

La localisation géographique a un effet majeur sur la faune et la flore des prairies permanentes en Europe

LÜSCHER G. (1,2), CHOISIS J.P. (3), JEANNERET P. (1), SCHNEIDER M.K. (1), HECTOR A. (2,4), ARNDORFER M. (5), BALÁZS K. (6), BÁLDI A. (7), BAILEY D. (1), DENNIS P. (8), EITER S. (9), ELEK Z. (10), FJELLSTAD W. (9), GILLINGHAM P.K. (8, 11), KAINZ M. (12), KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI A. (7), HÜLSBERGEN K.J. (12), PAOLETTI M.G. (13), PAPAJA-HÜLSBERGEN S. (12), SARTHOU J.P. (14), SIEBRECHT N. (12), WOLFRUM S. (12), HERZOG F. (1)

(1) Agroscope, Institute for Sustainability Sciences ISS, Zurich, CH-8046

(2) Institute of Evolutionary Biology & Environmental Sciences, University of Zurich, Zurich, CH-8057

(3) INRA, UMR 1201 DYNAFOR, Castanet-Tolosan, F-31326

(4) Department of Plant Sciences, University of Oxford, Oxford, UK OX1 3RB

(5) University of Natural Resources and Life Sciences Vienna, Vienna, A-1180

(6) Institute of Environmental and Landscape Management, MKK, Szent Istvan University, Pater K. u.1, Gödöllő, H-2100

(7) MTA ÖK Lendület Ecosystem Services Research Group, Alkotmány u. 2-4, Vácrátót, H-2163

(8) Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences, Penglais Campus, Aberystwyth University, UK SY23 3DD

(9) Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Ås, NO-1431

(10) MTA-ELTE-MTM Ecology Research Group, Eötvös Loránd University, Pázmány Pétersétány 1C, Budapest, H-1117

(11) Faculty of Science and Technology, Bournemouth Poole, UK BH12 5BB

(12) Technische Universität München, Liesel-Beckmann-Straße 2, Freising, D-85354

(13) Department of Biology, Padova University, via U. Bassi 58/b, Padova, I-35121

(14) INPT-ENSAT, INRA, UMR 1248 AGIR, Castanet-Tolosan, F-31326

RESUME-Abeilles sauvages, araignées, vers de terre et plantes contribuent fortement à la biodiversité des prairies permanentes et offrent de nombreux services à l'agriculture: pollinisation, régulation des ravageurs, maintien de la qualité de sols, etc. Nous avons évalué les effets de la localisation géographique, des pratiques et du paysage sur ces 4 taxons, à partir d'un échantillon de 357 prairies dans 88 exploitations et 6 régions d'Europe, afin de disposer d'une diversité de situations. La localisation géographique a un effet dominant sur l'ensemble des communautés. Certaines pratiques et variables paysagères analysées indépendamment ont néanmoins des effets sur la richesse spécifique, observée et estimée, et l'abondance. La richesse spécifique et l'abondance des abeilles ainsi que la richesse spécifique estimée des plantes diminuent avec le nombre d'interventions mécaniques. La richesse spécifique et l'abondance des araignées ne sont pas reliées aux pratiques et variables paysagères tandis que la richesse spécifique estimée montre un effet significatif de la fertilisation azotée, de la diversité des habitats et de la présence de prairies dans le paysage. L'abondance des vers de terre a augmenté avec l'apport d'azote mais pas la richesse spécifique. La richesse spécifique des plantes décroît avec l'apport d'azote et s'accroît avec la présence d'habitats boisés dans le paysage. Conduire des travaux sur une variété de régions et groupes taxonomiques permet d'identifier les principaux facteurs structurant les communautés et est requis pour élaborer des mesures appropriées de conservation et de fourniture de services.

Geographic location is a main determinant of fauna and flora in European grasslands

LÜSCHER G. (1,2), CHOISIS J.P. (3), JEANNERET P. (1), SCHNEIDER M.K. (1), HECTOR A. (2,4), ARNDORFER M. (5), BALÁZS K. (6), BÁLDI A. (7), BAILEY D. (1), DENNIS P. (8), EITER S. (9), ELEK Z. (10), FJELLSTAD W. (9), GILLINGHAM P.K. (8, 11), KAINZ M. (12), KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI A. (7), HÜLSBERGEN K.J. (12), PAOLETTI M.G. (13), PAPAJA-HÜLSBERGEN S. (12), SARTHOU J.P. (14), SIEBRECHT N. (12), WOLFRUM S. (12), HERZOG F. (1)

(1) Agroscope, Institute for Sustainability Sciences ISS, Zurich, CH-8046

SUMMARY- Wild bees, spiders, earthworms and plants contribute considerably to biodiversity in grasslands and provide valuable services to agriculture, such as pollination, pest control and maintenance of soil quality. We investigated the responses of these four taxa to geographic location, practices and surrounding landscape variables using a dataset of 357 grassland fields within 88 farms in six European regions, to capture the diversity of European grasslands. Geographic location alone had a dominant effect on all communities. Some practices and surrounding landscape variables alone had a small additional significant effect on observed species richness, estimated species richness or abundance. Bee species richness and abundance as well as estimated plant species richness decreased with increasing number of mechanical operations. Observed spider species richness and abundance were unrelated to practices or landscape variables, whereas estimated species richness showed significant relations to nitrogen input, habitat diversity and amount of grassland habitats in the surroundings. Earthworm abundance increased with nitrogen input but species richness did not. Observed plant species richness decreased with increasing nitrogen input and increased with woody habitats in the surroundings. Investigating multiple regions and taxonomic groups allowed identifying the main factors structuring communities, which is necessary for designing appropriate conservation measures and ensuring continued supply of services.

INTRODUCTION

Les prairies permanentes constituent des réserves de biodiversité dans les paysages agricoles ; biodiversité contribuant notamment aux services de production et de régulation (pollinisation, contrôle biologique). Mais elles ont

connu une forte régression au cours des dernières décennies. Se pose donc la question de leur maintien voire de leur réinsertion dans les paysages. Si de nombreux travaux d'évaluation de la biodiversité de ces milieux ont été conduits, ils ont généralement porté sur des groupes taxonomiques restreints, en particulier sur la flore (Gaujour *et al.*, 2012). Il

manque encore des connaissances intégrées sur la biodiversité, portant sur plusieurs groupes taxonomiques, ainsi que des protocoles d'évaluation pour accompagner les politiques publiques de préservation de ces milieux à l'échelle européenne (Tschamtko *et al.*, 2012). L'objectif de cette communication est de montrer dans quelle mesure la localisation géographique, les pratiques agricoles et le paysage affectent la biodiversité des prairies permanentes à l'échelle de plusieurs régions d'Europe. Cette étude s'insère dans le cadre du projet européen EU-FP7 BioBio (www.biobio-indicator.org) qui visait à élaborer des indicateurs d'évaluation de la biodiversité dans les milieux agricoles (Herzog *et al.*, 2012).

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été conduite dans 6 régions appartenant à 6 pays européens (tableau 1) sur la base d'un échantillon de 12 à 19 fermes par pays, pour moitié conventionnelles et biologiques. Sur chaque exploitation, l'ensemble des habitats a été décrit selon une méthode adaptée des projets BioHab et EBONE (Bunce *et al.*, 2008; Dennis *et al.*, 2012). Un habitat de chaque catégorie a été échantillonné aléatoirement, soit 1 à 14 habitats différents par ferme pour les prairies permanentes (en fonction des types biologiques de plantes et des types de sols) représentant un total de 357 habitats. Quatre groupes taxonomiques ont été sélectionnés pour représenter des niveaux trophiques et des fonctions écologiques différents: abeilles sauvages (pollinisation), araignées (prédation), vers de terre (décomposition et bioturbation), plantes vasculaires (production primaire). Les prélèvements et relevés ont été effectués entre le printemps et l'automne 2010 en suivant des protocoles standardisés (Dennis *et al.*, 2012). Pour chaque taxon, 4 aspects des communautés ont été analysés : la composition en espèces, la richesse spécifique observée, la richesse spécifique estimée¹ et l'abondance (hors plantes). Huit variables explicatives ont été retenues, rassemblées dans trois groupes: la localisation géographique (région d'étude et ferme), les pratiques agricoles (nombre d'interventions mécaniques, fertilisation azotée et intensité d'utilisation, évaluée au travers du nombre de fauches et du chargement) et le paysage environnant (indice de diversité de Shannon calculé sur les habitats, part des bois et part des prairies calculés dans une zone de 250 m autour de l'habitat). Une partition de la variance a été effectuée pour séparer les effets des trois différents groupes de variables. Le pourcentage de variance expliquée a été estimé à partir du calcul du R² et la signification testée par analyse partielle de redondance. L'effet individuel des variables explicatives a été analysé avec des modèles mixtes linéaires généralisés (les variables de pratiques et du paysage étant considérées comme des effets fixes). Le détail des méthodes statistiques est fourni dans Lüscher *et al.*, 2015. Les analyses ont été réalisées sous R 2.15.3.

¹La richesse spécifique estimée (appelée richesse spécifique raréfiée) est l'estimation de la richesse spécifique pour un nombre d'individus commun.

2. RESULTATS

Sur les 1389 espèces identifiées (tableau 2), seules 6 espèces animales (tableau 3) et 14 espèces végétales sont communes à l'ensemble des régions. Les 3 espèces végétales les plus abondantes sont *Trifolium repens*, *Dactylis glomerata* et *Poa pratensis*.

Tableau 2: Nombre d'individus et d'espèces prélevés

	Nb d'individus	Nb d'espèces
Abeilles sauvages	2853	208
Araignées	9152	356
Vers de terre	8358	28
Plantes		797
TOTAL		1389

Tableau 3: Espèces communes aux 6 régions

	Espèces	Abondance moy. (min, max)
Abeilles sauvages	<i>Bombus pascuorum</i> , <i>B. terrestris</i> gr.,	24% (6-40%)
Araignées	<i>Erigone dentipalpis</i> , <i>Pardosa palustris</i>	4% (0,2-11%)
Vers de terre	<i>Allolobophora caliginosa</i> , <i>A. rosea</i>	51% (26-72%)
Plantes	14 spp.	24% (6-46%)*

* % de couverture végétale

Le nombre total d'individus et d'espèces varie fortement entre les régions (figure 1). Si le nombre d'échantillons diffère notablement entre régions (tableau 1), nous avons pu vérifier que cette variabilité persistait même si nous avions eu le même nombre d'échantillons. Les principaux traits sont: des valeurs en moyenne plus élevées dans les Coteaux de Gascogne; une richesse en abeilles plus faible aux latitudes élevées - Comté de Hedmark, Pays de Galles - par rapport aux régions plus au sud; une richesse en vers de terre plus faible dans les régions à faibles précipitations - Homokhátság et Hedmark; un nombre d'espèces exclusives (rencontrées dans une seule région) relativement faible en Bavière du Sud.

La partition de la variance montre que les 4 aspects des communautés sont principalement et significativement déterminés par la localisation géographique. La variance de la composition en espèces est expliquée en moyenne à 16,4% par la localisation géographique. Un faible pourcentage de la variance de la composition en espèces des abeilles, des araignées et des plantes est sous l'influence significative des pratiques agricoles (respectivement 0,9%, 0,6% et 1,4%) et du paysage environnant (respectivement 0,6%, 0,2% et 0,4%). Il n'y a pas de différence significative sur ces facteurs pour les vers de terre.

Tableau 1: Localisation, caractéristiques climatiques et échantillonnage dans les régions étudiées

Région (Code)	Obwalden (CH)	Bavière du sud (D)	Coteaux de Gascogne (F)	Pays de Galles (GB)	Homokhátság (H)	Comté de Hedmark (N)
Pays	Suisse	Allemagne	France	Royaume-Uni	Hongrie	Norvège
Latitude	N 46°54'	N 48°24'	N 43°24'	N 52°30'	N 46°42'	N 62°24'
Longitude	E 8°12'	E 11°18'	E 0°48'	O 3°48'	E 19°36'	E 11°6'
Altitude [m]	605 - 1133	350 - 500	197 - 373	450 - 1085	93 - 168	488 - 886
Pluviométrie [mm]	1300	800	680	1500	550	470
Température moyenne [°C]	5,6	8,5	13	10	10,4	0,4
Nombre de fermes	19	15	12	12	18	12
Nombre d'habitats étudiés	65	32	61	49	88	62

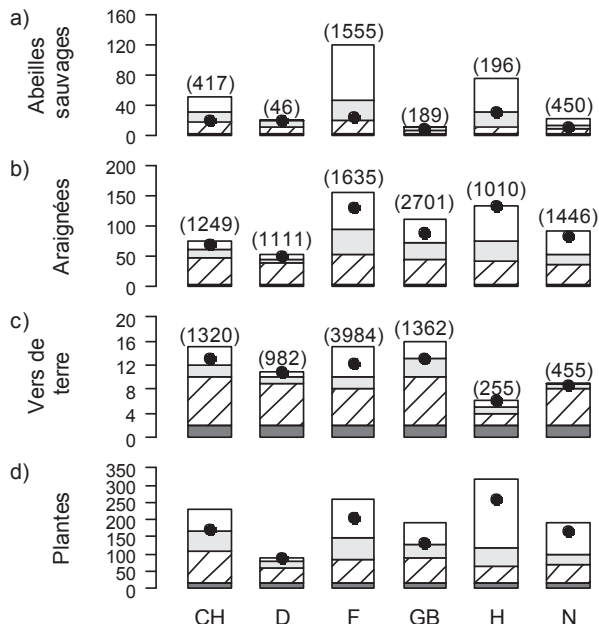


Figure 1: Nombre d'espèces d'abeilles sauvages (a), araignées (b), vers de terre (c), et plantes (d) présentes dans l'ensemble des régions (en gris foncé), ou dans une seule région (en blanc), ou encore communes à 2 régions (en gris clair), ou à 3, 4 ou 5 régions (hachuré). La richesse spécifique, si on avait eu le même nombre d'échantillons, est figurée par un point. Le nombre d'individus est indiqué entre parenthèses.

La localisation géographique seule explique, en moyenne, 38,3%, 41,6% et 37,5% de la variance de la richesse spécifique observée, de la richesse spécifique estimée et de l'abondance, respectivement. Les pratiques agricoles et le paysage environnant, chacun considéré seul, explique une part significative de la variance de la richesse spécifique observée et de la richesse spécifique estimée des plantes (respectivement 2,4% et 2,3% pour les pratiques, 1,7% et 0,7% pour le paysage). Il y a de fortes différences régionales concernant les effets des facteurs sur les 4 aspects des communautés. Leur analyse détaillée (tableau 4) montre que: le nombre d'interventions a un effet dépressif sur la richesse spécifique et l'abondance en abeilles (figure 2) et sur la richesse spécifique estimée des plantes; les apports d'azote totaux accroissent l'abondance des vers de terre alors qu'ils font décroître la richesse en plantes; la richesse en plantes est positivement affectée par la présence de bois (figure 3), alors que les pratiques et le paysage n'ont pas d'effet sur la richesse des araignées et des vers de terre ni sur l'abondance des araignées. Concernant la richesse spécifique estimée des araignées, il y a toutefois un effet négatif des apports d'azote et un effet positif de l'indice de diversité (de Shannon) du paysage et de la présence de prairies dans le paysage proche.

Tableau 4: Variables de pratiques agricoles et de paysage ayant un effet significatif sur la richesse spécifique observée, la richesse spécifique estimée et l'abondance des 4 groupes taxonomiques

	Richesse spécifique observée	Richesse spécifique estimée	Abondance
Abeilles sauvages	Interv.-	Interv.-	Interv.-
Araignées		N-, IS+, Prairie+	
Vers de terre			N+
Plantes	N-, Bois+	Interv., N-, Bois+	Non mesuré

Interv.: nombre d'interventions mécaniques, *N:* apport d'azote, *IS:* Indice de diversité de Shannon, *Prairie:* % de prairies dans le paysage, *Bois:* % d'habitats boisés dans le paysage. +/- indique le sens de la relation statistique.

Les figures 2 et 3 illustrent deux types de relation entre pratiques/paysage et richesse spécifique observée des

abeilles, d'une part, et des plantes, d'autre part. Si, dans les deux cas, l'effet est observable, mais limité, sur chacun des sites, l'effet global du paysage apparaît plus hétérogène que l'effet des pratiques (nombre d'interventions mécaniques).

3. DISCUSSION

En Europe, les prairies permanentes sont majoritairement présentes dans des régions à fortes contraintes et sur des terres difficilement cultivables. Ces milieux constituent le réservoir d'une grande diversité d'espèces occupant différentes niches. Leur gestion étant relativement stable dans le temps, les communautés peuvent s'adapter aux conditions locales. Cela explique l'effet majeur de la localisation géographique.

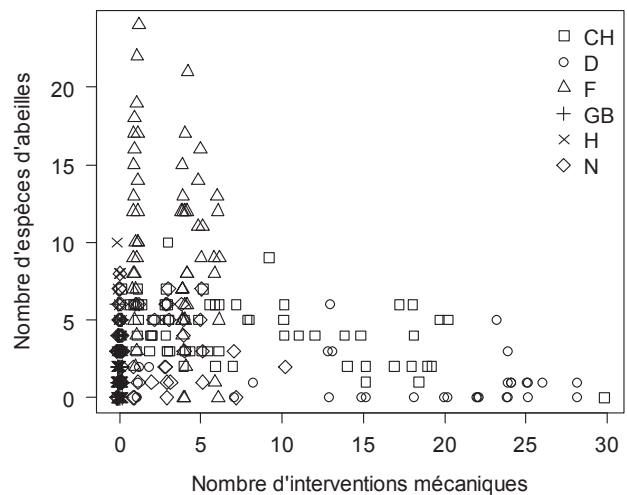


Figure 2: Relation entre le nombre d'interventions mécaniques et la richesse spécifique observée en abeilles sauvages. Les initiales et symboles représentent les régions.

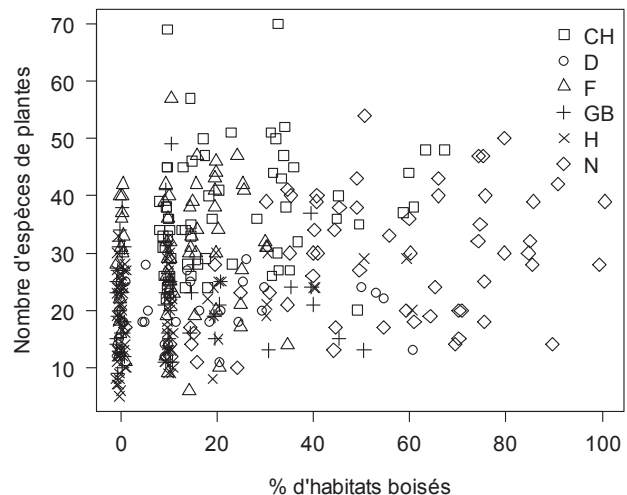


Figure 3: Relation entre la part d'habitats boisés dans le paysage et la richesse spécifique observée en plantes.

La richesse spécifique des abeilles par région diminue avec les latitudes septentrionales et celle des vers de terre avec le niveau des précipitations annuelles de même que pour les régions plus orientales, du fait probablement de conditions de sol défavorables. La position des Coteaux de Gascogne à la confluence de trois zones biogéographiques différentes (continentale, montagnarde et méditerranéenne) est de nature à favoriser le nombre élevé d'espèces 'exclusives' échantillonnées.

En Hongrie, les prairies couvrent un large gradient de milieux, de conditions humides à très sèches, de sols acides à basiques et parfois salins. Une grande diversité d'espèces

exclusives, principalement de plantes, occupent ces différentes niches.

Notre étude conduite à une large échelle n'a pas révélé d'effets majeurs des pratiques agricoles et du paysage sur les communautés prairiales, que ce soit à l'échelle globale ou à celle de chaque terrain d'étude, quand la diversité était réduite au nombre d'espèces et à leur abondance. Cela est conforme à d'autres études menées dans différentes régions (Baldi *et al.*, 2013). Nos résultats ont montré néanmoins, excepté pour les vers de terre, que ces variables ont toujours expliqué significativement la variabilité de la composition en espèces. C'est donc bien l'identité des espèces et leurs abondances relatives combinées qui est un indicateur sensible aux variables du paysage et des pratiques agricoles. Les effets moins marqués sur la richesse spécifique peuvent être dus à différents facteurs. Au-delà des pratiques spécifiques à chaque région, les prairies permanentes sont des milieux qui subissent moins de perturbations que les cultures (pas de travail du sol ni d'emploi d'herbicides, moindre apport d'azote minéral). Une autre analyse réalisée sur les grandes cultures, dans le cadre de ce même projet, a ainsi révélé des effets beaucoup plus marqués des pratiques et du paysage (Lüscher *et al.*, 2014) sur les 4 groupes taxonomiques étudiés, en particulier l'effet dépressif de l'emploi des engrais et des produits phytosanitaires sur les communautés végétales et les abeilles sauvages.

L'évaluation de l'effet propre du paysage est quant à lui confronté à deux difficultés méthodologiques: la réduction de la complexité du paysage à quelques indicateurs simples et l'hétérogénéité du paysage entre exploitations et régions induite par l'échantillonnage aléatoire. Cette approche ne permet pas de faire apparaître un gradient entre biodiversité et complexité du paysage quand celle-ci est réduite au nombre d'espèces et à l'abondance.

Malgré l'absence de schéma général, quelques traits sont identifiables. La réduction de la richesse et de l'abondance des abeilles avec le nombre d'interventions suggère des dommages directs liés à l'usage des machines mais surtout une réduction de la couverture florale et donc des ressources nectarifères disponibles avec l'accroissement du nombre de fauches (Kremen *et al.*, 2007).

Pour l'abondance des vers de terre, une analyse plus approfondie montrait une augmentation avec les apports d'azote organique (la majorité des apports) et une réduction avec les apports d'azote minéral. Si l'on peut comprendre aisément que l'apport de matière organique permet d'accroître les ressources alimentaires des vers de terre, l'apport minéral d'azote est plus difficile à interpréter car son effet dépend du milieu et des modes d'exploitation de la prairie. En effet, si l'apport d'azote minéral accroît la biomasse végétale, il peut aussi influencer sur les processus de minéralisation et la disponibilité en matière organique des sols, avec des effets sur les vers de terre probablement très dépendants des conditions de milieu (prairies humides ou sèches) et d'exploitation (fauche seule *i.e.* exportation de la biomasse produite, pâturage seul *i.e.* restitution d'une partie de la biomasse produite par les déjections des animaux, fauche et pâturage). La richesse des plantes se réduit avec l'apport d'azote, en accord avec de nombreuses études (Socher *et al.*, 2012). De même, le nombre d'interventions, indicateur de l'intensification de la gestion, réduit la richesse spécifique estimée des plantes. La présence de bois dans l'environnement accroît la richesse spécifique des plantes, laquelle est sous-tendue par une plus grande biodiversité dans les paysages complexes.

Par contre, nous n'avons pas observé, de manière globale, d'effet des pratiques et du paysage sur la richesse et l'abondance des araignées, contrairement aux effets significatifs observés dans des milieux cultivés (Schmidt *et al.*, 2005). Des effets du paysage (diversité de Shannon et part de prairies) et de la fertilisation azotée sur la richesse spécifique estimée des araignées ont toutefois été trouvés. Les résultats individuels pour les régions suggèrent que les communautés d'araignées sont très variables entre régions et que leur

structure peut être façonnée par des facteurs majeurs non intégrés dans cette étude.

Chaque groupe taxonomique étant structuré par des facteurs spécifiques, les corrélations entre taxons ont été relativement faibles, hormis entre les plantes (production primaire) et les autres taxons (abeilles, araignées et vers de terre).

CONCLUSION

Cette étude, conduite à l'échelle européenne, montre que la localisation géographique est déterminante sur la biodiversité des prairies permanentes. Cela signifie qu'au-delà des mesures générales de promotion de la biodiversité raisonnées à l'échelle de la politique agricole commune, des mesures spécifiques doivent être mises en œuvre à une échelle régionale. C'est donc à cette échelle que les effets des pratiques (interventions mécaniques, apports d'azote minéral et organique) et du paysage doivent être évalués afin de raisonner les meilleurs compromis entre les différents services fournis par les prairies. La mobilisation de ces différents leviers requiert que ces changements soient financièrement acceptables par les agriculteurs.

Notre étude souligne, par ailleurs, la nécessité de conduire des études à grande-échelle et multi-taxons pour identifier les facteurs-clés communs et spécifiques, en complément d'études locales plus approfondies.

Nous remercions l'ensemble des personnes ayant participé au travail de terrain et de laboratoire ainsi que les agriculteurs partenaires. Ce travail a reçu le soutien financier de l'UE (project BioBio; KBBE-227161).

Baldi A., Batáry P., Kleijn D., 2013. Agriculture, Ecosystems & Environment, 166, 6 28-34.

Bunce R.G.H., Metzger M.J., Jongman R.H.G., Brandt J., De Blust G., Elena-Rossello R. et al., 2008. Landscape Ecology, 23: 11-25.

Dennis P., Bogers M. M. B., Bunce R. G. H., Herzog F., Jeanneret P., 2012. Biodiversity in organic and low-input farming systems. Handbook for recording key indicators. Alterra-report, 2308. Wageningen.

Gaujour E., Amiaud B., Mignolet C., Plantureux, S., 2012. Agronomy for Sustainable Development, 32, 133-160.

Herzog, F., Balázs, K., Dennis, P., Friedel, J., Geijzendorffer, I. R., Jeanneret, P., et al., 2012. Biodiversity indicators for European farming systems. A guidebook. ART-Schriftenreihe 17 Zürich.

Kremen C., Williams N.M., Aizen M.A., Gemmill-Herren B., LeBuhn G., Minckley R. et al., 2007. Ecology Letters, 10, 299-314.

Lüscher G., Jeanneret P., Schneider M.K., Turnbull L.A., Arndorfer M., Balázs K. et al., 2014. Agriculture, Ecosystems & Environment 186, 124-134.

Lüscher G., Jeanneret P., Schneider M.K., Hector A., Arndorfer M., Balázs K. et al., 2015. Basic and Applied Ecology 16, 281-290.

Schmidt M.H., Roschewitz I., Thies C., Tschardt T., 2005. Journal of Applied Ecology, 42, 281-287.

Socher S.A., Prati D., Boch S., Muller J., Klaus V.H., Holzner N., et al., 2012. Journal of Ecology 100, 1391-1399.

Tschardt T., Tylianakis J.M., Rand T., Didham R.K., Fahrig L., Batáry P. et al., 2012. Biological Reviews, 87, 661-685.