gestion des pucerons d'automne est un enjeu majeur dans la plupart des régions françaises de grandes cultures. Ils peuvent être à l'origine d'importants dégâts sur blé et orge à l'automne, du fait de la transmission de la jaunisse nanisante de l'orge (JNO) et au printemps du fait de dégâts directs essentiellement sur les épis. La lutte contre les différentes espèces de pucerons repose sur des techniques culturales préventives et l'application d'insecticides.

Concernant la JNO, des essais réalisés par ARVALIS Institut du végétal en 2014 ont montré un différentiel de rendement pouvant atteindre 60 q/ha entre les parcelles d'orge non traitées et traitées (Bousquet, 2015). Si les attaques de pucerons des épis sont plus rares et moins dommageables pour les cultures, des attaques importantes sont tout de même observées 1 année sur 5 en moyenne. Les dégâts peuvent occasionner des pertes allant jusqu'à 25 q/ha en situation non traitée (ARVALIS Institut du Végétal, 2016).

La régulation biologique des ravageurs par les auxiliaires de cultures est une des approches fondamentales de la transition agro-écologique tant souhaitée par les politiques publiques.

Elle peut être faite par plusieurs catégories d'auxiliaires : des généralistes, comme les carabes ou les araignées, ou des spécialistes, comme les syrphes, coccinelles, chrysopes, hyménoptères parasitoïdes, sphécides (Plantegenest *et al.*, 2001 ; Caballero-Lopez *et al.*, 2012. ; Le Divelec *et al.*, 2016).

Le projet (CASDAR, 2017-2020) avait pour objectif d'acquérir des références sur ces organismes en parcelles agricoles afin d'avancer sur la quantification du contrôle biologique effectif des pucerons par leurs auxiliaires. Elles doivent permettre de s'appuyer davantage sur les processus de contrôle biologique dans la conduite culturale et ainsi réduire le recours aux intrants chimiques.

Nous avons comparé plusieurs techniques d'échantillonnage dont certaines peuvent être non destructives pour les organismes. Par exemple, les observations visuelles, consistent à dénombrer les organismes visibles sur les plantes ou au sol. Le filet fauchoiret l'aspiration consistent à collecter les organismes dans la végétation. D'autres techniques utilisées se basent sur le piégeage des arthropodes. Le pot Barber est une technique d'échantillonnage parmi les plus anciennes, les plus fréquemment utilisées et les plus simples à utiliser (Boyer *et al.*, 2017). C'est la technique la plus utilisée pour échantillonner les invertébrés épigés (Woodcock, 2005), notamment les carabes et araignées. Les cuvettes jaunes sont des pièges généralement utilisés pour détecter les vols de certains ravageurs comme les cécidomyies ou les coléoptères nuisibles au colza. D'autres insectes, attirés par leur couleur, sont également capturés par ce piège et peuvent être collectés. Enfin, deux pièges d'interception sont souvent utilisés lors d'études scientifiques : les tentes Malaise et les pièges cornet. Ils permettent de capturer une grande diversité d'individus à l'échelle du paysage (Boyer *et al.*, 2017).

Le choix de la technique d'échantillonnage, ainsi que du protocole, mise en place lors d'une étude d'invertébrés conditionne la réussite de l'expérimentation. Il se base sur des critères déterminés par l'expérimentateur tels que le type d'invertébrés étudié, le niveau d'information recherché (répétabilité dans le temps et dans l'espace, quantité d'organismes piégés). Le choix de la technique est également influencé par les moyens disponibles (Woodcock, 2005). A partir d'observations réalisées grâce à plusieurs techniques sur un réseau de parcelles pendant trois ans dans le cadre du projet « ARENA : Anticiper les REgulations NAturelles », notre étude propose de dresser des préconisations sur les techniques à choisir pour observer les pucerons et leurs auxiliaires.

Matériels et méthodes

Observations réalisées sur un réseau de parcelles agricoles

Les pucerons et leurs auxiliaires ont été observés au printemps et à l'automne, grâce à plusieurs techniques d'échantillonnage : pots Barber, observations visuelles, cuvettes jaunes, aspirations. Le choix a été fait de ne pas suivre ces organismes avec des tentes Malaise ou piège cornet car ces techniques sont jugées trop chronophages pour être appliquées en routine. Le Tableau 1 indique les organismes qui ont été étudiés pour chacune des techniques d'échantillonnage.

Tableau 1 - Organismes étudiés par différentes techniques d'observation dans le projet ARENA
Organisms observed for each sampling technique in ARENA project

	Pot Barber	Observations visuelles	Cuvettes jaunes	Aspirations
Pucerons		X	X	X
Carabes	X	X	X	X
Araignées et opilions	X	X	X	X
Syrphes		X	X	X
Coccinelles		X	X	X
Chrysopes		X	X	X
Hyménoptères parasitoïdes / momies de pucerons		X	X	X

Deux types de protocoles ont été mis en place : simple et élaboré. Le premier avait vocation à être calibré pour être diffusé largement en fin de projet à destination des conseillers agricoles et des agriculteurs. Le second a eu pour objectif de vérifier la fiabilité des données obtenues en protocole simple et à tester l'intérêt de techniques d'échantillonnage habituellement peu mises en place. Le

Tableau 2 résume les principales différences entre les deux protocoles. L'ensemble des observations et piégeage a été réalisé dans une zone de 30 m x 10 m, cette zone se situant à minimum 10 m de la bordure de la parcelle.

*Tableau 2 - Protocoles mis en place pour observer les pucerons et leurs auxiliaires au cours du projet ARENA
Sampling protocols used to observe aphids and their natural enemies in ARENA project*

	Pot Barber	Observations visuelles	Cuvettes jaunes	Aspirations
Simple				
Nb piège/observation par parcelle	4 (espacés de 10 m les uns des autres, disposés en carré)	100 plants céréales (10 zones de 10 plants répartis aléatoirement dans la zone d'observation)	1 cuvette (à 10 m de la zone d'observation et 10 m de la bordure)	Non mis en place
Fréquence de relevé	Une semaine sur deux	Une fois par semaine	Une semaine par mois	
Identification	Groupes d'espèces ou genres	Groupe ou genres	Groupe ou genres	
Elaboré				
Nb piège/observation par parcelle	6	Idem protocole simple	1	20 aspirations de 5 secondes réparties sur 10 m
Fréquence	Une fois par semaine		Une semaine sur deux	Une fois par semaine
Identification	A l'espèce (carabes)		Famille, Genre ou espèce	Famille, Genre ou 'espèce

Analyse de données

Pour chaque type de piège, les organismes observés sont regroupés par famille (ce qui inclut à la fois les individus observés en stade larvaire et adulte). Puis, l'abondance de chaque famille d'organisme est moyennée par le nombre d'observations / de piégeages réalisés par parcelle et par an.

Les résultats sont présentés pour les auxiliaires et pour les pucerons, sous forme de graphiques. Pour chaque piège et chaque année sont données les abondances relatives de chacun des groupes. De ces graphiques et de leur analyse sont issus des préconisations sur les techniques d'observation à mettre en place pour chaque groupe.

Résultats

Jeu de données sélectionnées

Les analyses sont réalisées sur le jeu de données indiqué dans le Tableau 3.

*Tableau 3 - Données sélectionnées pour réaliser les analyses - abondance par groupe d'organisme étudié (larves + adultes)
Data selection to perform analyses – abundance for each group studied (larvae + adults)*

Groupe	Nombre	Groupe	Nombre
Araignées	41 066	Momies de pucerons	3 240
Carabes	31 209	Opilions	8 959
Chrysopes	229	Pucerons	53 003
Coccinelles	1 240	Staphylins	2 807
Hyménoptères parasitoïdes	2 687	Syrphes	4 909

Captures d'auxiliaires des cultures par différentes techniques de piégeage

La Figure 1 montre les abondances relatives des auxiliaires capturés par chacune des techniques de piégeage testée au cours des suivis et par année.

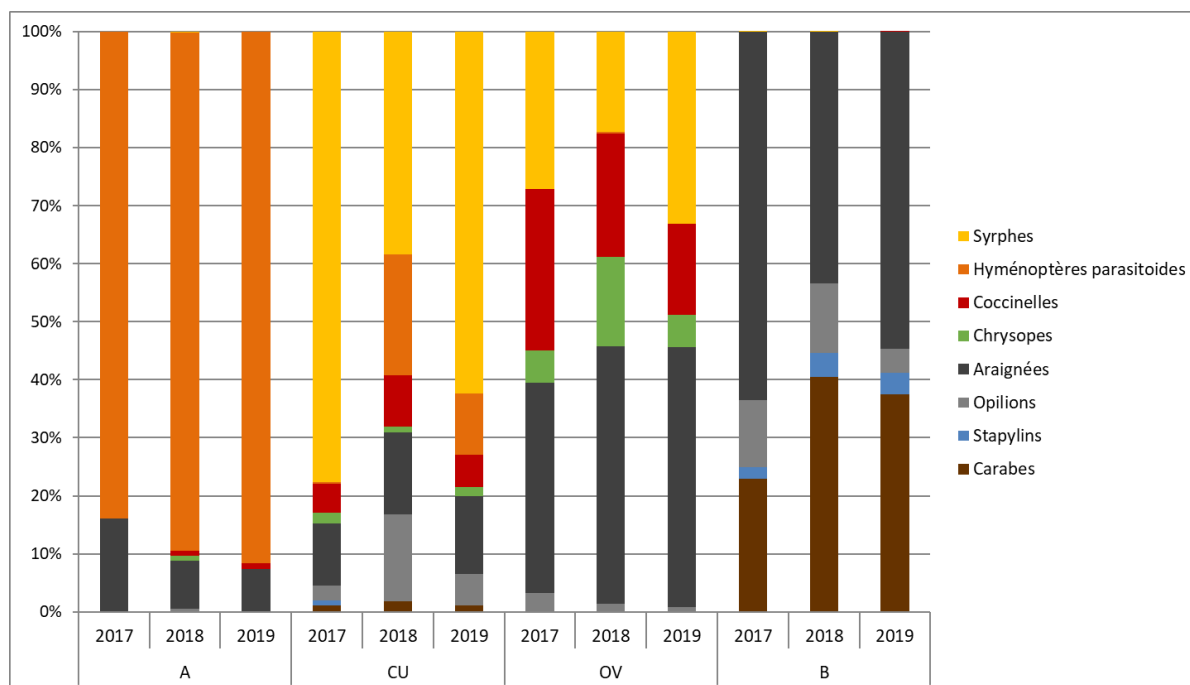


Figure 1 - Abondance relative des différents groupes d'auxiliaires, par technique de piégeage et par année (A : Aspiration, CU : Cuvette jaune, OV : Observations visuelles, B : pot Barber)
Relative abundance for each natural enemy, for each sampling technique and each year (A : Aspiration, CU : yellow bowl, OV : visual observation, B : pitfall trap)

D'une manière générale, chaque technique de piégeage donne des résultats similaires, quelle que soit l'année considérée. Quelques exceptions sont à noter :

- Aspiration : abondance plus faible d'hyménoptères parasitoïdes à l'automne 2017 (5,2 individus capturés en moyenne par aspiration et par parcelle), par rapport au printemps (12,5 en 2018 et 14,6 en 2019),
- Cuvettes jaunes : présence de syrphes plus importante en 2017 (12,2 syrphes par cuvette par relevé en moyenne, contre 4,3 en 2018 et 5,9 en 2019), abondance d'hyménoptères parasitoïdes plus élevée en 2018 (2,3 contre 0,1 en 2017 et 1,0 en 2019), abondance d'opilions plus importante en 2018 (1,7 contre 0,4 en 2017 et 0,5 en 2019),
- Observations visuelles : abondance en chrysopes plus élevée en 2018 (1,2 chrysopes notés par observation et par parcelle en moyenne, contre 0,4 en 2017 et 0,1 en 2019), abondance en coccinelles plus faible en 2019 (0,3 contre 1,8 en 2017 et 1,6 en 2018),
- Pots Barber : abondance en araignées plus élevée en 2017 (21,8 araignées par pot et par relevé contre 12,8 en 2018 et 13,1 en 2019), abondance en carabes plus élevée en 2018 (12,0 carabes contre 7,9 en 2017 et 9,0 en 2019).

Différents facteurs climatiques sont certainement responsables de ces variations interannuelles et devraient pouvoir être identifiés lors d'études plus approfondies.

Captures de pucerons par différentes techniques de piégeage

La Figure 2 montre l'abondance relative des pucerons aptères, pucerons ailés et momies de pucerons, pour chaque technique de piégeage utilisée et chaque année. Dans le cadre du projet, 3

espèces de pucerons des céréales ont été plus particulièrement suivies : *Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae* et *Rhopalosiphum padi*, tout 3 étant vecteurs de la Jaunisse Nanisante de l'orge.

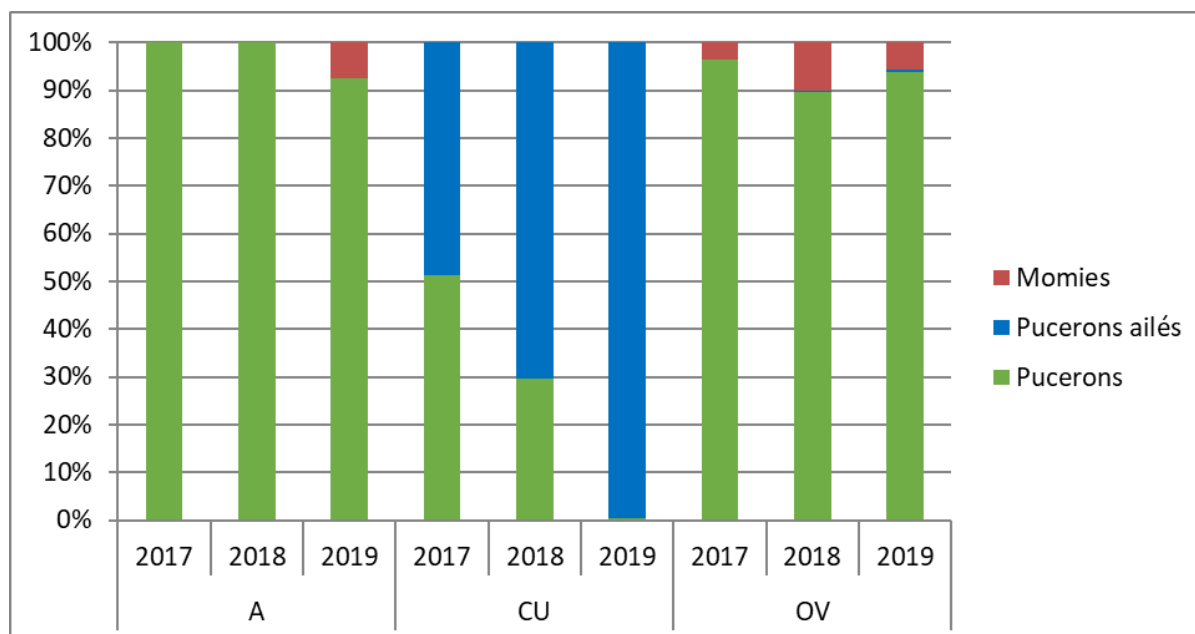


Figure 2 - Abondance relative des pucerons, par technique de piégeage et par année (A : Aspiration, CU : Cuvette jaune, OV : Observations visuelles)

Relative abundance of aphids, for each sampling technique and year (A : Aspiration, CU : yellow bowl, OV : visual observation)

Ici encore, quelques différences sont à noter entre année pour une même technique de piégeage :

- Aspiration : les momies de pucerons n'ont été comptabilisées dans les aspirations qu'en 2019 et ont été assez faibles en moyenne,
- Cuvettes jaunes : au fil des 3 années de suivis, les pucerons ailés sont de plus en plus abondants (4,0 par cuvette et par relevé en moyenne en 2017, 6,5 en 2018 et 27,0 en 2019),
- Observations visuelles : les pucerons sont moins abondants en 2019 (42,0 en moyenne par observation en 2017, 44,2 en 2018 et 31,0 en 2019), les momies de pucerons sont plus nombreuses en 2018 (4,9 en moyenne en 2018 contre 1,5 en 2017 et 1,8 en 2019).

Focus sur les espèces rencontrées en Rhône-Alpes

Les principaux groupes d'organismes trouvés sont : pucerons, syrphes, hyménoptères parasitoïdes, cicadelles, coléoptères (carabes, coccinelles, staphylins, cantharides), chrysopes, araignées, opilions et hétéroptères (anthocorides, mirides et nabides). Les espèces les plus communes rencontrées sont résumées dans le Tableau 4.

Tableau 4 - Principales espèces de pucerons et d'auxiliaires identifiées en Rhône-Alpes dans le cadre du projet ARENA
Main species of aphids and natural enemies identified in Rhône-Alpes region during ARENA project

PUCERONS	<i>Sitobion avenae</i> , <i>Metopolophium dirhodum</i> , <i>Rhopalosiphum padi</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Lipaphis serysimi</i>
COCCINELLES	<i>Coccinella septempunctata</i> , <i>Harmonia axyridis</i>
CICADELLES	<i>Psammotettix</i> sp., <i>Euscelidius variegatus</i> , <i>Neolaiturus guttulatus</i> , <i>Eupteryx atropunctata</i> , <i>Emelyanovia namollicula</i> , <i>Zyginidia scutellaris</i> , <i>Empoasca pteridis</i>
Hyménoptères parasitoïdes	Braconidae (parasite de pucerons), <i>Aphidius avenae</i> , <i>A. ervi</i> , <i>Lysiphlebus fabarum</i> . Toutes les espèces collectées n'ont pas pu être déterminées, certaines espèces collectées étaient parasites d'autres familles d'insectes (dont de ravageurs des cultures) et une hyperparasitoïde.

Nous avons observé des passages des populations de pucerons du maïs aux cultures intermédiaires présentes à proximité. Les graminées présentes semblent constituer des réservoirs importants. Nous avons également constaté des populations élevées de cicadelles (Hemiptera, Cicadellidae) les espèces présentes ont été déterminées par les équipes de Montpellier Supagro. Ce groupe d'insectes peut être vecteur de viroses des céréales et autres plantes.

A l'automne 2017, concernant les hyménoptères parasitoïdes, parmi les espèces déterminées environ 1/5 seulement sont effectivement des parasites de pucerons, cependant au printemps la majorité des captures est composée de parasites de pucerons (

Tableau 5). Les parcelles 2017 observées à l'automne ont été également suivies au printemps 2018 et l'ont été au printemps 2019.

Tableau 5 – Détermination des familles de quelques micro-hyménoptères collectés dans les parcelles de Rhône-Alpes en 2018 (les chiffres correspondent au nombre d'individus déterminés)

Families identification of some micro-hymenoptera captured in fields of the Rhône-Alpes region in 2018 (figures are the number of individuals that were identified)

Parcelle	Date				% de parastoïdes de pucerons
Thil	02/05/2018	Praon (a) 1	Ephredrus (a) 1	Aphidius (a) 3	100%
Blé	24/05/2018	Praon (a) 5	Ephredrus (a) 2	Aphidius (a) 13	83%
		Asaphes (a) 3	Telenomus (c) 1	Eulophidae (c) 1	
		Alloxysta (d) 1	Gasteruptiidae (e) 1	Alysiinae (b) 2	
Maïs	24/05/2018	Aphidius (a) 14	Lysiphlebus testaceipes (a) 1		100%
Orge	07/06/2018	Praon (a) 1	Aphidius (a) 4	Telemonus (c) 2	36%
		Braconidae (e) 2	Ichneumonidae (e) 1	Eulophine (c) 4	
(a)	parasite de pucerons		(d)	parasite secondaire (hyperparasitoïdes)	
(b)	parasite de diptères		(c)	inconnu ou mixte	
(c)	parasite de lépidoptères				

A l'automne 2018, il a pu être déterminé quelques individus collectés. Il est à noter que dans la plupart des cas, au printemps 2018, ce sont des parasitoïdes de pucerons. Leur rôle dans la régulation de population est certainement très important. Ces observations sont confirmées par la présence importante de momies de pucerons au moment où les populations décroissent. Dans la plupart des situations, le pic de micro-hyménoptères se présente deux semaines après celui des pucerons. Ce phénomène semble normal du fait de cycle biologique de ces auxiliaires qui est de l'ordre de deux semaines.

Préconisations de choix de technique de piégeage

Ainsi, le Tableau 6 présente les points forts et faibles de chaque technique de piégeage pour observer les différents groupes d'auxiliaires et les pucerons.

Tableau 6 - Préconisations pour le choix des techniques de piégeage en fonction des auxiliaires à étudier
Recommandation for the choice of sampling techniques according to each natural enemy

	Adapté pour observer	Non adapté pour observer
Aspiration	Hyménoptères parasitoïdes, pucerons	Auxiliaires « plus lourds » (coccinelles, syrphes), pucerons ailés
Cuvette jaune	Syrphes, hyménoptères parasitoïdes, pucerons ailés	Momies de pucerons
Observation visuelle	Araignées, coccinelles, chrysopes, pucerons aptères, momies de pucerons	Hyménoptères parasitoïdes, pucerons ailés
Pot Barber	Araignées, carabes, staphylins	Par définition, tous les auxiliaires volants, tous les pucerons

Discussion

Limites de l'études et résultats complémentaires issus de la littérature

L'étude présentée ici s'est focalisée sur des comparaisons d'abondance de différents groupes d'auxiliaires de pucerons recensés via plusieurs techniques d'échantillonnage. Le fait que la majorité des auxiliaires n'aient pas été identifiés à l'espèce ne permet pas de compléter cette étude par des comparaisons sur le nombre d'espèces comptabilisées par les techniques d'échantillonnage utilisées.

Quelques études existant dans la littérature permettent de discuter ce point. Schmidt (2006) a collecté des ennemis naturels de pucerons en parcelles de soja grâce à des pots Barber, des observations visuelles, des comptages destructifs, des pièges jaunes englués et filet fauchoir. Le maximum d'espèces a été recensé dans les observations visuelles, filet fauchoir et piège englué, comparativement au comptage destructif. Les méthodes comme les comptages destructifs ou les observations visuelles pourraient sous-estimer les populations d'auxiliaires très mobiles. Elles sont cependant bien adaptées pour observer les stades œufs et larves de différents groupes d'auxiliaires.

Du choix de la technique d'échantillonnage à la définition du protocole

Les résultats de cette étude aboutissent aux préconisations suivantes : les hyménoptères parasitoïdes peuvent être correctement échantillonnés par aspirations et cuvettes jaunes ; les syrphes par cuvettes jaunes, les araignées, staphylins et carabes par pots Barber et les autres auxiliaires par observations visuelles. Il serait pertinent d'utiliser les aspirations et observations visuelles pour échantillonner les populations de pucerons. Ces recommandations sont globalement cohérentes avec celles données par Boyer *et al.* (2017) qui indiquent que le piégeage au sol est adapté pour les araignées, carabes et staphylins, que le contrôle visuel est adapté pour la détection de momies de pucerons, pour les coccinelles et syrphes, et enfin que l'aspirateur est adapté pour les adultes de chrysopes, les coccinelles (adultes et larves) et les hyménoptères parasitoïdes. Une autre étude visant à évaluer les populations de punaises, araignées, chrysopes et coccinelles ne recommande pas, quant à elle, l'utilisation de l'aspiration mais plutôt le battage des plants ou l'utilisation du filet fauchoir (Bechinski et Pedigo, 1982). Cela est probablement dû au fait que ces groupes d'auxiliaires sont plutôt lourds, comparativement à d'autres, et sont effectivement mal détectés par l'aspiration.

Une fois le choix de la technique d'échantillonnage réalisé, il est ensuite nécessaire de définir un protocole d'étude. Si l'application de méthodes standardisées faciliterait l'harmonisation des données collectées, il est indispensable de définir un protocole tenant compte des objectifs de l'étude (ainsi que de la précision des données recherchée) et des moyens (humains, temporels, financiers) disponibles. Les pièges ou méthodes d'échantillonnages doivent être mis en place

pendant la présence des organismes cibles (auxiliaires et ravageurs). Il peut être intéressant de réaliser des captures ou observations de manière précoce afin d'étudier les phénomènes se déroulant de manière précoce dans les parcelles, puisque le niveau de régulation s'y déroulant à cette période peut être capitale (Boyer *et al.*, 2017). Par ailleurs, Duelliet *al.* (1999) précise que les pièges et observations doivent être mis en place de manière rigoureuse et pendant des périodes longues pour détecter l'évolution des populations dans le temps et dans l'espace. L'abondance et la diversité des auxiliaires sont des paramètres d'importance à étudier.

Perspectives : intégration des données de comptages pucerons et auxiliaires dans les stratégies de protection des cultures

La finalité du projet ARENA est l'intégration des méthodes d'observation des régulations naturelles et outils produits dans les stratégies de protection des cultures. Les résultats produits par le projet permettent de s'interroger sur l'intégration de données d'observation concernant les auxiliaires dans la prise de décision de traitement contre les pucerons.

C'est dans cet objectif que nous avons produit une première version, non validée à ce stade, d'une grille de prédiction du risque pucerons des épis au jour j+7, intégrant des informations sur les niveaux de population de ce ravageur et de ses auxiliaires au jour J ainsi que sur la météo prévisionnelle de J à J+7. Pour utiliser la grille plusieurs types d'informations sont nécessaires. Tout d'abord des informations récoltées au jour j lors d'observations visuelles sur 100 plants de blé ou d'orge sur : (i) l'abondance de pucerons, (ii) l'abondance des auxiliaires (araignées, chrysopes, syrphes, coccinelles – quel que soit leur stade), (iii) le taux de parasitisme des pucerons (nombre de momies observées divisé par la somme du nombre de momies et du nombre de pucerons). L'utilisation de la grille nécessite également des informations concernant la météo prévue dans la semaine suivante : température moyenne des 7 prochains jours, pluviométrie totale des 7 prochains jours. Pour chacune des variables présentes dans la grille, des seuils ont été fixés à dire d'expert. Chaque combinaison de valeur de ces variables est précisée. Le résultat final est une note de risque du développement des pucerons entre le jour j et le jour j+7. La note varie de 0 à 6 (0 indiquant un risque faible, 6 un risque très élevé).

Afin de vérifier la qualité prédictive de la grille, nous l'avons confronté aux données présentes dans la base de données du projet, en attribuant à la fois une note prédite par la grille et une note « réelle », basée sur l'abondance de pucerons effectivement notée la semaine suivant le relevé. Les résultats issus d'observations réalisées sur 64 parcelles et deux années ont été utilisés. Les notes étant attribuées pour chaque observation d'auxiliaires et de ravageurs, le travail de confrontation de la grille de risque à nos données porte sur 401 observations au total. Le tableau 7 indique le tableau de contingence confrontant notes réelles et prédites.

Tableau 7 - Tableau de contingence des notes réelles et prédites attribuées aux observations sur les parcelles du réseau ARENA

Contingency table of real and predicted notes of aphid risk attributed to observation of the ARENA fields network

effectifs		Note prédite					
		1	2	3	4	5	6
Note réelle	1	98	26	4	2	3	5
	2	69	39	12	5	3	8
	3	19	3	8	3	4	7
	4	0	3	0	1	1	0
	5	3	6	2	2	2	5
	6	7	4	8	2	4	33

Ainsi :

- Dans 45% des cas la note prédite est conforme à la note réelle (cases vertes du tableau)
- Ce chiffre monte à 76% en élargissant à +/- 1 classe (cases vertes + cases jaunes)

- Les mauvais classements extrêmes sont de 6,9 % pour les notes réelles 1 et 2 classées en 5 et 6 ; de 25,6 % pour les notes réelles 5 et 6 classées en 1 et 2
- Le coefficient de contingence est de 0,56
- La qualité de prédiction est moins bonne pour les notes de 3 à 5, ce qui est en partie dû à des effectifs plus faibles

L'écart entre note réelle et prédite (note réelle – note prédite) est négatif (la note prédite indique un risque plus élevé que la note réelle) dans 33,1 % des cas. Il est positif (la note prédite indique un risque plus élevé que la note réelle) dans 21,8 % des cas.

Les premiers éléments de validation de la grille nous semblent encourageants. Il sera cependant nécessaire par la suite de poursuivre ce travail de validation et éventuellement de corriger quelques valeurs seuils de la grille pour améliorer sa qualité de prédiction.

Pucerons et pourcentage de momies, 2017,2018 et 2019, toutes parcelles CasDAR ARENA

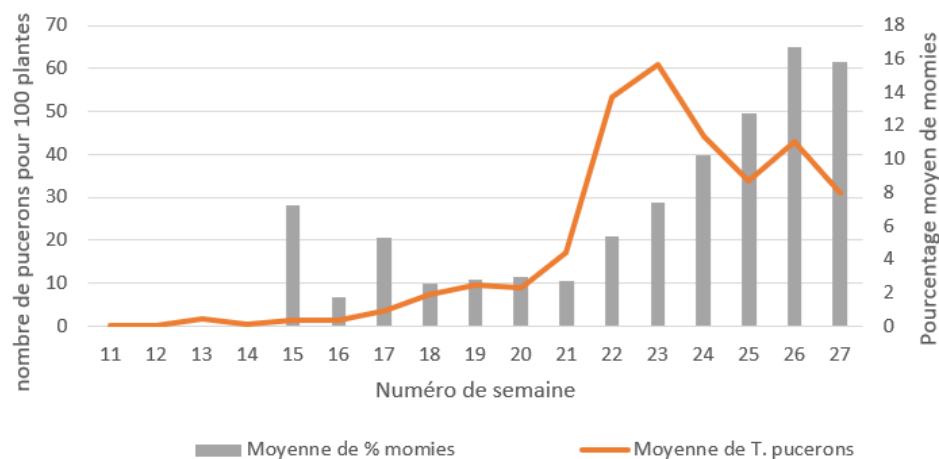


Figure 3 -Moyennes des observations de pucerons des épis des céréales et des pucerons momifiés présents dans les blés du réseau du CasDAR ARENA.

Means of observation of aphids from cereal and mummified aphids present in the wheat of the CasDAR ARENA network.

Les observations faites dans le cadre de ce projet montrent souvent une évolution concomitante des populations de pucerons et d'auxiliaires sous l'effet de relations proies/prédateurs/parasitoïdes certainement très fortes. La figure 3 illustre un cas où les populations d'auxiliaires augmentent en parallèle des populations de pucerons et ensuite celles des pucerons arrivent à un pic et décroissent. Néanmoins, la combinaison de ces évolutions avec l'effet des facteurs climatiques ne permet pas à ce jour d'aboutir à des certitudes sur des modèles de dynamique des populations décrivant les phénomènes de régulation biologique. De futures analyses de la base de données ARENA pourraient être consacrées à ce sujet afin d'établir des modèles de prévision plus élaborés que la grille présentée dans cette publication.

Conclusions

Si la profession agricole est aujourd'hui en attente de méthodes d'observation simple des auxiliaires de cultures et des contrôles biologiques en parcelles agricoles afin d'obtenir des références chiffrées utiles au pilotage des cultures, notre étude ne permet d'aboutir que partiellement à ce type de recommandations. En effet, les organismes étudiés sont nombreux, ils ont de plus chacun leurs particularités écologiques. Ainsi, à partir des résultats obtenus dans ce projet, et par ordre d'efficacité nous suggérons d'utiliser pour l'étude des pucerons et de leurs auxiliaires, les méthodes suivantes :

- 1) observations visuelles (pucerons, momies voire araignées),

- 2) aspirations pour les hyménoptères parasitoïdes,
- 3) cuvettes jaunes (pucerons volants syrphes et hyménoptères parasitoïdes).

Les pots Barber via les captures de carabes et d'araignées peuvent également donner des informations intéressantes sur les régulations précoces de ces bioagresseurs, et aussi sur l'effet du système de culture et de l'environnement proche de la parcelle.

Nous pouvons également mettre en avant le fait que les résultats les plus probants à ce jour ont été obtenus à l'aide des observations visuelles et ont permis d'établir les bases de la première version de la grille de prédiction de l'évolution hebdomadaire des pucerons présentée dans cette publication.

Ainsi, cette étude a permis d'obtenir des avancées méthodologiques afin de mieux cibler les techniques à employer pour suivre les populations de pucerons et de leurs principaux auxiliaires dans le cadre de réseau d'expérimentation. À l'avenir, de nouvelles techniques basées sur l'utilisation de capteurs ou encore sur la biologie moléculaire pourraient nous aider à acquérir des données en plus grand nombre et peut-être plus rapidement.

Bibliographie

- ARVALIS Institut du Végétal ; 2016. Les fiches accidents céréales à paille – Puceron de l'épi. [En ligne]. Disponible sur : http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/fiches_accidents.php?mode=fa&type_cul=1&type_acc=3&id_acc=37.
- Bechinski E.J., Pedigo L.P. ; 1982. Evaluation of Methods for Sampling Predatory Arthropods in Soybeans. *Environmental Entomology*, 11 (3), 756-761.
- Bousquet N. ; 2015. Expérimentation – Les solutions contre la jaunisse nanisante de l'orge mises à l'épreuve. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.arvalis-infos.fr/la-jaunisse-nanisante-de-l-orge-au-c-ur-d-un-dispositif-specifique-@/view-19883-arvarticle.html>.
- Boyer F., Ulrych R., Sellam M., Lejeune V. ; 2017. Les auxiliaires des cultures – biologie, écologie, méthodes d'observation et intérêt agronomique – 4^{ème} édition. ACTA Editions. 263p.
- Caballero-López B., Bommarco R., Blanco-Moreno J.M., Sans F.X., Pujade-Villar J., Rundlöf, Smith H. ; 2012.
- Aphids and their natural enemies are differently affected by habitat features at local and landscape scales. *Biological control*, 63, 222-229.
- Duelli P., Obrist M.K., Schmatz D.R. ; 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes : above-ground insects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 33-64.
- Le Divelec R., Chapelin-Viscardi J.D., Laborie B., Larivière A., Tosser V. Étude des Sphécides en grandes cultures dans la moitié nord de la France : caractérisation des communautés, évaluation du potentiel auxiliaire et mise en évidence des habitats favorables (Hymenoptera Ampulicidae, Crabronidae et Sphecidae). *Bulletin mensuel de la Société Linéenne de Lyon*, 86 (1-2), 29-64.
- Plantegenest M., Pierre J.S., Dedryver C.A., Kindlmann P. Assessment of the relative impact of different natural enemies on population dynamics of the grain aphid *Sitobion avenae* in the field. *Ecological entomology*, 26 (4), 404-410.
- Schmidt N.P. ; 2006. Sampling and management of aphidophagous natural enemies in Iowa soybean. Retrospective these and dissertation. 90p.
- Woodcock B.A. ; 2005. Chapter 3 : insect sampling in ecological studies. Insect sampling in forest ecosystems, p. 37-57. Blackwell Publishing.