

---

## L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE FAVORISE LES SERVICES DE RÉGULATION NATURELLE DES BIOAGRESSEURS

Lucile MUNERET<sup>1</sup>, Denis THIÉRY<sup>1</sup> et Adrien RUSCH<sup>1</sup>

D'après l'article publié en juillet 2018 dans la revue *Nature Sustainability*

### ***EVIDENCE THAT ORGANIC FARMING PROMOTES PEST CONTROL***

Lucile Muneret<sup>1</sup>, Matthew Mitchell<sup>2</sup>, Verena Seufert<sup>3</sup>, Stéphanie Aviron<sup>4</sup>, El Aziz Djoudi<sup>5,6</sup>, Julien Pétilion<sup>5</sup>, Manuel Plantegenest<sup>6</sup>, Denis Thiéry<sup>1</sup> & Adrien Rusch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR 1065 Santé et Agroécologie du Vignoble, ISVV, Université de Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, F-33883 Villenave d'Ornon Cedex, France

<sup>2</sup> Institute for Resources, Environment and Sustainability, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada

<sup>3</sup> Institute of Meteorology and Climate Research (IMK-IFU), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Kreuzeckbahnstr. 19, D-82467 Garmisch-Partenkirchen, Germany

<sup>4</sup> INRA, UMR BAGAP, INRA-ESA-Agrocampus Ouest, BP 84125, 35042, Rennes, France

<sup>5</sup> Université de Rennes 1, UMR Ecobio, Campus de Beaulieu, F-35042 Rennes Cedex, France

<sup>6</sup> INRA, UMR IGEPP, Agrocampus Ouest, Université de Rennes 1, Université Bretagne-Loire, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042, Rennes, France

**Mots-clef :** Agroécologie; services écosystémiques; régulation naturelle; bioagresseurs; agriculture biologique

**Présenté par Jean-Marc MEYNARD**

### ***Résumé***

*L'intensification écologique des agrosystèmes basée sur l'optimisation des fonctions écologiques pour remplacer l'utilisation des intrants de synthèse est une voie prometteuse pour concilier faible empreinte écologique et productivité. L'agriculture biologique est souvent considérée comme un prototype d'intensification écologique mais ses performances en termes de fonctionnement restent largement méconnues. En réalisant deux méta-analyses distinctes reposant sur un total de 162 études, nous montrons que l'agriculture biologique favorise le potentiel de régulation naturelle des bioagresseurs, c'est-à-dire qu'elle augmente les niveaux de prédation ou de parasitisme des adventices, pathogènes et ravageurs animaux. Cependant,*

*en termes de niveaux d'infestation, l'agriculture biologique génère les conditions permettant d'augmenter les taux d'infestation moyens par les bioagresseurs mais les réponses dépendent très fortement du type de bioagresseurs. Ainsi, les parcelles conduites en agriculture biologique ont un taux d'infestation par les adventices plus important, un taux d'infestation par les ravageurs équivalent et un taux d'infestation par les pathogènes plus faible que les parcelles conduites en agriculture conventionnelle. Ces travaux montrent que l'agriculture biologique favorise les services de régulation naturelle des bioagresseurs et que ces services peuvent contribuer à limiter l'incidence de certains bioagresseurs comme les pathogènes notamment.*

### **Abstract**

*Ecological intensification of agroecosystems, based on the optimization of ecological functions such as biological pest control, in order to replace agrochemical inputs is a promising route to reduce the ecological footprint of agriculture while maintaining commodity production. However, the performance of organic farming, often considered as a prototype of ecological intensification, in terms of pest control remains largely unknown. Here, using two distinct meta-analyses, we demonstrate that, compared to conventional cropping systems: (i) organic farming promotes overall biological pest control potential, (ii) organic farming has higher levels of overall pest infestations but (iii) that this effect strongly depends on the pest type. Our study shows that there are lower levels of pathogen infestation, similar levels of animal pest infestation and much higher levels of weed infestation in organic than in conventional systems. This study provides evidence that organic farming can enhance pest control and suggests that organic farming offers a way to reduce the use of synthetic pesticide for the management of animal pests and pathogens without increasing their levels of infestation.*

### **Introduction**

Bien que l'agriculture intensive ait permis de nourrir une population grandissante, son expansion a par ailleurs contribué à la réduction des surfaces occupées par les espaces naturels et au déclin de la biodiversité (Pereira *et al.*, 2012 ; Dirzo *et al.*, 2014). Il est donc indispensable de concevoir de nouveaux systèmes de culture, plus favorables à la biodiversité, afin de favoriser la fourniture de services écosystémiques, de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires de synthèse et de maintenir des rendements satisfaisants (Meynard et Girardin, 1991). Parmi ces services, la régulation naturelle des bioagresseurs (e.g. le taux de prédation ou de parasitisme des bioagresseurs) est un service clef qui conditionne fortement le recours aux produits phytosanitaires et les niveaux de rendements (Oerke, 2006). Il est donc nécessaire d'identifier les facteurs qui influencent les niveaux de régulation naturelle et les infestations par différents types de bioagresseurs tels que les plantes adventices, les agents pathogènes ou les ravageurs animaux.

Il est démontré que les pratiques de l'agriculture biologique ("AB") favorisent la biodiversité, notamment celle des ennemis naturels au sein des agrosystèmes (Bengtsson *et al.*, 2005 ; Tuck *et al.*, 2014 ; Lichtenberg *et al.*, 2017). Par ailleurs, une communauté d'ennemis naturels plus diversifiée entraîne généralement des taux de suppression des herbivores plus

importants (Letourneau *et al.*, 2009). Cependant, les études qui se sont intéressées à mesurer les effets de l'AB sur les niveaux de régulation naturelle ont montré des résultats contrastés (e.g. Macfadyen *et al.*, 2009 ; Birkhofer *et al.*, 2016), notamment en raison d'interactions antagonistes au sein des communautés d'ennemis naturels (Martin *et al.*, 2013). De plus, l'augmentation de la biodiversité au sein des agrosystèmes en AB peut également conduire à une augmentation des communautés d'organismes générant des dis-services au sein des agrosystèmes. En effet, bien que d'autres facteurs comme la disponibilité en azote viennent expliquer les plus faibles rendements généralement observés pour les productions en AB, ces résultats laissent également supposer que les bioagresseurs pourraient bénéficier de la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse.

L'objectif de ce travail a donc été de mesurer les effets de l'AB sur les niveaux de régulation naturelle potentielle et les taux d'infestation des bioagresseurs. Nous émettons l'hypothèse qu'en moyenne, l'AB augmente les niveaux moyens de régulation naturelle des bioagresseurs car elle augmente l'abondance et la diversité des ennemis naturels. Cependant, nous supposons que les taux d'infestation des bioagresseurs sont en moyenne plus importants dans les parcelles en AB comparées aux parcelles conduites en agriculture dite "conventionnelle" ("AC", i.e. non certifiée AB) car les niveaux de régulation naturelle sont insuffisants pour compenser la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse.

### ***Méthodes***

Pour évaluer l'impact de l'AB sur les niveaux de régulation naturelle et sur les taux d'infestation des bioagresseurs, nous avons réalisé deux méta-analyses. La première repose sur les données issues de 43 études scientifiques (194 comparaisons) ayant comparé les niveaux de régulation naturelle (i.e. taux de parasitisme, taux de prédation, capacité suppressive des sols) entre parcelles en AB et en AC. La deuxième méta-analyse repose sur les données comparant les taux d'infestations par les bioagresseurs (i.e. plantes adventices, ravageurs animaux et agents pathogènes) de 134 études publiées dans la littérature scientifique. Bien que les conditions de certification de l'AB varient en fonction des pays, toutes les réglementations interdisent le recours aux produits phytosanitaires de synthèse. Les systèmes en AC correspondent aux systèmes qui ne sont pas certifiés en AB et recouvrent différents types de systèmes allant des systèmes à faibles intrants jusqu'aux systèmes intensifs. Pour chaque comparaison entre un système en AB et un système en AC, nous avons calculé un indice Hedges' *d* qui, ici, est une mesure de l'intensité d'une différence de taux d'infestations entre deux traitements (Hedges et Olkin, 1985 ; encadré 1). Cet indice nous permet de standardiser et de pouvoir agréger les données de taux d'infestations calculées à partir de différentes métriques (e.g. incidence, abondance, densité...).

$$d = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}} J \quad J = 1 - \frac{3}{4(n_1 + n_2 - 2) - 1}$$

où  $\bar{Y}_1$  et  $\bar{Y}_2$  sont les moyennes des taux d'infestation (ou niveau de régulation naturelle) des échantillons collectés en AC et en AB respectivement.  $n_1$  et  $n_2$  sont leur taille d'échantillon et  $s_1^2$  et  $s_2^2$  sont leur écart type (Hedge and Olkin, 1985).

### Encadré 1 : Calcul de la métrique Hedges'd pour chaque comparaison entre des échantillons collectés en AC et AB.

Dans chaque étude, nous avons également extrait des informations sur les systèmes permettant d'expliquer la variabilité de la différence entre les systèmes AB et AC telles que: le type de bioagresseurs (plantes adventices, ravageurs animaux ou pathogènes), le nombre de bioagresseurs (un ou plusieurs), le type de culture (pérenne ou annuelle) et le type d'expérimentation (en champ expérimental ou commercial). Pour évaluer les effets de chacun de ces modérateurs, nous avons constitué des sous-jeux de données spécifiques permettant d'avoir une équitabilité de la distribution des comparaisons pour chaque modalité des modérateurs, ce qui nous permet de limiter les risques de confusion d'effets entre modérateurs. Enfin, pour évaluer la robustesse de nos résultats, nous avons réalisé plusieurs analyses de sensibilité (voir Muneret et al., 2018 pour une description détaillée des méthodes employées).

### **Résultats**

*Services de régulation naturelle.* En moyenne, les niveaux de régulation naturelle sont plus élevés dans les parcelles en AB (Hedges'  $d_{global} = 0.31 \pm 0.30$ ) ( $\pm 95\%$  IC). Lorsque les études ont porté sur les niveaux de régulation envers des espèces uniques de bioagresseurs (e.g. *Acyrtosiphon pisum*) et non sur des communautés de bioagresseurs (e.g. Aphididae), le niveau de régulation est globalement plus élevé dans les parcelles en AB qu'en AC ( $d_{espèce\ unique} = 0.42 \pm 0.26$ ). Cependant, il n'y a pas de différence de niveau de régulation entre les parcelles AB et AC lorsque les études ont porté sur des niveaux de régulation effectués sur des communautés de bioagresseurs ( $d_{communauté} = 0.18 \pm 0.32$ ). De plus, en moyenne, le niveau de régulation naturelle est plus élevé dans les parcelles en AB, qu'elles soient en culture pérenne ou annuelle. Le type de bioagresseur ou le type d'expérimentation en champ expérimental ou commercial n'explique pas la variabilité des niveaux de régulation naturelle entre les parcelles en AB et les parcelles AC.

*Taux d'infestations des bioagresseurs.* En moyenne, les taux d'infestations par les bioagresseurs sont plus importants dans les parcelles en AB que dans les parcelles en AC ( $d_{global} = 0.23 \pm 0.16$ ). Cependant, ce résultat dépend du type de bioagresseur. Les niveaux d'infestation par les ravageurs animaux (nématodes, acariens et arthropodes) ne diffèrent pas

entre parcelles en AB et en AC ( $d_{\text{ravageurs animaux}} = 0.08 \pm 0.21$ ), alors que les taux d'infestations par les plantes adventices sont plus élevés ( $d_{\text{adventices}} = 1.02 \pm 0.22$ ) et les taux d'infestations par les pathogènes sont moins élevés dans les parcelles en AB en comparaison des parcelles en AC ( $d_{\text{pathogènes}} = -0.38 \pm 0.23$ ). En moyenne, les études portant sur les communautés de bioagresseurs ont des taux d'infestation plus élevés dans les parcelles conduites en AB alors que les études portant sur une population de bioagresseur (une espèce) ont des taux d'infestation similaires entre AB et AC. Le taux d'infestation plus élevé dans les parcelles en AB pour des communautés de bioagresseurs est indépendant du type de bioagresseur étudié. Les études menées en cultures annuelles ou sur des sites expérimentaux affichent des niveaux d'infestations plus élevés dans les parcelles en AB que dans les parcelles en AC. *A contrario*, il n'y a pas de différence du taux d'infestations entre AB et AC dans les études conduites en cultures pérennes et en champs commerciaux.

### ***Discussion***

Ces travaux montrent que les modes de conduite de l'AB favorisent la régulation naturelle des bioagresseurs à des niveaux permettant de compenser, voire de dépasser les performances des systèmes en AC, en matière de contrôle des ravageurs animaux et des pathogènes, mais pas des plantes adventices. Cette étude confirme notre hypothèse concernant l'effet positif de l'AB sur les niveaux de régulation naturelle. En outre, malgré un niveau d'infestation moyen plus important dans les parcelles en AB, celles-ci ne subissent pas des taux d'infestations plus importants pour tous les types de bioagresseurs. Au regard de nos résultats et de la littérature, il semble possible que les bonnes performances de l'AB concernant les taux d'infestation par les ravageurs animaux et les pathogènes soient liées aux moins bonnes performances de l'AB concernant la gestion des plantes adventices. En effet, l'augmentation de la diversité végétale au sein des parcelles en AB contribue à augmenter la complexité des agrosystèmes. Cette augmentation de la complexité pourrait provenir de trois types d'effets permettant de réduire les infestations par les ravageurs animaux et les pathogènes. Premièrement, cette complexité pourrait générer un effet "bottom-up", c'est-à-dire qu'au sein d'un milieu plus complexe, les bioagresseurs pourraient avoir plus de difficultés à atteindre leur hôte et à se développer (Letourneau *et al.*, 2011). Deuxièmement, cette augmentation de la complexité pourrait augmenter le nombre d'antagonistes de même niveau trophique présents au sein des parcelles, ce qui augmenterait la compétition pour la ressource au sein des communautés de bioagresseurs, ou plus largement, d'espèces occupant des niches similaires (Vorholt *et al.*, 2012). Enfin, cette augmentation de la complexité pourrait également avoir un effet "top-down", en augmentant l'abondance et la diversité des ennemis naturels des bioagresseurs, c'est-à-dire les prédateurs, parasitoïdes et parasites des bioagresseurs, ce qui réduirait également leur abondance (Scherber *et al.*, 2010). Il serait donc pertinent de poursuivre cette étude en évaluant les bénéfices directs du maintien de plantes adventices au sein des agrosystèmes.

Notre étude n'établit pas de relation entre les niveaux d'infestations par les bioagresseurs et les pertes de rendement. Approfondir cette question nous permettrait d'évaluer dans quelle mesure les différences de rendements entre AB et AC sont liées à des différences d'efficacité de gestion des bioagresseurs entre les deux systèmes. Cependant, notre travail met en évidence que des stratégies de déploiement de l'intensification écologique reposant sur l'adoption de pratiques employées en AB peuvent contribuer à réduire les impacts environnementaux négatifs de l'agriculture.

### ***Bibliographie***

- Bengtsson, J., Ahnström, J. & Weibull, A.-C. (2005). – The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of applied ecology*, **42**, 261–269.
- Birkhofer, K., Arvidsson, F., Ehlers, D., Mader, V.L., Bengtsson, J. & Smith, H.G. (2016). – Organic farming affects the biological control of hemipteran pests and yields in spring barley independent of landscape complexity. *Landscape Ecology*, **31**, 567–579.
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J. & Collen, B. (2014). – Defaunation in the Anthropocene. *science*, **345**, 401–406.
- Hedges, L.V. & Olkin, I. (1985). – Statistical methods for meta analysis. Academic Press, Orlando (Flor.).
- Letourneau, D.K., Armbrrecht, I., Rivera, B.S., Lerma, J.M., Carmona, E.J., Daza, M.C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S.D. & others. (2011). – Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, **21**, 9–21.
- Letourneau, D.K., Jedlicka, J.A., Bothwell, S.G. & Moreno, C.R. (2009). – Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **40**, 573–592.
- Lichtenberg, E.M., Kennedy, C.M., Kremen, C., Batáry, P., Berendse, F., Bommarco, R., Bosque-Pérez, N.A., Carvalheiro, L.G., Snyder, W.E. & Williams, N.M. (2017). – A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*.
- Macfadyen, S., Gibson, R., Polaszek, A., Morris, R.J., Craze, P.G., Planque, R., Symondson, W.O. & Memmott, J. (2009). – Do differences in food web structure between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control? *Ecology Letters*, **12**, 229–238.
- Meynard, J.M. & Girardin, P. Produire autrement. *COURRIER DE LA CELLULE ENVIRONNEMENT INRA*, INRA, 1991, 15 (15), pp.1-19. [\(hal-01207904\)](#)
- Muneret, L., Mitchell, M., Seufert, V., Aviron, E.A. Djoudi, S., Pétilion, J., Plantegenest, M., Thiéry, D. & Rusch, A. (2018). – Evidence that organic farming promotes pest control. *Nature Sustainability*, **1**, 361.
- Oerke, E.-C. (2006). – Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, **144**, 31–43.
- Pereira, H.M., Navarro, L.M. & Martins, I.S. (2012). – Global biodiversity change: the bad, the good, and the unknown. *Annual Review of Environment and Resources*, **37**.
- Scherber, C., Eisenhauer, N., Weisser, W.W., Schmid, B., Voigt, W., Fischer, M., Schulze, E.-D., Roscher, C., Weigelt, A. & Allan, E. (2010). – Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature*, **468**, 553.

- 
- Tuck, S.L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L.A. & Bengtsson, J. (2014). – Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of applied ecology*, **51**, 746–755.
- Vorholt, J.A. (2012). – Microbial life in the phyllosphere. *Nature Reviews Microbiology*, **10**, 828–840.