



Synthèse de l'article

Landscape simplification increases vineyard pest outbreaks and insecticide use

Mars 2021

Référence

Paredes, D., Rosenheim, J.A., Chaplin-Kramer, R., Winter, S., Karp, D.S., 2021. Landscape simplification increases vineyard pest outbreaks and insecticide use. *Ecol. Lett.* 24, 73–83.

 <https://doi.org/10.1111/ele.13622>

La simplification des paysages augmente le risque d'attaques de ravageurs des vignobles et donc l'utilisation d'insecticides



Par Viñedo en Cútar - cc by-SA 2.0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6656936>

Sommaire

Lutte antiparasitaire intégrée et effet des paysages.....	2
Robustesse des études traitant des émergences épidémiques et de l'efficacité des mesures de gestion.....	3
Analyse des effets des paysages sur les épidémies de pyrale de la vigne : éléments de méthode.....	3
Résultats et discussion.....	5
Effets du paysage sur les émergences de pathogènes.....	5
Effets du paysage sur les applications d'insecticides.....	6
Décisions des agriculteurs d'appliquer des insecticides.....	6
Covariables et robustesse des tendances.....	8
Conclusion.....	8

Lutte antiparasitaire intégrée et effet des paysages

L'expansion de l'agriculture et son intensification ont permis d'augmenter la production agricole face à la demande d'une population en croissance. Néanmoins, les cultures, en particulier les monocultures, ont créé des conditions idéales pour l'émergence et l'installation de ravageurs spécialisés (Andow, 1983). Les agriculteurs se sont donc tournés assez rapidement vers les insecticides pour diminuer la pression des ravageurs et maintenir des rendements élevés. Puis, avec le développement des résistances des ravageurs, de nouveaux produits ont dû être développés. Les impacts sur la santé humaine (Bouchard *et al.*, 2011) et sur la biodiversité (Dirzo *et al.*, 2014) de certains de ces produits ont été identifiés, ainsi que les effets secondaires sur les services écosystémiques, par exemple la pollinisation ou le service de régulation des ravageurs par les prédateurs et parasitoïdes, également décimés par les insecticides à large spectre.

La protection biologique intégrée a été développée pour procurer aux agriculteurs une panoplie d'outils plus large pour prévenir l'apparition de ravageurs tout en réduisant leur dépendance à l'égard des insecticides. L'objectif de cette lutte n'est pas d'éradiquer les ravageurs, mais plutôt de maintenir les populations en dessous d'un certain niveau de dommages aux cultures (par exemple un seuil économique à partir duquel l'application de pesticides devient rentable).

Bien que la lutte intégrée contre les ravageurs ait été conçue à l'échelle de l'exploitation agricole, son application aux paysages est de plus en plus reconnue (Bianchi *et al.*, 2006).

Au moins trois mécanismes, qui peuvent fonctionner simultanément, sont à l'origine des effets du paysage sur les ravageurs :

- Premièrement, l'hypothèse de la concentration des ressources qui postule que les paysages simplifiés (c'est-à-dire les monocultures sans espaces semi-naturels adjacents) permettent aux populations de ravageurs spécialisés de s'établir et se disperser, tandis que les paysages complexes (c'est-à-dire les mosaïques d'habitats semi-naturel et de terres cultivées) comportent des obstacles à la croissance des populations parasitaires et freinent leur dispersion (O'Rourke et Petersen, 2017) ;
- Deuxièmement, les parasitoïdes et les prédateurs des ravageurs des cultures dépendent souvent de multiples ressources alimentaires ou d'habitats naturels leur permettant d'hiverner, souvent absents dans les paysages simplifiés. Ainsi, les paysages complexes peuvent augmenter l'abondance ou la diversité des auxiliaires de cultures, facilitant ainsi une meilleure lutte contre les nuisibles (Dainese *et al.*, 2019) ;
- Troisièmement, les nuisibles peuvent eux-mêmes dépendre de ressources variées ou d'habitats non cultivés pour se nourrir ou hiverner, éléments plus fréquents dans les paysages complexes (Tscharntke *et al.*, 2016).

Ces mécanismes sont néanmoins complexes et peuvent fonctionner à des degrés divers, selon les ravageurs et les agroécosystèmes considérés : les réponses des nuisibles à la composition du paysage sont donc assez variables. Ainsi, de nombreuses conclusions de recherches établissent que les paysages complexes avec des parcelles d'habitat naturel permettent un meilleur contrôle des nuisibles (par exemple, Thies et Tscharntke, 1999), alors que d'autres démontrent que les ravageurs prospèrent dans des paysages complexes (par exemple, Midega *et al.*, 2014). De même, certaines études font état d'une application moindre d'insecticides dans les paysages comportant davantage de végétation naturelle et une diversité de cultures plus élevée (Larsen et Noack, 2017), tandis que d'autres font état d'une variabilité importante des effets du paysage dans l'espace et le temps (Larsen, 2013).



Robustesse des études traitant des émergences épidémiques et de l'efficacité des mesures de gestion

Une des explications à la variabilité des résultats entre les études réside dans la robustesse des études elles-mêmes.

- En effet, la plupart des études sont menées sur 10 à 30 sites pendant 1 à 2 ans et ne se basent que sur quelques mesures de populations, relevées annuellement. Or ces échelles spatio-temporelles sont insuffisantes pour pouvoir distinguer les effets du paysage vis-à-vis de la variabilité inhérente à la dynamique des populations de ravageurs qui se révèle très souvent stochastique, c'est-à-dire pouvant varier aléatoirement et sans qu'il soit possible de le prédire, les abondances fluctuant à la fois au cours d'une année et d'une année sur l'autre. Ainsi, le fait de ne pas surveiller les ravageurs tout au long de la saison de croissance peut biaiser la dynamique des populations et masquer les effets du paysage (Chaplin-Kramer *et al.*, 2013).
- De même, les études qui n'échantillonnent pas sur de grandes échelles spatiales et sur plusieurs années risquent de passer à côté de rares épidémies graves pour les agriculteurs (Chaplin-Kramer *et al.*, 2019).
- Ensuite, la plupart des études sur le paysage se concentrent plutôt sur les grands types de couverture végétale que sur les données de télédétection qui pourraient plus directement détecter les niches des nuisibles, comme la productivité du paysage ou la structure de la végétation (Ramirez-Reyes *et al.*, 2019)
- Enfin, les principaux indicateurs qui pourraient aider aux décisions de gestion à l'échelle des paysages (variables liées aux épidémies ou aux applications de pesticides) sont rarement mesurés (Chaplin-Kramer *et al.*, 2019). En effet, la plupart des études se concentrent sur les ennemis naturels des ravageurs et les rares études qui traitent des ravageurs quantifient généralement leurs abondances relatives entre les sites. Or :
 - pour les agriculteurs, l'indicateur pertinent est la probabilité de dépassement des seuils de préjudice économique aux cultures (Gurr *et al.*, 2016) ;
 - pour les gouvernements et les ONG, les éléments essentiels sont les effets des paysages et des mesures de gestion associées afin de savoir s'ils sont suffisamment forts pour réduire l'usage des insecticides. Par ailleurs, même si les ravageurs sont maintenus en-dessous du seuil de dommage déclenchant l'application des insecticides, il n'est pas évident que les agriculteurs ne poursuivront pas tout de même des applications prophylactiques de ces molécules.

Sans ces connaissances, il n'est pas étonnant que les paysages soient très rarement gérés avec un objectif de lutte contre les ravageurs.

Analyse des effets des paysages sur les épidémies de pyrale de la vigne : éléments de méthode

La présente étude se distingue des précédentes en explorant les effets de la composition du paysage environnant sur la pyrale de la vigne (le lépidoptère *Lobesia botrana*) par une approche "éco-informatique" sur 400 vignobles suivis pendant environ 13 ans dans le sud de l'Espagne. Il s'agit donc de l'analyse d'une grande base de données préexistante plutôt que la collecte de données de terrain sur un nombre nécessairement plus limité d'échantillons.

ENCADRÉ
LA PYRALE DE LA VIGNE (*LOBESIA BOTRANA*)



Lobesia botrana par Ben Sale - cc by 2.0

En Espagne, *L. botrana* (petit insecte devenant papillon à l'âge adulte) produit trois générations pendant chaque saison de culture. Dans la première génération, le ravageur se nourrit des fleurs. Dans les deuxième et troisième générations, les adultes pondent des œufs sur les raisins et les larves en développement consomment les baies. Bien qu'il s'agisse d'un des plus importants ravageurs de la vigne, *L. botrana* est polyphage. En effet, certains éléments prouvent que le développement du parasite est optimal lorsqu'il se nourrit de plusieurs espèces indigènes et cultivées qui peuvent exister dans les habitats semi-naturels entourant les vignobles européens (Thiéry et Moreau, 2005). Dans le même temps, un environnement composé d'habitats semi-naturels peut indirectement réduire les populations de *L. botrana* par l'augmentation de la prédation par les oiseaux et les arthropodes (Rusch *et al.*, 2017 ; Papura *et al.*, 2020). *L. botrana* constitue donc un excellent candidat pour une approche "éco-informatique" de modélisation des nuisibles.

L'étude est organisée autour de trois questions principales :

1. Dans quelle mesure la simplification du paysage peut-elle aggraver les infestations de ravageurs ? Plus précisément, les effets du paysage sont-ils suffisamment forts pour influencer sur la probabilité que les ravageurs dépassent les seuils de préjudice économique ?
2. Les agriculteurs suivent-ils les lignes directrices de la lutte intégrée contre les ravageurs, en appliquant davantage des insecticides lorsque les nuisibles dépassent les seuils économiques ?
3. Comment les taux d'application des insecticides varient-ils selon les exploitations agricoles et les différents contextes paysagers ?

Par ailleurs, la quantification de la stochasticité spatio-temporelle des ravageurs a également permis de déterminer si les effets sur le paysage seraient encore visibles dans des études avec moins de sites, surveillés moins longtemps.

Résultats et discussion

Effets du paysage sur les émergences de pathogènes

Les effets du paysage sur la probabilité que les ravageurs dépassent les seuils de tolérance, par exemple 8 % des grappes infestées, sont variables :

- Les vignes entourées de prairies sont plus susceptibles de connaître des épidémies de la première génération de ravageurs au-dessus des seuils économiques, mais pas au cours de la deuxième ou la troisième.
- En revanche, les exploitations agricoles dans des paysages plus viticoles sont plus susceptibles d'être infestées au-dessus des seuils par les deuxième et troisième générations de parasite, mais pas lors de la première.
- Bien que le couvert forestier et arbustif environnant n'ait pas influencé la probabilité de dépasser les seuils de dommages économiques, le facteur « productivité » des écosystèmes (notamment *via* l'indice normalisé de différence de végétation) montre des influences non linéaires :
 - à des niveaux faibles ou modérés de productivité annuelle moyenne de l'écosystème, la probabilité que les ravageurs causent des dommages dépassant les seuils économiques a été assez stable à environ 2,5 % pour les ravageurs de deuxième génération et à environ 5 % pour la troisième génération ;
 - des valeurs plus élevées de productivité de l'écosystème montrent une forte baisse de la probabilité de dommages. Cet effet a été plus fort pour la deuxième génération, marginale dans la troisième génération et absent de la première.

Comme dans d'autres études (Rusch *et al.*, 2017 ; Papura *et al.*, 2020), ces résultats montrent que les paysages environnants influencent les épisodes d'infestations de *L.botrana* dans les exploitations agricoles.

Plus précisément, les modèles utilisés ont établi que :

- la probabilité de dépasser les seuils économiques de rentabilité des récoltes (c'est-à-dire en génération 3) quadruplerait, de 2,5 % dans les paysages sans autre vignoble dans le voisinage, jusqu'à 10 % dans les paysages où le vignoble représente 90 % de l'environnement (à noter : la couverture viticole peut être légèrement sous-estimée dans l'étude en raison d'erreurs de classification de l'utilisation des terres pour les petites exploitations) ;
- en revanche, les paysages plus productifs et les paysages avec le plus de couverture arbustive environnante sont moins susceptibles de déclencher des émergences et donc la pulvérisation d'insecticides.

Les analyses se concentrant sur les niveaux d'infestation des ravageurs (plutôt que sur les probabilités de dépassement des seuils économiques) ont donné des résultats globalement similaires avec trois différences majeures :

- les effets des prairies et des vignobles environnants sur les niveaux d'infestation par les ravageurs se sont révélés importants à chaque génération ;
- les infestations étaient plus faibles en présence de couverture arbustive ;
- la productivité du paysage a eu peu d'effet.

En fin de compte, l'effet net de la complexité du paysage sur les organismes nuisibles dépend probablement d'un équilibre entre ressources végétales, ennemi naturel et effets liés aux hôtes alternatifs. Sans expériences complémentaires ni données sur ces éléments, les causes de l'augmentation des épidémies de *L. botrana* dans les paysages avec plus de vignobles n'ont pas pu être identifiées.

Cela dit, l'augmentation de la disponibilité alimentaire facilite probablement la croissance de la population de *L. botrana* et sa dispersion dans les paysages dominés par la vigne, entraînant un développement de ces populations et le dépassement des seuils de rentabilité économiques au fur et à mesure de la maturation des raisins (c'est-à-dire en générations 2 et 3).

Expliquer les effets contrastés des prairies et arbustes environnants sur *L. botrana* est plus difficile. Les deux types d'habitats peuvent contenir des plantes ligneuses qui servent de plantes hôtes de remplacement pour *L. botrana* pendant l'hiver (Thiery et Moreau, 2005). Par ailleurs, alors que les habitats non cultivés sont connus pour bénéficier à certains ennemis de *L. botrana* (par exemple les oiseaux), il semble ne pas y avoir d'études qui permettent de discriminer les effets des arbustes par rapport aux prairies (Rusch *et al.*, 2017 ; Papura *et al.*, 2020).

Toutefois, considérant que les prairies présentent une faible productivité dans les écosystèmes méditerranéens (i.e. NDVI) (Alcaraz-Segura *et al.*, 2009), que la productivité du paysage est souvent liée à la biodiversité (Radeloff *et al.*, 2019) et que la diversité des ennemis naturels tend à accroître le biocontrôle (Dainese *et al.*, 2019), il est possible que, dans les prairies, les effets des plantes hôtes alternatives sur *L. botrana* éclipsent les effets des ennemis naturels. En effet, les effets positifs des prairies sur *L. botrana* ont été les plus forts au début de la saison de croissance, indiquant potentiellement que *L. botrana* peut hiverner sur les plantes hôtes des prairies avant de se disperser dans les vignobles.

Au contraire, les effets négatifs des arbustes et de la productivité du paysage ont été plus forts pendant les générations 2 et 3, ce qui pourrait accentuer la dispersion progressive des populations d'ennemis naturels dans les vignobles et, en fin de compte, atténuer les épidémies de *L. botrana* plus tard dans la saison.

Effets du paysage sur les applications d'insecticides

Les auteurs ont démontré que le paysage environnant avait une influence sur les niveaux d'infestation de *L. botrana* dans les exploitations, avec :

- plus d'applications d'insecticides dans les fermes entourées de vignes : les fréquences d'application des insecticides étaient environ deux fois plus élevées sur des exploitations agricoles entourées de 90 % de vignoble par rapport aux exploitations viticoles sans aucun vignoble dans le paysage environnant ;
- les vignobles entourés d'habitats plus productifs et de zones arbustives sont moins susceptibles de dépasser les seuils économiques et de déclencher l'application des insecticides ;
- aucun effet de la productivité du paysage, du couvert forestier ou du couvert herbacé mis en évidence.

Décisions des agriculteurs d'appliquer des insecticides

Les auteurs ont également documenté les relations complexes entre les nuisibles, les infestations et les applications d'insecticides. L'étude a démontré :

- que les agriculteurs ont appliqué davantage d'insecticides si les ravageurs dépassaient les seuils de dommage économiques au moins une fois au cours de la saison de croissance ;
- une relation non linéaire entre le temps passé au-dessus du seuil et le nombre d'application d'insecticides. Cette tendance peut s'expliquer par le

fait que si la plupart des agriculteurs suivent les lignes directrices en matière de lutte contre les ravageurs, pulvérisant des insecticides à chaque fois que les seuils économiques sont dépassés, d'autres, cependant, refusent les insecticides et n'en pulvérisent jamais, ce qui permet aux nuisibles de constituer des populations et de rester au-dessus des seuils économiques tout au long la saison. En effet, après avoir exclu les exploitations qui n'ont jamais pulvérisé d'insecticide, la relation entre la fraction du temps passé au-dessus du seuil économique et le nombre de pulvérisations d'insecticides est redevenue plus linéaire.

Cette tendance pourrait simplement refléter la variabilité des valeurs des agriculteurs (par exemple, les agriculteurs soucieux de la conservation peuvent choisir de conserver les habitats non cultivés avoisinant et s'abstenir d'appliquer des insecticides). Toutefois, les effets ont persisté après l'exclusion des agriculteurs n'ayant jamais appliqué d'insecticides, ce qui indique que les effets des paysages sur les applications d'insecticides peuvent être plus directement liés à la variation spatiale des infestations de ravageurs.

Malgré la variabilité du comportement des agriculteurs, les auteurs ont constaté que les effets de la composition du paysage sur les applications d'insecticides étaient ainsi le miroir des effets du paysage sur les épidémies de ravageurs.

Cette étude souligne l'importance du suivi des multiples dimensions de la lutte biologique pour guider les décisions, car quand l'infestation augmente, il n'est pas toujours observé une augmentation des taux d'application ([Chaplin-Kramer et al., 2019](#)). Pour en savoir plus, la recherche sur les facteurs qui déterminent les décisions des agriculteurs en terme de lutte contre les ravageurs est d'autant plus critique que les récentes décisions de l'Union européenne ont comme objectifs politiques de réduire de moitié l'utilisation des pesticides d'ici 2030.

ENCADRÉ
STOCHASTICITÉ ET IMPORTANCE DES ENSEMBLES DE DONNÉES À LONG TERME

Cette étude a permis, grâce à des données de long terme de s'affranchir en partie du biais de stochasticité et d'étudier les effets du paysage sur les niveaux d'infestation locale et sur la décision de traiter ou pas.

Les études classiques peinent en effet à discriminer les effets du bruit stochastique par rapport aux effets du paysage et ceci peut expliquer pourquoi tant d'études démontrent que les effets de la composition du paysage environnant sur les populations de ravageurs dépendent du contexte et ne peuvent être généralisés ([Karp et al., 2018](#)). Dans ces études, les effets aléatoires résultant de la localisation de l'exploitation, de la région géographique et de l'année considérée expliquent deux fois mieux la déviance que les modèles sans effets aléatoires. Des résultats similaires ont été observés pour les modèles de taux d'application des insecticides.

Pour mettre en évidence ce biais, les auteurs de la présente étude ont réduit leur base de données à un échantillon reflétant davantage les études traditionnelles et ont mis en évidence que cela entravait considérablement la capacité à détecter les tendances du paysage : l'association entre épidémie et couverture viticole a été observée pour seulement 38 % et 41 % des simulations pour les générations 2 et 3. De même, l'association entre couverture viticole et l'utilisation d'insecticides a été obtenue dans seulement 24 % des simulations.

Covariables et robustesse des tendances

Tous les résultats se sont révélés assez robustes avec différents modèles :

- La température et les précipitations sont toujours corrélées avec les infestations de ravageurs, mais pas avec le degré d'applications d'insecticides.
- Aucune relation n'a pu être faite entre les variables topographiques (altitude, pente et composition) et les épidémies de ravageurs ou les applications d'insecticides.
- Les résultats n'ont pas sensiblement changé lorsque les variables de gestion des exploitations (insecticide, herbicide, fongicide et fréquences de travail du sol) ont été inclus en tant qu'effets fixes supplémentaires.
- La productivité du paysage constitue une exception : l'index de différence moyenne de végétation n'a pas affecté la probabilité que les ravageurs dépassent les seuils économiques quelles que soient les générations.
- Enfin, les effets de la présence de vignobles et de la différence moyenne de végétation sur le renforcement des infestations, des épidémies et des pulvérisations d'insecticides se sont trouvés renforcés lorsque chaque variable a été évaluée isolément (c'est-à-dire dans des modèles avec aucun autre prédicteur de paysage). Toutefois, analysées séparément, les prairies ne prédisaient plus la variation des épidémies, les applications d'insecticides ou les taux d'infestation (sauf dans la première génération).

Conclusion

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que les paysages simplifiés augmentent les épidémies de ravageurs de la vigne et intensifient la fréquence de pulvérisations d'insecticides. Ces résultats laissent penser que la simplification du paysage pourrait aussi avoir des répercussions en cascade non seulement sur les rendements agricoles, mais aussi sur la santé environnementale et humaine (Tilman *et al.*, 2002 ; Foley *et al.*, 2005).

Toutefois, le fait que la simplification du paysage augmente l'utilisation d'insecticides dans d'autres systèmes de culture n'est pas confirmé. Plusieurs études indiquent que davantage d'insecticides sont appliqués dans les zones où la diversité des cultures est moindre et environnées d'habitats semi-naturels (Larsen et Noack, 2017). Cependant des relations incohérentes entre la simplification du paysage et l'application d'insecticides ont été observées dans les systèmes maïs et soja en Amérique (Larsen, 2013 ; Meehan et Gratton, 2015), suggérant que les effets du paysage sur les insecticides peuvent dépendre des cultures ou des ravageurs.

Cette étude souligne également l'utilité des analyses éco-informatiques de long terme et à grande échelle pour les études de paysage et la lutte contre les ravageurs. Les taux d'infestations de ravageurs des cultures, les épidémies et les applications d'insecticides restent assez stochastiques entre les années et à travers l'espace, comme le reflète le niveau élevé de déviance expliqué par des effets aléatoires. Ici, l'utilisation d'une grande base de données publique avec un grand nombre de sites et sur de nombreuses années a permis d'identifier des effets significatifs du paysage qui auraient été masqués par la stochasticité.

Pour les agriculteurs, ce travail démontre que l'amélioration de la complexité des paysages réduit la probabilité de subir des épidémies de ravageurs, et atténue ainsi, les coûts liés aux pertes de rendement et aux insecticides.



Pour les gouvernements, les ONG et le public, ce travail souligne l'importance de l'aménagement du paysage pour l'atténuation des impacts environnementaux liés aux insecticides.

Au niveau individuel, les agriculteurs peuvent être en mesure de mieux contrôler les populations de *L. botrana* par la plantation de végétation indigène dans et autour de leurs fermes. Cependant, l'augmentation de la complexité du paysage exigera de coordonner des groupes d'agriculteurs avoisinants pour maintenir et/ou restaurer des écosystèmes arbustifs plus productifs. Bien que coûteux, les programmes de compensation pourraient aider à inciter les agriculteurs à améliorer la complexité des paysages (Batary *et al.*, 2015). De telles coordinations dans la lutte contre les ravageurs est un progrès nécessaire pour engranger des co-bénéfices concrets pour la production viticole, la conservation des terres agricoles et la santé humaine.

synthèse Hélène Soubelet,
directrice de la FRB

relecture Robin Goffaux,
chargé de mission "Biodiversité et agriculture" ;
co-point focal national SBSTTA CDB

Auriane Gauvard,
chargée de mission – stagiaire à la FRB

Julie de Bouville,
experte en communication