

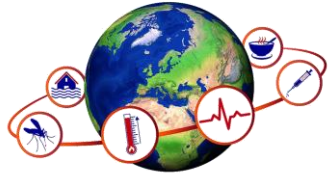
# L'agriculture biologique et les haies favorisent la multifonctionnalité des écosystèmes à l'échelle locale mais pas à l'échelle du paysage

**COUTHOUIS Éloïse**, AVIRON Stéphanie, PÉTILLON Julien et ALIGNIER Audrey

eloise.couthouis@inrae.fr 



# Introduction – La nécessité de développer des productions plus durables



*Changements globaux et  
crise de la biodiversité*



Agro-écosystèmes  
simplifiés



Agro-écosystèmes  
multifonctionnels

*Gestion intensive orientée vers  
la production*



*Pratiques*



*Paysages*

*Assurer **plusieurs fonctions simultanément**  
pour **soutenir les biens et services attendus**  
par la société* (Byrnes et al., 2014)



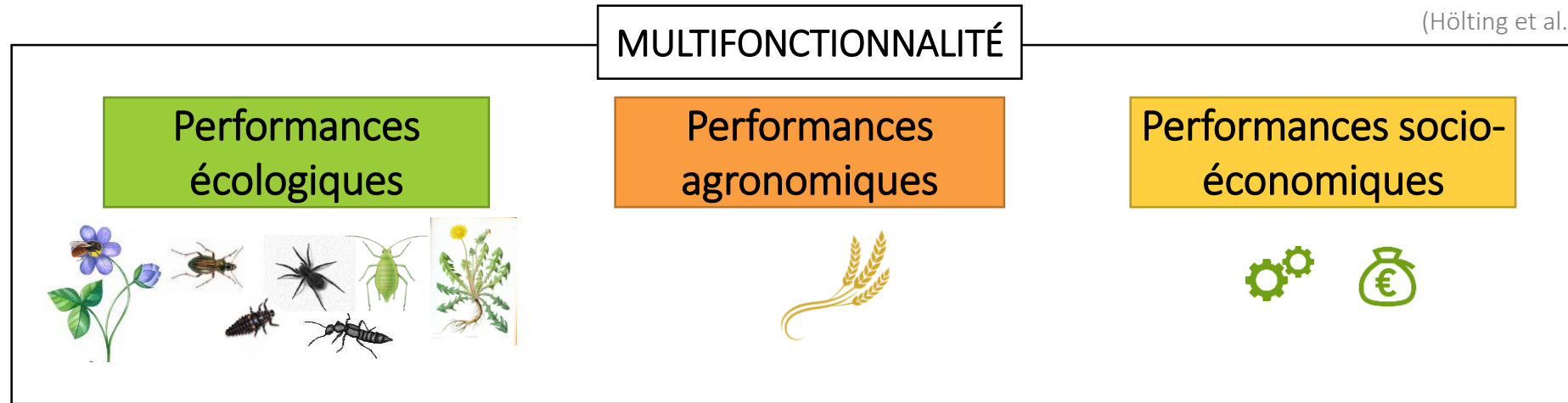
# Introduction – *La nécessité de développer des productions plus durables*

Améliorer la **multifonctionnalité des agroécosystèmes** est un défi car elle nécessite à la fois une **vision holistique** et des **outils de gestion** pour concilier la **production agricole**, la **conservation de la biodiversité** et le **fonctionnement des écosystèmes** afin de développer une **production plus durable** (Hölting et al., 2019a; Manning et al., 2018)



# Introduction – *La nécessité de développer des productions plus durables*

Améliorer la **multifonctionnalité des agroécosystèmes** est un défi car elle nécessite à la fois une **vision holistique** et des **outils de gestion** pour concilier la **production agricole**, la **conservation de la biodiversité** et le **fonctionnement des écosystèmes** afin de développer une **production plus durable** (Hölting et al., 2019a; Manning et al., 2018)



# Introduction – Les éléments moteurs de la multifonctionnalité à l'échelle locale

Pratiques agricoles

→ Agriculture biologique  
vs. agriculture  
conventionnelle



L'AB est considérée comme un système prometteur pour promouvoir la multifonctionnalité des agroécosystèmes

(Todorova and Ikova, 2014)



- AB interdiction/restriction de l'usage d'intrants de synthèse → bénéfique pour la biodiversité des milieux agricoles, notamment les pollinisateurs et les communautés de prédateurs (Lichtenberg et al., 2017; Hole et al., 2005; Tuck et al., 2014)



- AB semble plus rentable pour les agriculteurs, tant en termes de revenus que de qualité de vie (Herzog et al., 2019; Shennan et al., 2017; Smith et al., 2020)

**MAIS**



- Les rendements des exploitations biologiques sont généralement inférieurs à ceux des exploitations conventionnelles (Büchi et al., 2019; Shennan et al., 2017)

# Introduction – Les éléments moteurs de la multifonctionnalité à l'échelle locale

Éléments semi-naturels

→ Les haies



Les haies sont censées favoriser une plus grande multifonctionnalité que les champs cultivés en termes de performances écologiques

(Van Vooren et al., 2018)



- Refuge (Batáry et al., 2011; Marshall and Moonen, 2002)
- Sites d'hibernation (Sarhou et al., 2014)
- Source de nourriture (nectar, pollen, proies) (Symondson et al., 2006)

MAIS

Également des externalités négatives !

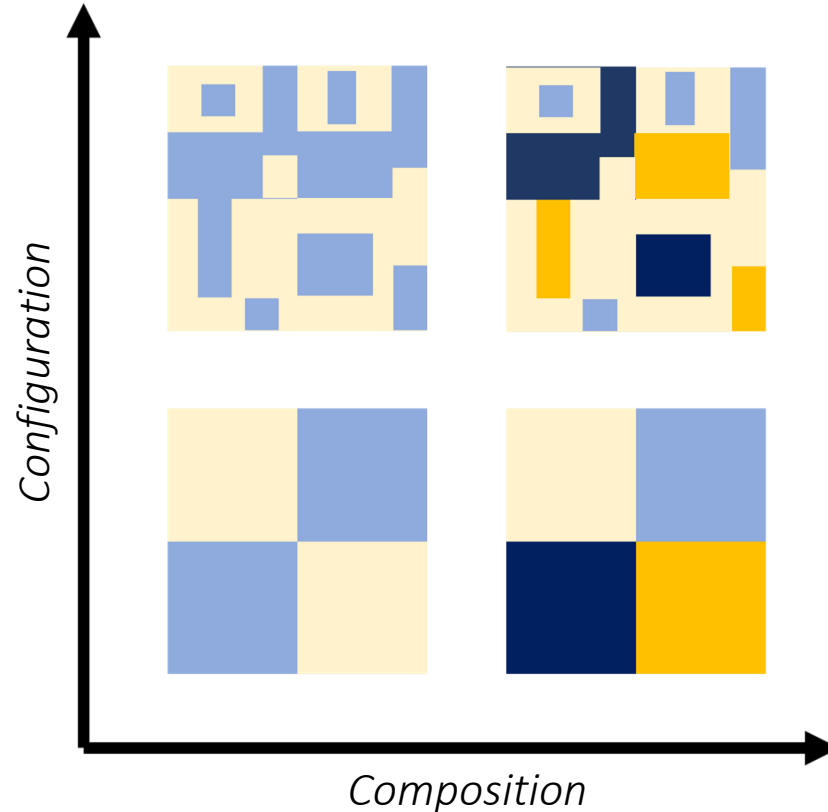


- Abris pour les bio-agresseurs (Fusser et al., 2016; Thies et al., 2005)
- Impact sur le rendement des cultures voisines (Raatz et al., 2019)

# Introduction – *Les éléments moteurs de la multifonctionnalité dans le paysage*

**Processus écologiques (incluant les fonctions) se déroulent à l'échelle du paysage** (Benton et al., 2003; Lázaro and Alomar, 2019; Redlich et al., 2018)

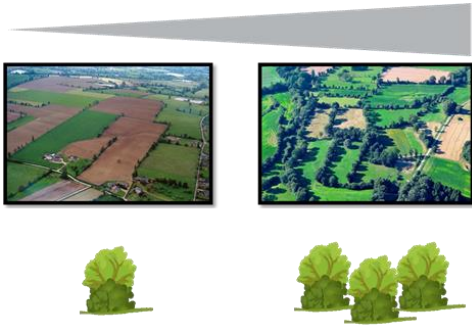
**L'hétérogénéité du paysage** = quantité et diversité des éléments du paysage (composition) et leur organisation spatiale (configuration) (Fahrig et al., 2011)



(Fahrig et al., 2011)

# Introduction – Les éléments moteurs de la multifonctionnalité dans le paysage

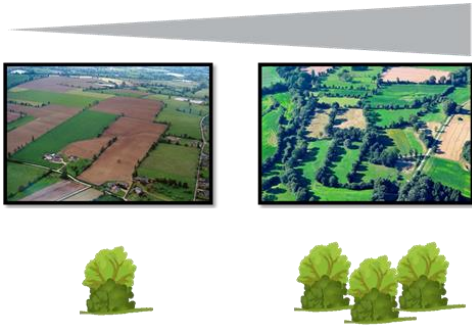
Hétérogénéité du paysage liée à la quantité d'éléments semi-naturels



- Des résultats contradictoires dus à la spécialisation des ressources et/ou à la capacité de dispersion des espèces (Diekötter et al., 2008; Karp et al., 2018)  
→ *Effet de barrière vs. corridor ?*
- Semble réduire l'infestation par les bioagresseurs et stabiliser le rendement (Martin et al., 2016; Muneret et al., 2018b; Redhead et al., 2020)  
→ *plus grande diversité d'ennemis naturels ?*

# Introduction – Les éléments moteurs de la multifonctionnalité dans le paysage

Hétérogénéité du paysage liée à la quantité d'éléments semi-naturels



- Des résultats contradictoires dus à la spécialisation des ressources et/ou à la capacité de dispersion des espèces (Diekötter et al., 2008; Karp et al., 2018)  
→ *Effet de barrière vs. corridor ?*
- Semble réduire l'infestation par les bioagresseurs et stabiliser le rendement (Martin et al., 2016; Muneret et al., 2018b; Redhead et al., 2020)  
→ *plus grande diversité d'ennemis naturels ?*

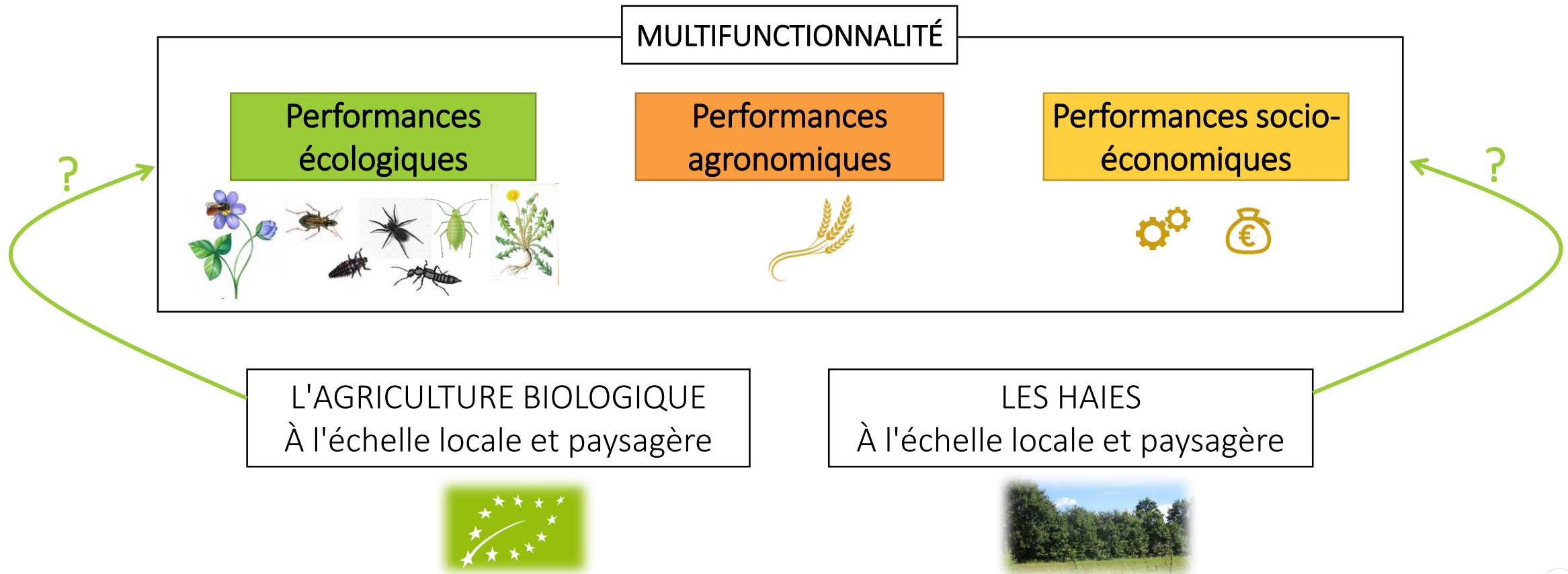
Hétérogénéité du paysage liée aux pratiques agricoles



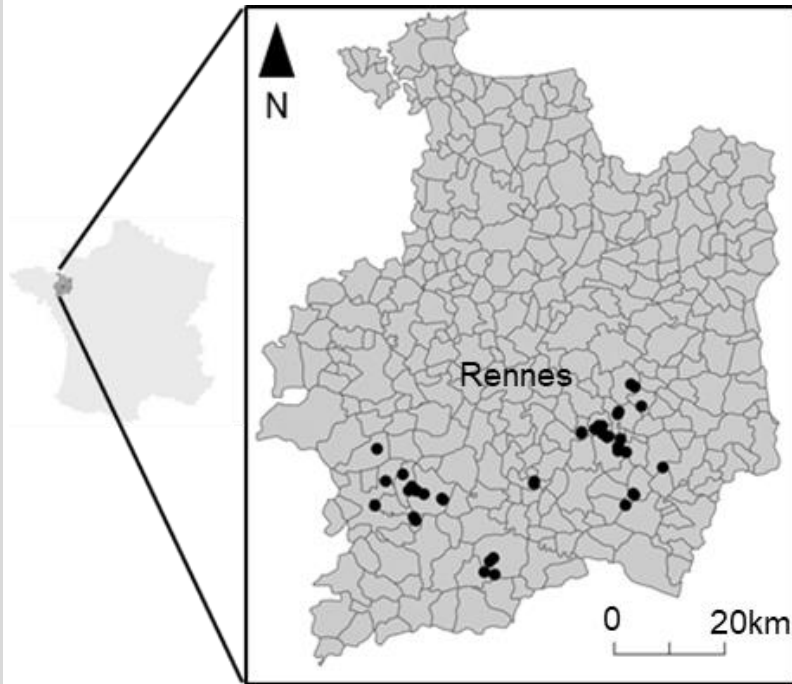
- Effet positif du %AB sur la biodiversité (Muneret et al., 2017; Gosme et al., 2012; Inclan et al., 2015)  
→ *+ habitats favorables à la biodiversité (0 intrant de synthèse)*
- Cependant, les études se sont concentrées soit sur des fonctions uniques (Gabriel et al., 2010) ou sur des systèmes de culture spécifiques tels que les vignobles (Muneret et al., 2018)

# Introduction – Objectif

Évaluer la contribution relative de la **production en AB** et des **haies** au regard de la multifonctionnalité des écosystèmes, et ce à différentes échelles spatiales



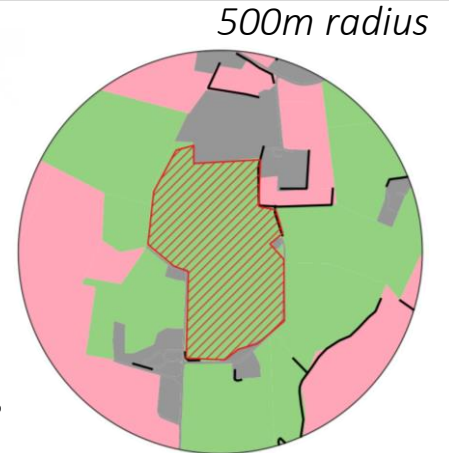
# Matériels et méthodes – Site d'étude



- Mai-Juin 2020
- Zone Atelier Armorique (47°55'N, 1°38'W)

- Gradient de %AB (par opposition au %AC) (*variant de 0% à 81% dans une zone tampon de 500m autour des parcelles*)
- Gradient de la quantité (longueur) de haies (*variant de 1368m à 5953m*)

**Zones Ateliers**  
LTSER FRANCE ARMORIQUE



non corrélés

- |       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| AB    | Parcelle échantillonnée         |
| AC    | Zones urbaines et industrielles |
| Haies |                                 |

- 40 parcelles de céréales d'hiver : (10 AB "pure" - 10 AB "mélange" - 20 AC)
- 40 haies adjacentes aux parcelles



" Pure "  
= Seulement les  
céréales d'hiver



" Mélange "  
= céréales d'hiver -  
légumineuses

# Matériels et méthodes - Proxies de fonctions et multifonctionnalité

## Évaluation des performances écologiques, agronomiques et socio-économiques

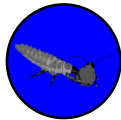
### Performances écologiques



Conservation  
de la biodiversité



Pollinisation



Régulation



Infestation

### Biodiversité aérienne



Végétation  
spontanée



Carabes



Araignées



Staphylins



Larves de  
coccinelles



Pucerons



Pollinisateurs

Relevés  
visuels

Prélèvements par aspiration  
avec la méthode D-Vac

Relevés  
visuels

### Performances agronomiques



Rendement

### Performances socio-économiques



Travail  
(Durée



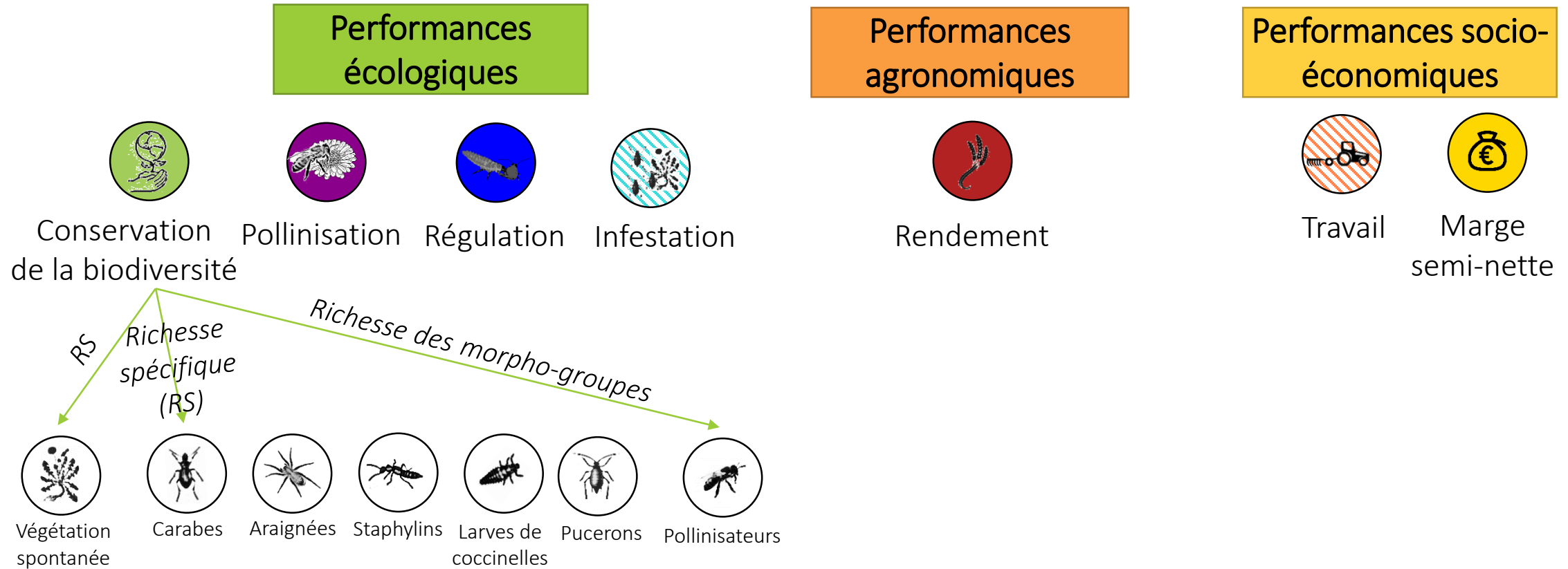
semi-nette  
cumulée des  
interventions)

Entretiens avec les agriculteurs



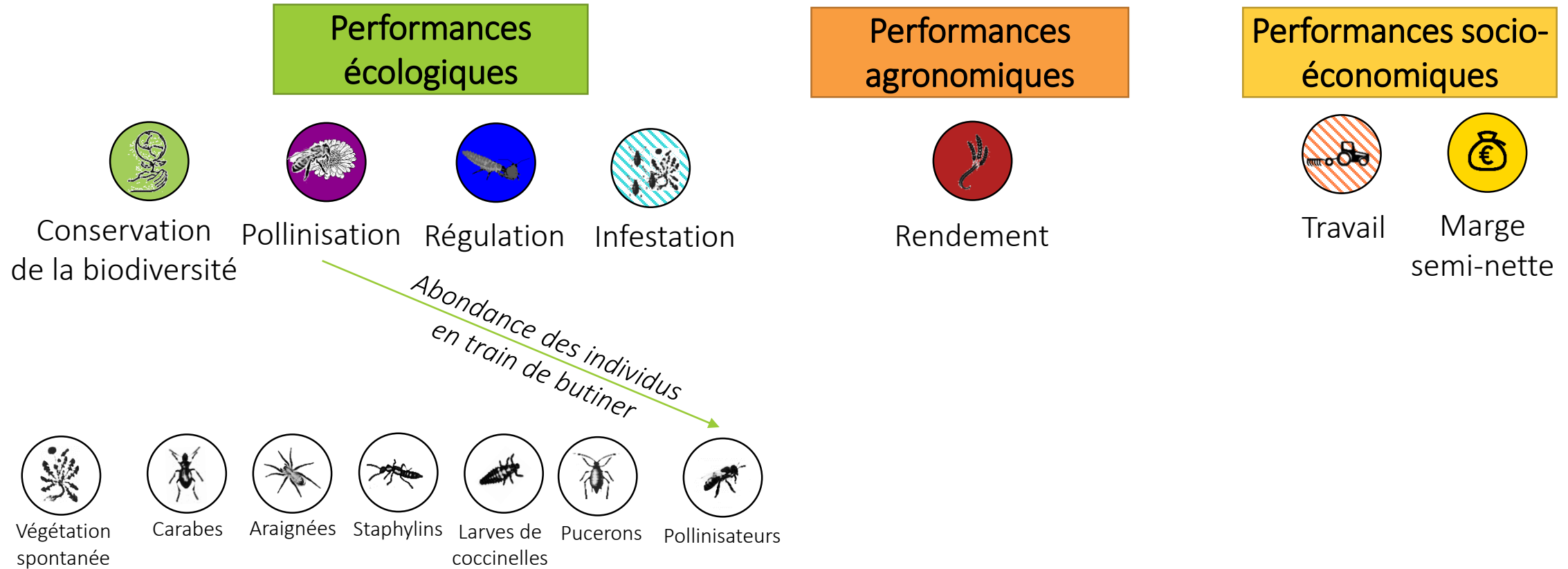
# Matériels et méthodes - *Proxies de fonctions et multifonctionnalité*

## Évaluation des performances écologiques, agronomiques et socio-économiques



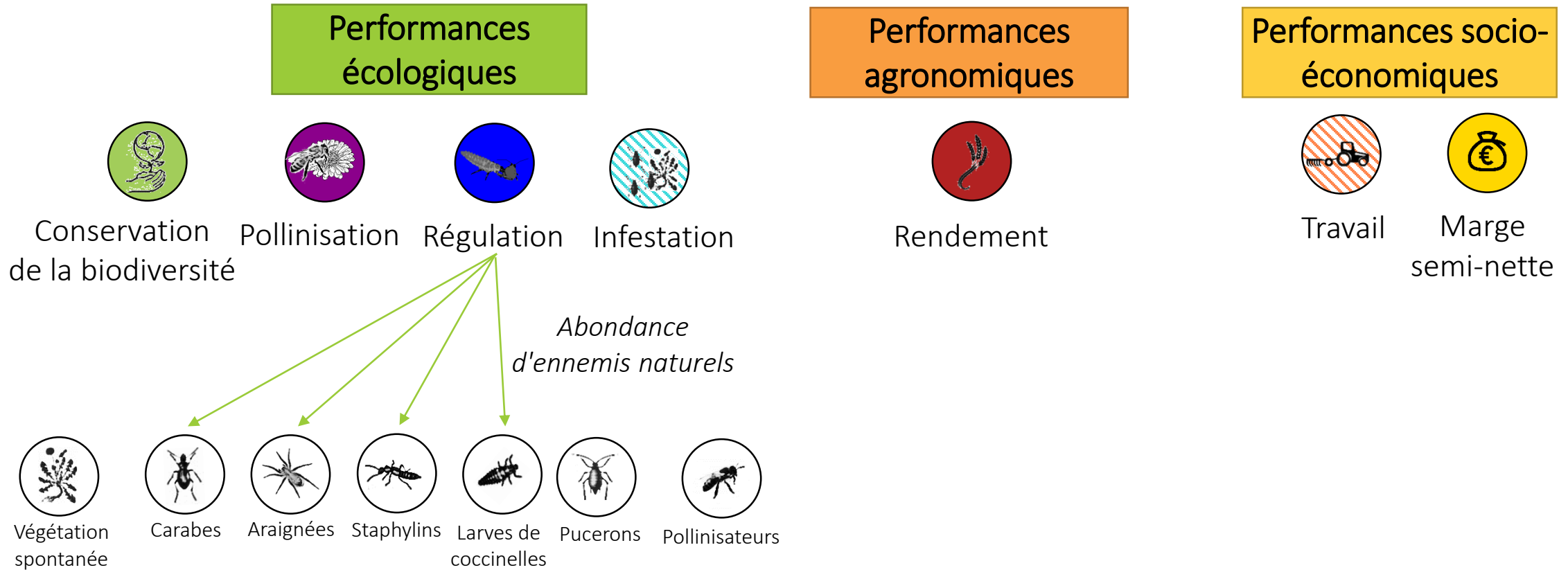
# Matériels et méthodes - *Proxies de fonctions et multifonctionnalité*

## Évaluation des performances écologiques, agronomiques et socio-économiques



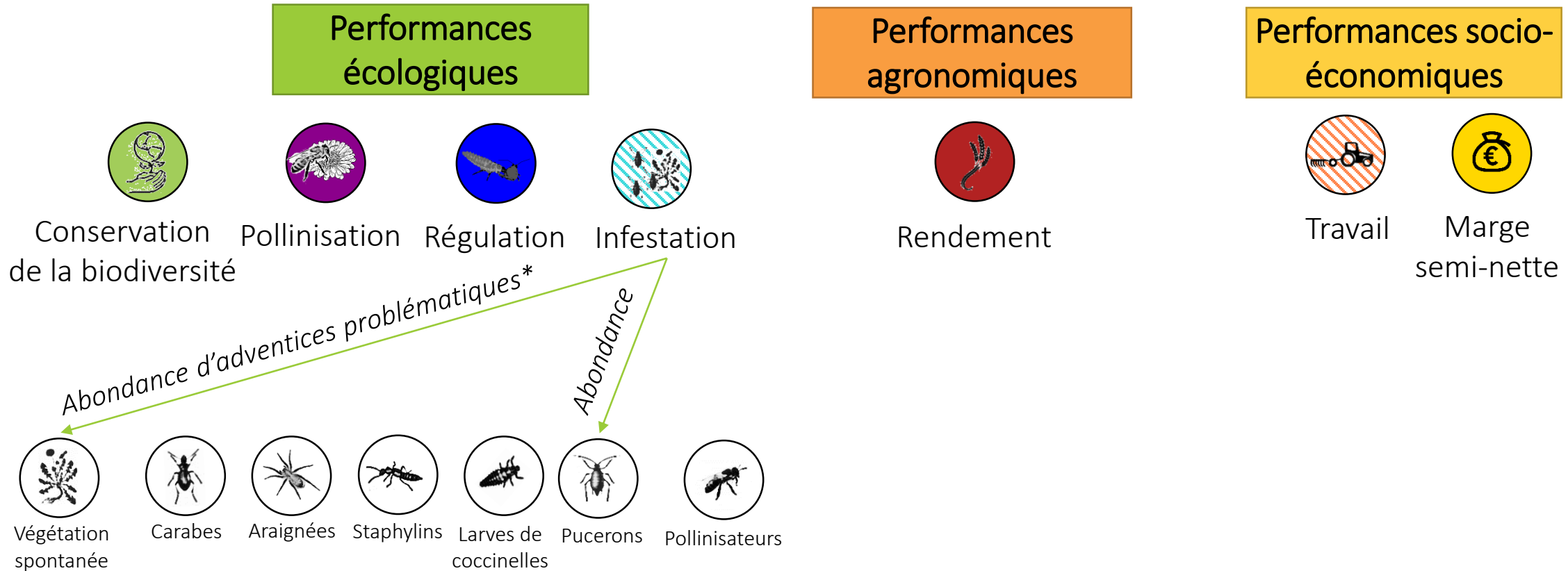
# Matériels et méthodes - Proxies de fonctions et multifonctionnalité

## Évaluation des performances écologiques, agronomiques et socio-économiques



# Matériels et méthodes - Proxies de fonctions et multifonctionnalité

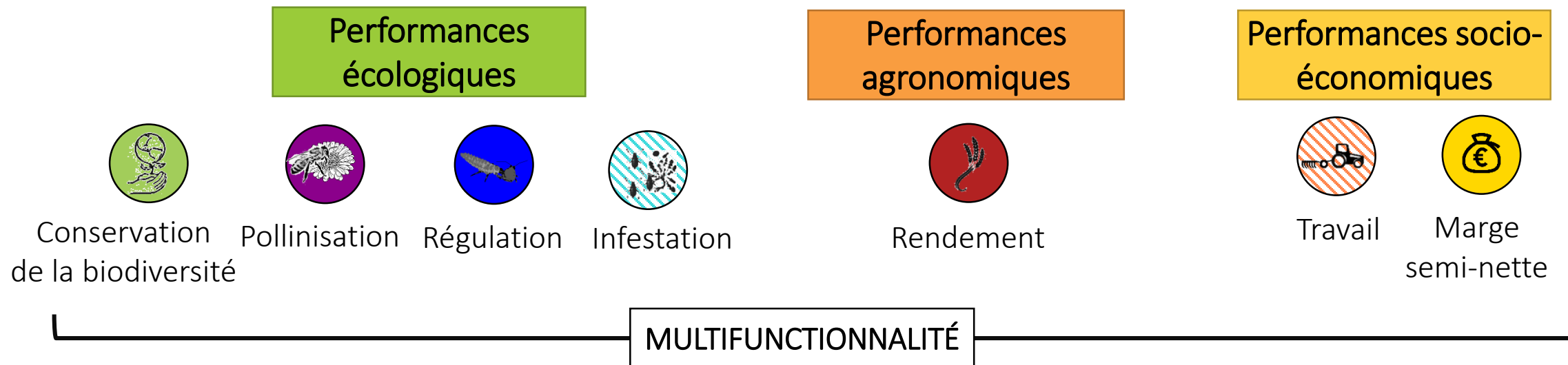
## Évaluation des performances écologiques, agronomiques et socio-économiques



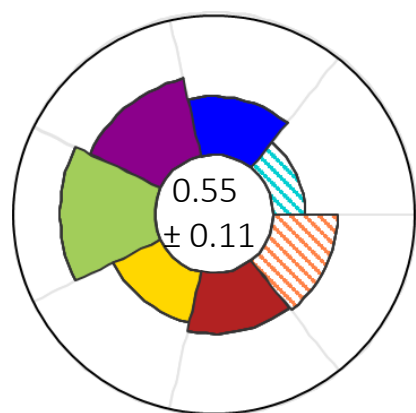
*\*Adventices problématiques : adventices pouvant potentiellement induire de fortes pertes de rendement ou gêner les opérations de récolte*

# Matériels et méthodes - Proxies de fonctions et multifonctionnalité

## Évaluation des performances écologiques, agronomiques et socio-économiques



**Métrique d'aggrégation :** Normalisation de chaque fonction entre 0 et 1 et approche par la moyenne (Maestre *et al.*, 2012; Holting *et al.*, 2019; Mouillot *et al.*, 2011 ; Zavaleta *et al.*, 2010)



### Analyse en 2 étapes

1/ Comparaison entre les types d'habitats (haies/champs) → Pour les performances écologiques

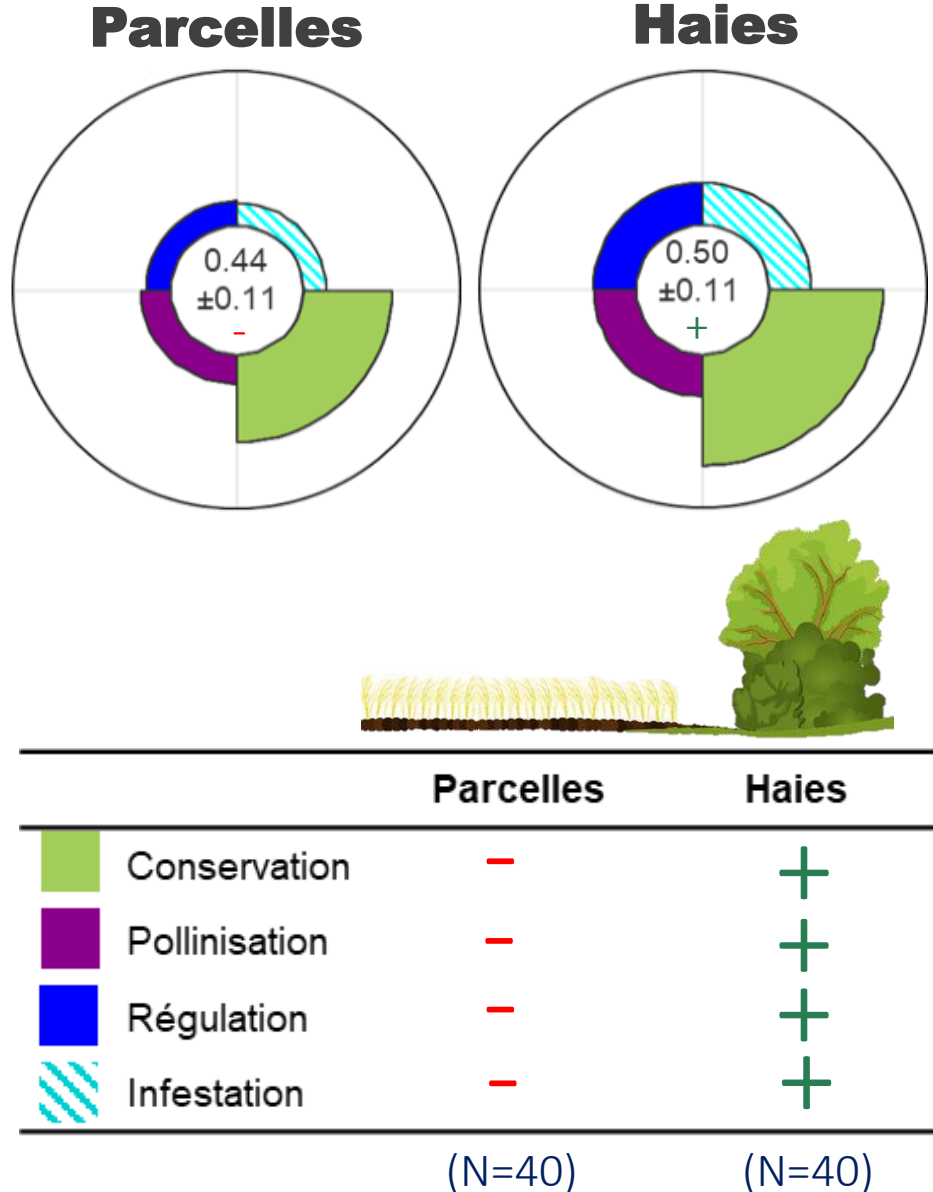
*Multifonctionnalité ou Fonction*  $\sim$  *habitat (Haie-Parcelle) + (1 | Paysage/Parcelle)* GLMMs

2/ Analyse centrée sur la parcelle et la caractérisation des paysages

*Multifonctionnalité ou Fonction*  $\sim$  *mode de gestion (AB "pure"-AB "mélange"-AC) + %AF\*long.Haies*

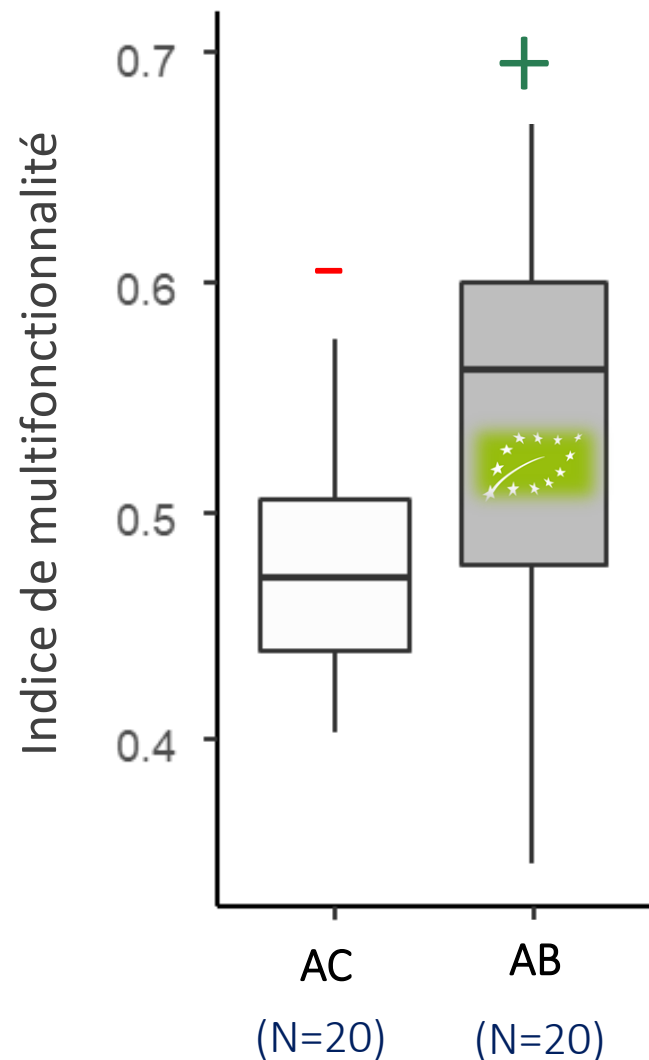
GLMs + models averaging

# Résultats – Les haies : un habitat soutenant la multifonctionnalité des écosystèmes



- En accord avec la littérature : + ennemis naturels, + pollinisateurs → + fonctions associées dans les haies (Mestre et al., 2018; Paoletti et al., 1997; Hannon and Sisk, 2009; Garibaldi et al., 2011; Van Vooren et al., 2017)
- Habitat **moins perturbé** (pas de travail du sol), caractère pérenne au sol (Holland and Reynolds, 2003; Lecq et al., 2017)
- Plusieurs **strates de végétation** : ombrage/abris/microclimat favorable pour la biodiversité aérienne + potentiel de diversité des ressources (fleurs/proies) (Montgomery et al., 2020; Hannon and Sisk, 2009; Downs and Racey, 2006; Gelling et al., 2007; Pollard and Holland, 2006)

# Résultats – L'agriculture biologique : un système agricole multifonctionnel



Une plus grande multifonctionnalité dans les parcelles en AB que dans celles en AC :

→ De nombreuses études ont montré l'impact positif de l'AB sur les performances écologiques et socio-économiques (Lichtenberg et al., 2017; Shennan et al., 2017; Smith et al., 2020)

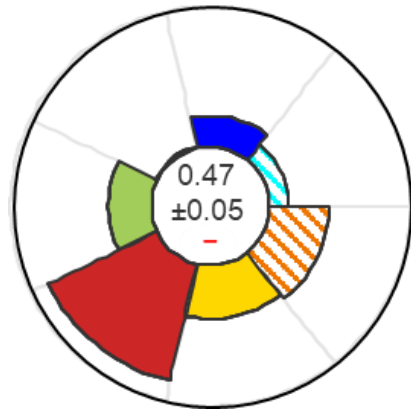
# Résultats – L'agriculture biologique : un système agricole multifonctionnel



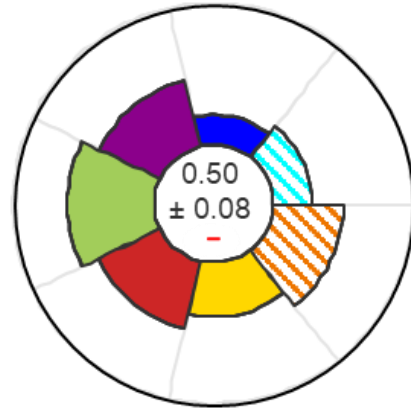
**AB**  
« pure »



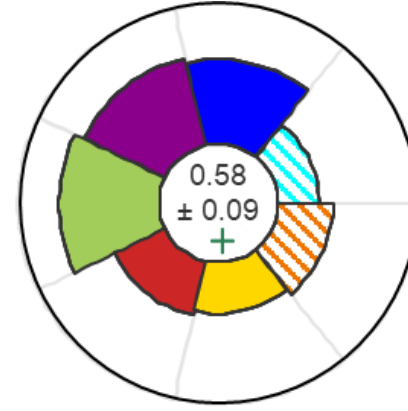
**AB**  
« mélange »



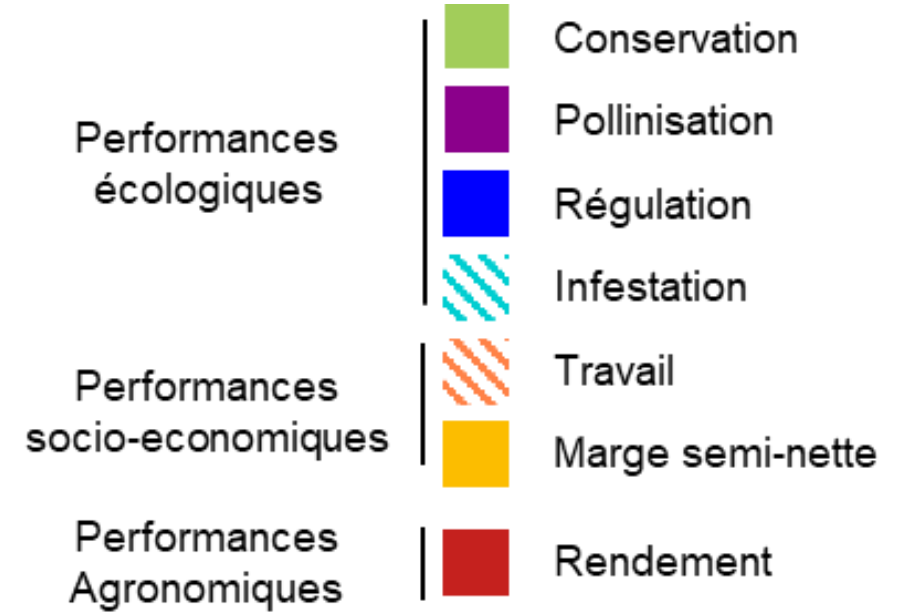
(N=20)



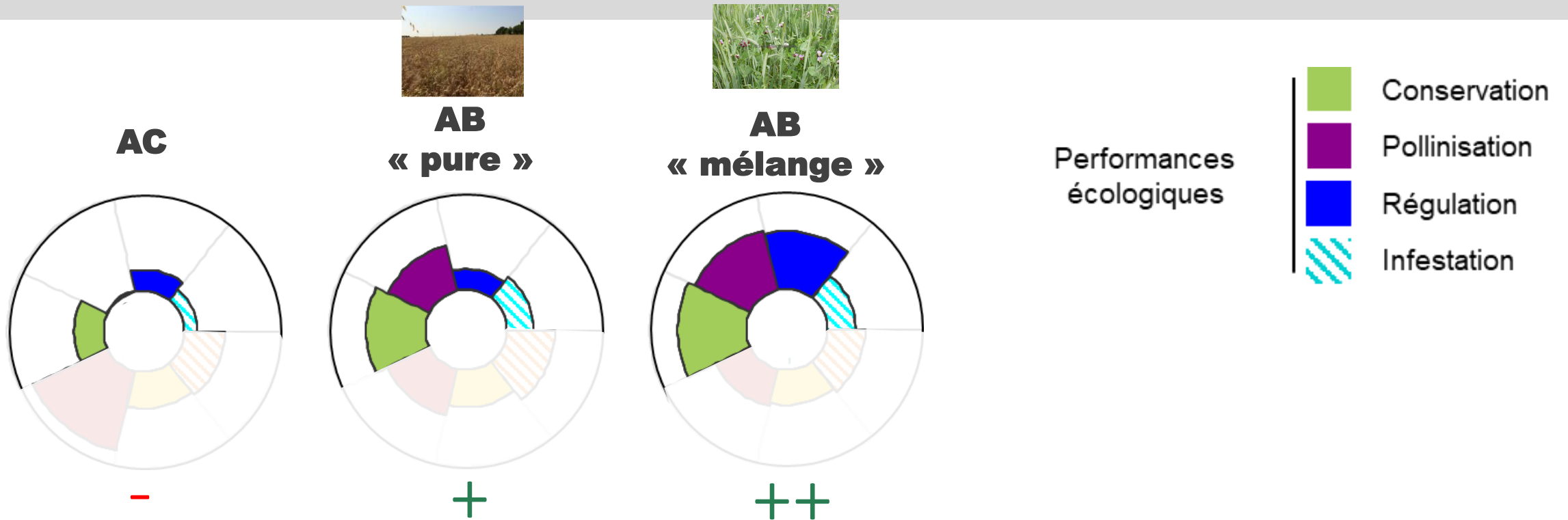
(N=10)



(N=10)



# Résultats – L'agriculture biologique : un système agricole multifonctionnel



Performances écologiques (réponses simultanées) plus élevées en AB :

- Interdiction des pesticides et des engrais de synthèse et rotations de cultures plus longues et plus diversifiées (Hole et al., 2005)
- AB " mélange " : grande complexité de la végétation (céréales + légumineuses) et plus de ressources florales dans les champs.

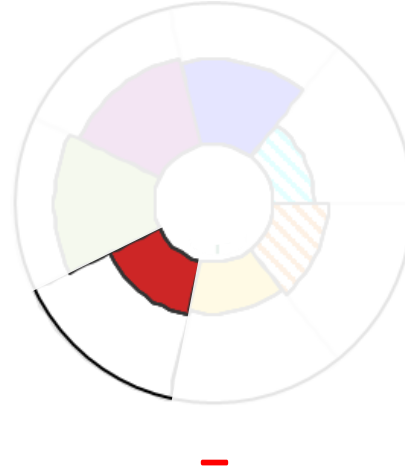
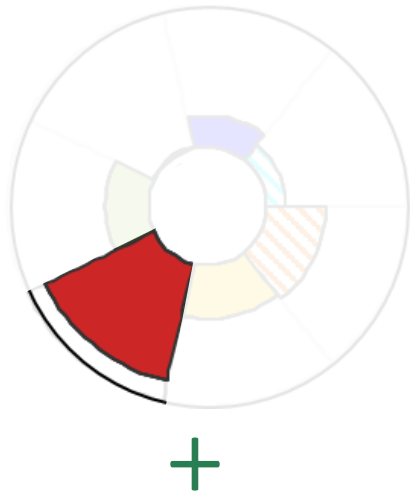
# Résultats – L'agriculture biologique : un système agricole multifonctionnel



**AB**  
**« pure »**



**AB**  
**« mélange »**



Performances Agronomiques | Rendement

Performances agronomiques plus faibles en AB :

→ Accumulation de pathogènes et d'adventices problématiques en AB

(Büchi et al., 2019; Shennan et al., 2017)

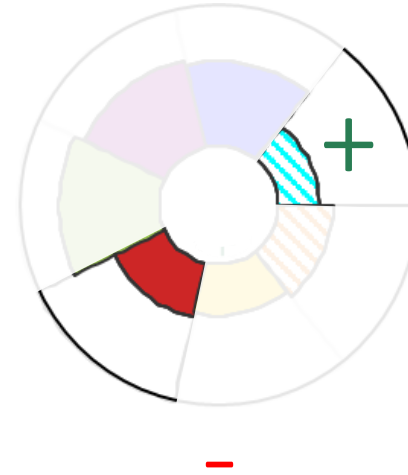
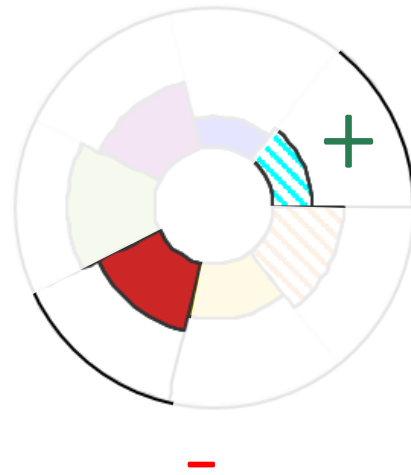
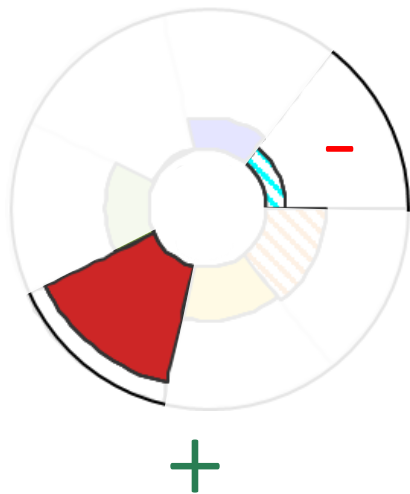
# Résultats – L'agriculture biologique : un système agricole multifonctionnel



**AB**  
« pure »



**AB**  
« mélange »



Performances Agronomiques | ■ Rendement

Performances agronomiques plus faibles en AB :

→ Accumulation de pathogènes et d'adventices problématiques en AB

(Büchi et al., 2019; Shennan et al., 2017)

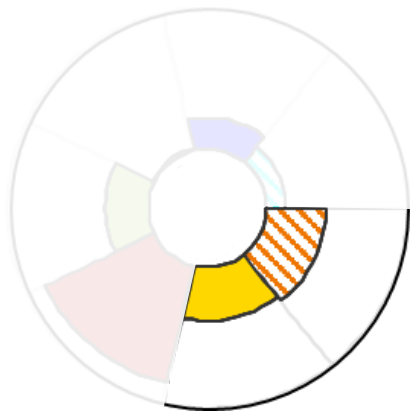
# Résultats – L'agriculture biologique : un système agricole multifonctionnel



**AB**  
**« pure »**



**AB**  
**« mélange »**



NS



NS



NS

Performances  
socio-economiques



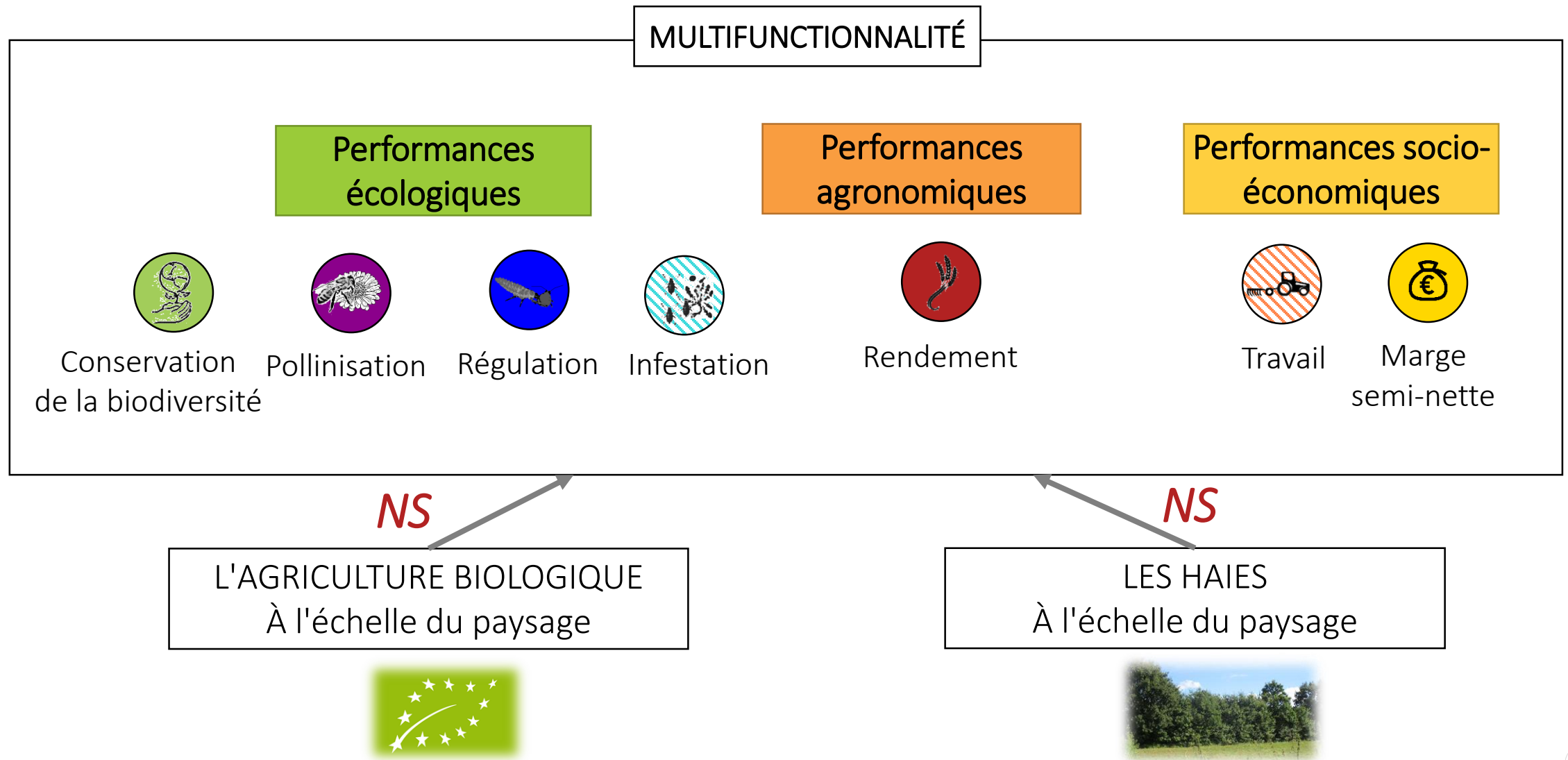
Travail

Marge semi-nette

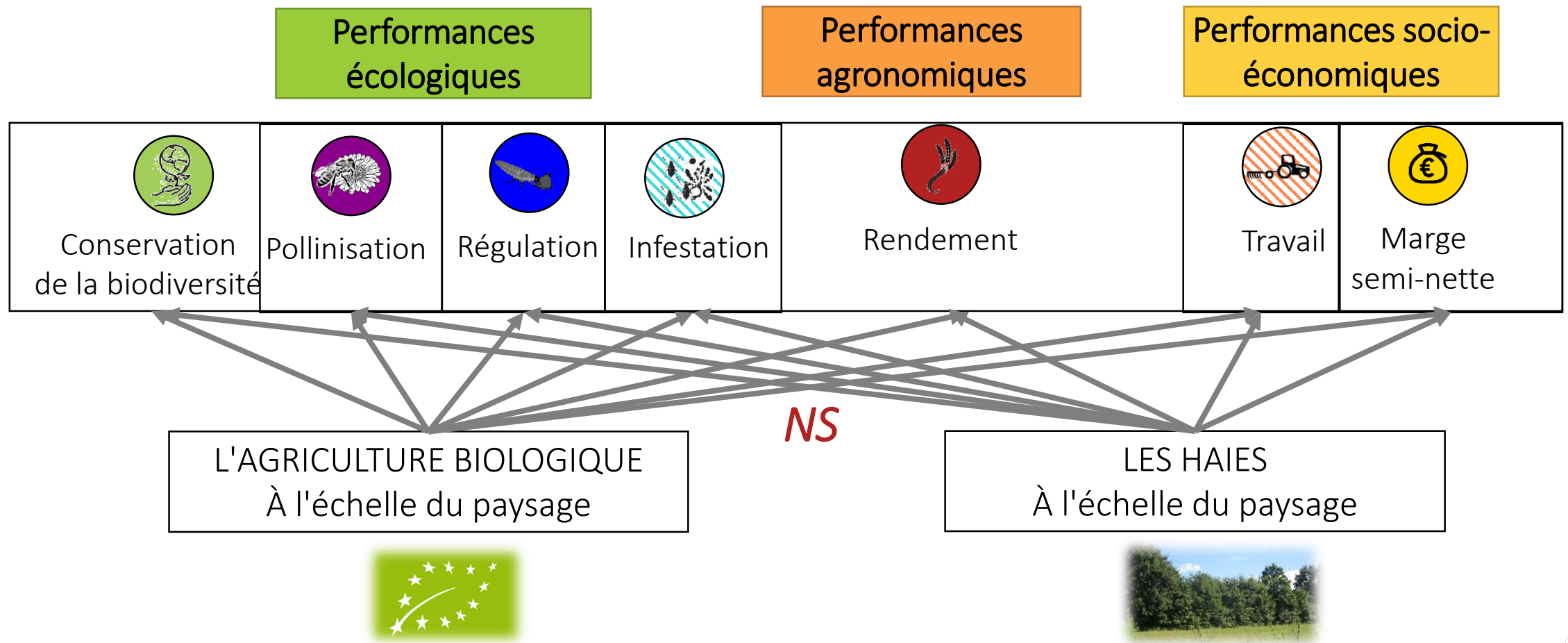
Performances socio-économiques équivalentes entre AC et AB :

- **Pas + marge semi-nette en AC** : en AB le prix de vente est plus élevé et les coûts d'exploitation et d'équipement sont plus faibles (Crowder and Reganold, 2015)
- **Pas + de travail en AB** : contraire à la littérature (Orsini et al., 2018) → en AB le travail est plus diversifié et moins répétitif (Jensen, 2000)

# Résultats – Étonnamment, aucun résultat à l'échelle du paysage



# Résultats – Étonnamment, aucun résultat à l'échelle du paysage



# Discussion

Echelle locale

+ Multifonctionnalité dans les haies

Soutien à l'ensemble des fonctions écologiques étudiées

→ Pool potentiel pour les fonctions de régulation et de pollinisation dans les parcelles par le biais de processus de “spill-over” (Garratt et al., 2017; Mestre et al., 2018)

+ Multifonctionnalité en AB

Compromis entre la conservation de la biodiversité/fonctions et le rendement des cultures (Tuck et al., 2014)

→ + productivité en AC mais coût écologique plus élevé

Perspectives :



- Prendre en compte de manière plus détaillée les pratiques au sein des parcelles (*e.g.* profondeurs de labour,...)  
→ Aller plus loin que la dichotomie AB vs. AC (Puech, 2014)
- Approche des proxys de fonction via d'autres variables (ex. composition spécifique et fonctionnelle,...)

# Discussion

Echelle paysagère

Pas de résultats significatifs

On s'attendait à un effet positif de l'augmentation de l'AB et des haies dans les paysages sur la multifonctionnalité des écosystèmes (Muneret et al., 2018; Martin et al., 2016; Redhead et al., 2020; Smith et al., 2020; Martin et al., 2019)

*Hypothèses  
Paysage*

- L'échelle utilisée n'est peut-être pas la bonne, différents taxons peuvent ne pas répondre à la même échelle (ici rayon de 500m)  
→ Tester plusieurs échelles ?
- Les variables paysagères étudiées ne sont peut-être pas suffisantes  
→ Intégrer les variables de configuration ?

*Hypothèses  
Calcul de l'indice de  
multifonctionnalité*

- Réponses contradictoires de plusieurs taxons au sein d'une même fonction  
→ Regarder la réponse de chaque taxon ?

# Merci pour votre attention

eloise.couthouis@inrae.fr 

<https://www6.rennes.inrae.fr/bagap/Annuaire/Eloise-COUTHOUIS>



La joie d'aller sur le terrain après une (longue) période de télétravail

# References 1/3

- Batáry, P., Báldi, A., Kleijn, D., Tscharntke, T., 2011. Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proc. R. Soc. B* 278, 1894–1902. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1923>
- Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18, 182–188. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9)
- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tscharntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B* 273, 1715–1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Büchi, L., Georges, F., Walder, F., Banerjee, S., Keller, T., Six, J., van der Heijden, M., Charles, R., 2019. Potential of indicators to unveil the hidden side of cropping system classification: Differences and similarities in cropping practices between conventional, no-till and organic systems. *European Journal of Agronomy* 109, 125920. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125920>
- Byrnes, J.E.K., Gamfeldt, L., Isbell, F., Lefcheck, J.S., Griffin, J.N., Hector, A., Cardinale, B.J., Hooper, D.U., Dee, L.E., Emmett Duffy, J., 2014. Investigating the relationship between biodiversity and ecosystem multifunctionality: challenges and solutions. *Methods Ecol Evol* 5, 111–124. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12143>
- Crowder, D.W., Reganold, J.P., 2015. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *PNAS* 112, 7611–7616. <https://doi.org/10.1073/pnas.1423674112>
- Dainese, M., Montecchiari, S., Sitzia, T., Sigura, M., Marini, L., 2017. High cover of hedgerows in the landscape supports multiple ecosystem services in Mediterranean cereal fields. *J Appl Ecol* 54, 380–388. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12747>
- Diekötter, T., Billeter, R., Crist, T.O., 2008. Effects of landscape connectivity on the spatial distribution of insect diversity in agricultural mosaic landscapes. *Basic and Applied Ecology* 9, 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.03.003>
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F.G., Crist, T.O., Fuller, R.J., Sirami, C., Siriwardena, G.M., Martin, J.-L., 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* 14, 101–112. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x>
- Fusser, M.S., Pfister, S.C., Entling, M.H., Schirmel, J., 2016. Effects of landscape composition on carabids and slugs in herbaceous and woody field margins. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 226, 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.007>
- Gabriel, D., Sait, S.M., Hodgson, J.A., Schmutz, U., Kunin, W.E., Benton, T.G., 2010. Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters* 13, 858–869. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01481.x>
- Garibaldi, L.A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J.M., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Dudenhofer, J.H., Greenleaf, S.S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Potts, S.G., Ricketts, T.H., Szentgyörgyi, H., Viana, B.F., Westphal, C., Winfree, R., Klein, A.M., 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *ECOLOGY LETTERS* 14, 1062–1072. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>
- Garratt, M.P.D., Senapathi, D., Coston, D.J., Mortimer, S.R., Potts, S.G., 2017. The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 247, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.048>
- Gosme, M., de Villemandy, M., Bazot, M., Jeuffroy, M.-H., 2012. Local and neighbourhood effects of organic and conventional wheat management on aphids, weeds, and foliar diseases. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 161, 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.07.009>
- Hannon, L.E., Sisk, T.D., 2009. Hedgerows in an agri-natural landscape: Potential habitat value for native bees. *Biological Conservation* 142, 2140–2154. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.04.014>
- Herzog, C., Honegger, A., Hegglin, D., Wittwer, R., de Ferron, A., Verbruggen, E., Jeanneret, P., Schlöter, M., Banerjee, S., van der Heijden, M.G.A., 2019. Crop yield, weed cover and ecosystem multifunctionality are not affected by the duration of organic management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 284, 106596. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106596>

# References 2/3

- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122, 113–130. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.07.018>
- Hölting, L., Beckmann, M., Volk, M., Cord, A.F., 2019a. Multifunctionality assessments – More than assessing multiple ecosystem functions and services? A quantitative literature review. *Ecological Indicators* 103, 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.009>
- Hölting, L., Jacobs, S., Felipe-Lucia, M.R., Maes, J., Norström, A.V., Plieninger, T., Cord, A.F., 2019b. Measuring ecosystem multifunctionality across scales. *Environ. Res. Lett.* 14, 124083. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ccb>
- Huang, J., Tichit, M., Poulot, M., Darly, S., Li, S., Petit, C., Aubry, C., 2015. Comparative review of multifunctionality and ecosystem services in sustainable agriculture. *Journal of Environmental Management* 149, 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.020>
- Inclán, D.J., Cerretti, P., Gabriel, D., Benton, T.G., Sait, S.M., Kunin, W.E., Gillespie, M.A.K., Marini, L., 2015. Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *Journal of Applied Ecology* 52, 1102–1109. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12457>
- Karp, D.S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T.D., Martin, E.A., DeClerck, F., Grab, H., Gratton, C., Hunt, L., Larsen, A.E., Martínez-Salinas, A., O'Rourke, M.E., Rusch, A., Poveda, K., Jonsson, M., Rosenheim, J.A., Schellhorn, N.A., Tschamntke, T., Wratten, S.D., Zhang, W., Iverson, A.L., Adler, L.S., Albrecht, M., Alignier, A., Angelella, G.M., Zubair Anjum, M., Avelino, J., Batáry, P., Baveco, J.M., Bianchi, F.J.J.A., Birkhofer, K., Bohnenblust, E.W., Bommarco, R., Brewer, M.J., Caballero-López, B., Carrière, Y., Carvalheiro, L.G., Cayuela, L., Centrella, M., Četković, A., Henri, D.C., Chabert, A., Costamagna, A.C., De la Mora, A., de Kraker, J., Desneux, N., Diehl, E., Diekötter, T., Dormann, C.F., Eckberg, J.O., Entling, M.H., Fiedler, D., Franck, P., Frank van Veen, F.J., Frank, T., Gagic, V., Garratt, M.P.D., Getachew, A., Gonthier, D.J., Goodell, P.B., Graziosi, I., Groves, R.L., Gurr, G.M., Hajian-Forooshani, Z., Heimpel, G.E., Herrmann, J.D., Huseeth, A.S., Inclán, D.J., Ingrao, A.J., Iv, P., Jacot, K., Johnson, G.A., Jones, L., Kaiser, M., Kaser, J.M., Keasar, T., Kim, T.N., Kishinevsky, M., Landis, D.A., Lavandero, B., Lavigne, C., Le Ralec, A., Lemessa, D., Letourneau, D.K., Liere, H., Lu, Y., Lubin, Y., Luttermoser, T., Maas, B., Mace, K., Madeira, F., Mader, V., Cortesero, A.M., Marini, L., Martinez, E., Martinson, H.M., Menozzi, P., Mitchell, M.G.E., Miyashita, T., Molina, G.A.R., Molina-Montenegro, M.A., O'Neal, M.E., Opatovsky, I., Ortiz-Martinez, S., Nash, M., Östman, Ö., Ouin, A., Pak, D., Paredes, D., Parsa, S., Parry, H., Perez-Alvarez, R., Perović, D.J., Peterson, J.A., Petit, S., Philpott, S.M., Plantegenest, M., Plečaš, M., Pluess, T., Pons, X., Potts, S.G., Pywell, R.F., Ragsdale, D.W., Rand, T.A., Raymond, L., Ricci, B., Sargent, C., Sarthou, J.-P., Saulais, J., Schäckermann, J., Schmidt, N.P., Schneider, G., Schüepp, C., Sivakoff, F.S., Smith, H.G., Stack Whitney, K., Stutz, S., Szendrei, Z., Takada, M.B., Taki, H., Tamburini, G., Thomson, L.J., Tricault, Y., Tsafack, N., Tschumi, M., Valantin-Morison, M., Van Trinh, M., van der Werf, W., Vierling, K.T., Werling, B.P., Wickens, J.B., Wickens, V.J., Woodcock, B.A., Wyckhuys, K., Xiao, H., Yasuda, M., Yoshioka, A., Zou, Y., 2018. Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proc Natl Acad Sci USA* 115, E7863–E7870. <https://doi.org/10.1073/pnas.1800042115>
- Lázaro, A., Alomar, D., 2019. Landscape heterogeneity increases the spatial stability of pollination services to almond trees through the stability of pollinator visits. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 279, 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.009>
- Lecq, S., Loisel, A., Brischoux, F., Mullin, S.J., Bonnet, X., 2017. Importance of ground refuges for the biodiversity in agricultural hedgerows. *Ecological Indicators* 72, 615–626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.032>
- 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., Winfree, R., Klatt, B.K., Åström, S., Benjamin, F., Brittain, C., Chaplin-Kramer, R., Clough, Y., Danforth, B., Diekötter, T., Eigenbrode, S.D., Ekroos, J., Elle, E., Freitas, B.M., Fukuda, Y., Gaines-Day, H.R., Grab, H., Gratton, C., Holzschuh, A., Isaacs, R., Isaia, M., Jha, S., Jonason, D., Jones, V.P., Klein, A.-M., Krauss, J., Letourneau, D.K., Macfadyen, S., Mallinger, R.E., Martin, E.A., Martinez, E., Memmott, J., Morandin, L., Neame, L., Otieno, M., Park, M.G., Pfiffner, L., Pocock, M.J.O., Ponce, C., Potts, S.G., Poveda, K., Ramos, M., Rosenheim, J.A., Rundlöf, M., Sardiñas, H., Saunders, M.E., Schon, N.L., Sciligo, A.R., Sidhu, C.S., Steffan-Dewenter, I., Tschamntke, T., Veselý, M., Weisser, W.W., Wilson, J.K., Crowder, D.W., 2017. A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Glob Change Biol* 23, 4946–4957. <https://doi.org/10.1111/gcb.13714>
- Manning, P., van der Plas, F., Soliveres, S., Allan, E., Maestre, F.T., Mace, G., Whittingham, M.J., Fischer, M., 2018. Redefining ecosystem multifunctionality. *Nat Ecol Evol* 2, 427–436. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0461-7>
- Marshall, E.J.P., Moonen, A.C., 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89, 5–21. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00315-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00315-2)
- Martin, E.A., Seo, B., Park, C.-R., Reineking, B., Steffan-Dewenter, I., 2016. Scale-dependent effects of landscape composition and configuration on natural enemy diversity, crop herbivory, and yields. *Ecological Applications* 26, 448–462. <https://doi.org/10.1890/15-0856>

# References 3/3

Mestre, L., Schirmel, J., Hetz, J., Kolb, S., Pfister, S.C., Amato, M., Sutter, L., Jeanneret, P., Albrecht, M., Entling, M.H., 2018. Both woody and herbaceous semi-natural habitats are essential for spider overwintering in European farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 267, 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.08.018>

Montgomery, I., Caruso, T., Reid, N., 2020. Hedgerows as Ecosystems: Service Delivery, Management, and Restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 51, 81–102. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-012120-100346>

Muneret, L., Mitchell, M., Seufert, V., Aviron, S., Djoudi, E.A., Pétilon, J., Plantegenest, M., Thiéry, D., Rusch, A., 2018. Evidence that organic farming promotes pest control. *Nature Sustainability* 1, 361–368. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0102-4>

Mzoughi, N., 2014. Do organic farmers feel happier than conventional ones? An exploratory analysis. *Ecological Economics* 103, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.015>

Paoletti, M.G., Boscolo, P., Sommaggio, D., 2012. Beneficial Insects in Fields Surrounded by Hedgerows in North Eastern Italy. *Biological Agriculture & Horticulture*.

Raatz, L., Bacchi, N., Walzl, K.P., Glemnitz, M., Müller, M.E.H., Joshi, J., Scherber, C., 2019. How much do we really lose?—Yield losses in the proximity of natural landscape elements in agricultural landscapes. *Ecology and Evolution* 9, 7838–7848. <https://doi.org/10.1002/ece3.5370>

Redhead, J.W., Oliver, T.H., Woodcock, B.A., Pywell, R.F., 2020. The influence of landscape composition and configuration on crop yield resilience. *Journal of Applied Ecology* 57, 2180–2190. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13722>

Redlich, S., Martin, E.A., Wende, B., Steffan-Dewenter, I., 2018. Landscape heterogeneity rather than crop diversity mediates bird diversity in agricultural landscapes. *PLOS ONE* 13, e0200438. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200438>

Sarthou, J.-P., Badoz, A., Vaissière, B., Chevallier, A., Rusch, A., 2014. Local more than landscape parameters structure natural enemy communities during their overwintering in semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 194, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.04.018>

Shennan, C., Krupnik, T.J., Baird, G., Cohen, H., Forbush, K., Lovell, R.J., Olimpi, E.M., 2017. Organic and Conventional Agriculture: A Useful Framing? *Annual Review of Environment and Resources* 42, 317–346. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085750>

Smith, O.M., Cohen, A.L., Reganold, J.P., Jones, M.S., Orpet, R.J., Taylor, J.M., Thurman, J.H., Cornell, K.A., Olsson, R.L., Ge, Y., Kennedy, C.M., Crowder, D.W., 2020. Landscape context affects the sustainability of organic farming systems. *Proc Natl Acad Sci USA* 117, 2870–2878. <https://doi.org/10.1073/pnas.1906909117>

Symondson, W.O.C., Cesarini, S., Dodd, P.W., Harper, G.L., Bruford, M.W., Glen, D.M., Wiltshire, C.W., Harwood, J.D., 2006. Biodiversity vs. biocontrol: positive and negative effects of alternative prey on control of slugs by carabid beetles. *Bulletin of Entomological Research* 96, 637–645. <https://doi.org/10.1017/BER2006467>

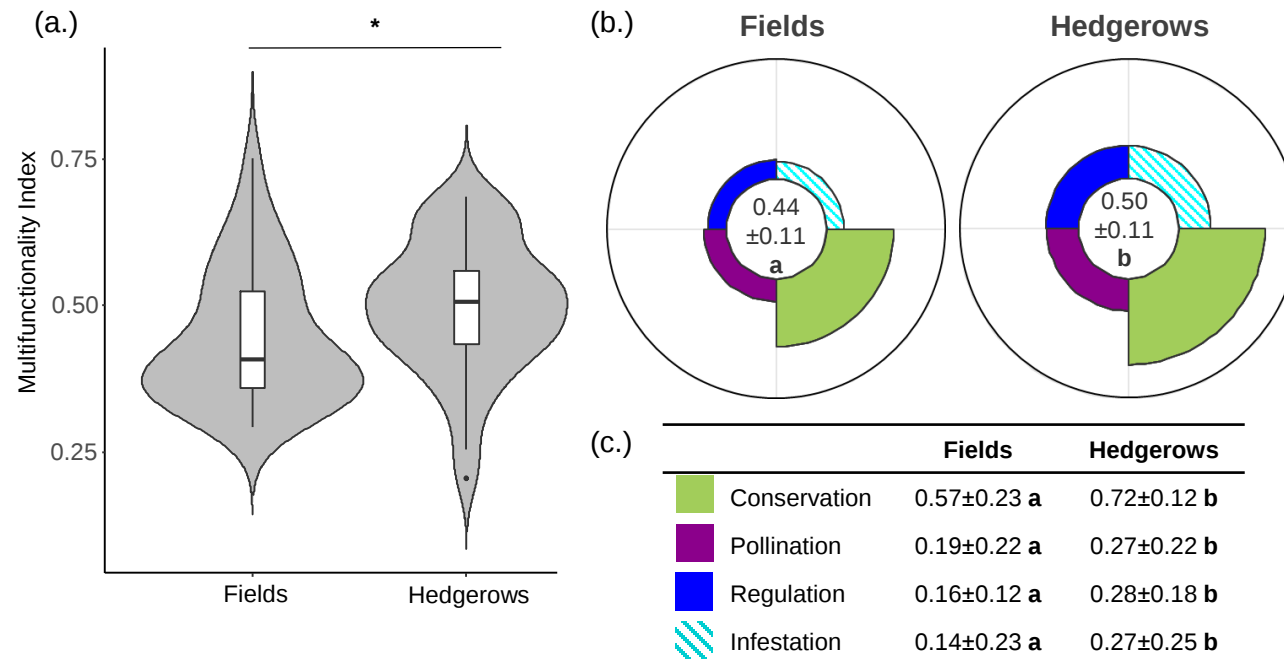
Thies, C., Roschewitz, I., Tschardt, T., 2005. The landscape context of cereal aphid–parasitoid interactions. *Proc. R. Soc. B* 272, 203–210. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2902>

Todorova, S., Ikova, J., 2014. Multifunctional Agriculture: Social and Ecological Impacts on the Organic Farms in Bulgaria. *Procedia Economics and Finance, The Economies of Balkan and Eastern Europe Countries in the Changed World (EBEEC 2013)* 9, 310–320. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00032-X](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00032-X)

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. *J Appl Ecol* 51, 746–755. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219>

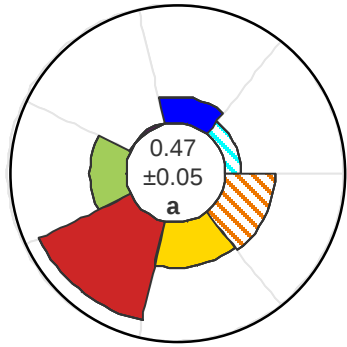
Van Vooren, L., Reubens, B., Ampoorter, E., Broekx, S., Pardon, P., Van Waes, C., Verheyen, K., 2018. Monitoring the Impact of Hedgerows and Grass Strips on the Performance of Multiple Ecosystem Service Indicators. *Environmental Management* 62, 241–259. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1043-4>

# Supp. 1/2



# Supp. 2/2

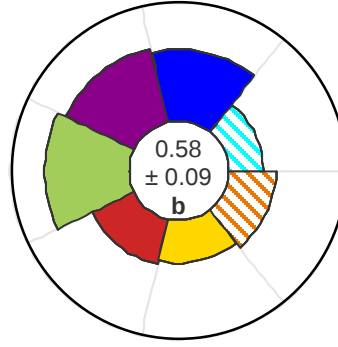
(a.) Conventional farming



Organic farming  
« pure »



Organic farming  
« mix »



(b.)

|                            |                 | CF                  | OF pure             | OF mix              |
|----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ecological performance     | Conservation    | 0.36±0.12 <b>a</b>  | 0.72±0.14 <b>b</b>  | 0.84±0.11 <b>c</b>  |
|                            | Pollination     | 0.01±0.03 <b>a</b>  | 0.48±0.25 <b>b</b>  | 0.64±0.26 <b>c</b>  |
|                            | Regulation      | 0.23±0.13 <b>a</b>  | 0.21±0.10 <b>a</b>  | 0.60±0.27 <b>b</b>  |
|                            | Infestation     | 0.07±0.10 <b>a</b>  | 0.26±0.23 <b>b</b>  | 0.38±0.32 <b>b</b>  |
| Socio-economic performance | Labour          | 0.42±0.11 <b>NS</b> | 0.50±0.21 <b>NS</b> | 0.40±0.21 <b>NS</b> |
|                            | Semi-net margin | 0.38±0.18 <b>NS</b> | 0.38±0.24 <b>NS</b> | 0.36±0.16 <b>NS</b> |
| Agronomic performance      | Yield           | 0.86±0.21 <b>b</b>  | 0.49±0.20 <b>a</b>  | 0.39±0.14 <b>a</b>  |

