

**AFPP – 11^e CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES RAVAGEURS ET AUXILIAIRES EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 25 ET 26 OCTOBRE 2017**

**EFFET DE L'ENVIRONNEMENT PAYSAGER D'UNE PARCELLE ET DE LA CONCENTRATION POLLINIQUE
SUR LES PHYTOSEIIDAE DANS TROIS REGIONS VITICOLES FRANCAISES (PROJET BIOCONTROL)**

S. KREITER¹, G. SENTENAC², A. RUSCH³, G. ZRIKI¹, J. THIERY⁴, L. DELBAC³,
M. MADEJSKY², M. GUISSET⁴, M.-S. TIXIER¹

⁽¹⁾ Montpellier SupAgro, UMR Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP), CS 30016, 34988 Montferrier-sur-Lez cedex. serge.kreiter@supagro.fr, ghais.zriki@supagro.fr

⁽²⁾ Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), Pôle Bourgogne-Beaujolais-Jura-Savoie, 6 Rue du 16^e Chasseurs, 21200 Beaune. gilles.sentenac@vignevin.com

⁽³⁾ INRA, UMR 1065 Santé et Agroécologie du Vignoble (SAVE), 71 Avenue Edouard Bourlaux, CS 20032, 33882 Villenave d'Ornon cedex. lionel.delbac@inra.fr, adrien.rusch@inra.fr

⁽⁴⁾ Chambre d'Agriculture du Roussillon, 19 Avenue de Grande Bretagne, 66025 Perpignan. m.guisset@pyrenees-orientales.chambagri.fr, j.thiery@pyrenees-orientales.chambagri.fr

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ France

RÉSUMÉ

Les travaux conduits dans 3 régions viticoles françaises avaient pour but d'établir l'effet de la complexité du paysage sur les Phytoseiidae. Les densités de ces prédateurs et de leurs proies ont été suivies 3 ans dans 20 parcelles de chaque région 2 fois / an et la structure du paysage autour des parcelles a été analysée pour différentes aires (tailles: 100, 250, 500, 750 & 1000 m). La densité de pollen a été quantifiée en Roussillon dans 2 parcelles durant 2 ans (2014 & 2015) chaque mois, de mai à septembre. Les densités de Phytoseiidae ont été relevées dans les 3 régions. Quelle que soit l'étendue spatiale étudiée, aucun effet significatif de la proportion en habitats semi-naturels ou de tout autre composante paysagère n'a été observé sur la densité foliaire en Phytoseiidae. L'abondance de pollen a eu un effet positif mais variable suivant la période de l'année sur les densités de tous les stades de *Kampimodromus aberrans*. L'effet de la complexité du paysage sur la densité pollinique est par ailleurs variable selon les années de l'étude.

Mots-clés : paysage, habitats semi-naturels, pollen, *Typhlodromus pyri*, *Kampimodromus aberrans*.

ABSTRACT

EFFECTS OF THE PLOT LANDSCAPE AND POLLEN CONCENTRATION ON PHYTOSEIID MITES (ACARI: PHYTOSEIIDAE) IN THREE FRENCH VITICULTURAL REGIONS

The aim of the research activities conducted in the three French vineyards was to assess the landscape complexity effect on phytoseiid mites. Densities of these predatory mites and of their preys were assessed during 3 years in 20 plots of each region twice per year. Landscape structure around the plots was analysed for different area (size: 100, 250, 500, 750 & 1000 m). Pollen density was quantified in Roussillon in 2 plots during 2 years (2014 & 2015) each month, from May to September. Densities of Phytoseiidae were very high in the three regions. No correlations between their densities and landscape complexity (% HSN and all other variables) were found whatever the size of the buffer. Pollen abundance has had a positive effect on densities of the various stages of *Kampimodromus aberrans* but variable depending on the period of the year. The effect of landscape complexity on pollen density is also variable between years of study.

Keywords: landscape, semi-natural habitats, pollen, *Typhlodromus pyri*, *Kampimodromus aberrans*.

INTRODUCTION

Le service écosystémique d'approvisionnement en auxiliaires, lesquels assurent une régulation naturelle des ravageurs dans les cultures, est sous l'influence de multiples variables qui opèrent à des échelles spatio-temporelles différentes (Landis *et al.* 2017 ; Van Vooren *et al.* 2017). A l'échelle du paysage, il a été démontré que l'augmentation de la proportion d'habitats semi-naturels (HSN) autour d'une parcelle cultivée tendait à accroître la richesse et l'abondance des auxiliaires ainsi que le niveau de régulation des ravageurs (Rusch *et al.* 2016). Cependant, il n'existe que très peu de connaissances sur ce sujet pour les cultures pérennes.

Le projet CASDAR « Biocontrol » (2013-2016) s'est donc attaché à étudier comment la complexité du paysage, caractérisée essentiellement par la proportion d'HSN, influence le niveau de régulation des ravageurs (eudémis, cochylys, pyrale et acariens), la richesse et l'abondance des arthropodes prédateurs et parasitoïdes ou encore la richesse et l'abondance des oiseaux et chauves-souris. Pour ce faire, un dispositif de 20 parcelles sélectionnées le long d'un gradient de complexité du paysage a été mis en place dans chacune des 3 régions viticoles suivantes : Aquitaine, Bourgogne et Roussillon. Nous avons étudié la densité foliaire des Phytoseiidae dans les 20 parcelles des 3 régions deux fois par an, au printemps et en été, trois ans, en corrélant ces données de densité au % d'HSN pour différentes aires de taille croissante autour de la parcelle (100 à 1000 m).

Les Phytoseiidae sont des prédateurs importants d'acariens phytophages et de petits insectes dans de nombreuses cultures de par le monde (McMurtry *et al.* 2013). On compte 2769 espèces actualisées en septembre 2016 (Demite *et al.* 2016) dont une centaine sont des espèces d'intérêts en protection des plantes. En viticulture, on compte trois espèces majeures variables selon les régions et une vingtaine d'espèces plus aléatoirement présentes (Kreiter *et al.* 2000). Ces espèces appartiennent toutes au type 3 (polyphages généralistes, McMurtry *et al.* 2013) et sont toutes de grandes consommatrices de pollen (Kreiter *et al.* 2002). Le pollen constitue une ressource alimentaire très importante pour les Phytoseiidae des types 2 à 4 (Wari *et al.* 2016). Parallèlement au travail de corrélation du % HSN avec les densités de Phytoseiidae, nous avons donc étudié plus précisément la densité en Phytoseiidae, la densité pollinique et la proportion d'HSN pour différents « buffers » dans 2 parcelles en Roussillon, de mai à septembre 2014 et 2015.

MATERIELS ET MÉTHODE

CHOIX DES PARCELLES, DIGITALISATION ET PROPORTION D'HABITATS SEMI-NATURELS

Nous avons sélectionné 60 parcelles, 20 de Merlot en Aquitaine, 20 de Pinot noir en Bourgogne et 20 de Carignan en Roussillon, avec un gradient de complexité du paysage croissant. Cette complexité a été caractérisée au moyen du logiciel SIG ArcGis version 10.1 (2014), par la proportion d'éléments semi-naturels (% HSN) en se basant, dans un premier temps, sur la base de données géographiques Corine Land Cover (UE 2006 ; CGDD-SOS 2009) puis dans un second temps, sur les photographies aériennes ortho-rectifiées de l'Institut Géographique National (IGN BD ORTHO® 50 cm 2012). Le gradient ainsi construit permet de couvrir une gamme de complexité du paysage allant, en % d'HSN dans un rayon de 1 km autour de la parcelle, de 0,5 à 68 % en Aquitaine, de 2 à 82 % en Bourgogne et de 24 à 65 % en Roussillon (Tableau I).

DENSITE D'ACARIENS

Nous avons compté tous les stades de Phytoseiidae et d'acariens phytophages, au printemps et en été (avant et après la période des traitements phytopharmaceutiques) dans les 20 parcelles de chaque région, en prélevant aux deux périodes 50 feuilles au hasard et en procédant à l'extraction des acariens avec les méthodes de « trempage-agitation-lavage-filtration » (Boller, 1984) ou de « Berlese-Tullgren » (Kreiter *et al.* 2000). Une fois collectés, les acariens prédateurs ont été montés entre lame et lamelle puis identifiés à l'aide d'un microscope à contraste de phase et interférentiel (grossissement: 400) avec la clé d'identification des genres de Moraes (2017), qui tient compte des concepts génériques de Chant et McMurtry (2007) mondialement admis.

Tableau I: % d'habitats semi-naturels dans les différents buffers (% of HSN in the various buffers)

Région	Aquitaine					Bourgogne					Roussillon				
Buffer	1000	750	500	250	100	1000	750	500	250	100	1000	750	500	250	100
Parc.															
1	43,6	44	52,5	55,4	0	20,9	8,4	2,1	0,7	0	56,1	51,4	41,8	26,1	0
2	35,9	27,8	20,6	1,3	0	59,9	55,9	46	41,6	13,4	51,1	50,4	45,5	31,1	5,3
3	53,6	44,5	32,7	45,4	5,4	50,5	50,4	42,9	17,8	0	62,4	60	49,9	30,1	0
4	38,2	26,5	23,2	14,2	0	57	52,7	46,8	35,3	10,8	45	47,3	48,1	20,5	0
5	22,9	19,8	10,8	3,4	0	56,7	47,2	34,8	24,7	8,1	48,6	48,3	58,4	55,6	49,3
6	0,5	0,5	0,3	0,2	0	3,9	1,3	1,2	1,5	0,9	34,5	27,4	25,1	20,7	18,5
7	3,4	1	0,3	0	0	60,8	61	56,4	24,1	0,8	53,8	53,1	53,4	23,1	4,2
8	38,1	35,1	26,1	14,9	0	26,9	23,7	16,3	2,9	0,4	56,2	61	47,3	36,5	13,4
9	16,4	11,7	11,1	2,6	0	18,7	19,6	14,2	4,7	1,4	31,8	33,7	30,8	30,5	46,2
10	23,4	25,2	15,7	0,1	0	9,6	6,8	4,2	4,8	12,6	65,1	67,5	74,9	81,6	42,9
11	68,4	69,2	75,2	46,2	17,2	81,7	85,1	88	75,4	28,4	35,2	25,9	39,5	42,3	29,4
12	8,8	11,3	15,7	17,3	0	44,9	29,4	18,6	12,5	17,9	24,2	21,6	18,3	18,3	8,7
13	12,6	14,2	12,2	4,8	1	5,3	1,4	1,4	0,6	0	28,6	27,3	18,5	18,1	0
14	1,4	1,8	2,8	9,3	9,6	47,8	47,8	38,8	22,9	10,8	38,3	42,8	48,1	60,7	65,3
15	10,7	12,9	18,3	18,8	3,8	25,9	18,2	5,4	2,3	11,6	27,8	20,8	17,6	17,9	27,6
16	9,4	5,1	3,7	0	0	27,7	32,5	36,6	25,9	0	41	39,7	43	43,5	42,1
17	19,4	25,8	30,8	21,8	10,2	1,9	1,1	1,1	0	0	43	35	34,7	25,2	4,5
18	17,4	12,9	14,3	10,3	0	50	49,6	49,2	43,2	26,9	36,5	31,5	21,5	34,1	34,9
19	24	17,2	12	14,5	17,2	46,7	48,1	48,9	49,2	46,2	52,1	48,2	39,2	24,1	6,3
20	51	49,7	52	31,6	5,7	23,8	23,4	19,7	8,2	9,6	61,5	69,6	69,8	52,7	14,7

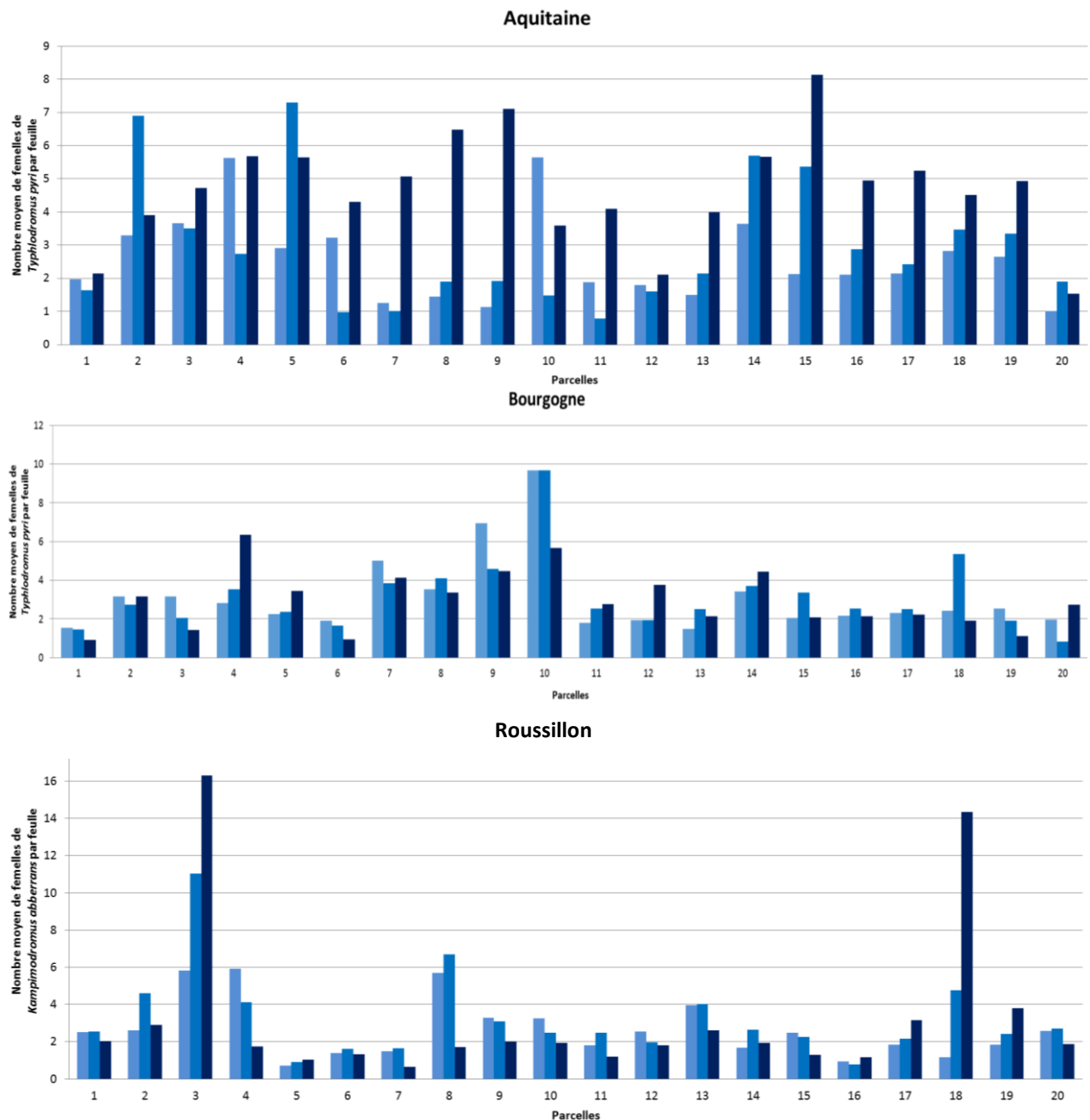
DENSITE D'ACARIENS ET DE POLLEN DE DEUX DES PARCELLES DU ROUSSILLON

Un suivi mensuel, d'avril à septembre, de l'abondance (feuille à feuille) et de la diversité des Phytoseiidae dans deux parcelles de vigne et leurs abords (un seul prélèvement sur certaines plantes) en Roussillon (Maury & Montesquieu-des-Albères), ainsi que le suivi de l'abondance de la totalité des grains de pollen sur une partie des échantillons de feuilles utilisés précédemment ont été mis en place. Les grains de pollen de Pinaceae, très caractéristiques, ont été dénombrés spécifiquement. Pour chaque parcelle, nous avons compté la totalité des grains de pollen et ceux de Pinaceae sur 3 disques de 3,5 cm de diamètre sur 10 feuilles (30 disques) parmi les 50 prélevées. En 2015, les grains de pollen ont été dénombrés en totalité sur chacune des 50 feuilles prélevées.

METHODES D'ANALYSE

Des modèles linéaires généralisés mixtes avec une distribution des erreurs de type Poisson ont été ajustés pour analyser les effets de la complexité du paysage sur les densités d'acariens. Nous avons testé indépendamment les effets de la proportion d'habitats semi-naturels aux différentes étendues spatiales puis les effets des différents types d'habitats semi-naturels. Les sources de dépendances modélisées par la partie aléatoire des modèles ont concerné la parcelle et l'année. Une comparaison de moyennes et une corrélation multible (mois et densité du pollen et densité de phytoseiides ou Phytoseiidae) ont été réalisées pour les études portant sur le pollen. Les analyses ont été toutes réalisées avec le logiciel R (R version 3.3.2, 2016).

Figure 1: Densité moyenne de Phytoseiidae par feuille dans 20 parcelles de 3 régions viticoles Françaises , en 2013 (light blue), 2014 (medium blue) et 2015 (dark blue) (average density of Phytoseiidae per leaf in 20 plots of 3 French viticultural region during 2013, 2014 and 2015)



RESULTATS

COMPLEXITE DU PAYSAGE ET POPULATIONS D'ACARIENS.

Toutes les parcelles présentent une acarocénose équilibrée. Les Phytoseiidae, antagonistes naturels des acariens phytophages, sont systématiquement présents, à des niveaux de densité foliaire moyens à élevés (Figure 1). Les acariens phytophages sont en revanche soit absents, soit présents à l'état de trace [*Panonychus ulmi* (Koch) et *Eotetranychus carpini* (Oudemans) en Aquitaine, *P. ulmi* en Bourgogne et *E. carpini* en Roussillon].

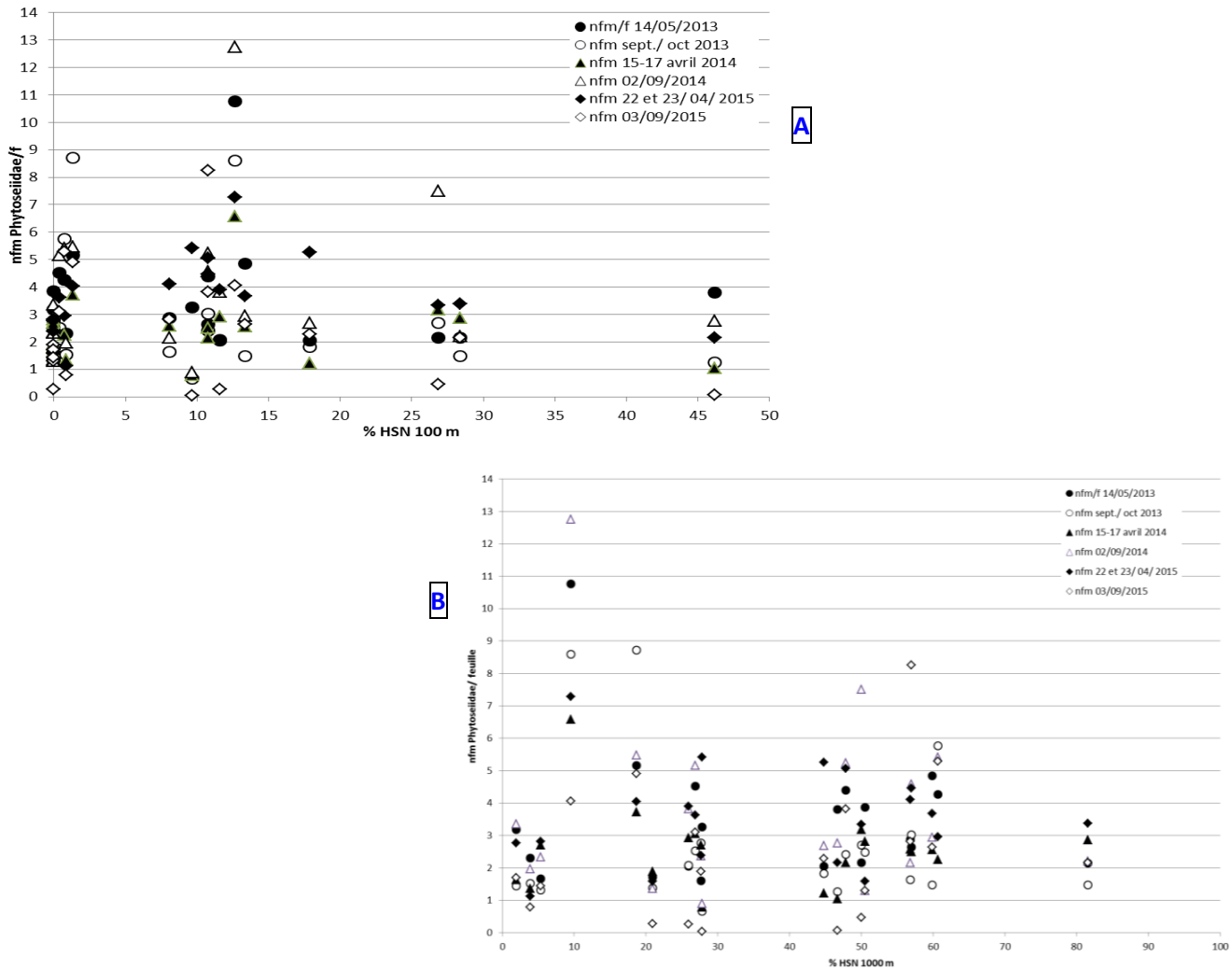
Comme cela était attendu, les espèces majeures (98 à 100 % des identifications) rencontrées sur vigne sont *Typhlodromus pyri* Scheuten en Aquitaine et en Bourgogne et *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) en Roussillon.

Les autres espèces identifiées dans les 20 parcelles mais très peu abondantes sont:

Amblyseius andersoni (Chant), *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot), *Neoseiulella tiliarum* (Oudemans), *Phytoseius juvenis* (Wainstein & Arutunjan) et *Paraseiulus talbii* (Athias-Henriot) en Aquitaine; *Neoseiulus alpinus* (Schweizer) et *P. talbii* en Bourgogne; *Paraseiulus triporus* (Chant & Yoshida-Shaul) et *Typhlodromus* (*Typhlodromus*) *phialatus* Athias-Henriot en Roussillon.

La densité foliaire en Phytoseiidae n'est pas corrélée avec la proportion en HSN, ni avec aucune des autres des composantes paysagères (exemples Figure 2 A et B pour la Bourgogne).

Figure 2: Corrélation entre le % d'HSN et les densités moyennes de Phytoseiidae en Bourgogne pour deux distance de buffers, 100 et 1000 m (correlation between % SNH and the average density of Phytoseiidae for two distances, 100 and 1000 m, in Burgundy)



ETUDE DES RETOMBÉES POLLINIQUES.

Les principaux résultats obtenus en 2014 et 2015 montrent que les densités de Phytoseiidae sont significativement plus élevées à Montesquieu-des-Albères qu'à Maury (Figure 3, résultats 2015) mais il a été trouvé significativement plus de pollens totaux et de pollens de Pinaceae sur feuilles à Maury qu'à Montesquieu-des-Albères (Figure 4). L'abondance de pollen sur les feuilles a un effet positif sur la densité de la population de *K. aberrans* durant la saison, surtout au début de la saison et cet effet varie avec la période de l'année (Figure 5).

Figure 3: Densité de différents stades de développement de *Kampimodromus aberrans* dans les deux parcelles de l'étude pollinique en Roussillon pendant les 5 mois d'échantillonnage en 2015 (density of various stages of *Kampimodromus aberrans* in the two plots during 5 months in 2015)

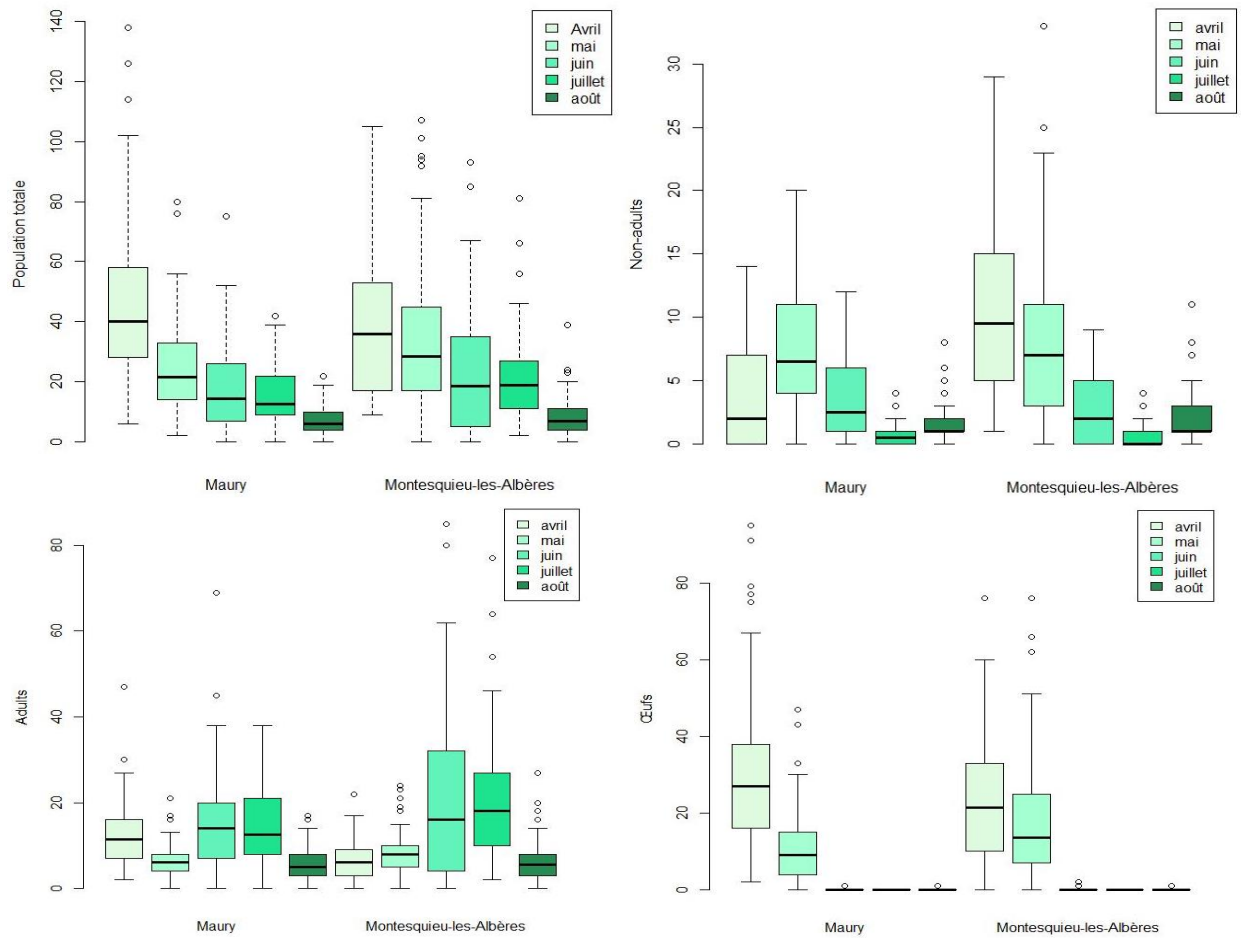


Figure 4: variation de la densité pollinique pendant la saison dans les deux parcelles du Roussillon durant 5 mois en 2015 (Pollen density variation in two plots of Roussillon during 5 months in 2015)

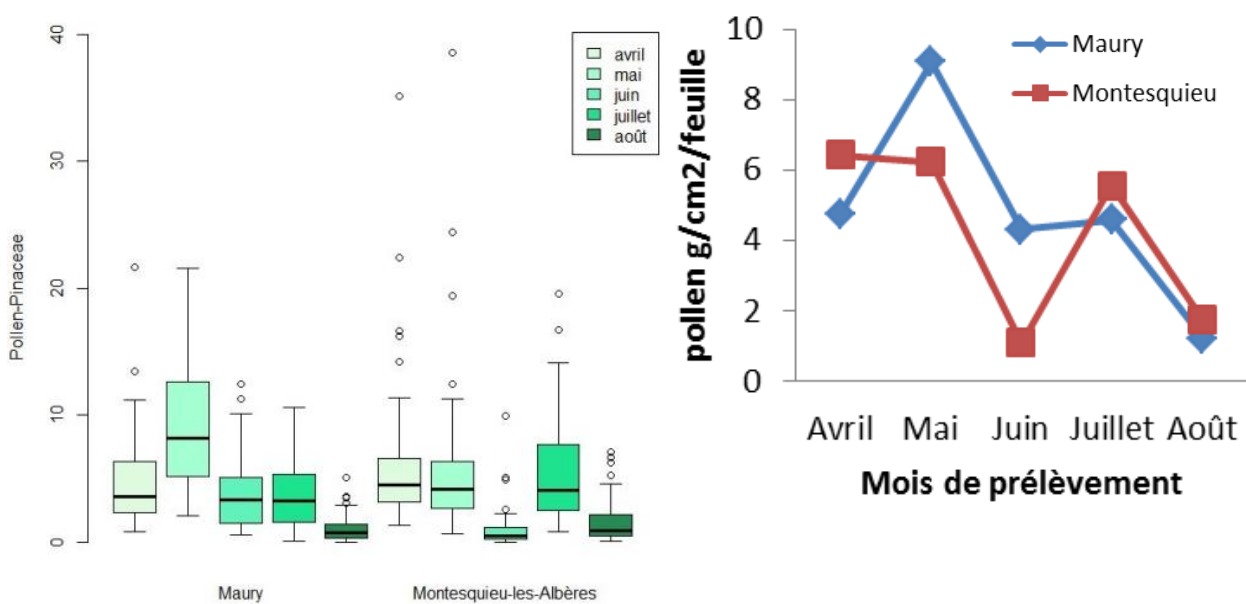
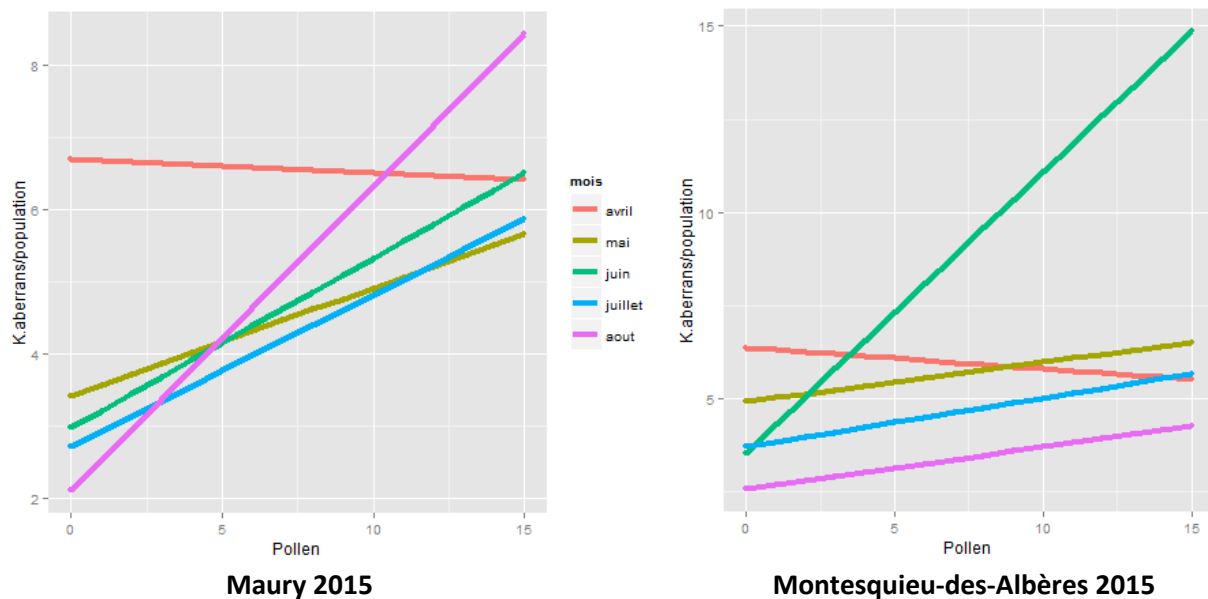


Figure 5: Effet de la densité de pollen sur la densité totale de *Kampimodromus aberrans* dans les deux parcelles du Roussillon durant 5 mois en 2015 (Pollen density effect on *Kampimodromus aberrans* total density in two plots of Roussillon during 5 months in 2015)



DISCUSSION

Nous avons obtenu comme résultat principal que la densité foliaire en Phytoseiidae n'était pas corrélée avec la proportion en HSN, ni avec aucune des autres des composantes paysagères. Pourtant, tous les travaux et méta-analyses depuis le début des années 1990 (voir par exemple Chaplin-Kramer *et al.* 2011 ; Veres *et al.* 2013) montrent un effet positif de la complexité du paysage sur la biodiversité, les auxiliaires et le contrôle des populations de ravageurs. Ces travaux démontrent que les densités d'auxiliaires généralistes (cas des Phytoseiidae de la vigne) sont reliés au % HSN pour des dimensions de 0 à 6 kms autour de la parcelle (Chaplin-Kramer *et al.* 2011). Or, les « buffers » choisis dans notre travail (0,1 à 1 kms) sont bien inclus dans cet intervalle.

Cette absence de corrélation dans le cadre de ce travail ne veut toutefois pas dire qu'il n'y a pas à certaines époques de l'année et pour certaines autres dimensions spatiales mais signifie que la méthode n'est peut-être pas adaptée aux Phytoseiidae. Les espèces de Phytoseiidae majeures dans les trois régions, *T. pyri* pour deux d'entre elles et *K. aberrans* pour la 3^e, sont des espèces adaptées aux fréquentes perturbations de l'agrosystème vigne et sont très abondantes aux abords des parcelles, d'autant plus s'il s'agit de régions viticoles très anciennes (Tixier 2000 ; Tixier *et al.* 2000a & b, 2002). L'apport de ces auxiliaires depuis l'environnement dans les parcelles est d'autant plus importants que les zones sources en prédateurs sont proches des parcelles (Tixier *et al.* 1998, 2000a & b, 2002). Il est légitime de considérer qu'il eut été plus adapté d'adopter une méthodologie spécifique pour étudier le lien entre la densité foliaire en Phytoseiidae et la proportion en HSN tout au long de l'année et non deux fois uniquement en avril et septembre comme dans le présent projet. Certaines revues critiques ont été réalisées sur la diversité des indicateurs de complexité du paysage (par exemple Chisholm *et al.* 2014) et il conviendrait dans une prochaine étude de s'intéresser à ces autres paramètres.

Il semble que le paysage plus diversifié de Montesquieu-des-Albères n'ait pas eu un effet significatif sur la densité pollinique. On peut formuler l'hypothèse que la parcelle Maury étant située dans une cuvette, cela entraîne un dépôt supérieur de pollen sur les feuilles, au moins certaines années.

On peut également supposer une consommation importante de pollen pour les deux parcelles où la densité initiale de la population de Phytoseiidae (issue de la génération hivernante réactivée ou

descendants de cette génération hivernante) était très élevée au printemps (bien que significativement supérieure à Montesquieu-des-Albères). Les feuilles riches en Phytoseiidae recélaient sans doute ainsi un faible stock de pollen disponible lors de l'échantillonnage. Ce pollen a été manifestement la seule ressource disponible en quantité (peu ou pas d'acariens phytophages, tétranyques mais aussi ériophyides, peu ou pas de petits insectes comme les thrips).

Il est fortement probable que l'environnement plus diversifié de Montesquieu-des-Albères, avec des proportions plus importantes d'habitats semi-naturels, permet une diversité spécifique plus grande à l'extérieur des parcelles.

Cet environnement proche a fait l'objet de recherche des Phytoseiidae dans le cadre de notre travail dans les deux parcelles. *Kampimodromus aberrans* était l'espèce dominante à l'extérieur dans la végétation avoisinante dans les deux cas [avec quelques autres espèces comme *T. pyri*, *Typhlodromus (Anthoseius) rhenanoides* Athias-Henriot et *Typhloseiella isotricha* (Athias-Henriot) présentes en faible densité à Montesquieu]. La différence entre les deux sites est importante : 0 % d'HSN à Maury contre 35 % à Montesquieu dans le premier buffer de 100 m et un échantillonnage de Phytoseiidae sur seulement 3 espèces végétales très rares (avec de très faibles densités de Phytoseiidae) à Maury contre 10 espèces végétales assez abondantes à Montesquieu (la plupart avec des densités élevées de Phytoseiidae). Ainsi, la colonisation depuis les abords devrait y être importante. L'hypothèse que nous pouvons émettre est la suivante : les feuilles de vigne recueillent du pollen, de Pinaceae notamment, et corrélativement, des densités plus élevées de Phytoseiidae s'observent sur les feuilles de vigne du fait de la colonisation importante des parcelles dans ce site plus riche en HSN et du maintien important des populations colonisatrices du fait de la ressource en pollen qui est très abondante.

Les HSN, sans doute ceux proches des parcelles, sont un réservoir important de diversité et de densité de l'espèce prépondérante, la source du service écosystémique d'apport d'auxiliaires dans la parcelle mais aussi un distributeur de ressources (le pollen) important. Ils jouent en quelque sorte un rôle de concentrateurs-distributeurs, notamment des espèces majoritaires, sous la dépendance de multiples paramètres très complexes à appréhender.

L'effet de la complexité du paysage sur la densité pollinique n'est pas constant d'une année à l'autre. Toutefois les charges polliniques variables rencontrées se semblent pas constituer un facteur limitant les densités élevées de *K. aberrans* dans les parcelles.

CONCLUSION

La partie d'étude consacrée à la corrélation entre complexité du paysage et densité de Phytoseiidae présentes dans les parcelles de vigne doit être considérée comme très préliminaire. Elle est à poursuivre par des travaux spécifiques plus importants et avec un grain d'investigation beaucoup plus fin, de façon à apporter des réponses aux nombreuses questions qui sont posées par les résultats de ce projet CASDAR « Biocontrol ».

Outre le fait qu'il est indispensable de tester différentes approches méthodologiques pour étudier la complexité du paysage afin de choisir les bons indicateurs avec des échelles spatiales adaptées, il est nécessaire d'étudier les processus davantage dans la durée et durant toute la campagne de végétation. Ce travail confirme l'abondance du pollen rencontré sur les feuilles et l'importance de cette ressource pour les Phytoseiidae, notamment le pollen de Pinaceae qui est très abondant dans certaines régions viticoles.

Cette ressource devient primordiale dès lors qu'un programme raisonné de traitements est appliqué et que ces prédateurs redeviennent abondants dans les parcelles, ce qui se traduit par des populations d'acariens tétranyques et de petits insectes (surtout thrips) très basses ou nulles.

Des travaux futurs à l'échelle du paysage devraient porter sur les Phytoseiidae qui sont un modèle de choix par rapport à de nombreux autres auxiliaires (associations avec les plantes très importantes, ne volent pas et capacité de dispersion importante plutôt sur de faibles distances).

Ces travaux permettraient de tester des hypothèses afin de mieux gérer des aménagements possibles du paysage permettant d'accroître la biodiversité et notamment le service écosystémique d'apports de Phytoseiidae dans les parcelles. Ce type de travaux devrait impliquer tous les acteurs à l'échelle des territoires et constituent probablement un enjeu majeur de la protection des plantes de demain.

REMERCIEMENTS

Ce travail a fait l'objet d'un projet (N°1218) intitulé Biodiversité fonctionnelle : effet de l'environnement paysager d'une parcelle de vigne sur le niveau de régulation naturelle de ses ravageurs », financé par des fonds CASDAR et fédérant un collectif de 8 partenaires animé par l'IFV. Tous nos remerciements vont aux exploitants des 20 parcelles choisies dans chaque région.

BIBLIOGRAPHIE

- Boller E.F., 1984 - Eine einfache Ausschwemm-methode zur schnellen Erfassung von raumilben, Thrips and anderen Kleinarthropoden im Weinbau. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **120**, 249–255.
- Chant D.A., McMurtry J.A., 2007 - *Illustrated Keys and Diagnoses for the Genera and Sub-genera of the Phytoseiidae of the World*. Indira Publishing House, West Bloomfield, Michigan, 220 pp.
- Chaplin-Kramer R., O'Rourke M.E., Blitzer E.J., Kremen C., 2011 - A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* **14**, 922–932.
- Chisholm P.J., Gardiner M.M., Moon E.G., Crowder D.W., 2014 - Tools and techniques for investigating impacts of habitat complexity on biological control. *Biological Control* **75**, 48–57.
- Commissariat Général au développement durable, service de l'observation et des statistiques (CGDD, SOS). 2009. CORINE Land Cover France - *Guide d'utilisation*. Document technique. European Environment Agency, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 22 pp.
- Demite P.R., Moraes G.J. de, McMurtry J.A., Denmark H.A., Castilho R. C., 2016 - Phytoseiidae Database. Available from: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae
- Environmental Systems Research Institute. 2014 - ArcGis [version 10-1]. Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, CA, USA.
- Institut Géographique National. 2012 - <http://professionnels.ign.fr/bdortho-50cm-par-departements>
- Kreiter S., Tixier M.-S., Auger P., Muckenstrum N., Sentenac G., Doublet B., Weber M., 2000 - Phytoseiid mites of vineyards in France (Acari: Phytoseiidae). *Acarologia* **41**(4), 77-96.
- Kreiter S., Tixier M.-S., Croft B.A., Auger P., Barret D., 2002 - Plants and leaf characteristics influencing the predaceous mite *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae) in habitats surrounding vineyards. *Environmental Entomology* **31**, 648-660.
- Landis D.A., 2017 – Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, **18**, 1–12.
- McMurtry J.A., Moraes G.J. de, Sourassou N.F., 2013 - Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology* **18** (4), 297-320.
- Moraes G.J. de, 2017 - *Key to the genera of Phytoseiidae* (Adult females). Working draft, personal communication. 52 pp.
- R Core Team, 2016 - *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>
- Rusch A., Chaplin-Kramer R., Gardiner M.M., Hawro V., Holland J., Landis D., Thies C., Tscharrntke T., Weisser W.W., Winqvist C., 2016 - Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **221**, 198–204.

- Tixier M.-S., Kreiter S., Auger P., Weber M., 1998 - Colonization of Languedoc vineyards by phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae): influence of wind and crop environment. *Experimental and Applied Acarology* **22**, 523-542.
- Tixier M.-S., Kreiter S., Auger P., Sentenac G., Salva G., Weber M., 2000a Phytoseiid mite species located in uncultivated areas surrounding vineyards in three French regions. *Acarologia* **41**(1-2): 127-140.
- Tixier M.-S., Kreiter S., Croft B.A., Auger P., 2000b - Colonisation of vineyards by phytoseiid mites: their dispersal patterns in plot and their fate. *Experimental and Applied Acarology* **24**, 191-211.
- Tixier M.-S., Kreiter S., Croft B.A.; Auger P., 2002 - Colonization of vineyards by Kampimodromus aberrans (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae): dispersal from surrounding plants as indicated by random amplified polymorphism DNA typing. *Agriculture and Forest Entomology* **4**, 255-264.
- Union européenne – SOeS, CORINE Land Cover, 2006.
- Van Vooren L., Reubens B., Broekx S., De Frenne P., Nelissen V., Pardon P., Verheyen K. 2017 - Ecosystem service delivery of agri-environment measures: A synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **244**, 32–51.
- Veres A., Petit S., Conord C., Lavigne C., 2013 - Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **166**, 110–117.
- Wari D., Yamashita J., Kishimoto H., Sonoda S., 2016 - Utilization of plant food resources by phytoseiid mite species with different feeding habits. *Applied Entomology and Zoology* **51**, 539–547.