

**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 DE VIGNE SUR LES ABONDANCES DE
TORDEUSES ET LEURS REGULATIONS NATURELLES**

A. RUSCH¹, G. SENTENAC², J. THIERRY³, L. DELBAC¹, D. THIERY¹, M. MADEJSKI²,
P. GUILBAULT⁴, M. GUISET³

¹ Institut National de la Recherche Agronomique, UMR 1065 Santé et Agroécologie du Vignoble,
Centre de recherche Bordeaux-Aquitaine, 71 rue Edouard Bourloux, 33 882 Villenave d'Ornon

² Institut Français de la Vigne et du Vin, Pôle Bourgogne-Beaujolais-Jura-Savoie, 6 rue du 16^{ème}
Chasseurs, 21200 Beaune

³ Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales, 19 avenue de Grande-Bretagne, 66025 Perpignan
Cedex.

⁴ Chambre d'Agriculture de la Gironde, 39 Rue Michel Montaigne CS 20115, 33295 Blanquefort
Cedex

RÉSUMÉ

La régulation naturelle des ravageurs des cultures est un service écosystémique important influencé par de multiples variables opérant à des échelles spatio-temporelles différentes. A l'échelle du paysage, il a été démontré que la proportion d'habitats semi-naturels autour d'une parcelle tendait à augmenter le nombre d'espèces d'ennemis naturels, leurs abondances et les niveaux de régulation des insectes ravageurs. Cependant, il n'existe que très peu de connaissances sur ce sujet en systèmes de culture pérennes et particulièrement en vigne. Notre projet s'est donc attaché à étudier comment la complexité du paysage, caractérisée par la proportion d'habitats semi-naturels dans le paysage, influençait les densités de tordeuses (eudémis et/ou cochylis), le nombre de foyers, les taux de parasitisme et les taux de prédation à différentes saisons entre 2013 et 2015. Un dispositif de 20 parcelles de vigne, sélectionnées le long d'un gradient de complexité du paysage, a été mis en place dans chacune des 3 régions suivantes : Aquitaine, Bourgogne et Roussillon. Les résultats à l'échelle de l'ensemble du dispositif laissent apparaître de fortes dépendances contextuelles avec des effets négatifs, nuls ou encore positifs de la proportion d'habitats semi-naturels sur l'abondance des tordeuses de la vigne ou la régulation naturelle en fonction des régions. Ainsi, la complexité du paysage a eu tendance à diminuer les dégâts provoqués par la première ou la deuxième génération, à augmenter la prédation des chenilles ou des chrysalides sentinelles mais pas dans toutes les régions. Parfois certaines variables paysagères présentent un effet inverse selon la région considérée. Malgré des effets variables de la complexité du paysage sur les niveaux de régulation (prédation ou parasitisme) nos expérimentations nous ont permis de mettre au point des méthodes pour l'étude de la régulation naturelle qui ont montré que cette dernière pouvait atteindre des niveaux importants.

Mots-clés : interaction trophique ; lutte biologique par conservation ; régulation naturelle ; insectes ravageurs ; écologie du paysage.

ABSTRACT

Natural pest control is an important ecosystem service depending on multiple environmental variables at multiple spatio-temporal scales. It is now demonstrated that the proportion of semi-natural habitats in the landscape increase natural enemy diversity and abundance, enhance the

predation or parasitism level and tend to reduce pest abundance and damage. However, knowledge about natural pest control services in perennial agrosystems and in vineyard especially is lacking. Our study examines how landscape complexity, defined as the proportion of semi-natural habitats in the landscape, affects grape moth population dynamics, crop damage, predation and parasitism rates at different dates between 2013 and 2015. In each of three region (Aquitaine, Bourgogne, and Roussillon) our study design consisted of 20 vineyards selected along a landscape complexity gradient. Our results at the national scale revealed a strong context-dependency with negative, neutral or positive effect of landscape complexity on grape moths and their biological control depending on regional location. Landscape complexity reduced grape moth abundance or damage and enhanced the predation in some but not in all regions and antagonistic effects between similar habitat types between dates or between regions were found. Despite this strong context-dependency, our study revealed that more research are needed to understand the role of different habitat types between region and time period. Moreover, we have developed methodologies that makes it possible to continue working on natural pest control services in vineyard landscapes.

Keywords: trophic interactions ; conservation biological control ; natural pest control ; insect pests ; landscape ecology.

INTRODUCTION

L'industrialisation de l'agriculture de ces 60 dernières années a, tout en permettant d'augmenter les rendements, engendré d'importantes externalités négatives qui limitent la durabilité des systèmes de production agricoles des pays industrialisés. Cette industrialisation est notamment caractérisée par une augmentation des intrants de synthèse par unité de surface, une diminution de la diversité végétale cultivée et non cultivée, ainsi qu'une fragmentation importante des habitats semi-naturels dans le paysage. Ces différentes composantes ont des impacts importants sur l'environnement La viticulture est une filière où l'utilisation de produits phytopharmaceutiques est particulièrement forte, en comparaison à d'autres cultures, avec un IFT moyen de 12.5 à l'échelle nationale (Butault et al., 2010). Il est donc important d'opérer à une mutation profonde des systèmes viticoles pour diminuer l'usage des pesticides. Parmi l'éventail des possibles, le développement de systèmes de culture écologiquement intensifs, c'est à dire optimisant les fonctions et processus rendus par la biodiversité pour minimiser l'utilisation de produits phytosanitaires, apparaît comme une piste de recherche prometteuse (Bommarco et al., 2013).

La régulation naturelle des ravageurs est un service écosystémique important influençant la production agricole et répondant à diverses variables environnementales opérant à plusieurs échelles spatiales et temporelles (Tschamntke et al., 2007). Parmi ces différentes variables, il est maintenant bien démontré que le contexte paysager et particulièrement la proportion d'habitats semi-naturels dans le paysage détermine les assemblages d'ennemis naturels et les niveaux de régulation naturelle dans les agrosystèmes (Chaplin-Kramer et al., 2011 ; Rusch et al., 2016). Ainsi, nous savons que des paysages plus complexes, c'est à dire avec une proportion d'habitats semi-naturels importante, favorisent l'abondance et la diversité des ennemis naturels ainsi que les niveaux de régulation des ravageurs. Cet effet positif s'explique par le fait que ces habitats fournissent un certain nombre de ressources et de fonctions clés pour les populations d'ennemis naturels (Landis et al., 2000). Ainsi, les forêts, les prairies naturelles ou les haies fournissent du nectar, du pollen, des hôtes alternatifs, des proies alternatives, des sites d'hivernation, ou encore des zones refuges pour une large majorité d'espèces de prédateurs et de parasitoïdes (Landis et al., 2000).

A l'heure actuelle, la grande majorité des études qui s'intéressent aux effets de la complexité du paysage sur les communautés d'ennemis naturels et la régulation des insectes ravageurs ont été conduites dans des cultures annuelles et peu de connaissances existent sur les dynamiques de population et la régulation naturelle dans des paysages de cultures pérennes et notamment en

viticulture. De plus, la vigne est une culture sur laquelle des quantités importantes de produits phytosanitaires sont appliquées. Parmi les problématiques sanitaires de la vigne, les tordeuses de la grappe (*Lepidoptera, Tortricidae*) eudémis et cochylis, sont parmi les insectes ravageurs les plus problématiques en Europe. Cependant, aucune connaissance n'existe sur l'influence de la présence d'habitats semi-naturels sur les dynamiques de populations de tordeuses et sur leur régulation. Dans ce contexte, nous avons donc souhaité étudier l'effet du contexte paysager et plus particulièrement de la proportion en habitats semi-naturels sur les densités de tordeuses, le nombre de foyers et les niveaux de régulation naturelle des tordeuses. Notre hypothèse principale dans cette étude est donc que les pressions d'eudémis et de cochylis devraient être moins importantes, et les niveaux de régulation naturelle plus importants, dans des paysages avec des proportions élevées d'habitats semi-naturels que dans des paysages de monoculture de vigne.

MATERIEL ET MÉTHODE

DISPOSITIF

Dans trois régions viticoles (Aquitaine, Bourgogne, Languedoc-Roussillon) 20 parcelles de vignes ont été sélectionnées de manière à représenter un gradient de proportion d'habitats semi-naturels dans le paysage. Nous avons considéré les forêts, les friches, les prairies permanentes et les haies comme habitats semi-naturels dans notre approche. Les proportions ont été calculées à l'échelle de 1 km autour de chaque parcelle pour la sélection des sites à l'aide du logiciel ArcGis Version10 (ESRI). Les gradients de complexité ainsi construits ont permis d'obtenir des gammes de variations allant de 0.5 % à 68% d'habitats semi-naturels en Aquitaine, de 2 % à 82% en Bourgogne, et de 24 % à 65% en Languedoc-Roussillon. Suite à l'établissement de ce dispositif les variables paysagères (i.e., proportion de chaque type d'habitats semi-naturels) ont été recalculées à différentes étendues spatiales : 100m, 250m, 500m, 750m et 1000m. Dans chacune des trois régions, les 20 parcelles ont été choisies dans une aire géographique relativement limitée afin de limiter les éventuelles variations climatiques. Une attention a également été apportée pour limiter les facteurs de variations inter-parcellaires tels que le cépage, l'entretien du sol, ou encore les zones de traitements obligatoires contre la flavescence dorée afin de pouvoir étudier l'influence de la complexité des paysages le plus indépendamment possible d'autres paramètres.

MESURE DE L'ABONDANCE ET DES DEGATS DE TORDEUSES

Entre 2013 et 2015, les pressions de tordeuses sur les parcelles ont été évaluées à travers les suivis des vols d'adultes et l'évaluation des dégâts résultants des attaques. Le suivi des vols s'est fait à l'aide de piège à phéromones changées toutes les deux semaines. Ensuite, nous avons estimé le nombre de glomérules en première génération et le nombre de pénétrations en deuxième génération. Ces observations ont été réalisées sur 5 inflorescences ou grappes successives par cep, ces derniers sont au nombre de 20, disposés le long d'un transect.

MESURE DES TAUX DE REGULATION NATURELLE DES TORDEUSES

La mesure de la régulation naturelle des tordeuses s'est faite à travers différentes méthodes pour évaluer la prédation et/ou le parasitisme à plusieurs stades et à différentes dates. Elle a été réalisée en partie sur les populations naturelles présentes dans les parcelles et avec des tordeuses issues d'élevage à l'INRA (méthodes dites "sentinelles").

Tout d'abord, nous avons mesuré le taux de parasitisme larvaire pour chaque génération entre 2013 et 2015. En cas de niveau de population élevé nous avons prélevé par parcelle la totalité des

chenilles présentes sur 100 inflorescences ou grappes. En cas de faibles populations, nous avons prélevé la totalité des chenilles rencontrées pendant 2 heures d'observation. Les observations ont porté sur 5 inflorescences ou grappes successives par poste d'observation réparties alternativement à gauche et à droite d'un transect. Les larves récoltées ont été élevées à température ambiante contrôlée (~ 24 °C) en cage individuelle (boîte), alimentées avec du milieu nutritif. Les cocons de parasitoïdes, les chrysalides, les chenilles mortes, les émergences, et les parasitoïdes obtenus ont été notés deux à trois fois par semaine. Les parasitoïdes ont ensuite été identifiés à l'espèce et conservés.

Ensuite, l'évaluation des taux de prédation larvaires a été réalisée en 2014 (sur eudémis) et en 2015 (sur cochylis) en première et deuxième génération. Ce taux de prédation a été évalué à l'aide de méthodes dites « sentinelles » qui consistent à exposer sur chaque parcelle et à chaque génération 10 bandelettes cartonnées supportant 5 chenilles au stade L5 fixées au support. Ces bandelettes ont été exposées à la prédation pendant 24 heures puis récupérées. Les taux de prédation ont ensuite été calculés sur la base des chenilles restantes ou partiellement prédatées.

L'évaluation de la prédation des œufs d'eudémis a été réalisée en 2015 (en deuxième génération). Sur chaque parcelle, dix bandelettes supportant chacune dix œufs ont été fixées sur la face inférieure d'une feuille sur dix ceps différents. Après 2 jours d'exposition à la prédation et au parasitisme, les bandelettes ont été récupérées et examinées à la loupe binoculaire pour dénombrer les œufs viables, avortés ou prédatés et évaluer le taux de prédation.

L'évaluation de la prédation et du parasitisme des chrysalides estivales d'eudémis a été réalisée en 2015. Sur chaque parcelle, dix bandes de papier gaufré abritant chacune 5 chrysalides ont été exposées pendant 5 jours. A l'issue de cette période, les chrysalides ont été récupérées pour dénombrer les nymphes, les manquantes et les non intègres.

Enfin, la régulation des chrysalides d'eudémis pendant l'hiver a été mesurée chaque année de 2013 à 2015. Pour cela 10 bandelettes de papier gaufré contenant chacune 10 chrysalides diapausantes ont été installées en septembre-octobre dans les parcelles (sur 10 entre-piquets successifs) et récupérées en mars de l'année suivante. Le nombre de chrysalides manquantes, parasitées ou prédatées a ensuite été évalué au laboratoire.

ANALYSE DES DONNEES

Des modèles linéaires généralisés mixtes avec une distribution des erreurs adaptées (Binomial ou Poisson en fonction de la nature de la variable réponse) ont été ajustés pour analyser les effets de la complexité du paysage sur les différentes variables réponses explicitées ci-dessus. Nous avons testé indépendamment les effets de la proportion d'habitats semi-naturels à différentes étendues spatiales (de 100 à 1000m) puis les effets des différents types d'habitats semi-naturels : forêts, forêts de feuillus, friches et prairies. Ces analyses ont été faites par région car les réponses sur les jeux de données globaux étaient très régions-dépendantes. Les sources de dépendances modélisées par la partie aléatoire des modèles ont concerné la parcelle et/ou l'année.

RESULTATS ET DISCUSSION

EFFET DU CONTEXTE PAYSAGER SUR L'ABONDANCE ET DES DEGATS DE TORDEUSES

Les analyses des effets de la proportion d'habitats semi-naturels à différentes étendues spatiales autour des parcelles de vignes sur le nombre d'eudémis et de cochylis capturées ont révélé des effets variables en fonction des régions. Globalement, nos analyses ont révélé un effet négatif de la proportion en habitats semi-naturels sur le nombre d'eudémis capturées en Aquitaine et en Bourgogne (effet marginal en Aquitaine, $P = 0.05$ et effet significatif en Bourgogne $P < 0.01$; Figure 1a et b). Dans ces deux régions les étendues spatiales ressortant comme significatives pour expliquer

les abondances d'eudémis étaient de 250m et/ou de 500 m. En revanche, les analyses sur les abondances de cochylis ont révélé des effets positifs de la proportion en habitats semi-naturels ($P < 0.01$). Si l'on considère les deux espèces ensemble pour la région Bourgogne, les populations de tordeuses diminuent avec une augmentation de la proportion de forêts de feuillus dans le paysage. L'analyse des données pour le Roussillon a mis en évidence un effet positif de la proportion en habitats semi-naturels et particulièrement des friches dans le paysage à 1 km (respectivement $P < 0.001$ et $P = 0.001$) (Figure 2a et b).

Figure 1 : Effets de la proportion d'habitats semi-naturels dans un rayon de 250m sur le nombre d'eudemis capturées en Aquitaine (a) et en Bourgogne (b) (Relationships between the proportion of semi-natural habitats within the 250m radius on the number of Eudemis trapped in Aquitaine (a) and in Burgandy (b))

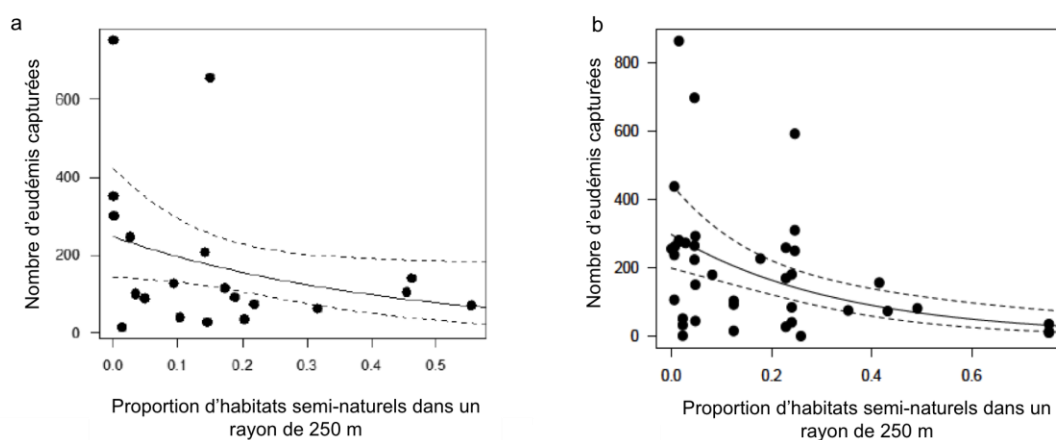
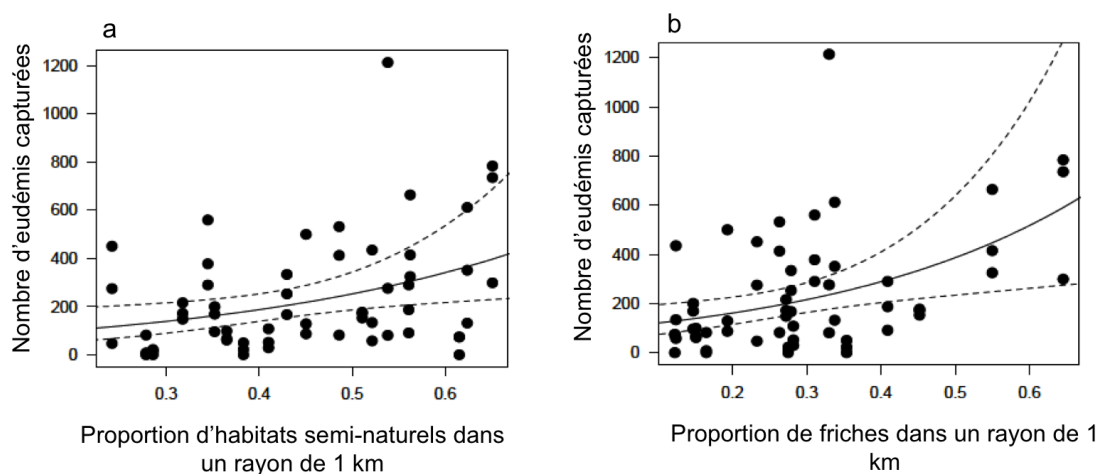


Figure 2 : Effets de la proportion d'habitats semi-naturels (a) et de friches (b) dans un rayon de 1 km sur le nombre d'eudemis capturées dans le Roussillon (Relationships between the proportion of semi-natural habitats (a) and the proportion of fallow land (b) within the 1km radius on the number of Eudemis trapped in Roussillon)



Les analyses portant sur les dégâts, c'est à dire sur le nombre de glomérules ou de pénétrations par parcelle en fonction des générations présentent des résultats en cohérence avec ceux obtenus sur les abondances d'adultes, bien qu'un peu différents. En effet, les résultats en Aquitaine montrent un

effet négatif significatif ($P=0.01$) de la proportion de forêt sur le nombre de pénétration ainsi qu'un effet négatif significatif ($P = 0.001$) de la proportion de forêts sur le nombre de glomérules et de pénétration en Bourgogne. En revanche, aucun effet des variables paysagères n'a été mis en évidence sur les analyses menées sur les dégâts en Roussillon. Le fait qu'on ne trouve pas forcément de relation entre nombre de tordeuses capturées et dégâts pourrait s'expliquer par différents mécanismes incluant une régulation des œufs plus importantes ou une compétition trop importante pour la ponte dans certains contextes paysagers.

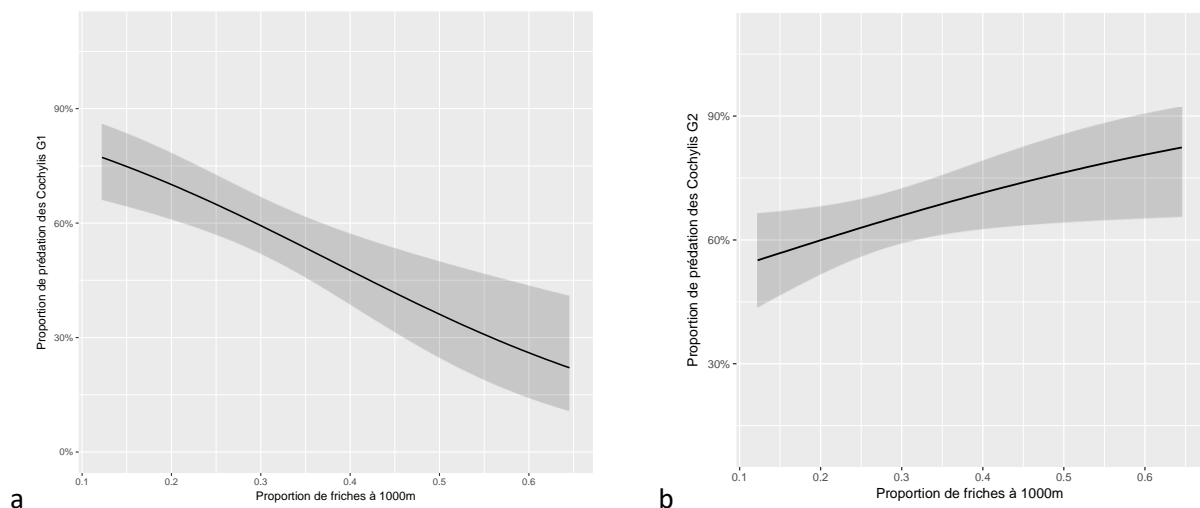
Ces résultats illustrent la forte dépendance contextuelle dans la réponse des populations de tordeuses au contexte paysager. Nos analyses indiquent que les types d'habitats semi-naturels influençant les dynamiques de populations ne sont pas les mêmes dans les différentes régions. En effet, là où ce sont plutôt les forêts de feuillus à des échelles spatiales proches des parcelles qui semblent avoir un effet négatif sur l'abondance de tordeuses en Aquitaine et en Bourgogne, il apparaît que ce sont plutôt les friches à des étendues spatiales plus larges (1 km) qui ont un effet positif sur l'abondance des eudémis. Nos résultats suggèrent donc des rôles différents des types d'habitats et des processus écologiques différents opérant à des échelles spatiales variables. Cette dépendance contextuelle peut également aussi être interprétée comme le reflet de structurations des paysages différentes entre les régions étudiées.

EFFET DU CONTEXTE PAYSAGER SUR LES REGULATIONS NATURELLES DES TORDEUSES

Le taux de parasitisme larvaire sur eudémis était globalement faible pour les deux générations. En moyenne, toutes générations et années confondues, les taux de parasitisme d'eudémis en Aquitaine étaient de $8.6\% \pm 4.7\%$, de $5\% \pm 0.2\%$ en Bourgogne et de $9.7\% \pm 2.3\%$ dans le Roussillon. Le parasitisme des chenilles de cochyliis, évalué uniquement en Bourgogne a varié entre 0 et 25 %. En moyenne, et toutes générations et années confondues, le taux moyen de parasitisme de cochyliis était $0.8\% \pm 3.7\%$. Le parasitoïde majeur d'eudémis en Aquitaine et en Bourgogne était *Campoplex capitator*, alors qu'en Roussillon *Phytomyptera nigrina*, *Diadegma fenestrata* et *C. capitator* ont été retrouvés toutes générations confondues. L'analyse des effets des différentes variables paysagères sur le taux de parasitisme larvaire de première et deuxième génération n'a révélé aucun effet des variables calculées aux différentes étendues spatiales.

Les taux de prédation des larves de première et deuxième génération après 24 heures d'exposition ont montré une grande variabilité entre les parcelles. En moyenne $64\% \pm 42\%$ de larves ont été prédatées en Aquitaine, $58\% \pm 41\%$ en Bourgogne et $53\% \pm 47\%$ dans le Roussillon (toutes générations confondues). L'analyse des données de prédation larvaires a révélé des effets très variables du contexte paysager en fonction des régions. Aucun effet du contexte paysager n'a été trouvé en Aquitaine sur la prédation des larves de première et de deuxième génération. Aucun effet n'a été mis en évidence pour la prédation des larves de première génération en Bourgogne alors qu'un effet positif significatif de la proportion d'habitats semi-naturels ou de friches dans un rayon de 1000m, de la proportion de prairies dans un rayon de 1000 et de 750m, sur la prédation des larves de deuxième génération a été trouvé ($P=0.01$). En revanche, les analyses sur les données du Roussillon ont révélé des effets antagonistes du même type d'habitats semi-naturels avec un effet négatif de la proportion de friches dans le paysage sur les taux de prédation des larves en première génération mais un effet positif de la proportion de friche sur les taux de prédation en deuxième génération (Figure 3 a et b). De la même manière dans le Roussillon, la prédation des larves de cochyliis a augmenté de manière marginale avec la proportion de forêts dans le paysage en première génération mais a diminué avec la proportion de forêt dans le paysage en deuxième génération. Ces résultats sur la prédation larvaire dans le Roussillon font ressortir la variabilité importante des effets et des rôles potentiels de différents types d'habitats semi-naturels sur la régulation naturelle ainsi que la variabilité des effets d'un type d'habitat donné dans le temps.

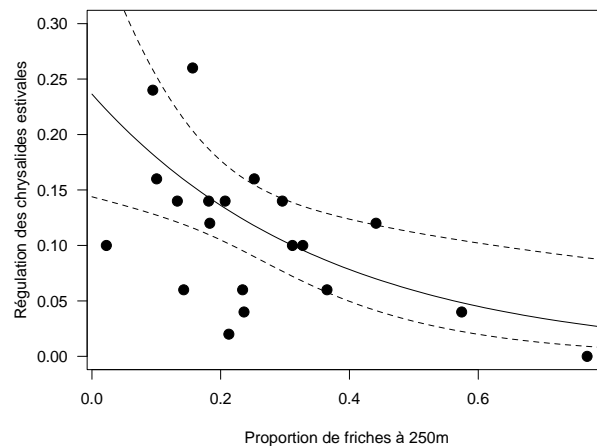
Figure 3 : illustration de l'effet de la proportion de friches dans le paysage sur la prédation des larves de cochylis en première (a) et deuxième génération (b) en Roussillon (Relationships between the proportion of fallow land within the 1km radius on predation rates of cochylis for the first (a) and the second (b) generation in Roussillon)



Les niveaux de prédateurs des œufs mesurés en 2015 étaient en moyenne de $31\% \pm 13\%$ en Aquitaine, de $15.8\% \pm 10\%$ en Bourgogne et de $61\% \pm 15\%$ dans le Roussillon. Nos modèles n'ont révélé aucun effet des variables paysagères sur les taux de prédation des œufs en Aquitaine. Dans le Roussillon, les modèles ont indiqué un effet positif significatif de la proportion de friches dans un rayon de 500 m sur le taux de prédation des œufs. En Bourgogne, les modèles ont révélé un effet positif significatif de la proportion de prairies à 1000 et 750m sur la prédation des œufs ($P=0.01$).

Les niveaux de régulation (prédation et parasitisme) des chrysalides estivales étaient de $14.3\% \pm 11\%$ en Aquitaine, de $6.2\% \pm 5.4\%$ en Bourgogne et de $11\% \pm 6.7\%$ dans le Roussillon. Les analyses statistiques n'ont indiqué aucun effet des variables paysagères en Aquitaine et en Bourgogne mais ont révélé un effet négatif significatif de la proportion de friche dans un rayon de 250m sur la régulation des chrysalides estivales dans le Roussillon (Figure 4).

Figure 4 : effet de la proportion de friches à 250m sur la régulation des chrysalides estivales d'eudémis dans le Roussillon (Relationship between the proportion of fallow land within the 250m radius on predation rates of estivating eudemis pupae in Roussillon)



Les niveaux de régulation des chrysalides hivernantes étaient en moyenne (toutes années confondues) de $43\% \pm 22\%$ en Aquitaine, de $37\% \pm 24\%$ en Bourgogne et de $31\% \pm 15\%$ dans le Roussillon. Aucun effet du contexte paysager n'a été mis en évidence dans aucune des régions sur les niveaux de régulation des chrysalides pendant l'hiver.

Globalement, nos analyses sur la régulation naturelle d'eudémis et de cochylis indiquent également une forte dépendance contextuelle des effets paysagers. A l'échelle nationale nous ne validons donc pas notre hypothèse initiale d'un effet strictement positif de la complexité du paysage sur les services de régulation naturelle. En effet, ce qui ressort de nos analyses est une grande variabilité dans les effets du contexte paysager sur les services de régulation naturelle avec une variabilité inter- et intra-région importante et des dynamiques temporelles pouvant être importantes (e.g., effet négatif puis positif de la proportion de friches sur la régulation des cochylis en Roussillon en fonction des générations).

CONCLUSIONS

La complexité du paysage a pu diminuer les dégâts provoqués par la première ou la deuxième génération, ou augmenter la prédation des chenilles ou des chrysalides sentinelles, mais pas dans toutes les régions et pas pour toutes les générations. Nos résultats mettent donc en avant la grande variabilité des effets paysagers et la nécessité de comprendre plus finement les processus écologiques en jeu. Notre démarche et nos résultats sont originaux à plusieurs titres. Tout d'abord, relativement peu d'études inhérentes aux effets du paysage sur les régulations naturelles ne prennent en compte la régulation à différentes dates et stades de développement des insectes ravageurs (Chaplin-Kramer et al., 2011). Ensuite, la grande majorité de ces études ne font qu'une, voire deux, années d'expérimentations et généralement localisées dans une même région pédoclimatique. Notre étude, quant à elle, a volontairement cherché à étudier la robustesse spatiale et temporelle des effets paysagers sur la régulation et l'abondance des tordeuses de la grappe. De ce fait, relativement peu d'études sont à même de mettre en évidence des effets antagonistes de la structuration du paysage. Notre étude démontre donc la nécessité de calibrer des modèles à l'échelle régionale si l'objectif est d'arriver à construire des outils de prédictions des niveaux de régulation naturelle. Nos résultats mettent ainsi en évidence des rôles *a priori* différents des types d'habitats semi-naturels dans le paysage ou du même type d'habitat dans le temps. Ainsi, les friches semblent être un habitat particulièrement important pour expliquer les dynamiques de populations et la régulation naturelle dans le Roussillon alors que les forêts semblent être les habitats qui influencent le plus les dynamiques de population en Bourgogne et en Aquitaine. A ce stade de

l'étude, nous avons choisi de réaliser des modèles relativement simples, testant l'hypothèse d'un effet positif de la complexité du paysage indépendamment d'autres variables. Malgré le soin apporté pour limiter les variations inter-parcellaires autres que paysagères, dans notre dispositif, des variables persistent néanmoins. Or, nous savons que ces dernières influencent les dynamiques de populations (e.g., pratiques phytosanitaires, enherbement) (Rusch et al., 2017). Des recherches complémentaires sur le rôle et les processus écologiques en jeu sont donc nécessaires. La prise en compte des pratiques viticoles à l'échelle parcellaire et paysagère dans les modèles semble ainsi être une piste de recherche à poursuivre.

REMERCIEMENTS

Ce programme a reçu un concours financier du :

- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Casdar Innovation et partenariat 2012, n°1218, projet « Biocontrol ».

- Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne.

Nous tenons également à remercier les viticulteurs de Côte d'Or, d'Aquitaine et du Roussillon qui ont mis leurs parcelles de vigne à disposition.

BIBLIOGRAPHIE

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.

Bommarco, R., Kleijn, D. & Potts, S.G. (2013) Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, **28**, 230–238.

Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M.M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., Thies, C., Tschardtke, T., Weisser, W.W., Winqvist, C., Woltz, M. & Bommarco, R. (2016) Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **221**, 198–204.

Butault, J.-P., Dedryver, C.-A., Gary, C., Guichard, L., Jacquet, F., Meynard, J.M., Nicot, P., Pitrat, M., Reau, R., Sauphanor, B., Savini, I. & Volay, T. (2010) Synthèse du rapport d'étude Écophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? INRA Editions.

Tschardtke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Nouhuys, S. van & Vidal, S. (2007) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, **43**, 294–309.

Landis, D.A., Wratten, S.D. & Gurr, G.M. (2000) Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annu. Rev. Entomol.*, **45**, 175–201.

Rusch, A., Delbac, L. & Thiéry, D. (2017) Grape moth density in Bordeaux vineyards depends on local habitat management despite effects of landscape heterogeneity on their biological control. *Journal of Applied Ecology*. Online