

Accords et désaccords entre connaissances expertes et analyses statistiques au sujet des effets paysagers sur les bioagresseurs : aspects qualitatifs et quantitatifs

février - juin 2017
Corentin M. Barbu

Résumé

Le contrôle biologique des ravageurs et maladies des grandes cultures est étudié depuis des décennies. L'un des éléments qui affecte l'abondance des organismes nuisibles est la composition du paysage. Nous avons repris et précisé les travaux d'analyses statistiques des corrélations entre éléments paysagers et abondance de bioagresseurs du blé, du colza, du maïs et de la pomme de terre (cf stage 2016 Nicolas Guérin), en effectuant un tri plus exigeant des données et en intégrant de nouvelles espèces de bioagresseurs. Pour éclairer les accords et comprendre les désaccords entre ces résultats et les informations recueillies antérieurement par élicitation d'experts, nous avons procédé à une classification des mécanismes cités par les experts par lesquels des éléments de paysage favorisent ou défavorisent, directement ou indirectement, les bioagresseurs. Les mécanismes décrits par les experts permettent de distinguer les effets des bois, des haies, des cultures voisines mais aussi des prairies. Sur méligèthe du colza, ravageur pour lequel nous disposons de références nombreuses, ce mode de codification des mécanismes permet une description qui paraît cohérente des effets du paysage. Ces travaux ouvrent des perspectives méthodologiques qui nécessitent encore d'être confirmées.

Introduction

L'un des éléments clés affectant l'abondance des ravageurs est la composition du paysage, qui fait l'objet d'un nombre croissant d'études (Bianchi et al., 2006). Indépendamment des espèces, la perspective à l'échelle du paysage avec des approches de processus écologiques pourrait être très importante pour comprendre la dynamique des populations et les interactions entre les espèces locales. D'autre part, les habitats naturels peuvent avoir des effets opposés sur la vie des ravageurs et de leurs ennemis naturels (Tscharrntke et al., 2016).

Ici, nous avons soulevé deux grandes questions de recherche : 1. L'aménagement de l'espace dans le paysage agricole a-t-il un impact positif ou négatif sur l'abondance des ravageurs ? 2. Quels sont les principaux mécanismes qui déterminent l'impact

de l'utilisation des terres sur l'abondance des ravageurs ?

Dans notre étude, nous avons utilisé une base de données d'expertise provenant d'experts agricoles et des références bibliographiques et nous les avons comparées avec la répartition des ravageurs effectivement mesurée et influencée par la variation du paysage. Nous avons commencé par analyser la cohérence quantitative de l'effet de l'utilisation des terres sur l'abondance des ravageurs selon les experts, la littérature et l'analyse des données nationales. Pour une analyse plus poussée, les mécanismes attendus dans les processus écologiques ont été classés et assignés à l'utilisation des terres où ces mécanismes ont été observés selon les experts, ce qui nous permet de clarifier les relations trophiques et les répercussions environnementales

en écologie des ravageurs. Nous avons ensuite comparé la puissance explicative de cette description fonctionnelle du paysage par rapport à la description plus simple basée sur l'utilisation des terres pour les données nationales sur l'abondance des ravageurs.



Matériels et Méthodes

Sources de données

Nous avons rassemblé deux sources de données : 1. connaissances d'experts, 2. données d'observation. Les données sur les connaissances des experts ont été recueillies au moyen d'entrevues semi-structurées (effectuées l'an dernier), puis décrites dans un questionnaire afin d'extraire l'information qualitative et quantitative. D'autre part, un ensemble de données statistiques a été constitué à partir de données nationales françaises : surveillance épidémiologique (Vigicultures®) et base de données d'informations géographiques (BDTOPO® et RPG®) réparties sur la France métropolitaine à peu près à proportion des surfaces cultivées pour chaque culture étudiée et à l'exception des régions Alsace, Bretagne, Loire-Atlantique et Limousin. Pour chaque point d'échantillonnage, l'occupation du sol a été caractérisée à l'intérieur de « buffers » de 200m, 1000m, 5000m et 10000m. Dans le cadre de ce stage, nous avons vérifié la cohérence des sources de données et n'avons utilisé les observations que lorsque la culture enregistrée dans Vigicultures® était bien recensée par le RPG (données sur les cultures provenant de la politique agricole commune) à moins de 20 m du point. Nous avons ajouté plusieurs bioagresseurs importants. Au total, 9 insectes ravageurs et 7 maladies ont été étudiés.

Corrélations statistiques

À partir des données d'observation, nous avons analysé l'effet du paysage sur la fréquence de dépassement de seuils d'abondance de bioagresseurs à l'aide d'un modèle linéaire généralisé (GLM) de type LASSO (Tibshirani, 2011), une méthode de régression qui permet la sélection des variables les plus pertinentes pour améliorer la précision de la prédiction. Toute l'analyse a été réalisée avec le logiciel statistique R en utilisant particulièrement le package "glmnet" (2017).

Dans un premier temps nous avons étudié l'impact des surfaces de chaque élément paysager considéré en prenant comme cofacteurs l'année et le segment Arvalis (proche des petites régions agricoles). Dans un deuxième temps nous avons remplacé les surfaces des éléments paysagers par les sommes des surfaces correspondant à chaque propriété de ces éléments telle que décrite dans la classification des mécanismes (ex: ressource indispensable pour le ravageur, ressource pour les auxiliaires généralistes—voir ci-après).

Analyse qualitative

Pour identifier les processus écologiques correspondant aux effets observés sur le paysage nous avons utilisé l'élicitation d'avis d'experts. Nous avons classé les caractéristiques des éléments du paysage en fonc-

Table.1 Classification des mécanismes

| Classe | Agent | Ressource substituable | Ressource essentielle | Altération physico-chimique | Autre altération (agropastique) |
|----------|---------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Ravageur | Ravageur lui-même | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| | Spécialiste* | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 |
| | Généraliste* | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 |
| Maladie | Phase parasite | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| | Phase de dispersion | (2.1)** | (2.2)** | 2.3 | 2.4 |

* Auxiliaires (les spécialistes sont principalement des parasitoïdes)
** Sans objet

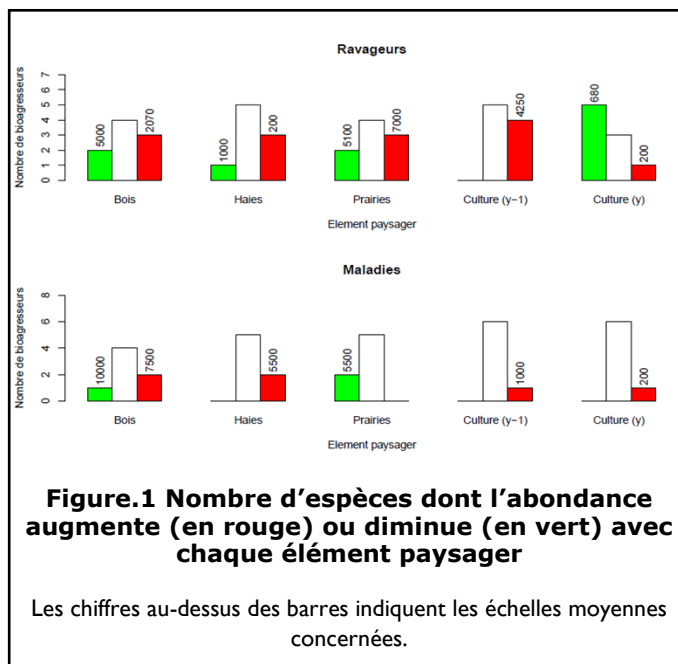
tion de leur impact direct sur la présence du ravageur ou de leur impact indirect par l'intermédiaire de ses ennemis naturels. Nous avons également déterminé si les éléments du paysage fournissent des ressources essentielles (ex.: habitat obligatoire) ou substituables (ex: ressource alimentaire additionnelle) ou induisent des altérations physico-chimiques favorables ou non (ex : humidité, température) (tableau 1). Ces mécanismes catégorisés ont été identifiés dans le questionnaire d'experts et comptés pour chaque utilisation des terres étudiées : parcelle forestière, haie, prairies, couverture des terres cultivées autour la même année (N), couverture des terres cultivées l'année précédente (N-1). Ensuite, nous avons interprété le résultat quantitatif à partir de ces agrégats.

Résultats

Exemple du mégigèthe

Pour illustrer le type de résultats obtenus, nous nous focalisons sur l'exemple du mégigèthe du colza (*Meligethes aeneus*), ravageur à la biologie bien connue puisqu'il est très étudié par plusieurs équipes de recherche européenne.

On notera que le sens des effets des mécanismes



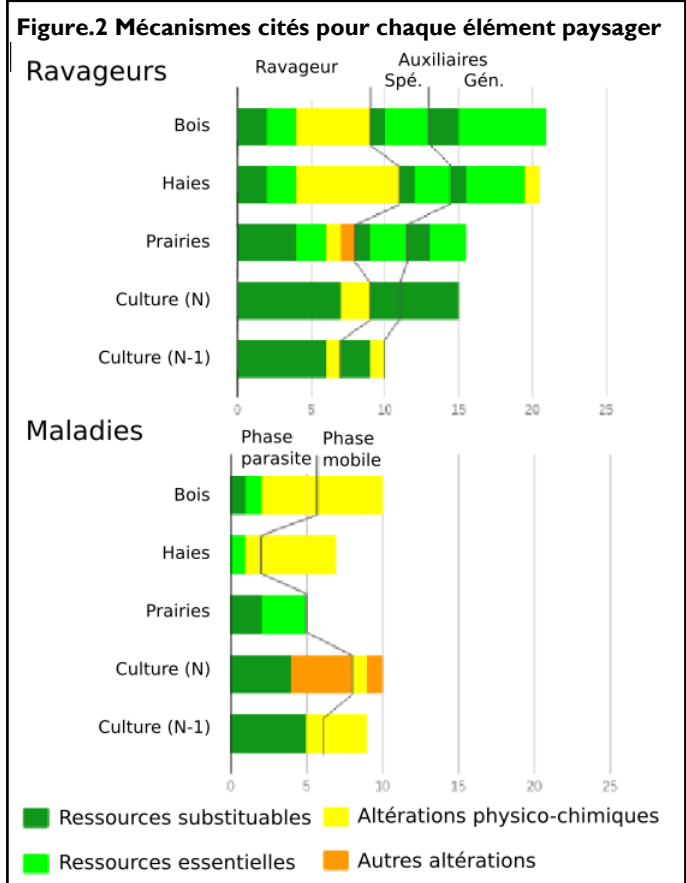
mentionnés par les experts, tel que retranscrit dans le tableau 2, est toujours positif sur l'organisme considéré (favorisant le ravageurs (1.x), les auxiliaires spécialisés (2.x) ou généralistes (3.x), à l'exception de l'effet de la culture l'année N qui induit une dilution des méligèthes et de leurs auxiliaires réduisant leur abondance par unité de surface de la culture (x.1). Cela correspond bien à la corrélation négative observée entre l'abondance et la culture l'année N (tableau 2).

Tous les éléments paysagers ont des effets positifs à la fois sur le méligèthe et sur ses ennemis naturels, à différents degrés montrant bien la difficulté d'inférer le sens des effets d'un élément paysager simplement à partir des descriptions qualitatives des mécanismes à l'œuvre. Les signes positifs des coefficients de régression pour les éléments semi-naturels suggèrent que pour chacun d'eux les mécanismes favorisant le ravageur l'emportent sur les mécanismes favorisant ses ennemis naturels. On notera que les coefficients de corrélation partielle sont peu élevés, cependant les éléments paysagers dans leur ensemble explique plus de 25% de la variance expliquée.

Résultats sur l'ensemble des bioagresseurs

Sur l'ensemble des bioagresseurs et aux échelles considérées, des corrélations significatives sont fréquentes pour les insectes mais moins pour les maladies (Fig 1.). Cela pourrait correspondre au moindre nombre de mécanismes mentionnés pour les maladies que pour les ravageurs (Fig. 2).

Comme observé sur méligèthe, les experts indiquent le plus souvent que les ravageurs ou maladies sont favorisés par les surfaces mentionnées. La seule exception importante est l'effet de la culture l'année N sur les insectes ravageurs à cycle annuel (les plus fréquents) pour lesquels l'abondance de la culture tend à diluer l'abondance du ravageur sur les surfaces présentes, ce qui expliquerait la fréquente corrélation négative entre cultures (N) et ravageurs.



Le nombre de mécanismes cités reliant la culture (N-1) aux ravageurs est nettement plus important que celui reliant la culture (N-1) aux ennemis naturels des bioagresseurs (Fig. 2) ce qui semble cohérent avec la très fréquente corrélation positive entre ravageurs et culture (N-1) (Fig. 1). Il semble aussi logique que l'effet de la culture l'année précédente se fasse sentir sur une surface plus large (4000 m en moyenne) que la dilution entraînée par la culture l'année même (680 m en moyenne), les organismes ayant eu plus de temps pour se disperser.

En ce qui concerne les insectes ravageurs, le nombre de mécanismes cités était similaire pour les parcelles forestières et les haies mais moindre pour la prairie (figure 2). Ceci suggère que contrairement à une pra-

Table.2 Exemple de Meligethes aeneus : analyse quantitative et nombre d'experts citant un mécanisme sur un total de 4

| Elément Paysager | Buffer (en m) | Coefficient de régression | Corrélation partielle | Ravageur | | | | Auxiliaire spécialisé | | | | Auxiliaire généraliste | | | |
|------------------|---------------|---------------------------|-----------------------|----------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|------------------------|-----|-----|-----|
| | | | | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 |
| Bois | 1000 | 0.07 | 0.04 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| Haies | 200 | 0.14 | 0.07 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Prairies | 10000 | 0.28 | 0.08 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| culture (N)* | 1000 | -0.23 | 0.06 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| culture (N-1)* | - | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |

* Pour la culture, N correspond à la même année, N-1 à l'année précédente. L'indicateur de mécanisme (en gras) a été détaillé dans le tableau 1. Lorsqu'un expert mentionne "prédateur", le numéro est divisé et attribué à la fois au spécialiste et au généraliste (0,5).

tique fréquente en recherche, les prairies ne peuvent pas être regroupées avec les éléments boisés dans une classe supposée homogène d' « habitat semi-naturel ». Dans la couverture végétale (N et N-1), la plupart des mécanismes mentionnés correspondait à la fourniture d'une ressource substituable pour le ravageur et ses ennemis naturels. Les mécanismes sont plus nombreux et variés pour les bois, haies et prairies que pour les cultures.

A quelques exceptions près, dont le méligèthe, les régressions LASSO s'appuyant sur les surfaces associées à chaque mécanisme n'ont pas fait ressortir de corrélations significatives. Même pour les ravageurs pour lesquels des corrélations étaient mises en évidence, les valeurs explicatives des modèles étaient nettement moins fortes que les régressions directement basées sur les occupations du sol. Cela suggère que même si des propriétés peuvent être partagées entre éléments naturels, leurs intensités par unité de surface ne sont pas homogènes ou que les compensations entre mécanismes sont trop difficiles à distinguer.

Conclusion

Notre approche a permis de mettre en évidence des corrélations statistiques significatives entre éléments paysagers à l'échelle d'une partie importante de la France métropolitaine. Les corrélations observées, tout comme la diversité des mécanismes impliqués dans la régulation des bioagresseurs ne permettent pas d'attendre de manière générale un effet suppresseur des éléments semi-naturels. De plus, les éléments semi-naturels ont des propriétés différentes entre eux et suivant les bioagresseurs qui ne permettent pas de les considérer comme un tout homogène.

Les cultures sensibles aux bioagresseurs jouent un rôle plus prévisible. Quand son effet est significatif, la présence de la culture l'année précédente a systématiquement un effet favorisant la présence de bioagresseurs. La culture sensible autour de la parcelle a assez

nettement tendance à diluer les ravageurs annuels. Pour les autres bioagresseurs l'effet de la culture l'année N est moins net.

Il serait important d'évaluer la sensibilité de ces résultats au type de modèle statistique choisi ainsi qu'à la prise en compte explicite des effets des insecticides et des conditions météorologiques. En l'état, ces résultats mettent en évidence l'intérêt d'associer le recueil systématique d'avis d'experts, d'analyse bibliographique et d'analyses statistiques de grandes ampleur sur ces sujets pour lesquels l'expérimentation est difficile.

En savoir plus

- 1) Barbu CM, Chen M, Guérin N, Simonneau D, Valentin-Morison M, Sausse C, Felix I. 2017. Regards croisés sur l'effet des espaces semi-naturels et de l'assolement sur les bioagresseurs des grandes cultures. 6e COMAPPI.
- 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
- 3) Tschardt T. et al. 2016. When natural habitat fails to enhance biological pest control—Five hypotheses. *Biological conservation*. 204, 449–458.

Corentin M. Barbu



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

Ryohei Chiyojima est le stagiaire M2 qui a réalisé ce travail, co-encadré par Corentin Barbu (INRA), Irène Félix (Arvalis Institut du végétal) et Christophe Sausse (Terres Inovia). Ce travail a été financé par le GIS Grande culture GCHP2E et par le projet APISMAL financé par le LabEx BASC (ANR).