

Impact des pratiques agricoles et des éléments paysagers sur l'abondance de ravageurs

Janvier-juin 2016
Corentin M. Barbu

Résumé

Il est souvent considéré que la composition du paysage influe sur l'abondance de ravageurs, soit fournissant aux ravageurs des ressources supplémentaires soit au contraire favorisant leurs ennemis naturels, ouvrant de nouvelles possibilités de contrôle des ravageurs. Ici nous faisons le bilan des liens entre éléments paysagers et cinq des principaux ravageurs des grandes cultures: Pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*), grosse altise du colza (*Psylliodes chrysocephala*), méligèthe sur colza (*Meligethes aeneus*), cécidomyie orange sur blé (*Sitodiplosis mosellana*) et pucerons des épis sur blé (*Sitobion avenae*). Pour cela nous avons compilé de manière structurée la littérature scientifique, rassemblé les connaissances d'experts nationaux et analysé des données nationales d'abondance sur ces ravageurs en lien avec les éléments paysagers avoisinants (surface de la culture touchée, présence de bois, de prairies et de haies) à quatre échelles : 200 m, 1 km, 5 km et 10 km. Les effets attendus d'après la littérature et les experts pour la plupart des éléments paysagers n'ont qu'exceptionnellement des intervalles de confiance à 95% n'incluant pas 0, reflétant la grande incertitude des connaissances existantes. Cependant, dans les deux cas où un effet non-nul était attendu avec certitude, les corrélations correspondantes ont bien été retrouvés dans les analyses des données nationales. Quelques corrélations fortes bien que peu ou pas attendues sont observées dans le réseau d'épidémiosurveillance telles que l'abondance limitée de pyrale et d'altise lorsque des haies sont abondantes à moins de 1000 m. La convergence limitée entre les sources d'information et l'absence de paramètres déterminants dans les modèles telles que les variables météorologiques ou phytosanitaires limite encore la portée des résultats pour chaque ravageur. A ce stade cependant, nos résultats ne supportent pas un effet systématiquement protecteur des éléments semi-naturels (bois, haies, prairies). Par contre, une plus grande diversité des cultures dans le paysage tendrait à limiter la pression de ravageurs.

Introduction

Face à la demande sociétale pour une réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires, il est pertinent de favoriser le contrôle naturel des ravageurs. Ces organismes ayant une capacité de dispersion importante, l'analyse à l'échelle du paysage est clé. A cette échelle, il est souvent considéré que l'augmentation de la surface d'une culture favorise les ravageurs de cette culture mais aussi que les espaces semi-naturels pourvoyeurs d'ennemis naturels des ravageurs limitent leur prolifération. Pour évaluer la généralité

de ces principes, nous étudions cinq des principaux ravageurs des grandes cultures: Pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*), grosse altise (*Psylliodes chrysocephala*) et méligèthe sur colza (*Meligethes aeneus*), cécidomyie orange (*Sitodiplosis mosellana*) et pucerons des épis sur blé (*Sitobion avenae*).

Nous avons développé trois approches pour faire le bilan des liens entre ces éléments paysagers et l'abondance de ces ravageurs : l'analyse structurée de la littérature, l'élicitation qualitative et

quantitative d'experts nationaux des instituts techniques et de chambres d'agriculture, et l'analyse statistique de données nationales d'abondance sur ces ravageurs en lien avec les éléments paysagers avoisinants (surface de la culture touchée, présence de bois, de prairies et de haies).



Matériels et Méthodes

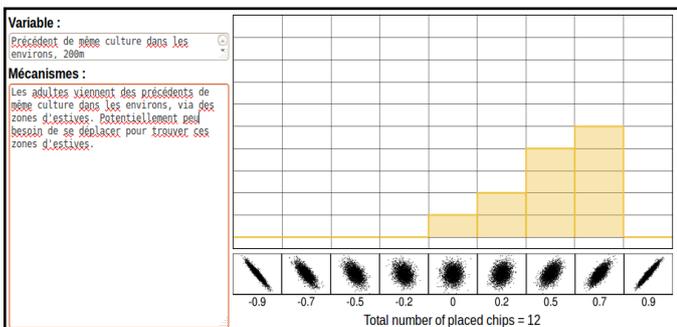
Etude bibliographique

Afin d'obtenir une vision générale de la bibliographie pour chaque bioagresseur étudié nous avons réalisé une étude bibliographique structurée. Pour cela nous avons défini avec le comité de pilotage d'une part des requêtes standardisées, par exemple « *nom commun anglais du bioagresseur landscape* » ou « *nom latin du bioagresseur natural regulation* » et d'autre part des éléments paysagers pouvant avoir un lien avec l'abondance de bioagresseurs. Le stagiaire de M2 a ensuite pour chaque bioagresseur appliqué ces requêtes auprès de Google Scholar® et rempli notre questionnaire qualitatif et quantitatif (voir encadré) en argumentant à l'aide de citations la nature et l'intensité des liens entre pratiques ou éléments paysagers et abondance de bioagresseurs.

Elicitation des experts

CompEI : Questionnaire d'élicitation comparative

L'élicitation ou évaluation à dire d'experts a été développée pour quantifier des risques pour lesquels des expérimentations sont difficiles ou impossibles, tel que les risques d'accidents nucléaires. Ici nous reprenons une technique d'élicitation classique, la roulette, afin d'obtenir une probabilité pour chaque valeur du coefficient de corrélation entre prédicteur et abondance. Nous y ajoutons une dimension qualitative (l'expert doit indiquer les mécanismes justifiant son évaluation) et comparative (les évaluations entre échelles et entre éléments paysagers sont visuellement comparées afin d'ajuster la cohérence des réponses).



Cet outil interactif peut être utilisé dans le cadre d'entretiens à distance car il autorise la visualisation simultanée sur plusieurs postes <https://ecosys.versailles-grignon.inra.fr/SpatialAgronomy/compel>

Grâce au partenariat entre l'INRA, Arvalis et Terres Inovia, 2 à 5 experts nationaux par bioagresseur ont participé à l'évaluation. Ces experts des instituts partenaires ou de chambres d'agriculture régionales ont rempli les questionnaires CompEI dans le cadre d'entretiens d'environ deux heures par bio-agresseur (parfois à distance), en argumentant à partir de leur expérience les liens entre pratiques ou éléments paysagers et abondance de bio-agresseurs.

Analyse statistique

Pour évaluer les corrélations statistiques entre abon-

dances de bio-agresseurs et éléments paysagers, nous avons mis en relation trois bases de données à l'échelle de la France métropolitaine. La base Vigicultures® correspond à des observations hebdomadaires de bio-agresseurs dans des parcelles, réalisées à partir de 2009 pour informer le bulletin de santé du végétal. La BD TOPO®, couche végétation, de l'Institut Géographique National nous a permis de prendre en compte forêts, haies, landes et vergers. Le registre parcellaire graphique (RPG), issue des déclarations dans le cadre de la politique agricole commune nous a permis de caractériser l'assolement. Autour de chaque parcelle de suivi des ravageurs nous avons mesuré les aires de chaque élément paysager dans des rayons de 200m, 1km, 5km et 10km. Nous avons ensuite étudié les liens entre ces aires et le dépassement de seuils d'abondances au cours de la campagne à l'aide de glm de type LASSO.

Pour limiter les confusions entre facteurs climatiques et éléments paysagers, nous avons distingué onze régions « agro-climatiques », intégrées à la régression. Les tailles d'effets sont ramenées à des coefficients de corrélation partiels.

Le glm et la régression LASSO avec validation croisée

Les modèles linéaires généralisés (glm) sont très utilisés pour identifier statistiquement la capacité explicative de multiples variables. Ils considèrent que la variable observée y est une variable aléatoire suivant une distribution de probabilité D (ou fonction de lien) dont le paramètre, appelé prédicteur, est une moyenne pondérée des variables (x_1 à x_n):

$$y \sim D(\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n)$$

De multiples outils peuvent être utilisés pour identifier les paramètres α et β_i de ces modèles. Cependant, une difficulté fréquemment rencontrée sur l'analyse de jeux de données complexes est la sélection des variables pertinentes parmi celles disponibles. La méthode LASSO sélectionne les variables les plus pertinentes en termes de prédiction et ajuste le modèle glm correspondant. Si le β_i estimé d'une variable x_i est nul, cela signifie que x_i n'a pas de valeur prédictive pour y . La sélection des variables dépend d'un paramètre de régularisation λ qui est identifié en ajustant le modèle sur une fraction du jeu de données puis en mesurant la qualité de la prédiction sur le reste du jeu de données : c'est la validation croisée. Ici nous utilisons une valeur de λ limitant fortement le risque de signaler indûment une corrélation (package glmnet : lambda.1se).

Résultats

Elicitation et bibliographie

La médiane des effets attendus par les experts pour les éléments semi-naturels peut être négative ou positive suivant les ravageurs et les espaces semi-naturels. Par contre, il est attendu que la surface de la culture sensible (blé, maïs ou colza suivant le ravageur), notamment l'année précédente, augmente l'abondance de ravageurs : aucun effet médian négatif.

La comparaison avec les résultats de questionnaires à

Packages R réalisés

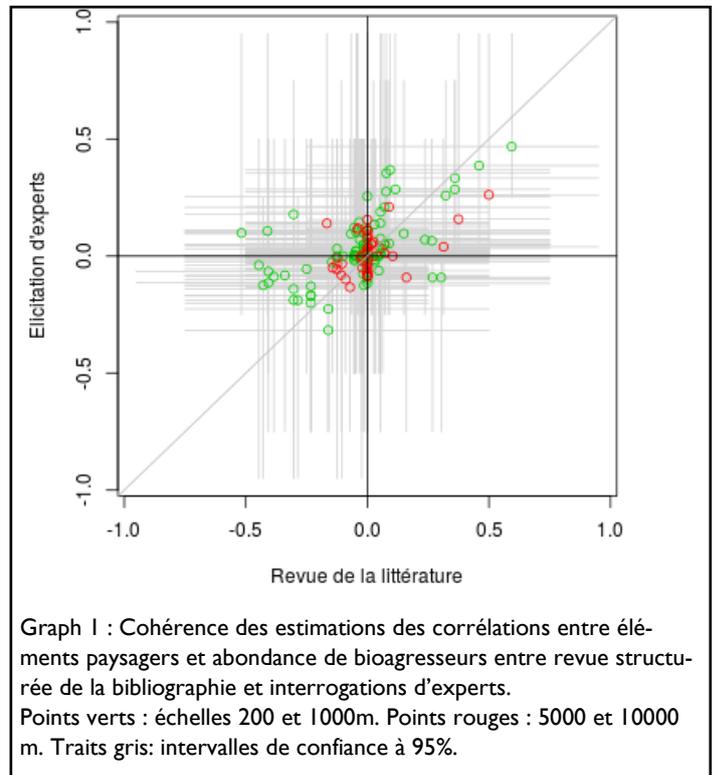
R est un langage informatique et un logiciel de statistiques libre et gratuit très largement utilisé dans le monde de la recherche. Il tire son succès de la facilité de créer des modules ou packages qui doivent comporter le code informatique nécessaire aux fonctionnalités mais aussi une documentation et des exemples d'utilisation. Plusieurs packages ont été réalisés dans ce travail : packages de données et package de calcul permettant de manipuler les données géographiques de type vectoriel pour extraire des mesures paysagères. Le package de calcul est disponible à l'adresse <https://bitbucket.org/cmbce/polygonlandscapemetrics>. Les packages de données (données vigiculture®, Registre Parcellaire Graphique et BDTOPO® de l'IGN) ne sont pas disponibles pour le grand public mais les personnes ayant acquis les droits pour accéder à ces données peuvent nous contacter pour bénéficier du travail réalisé.

l'échelle parcellaire montre que les effets attendus de pratiques telles que l'utilisation de produits phytosanitaires ou autres pratiques de contrôle sont plus élevés que les effets attendus des éléments paysagers.

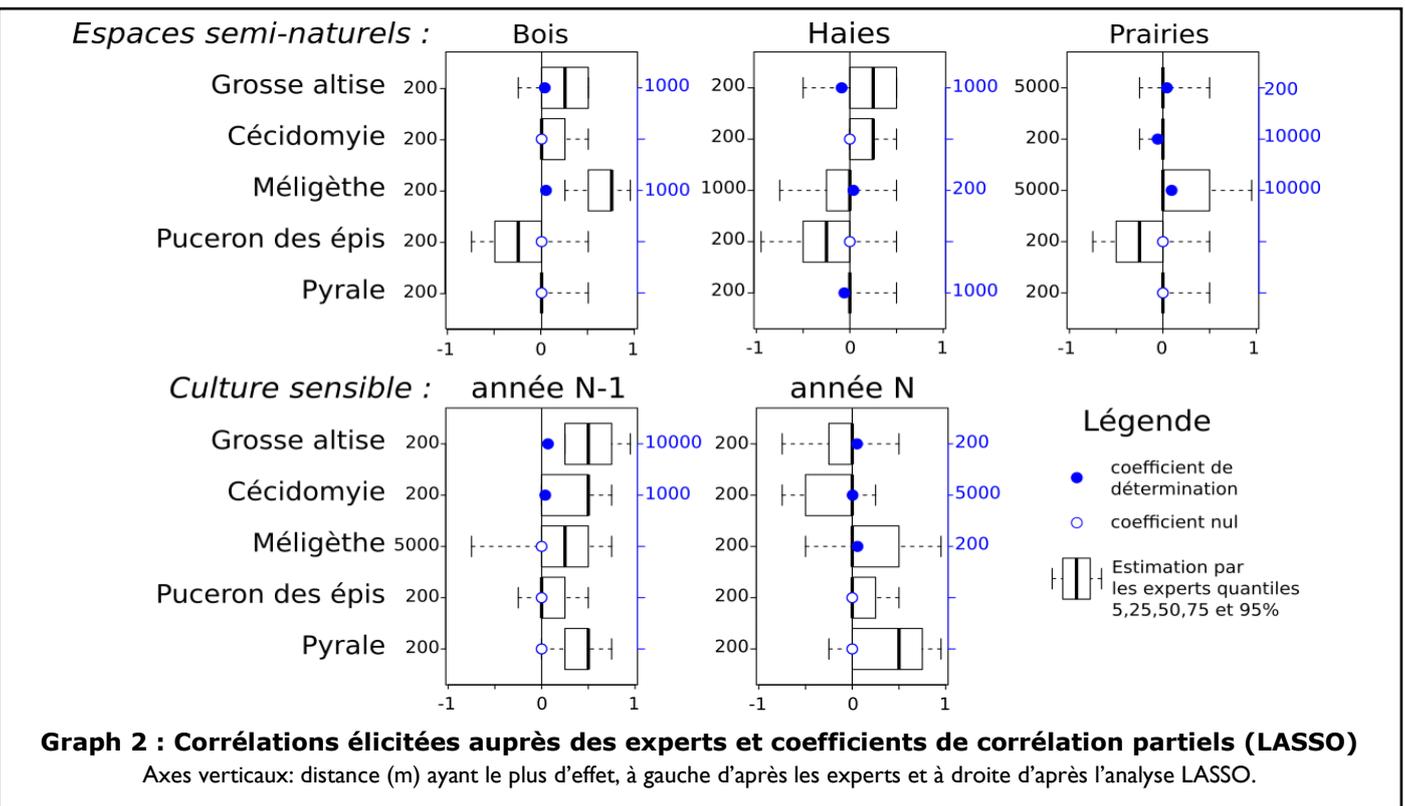
Qualitativement et quantitativement, les experts partagent des opinions assez différentes, et parfois divergentes sur l'impact des éléments paysagers sur le paysage. Pour regrouper les opinions d'experts nous avons sommé les distributions de probabilité issues des interviews. Les intervalles de confiance résultants incluent généralement 0 et parfois comprennent à la fois des valeurs positives et négatives.

La corrélation entre valeur moyenne élicitée auprès des experts et valeur estimée d'après la bibliographie est assez forte (Graph 1), la pente est de 0.75 avec un intervalle de confiance à 95 % de 0.58 à 0.92.

Statistiques



La détection d'effets des éléments paysagers représentait un vrai défi : des incohérences entre géoréférencement dans Vigicultures® et dans le RPG ont été observées, l'utilisation de produits phytosanitaires ou la météorologie n'ont pas été pris en compte, enfin nous utilisons une sélection de variables très discriminante. Malgré cela, **quatre des cinq ravageurs présentent des coefficients de corrélation pertinents** pour la prédiction pour l'un des éléments spatiaux. On notera que les pucerons des épis étaient particulièrement peu présents pendant les années étudiées,



pouvant expliquer l'absence d'effet paysagers détectés. Les deux effets les plus attendus: bois favorisant les méligèthes et colza N-1 favorisant les grosses altises sont bien retrouvés par le modèle; cependant, la corrélation très élevée entre cultures présentes à l'année N et N-1 suggère que la sélection de l'une plutôt que l'autre de ces variables est sujette à caution.

Les tailles d'effets paraissent faibles mais les limitations notées ci-dessus peuvent expliquer la faiblesse des effets observés. Par ailleurs, les **coefficients de corrélation des éléments paysagers et des régions agro-climatiques peuvent être du même ordre de grandeur**. Par exemple, pour l'altise, le coefficient de corrélation associé aux haies (protecteur) correspond à plus de la moitié de l'effet régional le plus fort et l'effet protecteur des prairies pour le méligèthe est plus important que tous les effets régionaux. L'insertion à l'avenir d'autres éléments dans la régression permettrait de positionner les effets paysagers par rapport à d'autres déterminants (pratiques ou météorologie).

Statistiques vs Experts+bibliographie

Les coefficients de corrélation sont peu corrélés aux moyennes des estimations par les experts (Wilcoxon p-value=0.01) et non corrélés à l'estimation par la bibliographie. Par ailleurs, la sélection automatique d'échelle pertinente par la sélection LASSO parmi les quatre échelles favorise presque systématiquement des échelles plus grandes que celles identifiées par les experts (graph 2).

En savoir plus

- 1) Barbu CM, Chen M, Guérin N, Simonneau D, Valentin-Morison M, Sausse C, Felix I. Assessing the ecosystem services of pests and diseases regulation to inform landscape planning. European Ecosystem Services Conference, Septembre 2016, Anvers, Belgique.
- 2) BIANCHI, F., BOOIJ, C. & TSCHARNTKE, T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proc B : 273, 1715-1727

Conclusion

Lorsque l'on regarde les ravageurs individuellement, la correspondance entre les approches n'est pas évidente, d'autant que l'incertitude des experts ou des estimations à partir de la bibliographie quant aux effets du paysage sont très importantes. Cependant, dans les deux cas où les estimations sont strictement différentes de zéro pour les experts, les coefficients de corrélation mesurés à partir des observations Vigicultures® sont bien cohérents suggérant que la procédure de sélection par LASSO permet d'obtenir des résultats satisfaisants.

Dans l'ensemble les corrélations entre présence d'espaces semi-naturels (bois, prairies, haies) et de ravageurs sont de signes variables. On ne peut donc conclure à un effet généralement protecteur des espaces semi-naturels. En revanche, les trois approches convergent en ce que la corrélation entre abondance du ravageur et surface de la culture affectée semble généralement être positive ou nulle.

Pour confirmer et préciser les effets observés et envisager la planification de paysages suppresseurs, il serait intéressant d'intégrer dans les modèles statistiques, des paramètres supplémentaires tels que la pression de produits phytosanitaires et de préciser les variables paysagères pertinentes, par exemple, les linéaires de lisières de bois pourraient être plus pertinents que les aires.

Corentin M. Barbu



Corentin Barbu est chargé de recherche à l'INRA (UMR 211—Agronomie). Il travaille depuis 2006 sur le contrôle à grande échelle de nuisibles. D'abord spécialisé sur les insectes vecteurs de maladies humaines il travaille depuis 2014 sur le contrôle optimal des maladies et ravageurs des grandes cultures.

Remerciements

Nicolas Guérin (stagiaire M2), co-encadré par Corentin Barbu (INRA), Irène Félix (Arvalis Institut du végétal) et Christophe Sausse (Terres Inovia).

Soutien financier

GIS GCHP2E