

Décembre 2017
volume n°7 / numéro n°2
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



Les ateliers Terrain,
Pour une démarche participative
en agronomie clinique

ASSOCIATION FRANÇAISE
AGRONOMIE

Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.

Contact : afa@supagro.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45

Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons 2.0*. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Marc BENOÎT, président de l'Afa, Directeur de recherches, Inra

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Pierre-Yves LE GAL, chercheur Cirad

Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en ligne

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra
- Gérard CATTIN, retraité de la chambre d'agriculture de la Marne
- Joël COTTART, agriculteur
- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech
- Sarah FEUILLETTE, cheffe du Service Prévision Evaluation et Prospective Agence de l'Eau Seine-Normandie
- Yves FRANCOIS, agriculteur
- Jean-Jacques GAILLETON, inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole
- Laure HOSSARD, ingénieure de recherche Inra Sad
- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice
- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier
- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais
- Francis MACARY, ingénieur de recherches Irstea
- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche
- Marc MIQUEL, consultant
- Bertrand OMON, Chambre d'agriculture de l'Eure
- Thierry PAPILLON, enseignant au lycée agricole de Laval
- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro
- Philippe PRÉVOST, Chargé des coopérations numériques à Agreenium
- Guy TREBUIL, Cirad
- Anne VERDENAL, agricultrice
- Jean-Marie VINATIER, Responsable Agro-Environnement, Chambre d'agriculture Auvergne-Rhône Alpes

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistantes éditoriales

Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

Avant-propos

P7 - O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef) et M. BENOÎT (Président de l'Afa)

Éditorial

P9 - PREVOST, A. MICHEL, P.Y. LE GAL, G. CATTIN (coordonnateurs du numéro)

Les ateliers Terrain : pour une agronomie en situation

P13 – Une brève histoire de l'agronomie clinique depuis le XIX^{ème} siècle. Trois pratiques de l'observation in situ : les conférences agricoles, les tours de plaine et les ateliers Terrain

M. BENOIT et F. KNITTEL

P19 - Les ateliers Terrain de l'Afa : objectifs, méthodes et mise en pratique

A. MICHEL et G. CATTIN

La gestion des ressources naturelles

P23 - Biodiversité tellurique et pratiques culturelles

J.R. MORONVAL

P29 - Les pratiques de gestion de l'activité biologique du sol en viticulture méditerranéenne

P. PREVOST

P33- Gérer la biodiversité dans les espaces agricoles : quelles connaissances utiles pour l'action ?

H. GROSS

P41 – Mesures in situ de la lixiviation des nitrates et pesticides en situation agricole : fiabilité et ergonomie

M. BENOIT, M. PITREL, R. CHERRIER et A. GOBILLOT

P49- Enjeux et défis de l'irrigation en France : points de vue de l'Association Française pour l'Eau, l'Irrigation et le Drainage (AFEID)

S. BOUARFA, G. BELAUD, A. BOUTTHIER, J.Y. GROSCLAUDE, B. LACROIX, B. MOLLE, D. ROLLIN, J. TOURNEBIZE, C. SERRA WITTLING et B. VINCENT

L'évolution des techniques culturales et des systèmes de culture

P57 - Le semis direct sur couverture végétale

P. POINTEREAU

P65 - Evolution des techniques d'implantation des cultures

C. LECLERCQ et V. CORFDIR

P75 - Pratiques culturales pour la réduction des intrants phytosanitaires en vigne périurbaine

F. MACARY

P85 - Diminution de la part d'azote minéral dans les systèmes de culture champenois

G. CATTIN

P91 - Evolution des systèmes de culture en région céréalière : exemple de deux exploitations agricoles dans la Vienne

J.L. FORT et S. MINETTE

P97 - La reconception d'un système de culture en arboriculture fruitière

P. PREVOST

P107 - Intérêts agronomiques des associations productions animales-productions végétales : réflexions à partir d'une étude de cas d'une exploitation en polyculture-élevage de l'Ouest de la France

J. BOIFFIN, B. DROUIN, A. MICHEL et T. PAPILLON

P115 - Evolutions récentes des pratiques de grande culture en France métropolitaine : techniques de raisonnement et usages des intrants

R. REAU, V. DEYTIEUX, L. GUICHARD, C. MIGNOLET, M.S. PETIT, C. SCHOTT

La relation agricultures-territoires

P129 - La prise en compte des potentialités agronomiques des terres dans les logiques d'acteurs : l'atelier Terrain « un pour tous, tous autour du sol »

A. GOSSELIN

P141 - Réaménagement foncier territorial et agro-écologique dans la vallée de la Bruche : le paysage au cœur des enjeux comme outil et projet

R. AMBROISE, M. BENOIT et J.S. LAUMOND

P149- Agricultures et territoires : parcours insolites et permanences inattendues

S. LARDON

Note de lecture

P159 - Comprendre et accompagner l'évolution des stratégies de conduite des vergers dans les exploitations arboricoles. Application à la protection phytosanitaire de la pomme en France

S. PISSONNIER et P.Y. LE GAL



Gérer la biodiversité dans les espaces agricoles : quelles connaissances utiles pour l'action ?

Hélène GROSS*

*Chargée de mission biodiversité et agro-écologie à l'ACTA ICB-VetAgroSup - 1, avenue Bourgelat - 69280 MARCY L'ETOILE - Tél.: 04 78 87 56 22 - Courriel: helene.gross@acta.asso.fr

Résumé

Demande sociétale, levier pour la mise en œuvre de systèmes de production agro-écologiques, enjeu de politiques publiques, la gestion de la biodiversité est une problématique centrale dans le choix et le pilotage des pratiques agricoles. Au travers de deux services écosystémiques, la régulation naturelle des bio-agresseurs et la pollinisation, cet article vise à (i) mettre en perspective les connaissances scientifiques et techniques produites ces dernières années autour de la question de la biodiversité dans les espaces agricoles et la manière dont les agriculteurs la perçoivent et agissent dans leur exploitation, afin de (ii) mettre en évidence des enjeux auxquels devront répondre l'ensemble des parties prenantes pour faire de la biodiversité une composante mieux maîtrisable et maîtrisée des systèmes de productions agricoles. Les avancées présentées concernent la biologie et l'écologie des espèces, les impacts des pratiques agricoles et des aménagements paysagers sur celles-ci et les services écosystémiques apportés par la biodiversité. Pour les agriculteurs, si leurs pratiques impactent la biodiversité de manière plus ou moins volontaire selon le type de biodiversité, une étape reste à franchir pour qu'ils considèrent la biodiversité comme un objet de gestion, élément de leur système de production. Les projets de recherche ainsi que les retours d'expériences des agriculteurs soulèvent des questions qui constituent autant de fronts de recherche et de défis pour demain : éclairer les liens entre biodiversité et services écosystémiques, intégrer les connaissances dans une vision systémique et globale des systèmes de production et produire des références et des « outils d'apprentissage » pour aider les agriculteurs à mieux intégrer la biodiversité dans leurs pratiques et favoriser les services qu'elle peut apporter.

Mots-clés

Biodiversité, services écosystémiques, production de connaissances, régulation naturelle, pollinisation.

Introduction

Demande sociétale, levier pour la mise en œuvre de systèmes de production agro-écologiques, enjeu de politiques publiques, la biodiversité est une problématique devenue centrale dans le choix et le pilotage des pratiques agricoles. L'article vise à (i) mettre en perspective les connaissances scientifiques et techniques produites ces dernières années autour de la question de la biodiversité dans les espaces agricoles et la manière dont les agriculteurs

la perçoivent et agissent dans leur exploitation, afin de (ii) mettre en évidence des enjeux auxquels devront répondre l'ensemble des parties prenantes pour faire de la biodiversité une composante mieux maîtrisable et maîtrisée des systèmes de productions agricoles. La réflexion menée ici se centre principalement sur deux services écosystémiques majeurs pour la production agricole : la régulation naturelle des bio-agresseurs et la pollinisation en lien avec la biodiversité « sauvage » présente dans les parcelles et aux alentours de celles-ci. Ces services font l'objet de groupes de travail spécifiques du réseau mixte technologique (RMT) « Agriculture et Biodiversité » [1].

Après une définition de la notion de biodiversité dans les espaces agricoles et un rappel de quelques éléments de contexte influençant l'étude de sa gestion dans les exploitations et les territoires agricoles, l'article s'intéresse successivement aux connaissances scientifiques et techniques et à leur opérationnalisation, puis à la vision et aux pratiques des agriculteurs. Pour chaque entrée, un bilan est dressé et les challenges futurs sont explicités. Des questionnements sur les types de connaissances et d'innovations à produire sont discutés dans une dernière partie.

Définitions et éléments de contexte

La biodiversité dans les espaces agricoles : de quoi parle-t-on ?

Le terme de « biodiversité » apparaît de manière significative dans le domaine agricole au cours des années 2006-2008. La parution de l'expertise scientifique collective de l'Inra « Agriculture et biodiversité – Valoriser les synergies » en juillet 2008 (Le Roux et al., 2008) met en exergue l'existence d'interactions positives entre deux domaines dont les lignes directrices se sont opposées pendant de nombreuses années. La biodiversité des espaces agricoles est qualifiée « d'agrobiodiversité ». L'agrobiodiversité recouvre « tous les éléments constitutifs de la diversité biologique qui relèvent de l'alimentation et de l'agriculture, ainsi que tous les composants de la diversité biologique qui constituent l'agrosystème » (5^e conférence des parties de la convention de la diversité biologique, 2000 [2]). L'agrobiodiversité, comprend deux types de biodiversité : la biodiversité « planifiée » et la biodiversité « associée ». « L'agrobiodiversité planifiée est la biodiversité des cultures et des systèmes d'élevage choisie par l'agriculteur, alors que la biodiversité associée renvoie aux organismes (faune du sol, adventices...) qui colonisent l'agro-écosystème » (Le Roux et al., 2008). Une typologie biodiversité fonctionnelle (= la biodiversité qui a un impact positif sur la production agricole) vs biodiversité pouvant avoir un impact négatif sur les productions (ravageurs, virus...) vs biodiversité neutre (= la biodiversité présente dans les territoires agricoles mais n'ayant pas d'impacts sur la production) est également utilisée. Quelle que soit la typologie, le positionnement des espèces n'est pas si évident en pratique, certaines pouvant entrer dans plusieurs catégories selon leur nombre, la période de l'année ou l'endroit où elles sont présentes (dans les bords de champs ou au sein des parcelles).

La gestion de la biodiversité : une demande sociétale, un enjeu agricole, une incitation des politiques publiques

Identifiée comme une préoccupation majeure pour la production agricole depuis maintenant plusieurs années la biodiversité, qu'il s'agisse de la protéger ou d'en tirer parti, demeure un enjeu crucial pour les acteurs du monde agricole. La nécessité d'intégrer la biodiversité dans la conception et le pilotage des systèmes de production provient à la fois de pressions externes (demande sociétale) et internes au monde agricole. Elle se manifeste également au niveau institutionnel et des politiques publiques avec la multiplication des dispositifs et mesures à la fois du côté agricole et du côté environnemental.

La préservation de la biodiversité dans les espaces agricoles : une demande sociétale

Initialement plus concernée par la préservation des espèces rares et/ou patrimoniales, la société a progressivement pris conscience de la richesse de la biodiversité « ordinaire » qui l'entoure et des menaces qui pèsent sur elle, particulièrement dans les espaces anthropisés tels les territoires agricoles. L'indice d'abondance des populations d'oiseaux communs dans les milieux agricoles a ainsi diminué de 32% entre 1989 et 2015 [3]. Cette érosion de la biodiversité ordinaire des espaces agricoles reste cependant difficile à évaluer par manque de données disponibles. Par exemple malgré leur forte médiatisation, seules 58 des 130 espèces d'abeilles communes pollinisant les cultures en Europe et en Amérique du Nord ont été évaluées. Les résultats ne sont pas aussi tranchés que pour les oiseaux puisque deux espèces seulement sont qualifiées de menacées, deux quasiment menacées et 42 non-menacées (catégorie de risque « Préoccupation mineure » de l'UICN) mais les données sont insuffisantes pour 12 espèces (IPBES, 2016). Face à ces constats, la société dont les agriculteurs qui vivent au quotidien dans leurs territoires, sont en attente d'une agriculture plus respectueuse de la biodiversité.

Ces citoyens, parfois habitants de zones rurales, sont également des consommateurs de plus en plus soucieux des modes de production à l'origine des produits qu'ils achètent. Lors d'un sondage SOFINCO réalisé en mars 2017 auprès de 1016 personnes, sur le budget des français dédié à l'alimentation (Le Sofinscope - Baromètre OpinionWay pour SOFINCO), 31% ont cité la provenance des produits dans leurs principaux critères de choix et 16% l'origine biologique/la naturalité. En revanche, seul 4% déclarent prendre en compte l'impact environnemental du produit. Ce critère n'apparaît donc pas comme majeur pour orienter le choix de la plupart des consommateurs ou les inciter à payer plus cher un produit issu d'un mode de production respectueux de la biodiversité notamment. Le sondage montre que les comportements d'achat sont encore majoritairement guidés par le prix, la qualité gustative, la date de péremption, la composition du produit, les habitudes familiales et/ou les contraintes de santé. Cependant, des réflexions sont menées pour intégrer des pratiques « biodiversité » dans les cahiers des charges des marques et labels et améliorer la communication auprès des consommateurs (projet Life Biostandards, SOLAGRO/ACTA, 2012).

Un environnement public et institutionnel de plus en plus fourni autour des questions sur les liens entre biodiversité et agriculture

Les pouvoirs publics ne sont pas restés inactifs face au constat de l'érosion de la biodiversité dans les espaces agricoles. De multiples actions et initiatives relevant des politiques agricoles ou environnementales ont vu le jour ces dernières années. Suite à sa ratification en 1994 de la Convention pour la diversité biologique, la France s'est dotée d'une stratégie nationale pour la biodiversité (SNB) et a adopté en août 2016 la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages. En pratique, cette appropriation au niveau des instances et des politiques publiques s'est traduite par des mesures réglementaires (mise en œuvre du verdissement de la PAC, trames vertes et bleues) ou contractuelles (MAEC, Natura 2000) (Durand et al., 2013), la mise en place de plans nationaux (plan national d'action en faveur des insectes pollinisateurs, plan national de développement de l'agroforesterie), ou encore la création d'organisations françaises dédiées au sujet (FRB, AFB)¹ ou la participation de la France à des instances internationale (IPBES)¹.

En appui à ces mesures, les pouvoirs publics ont doté la France de deux observatoires visant à apporter des connaissances sur l'état de la biodiversité dans les espaces agricoles et sur ses évolutions : l'ONB – indicateurs agricoles (Observatoire nationale de la biodiversité) [4] et l'OAB (Observatoire agricole de la biodiversité) [5]. Le Réseau Mixte Technologique « Agriculture et Biodiversité » est également engagé dans la mise en réseau des acteurs agricoles travaillant sur la prise en compte de la biodiversité dans les systèmes agricoles, à travers la mutualisation et la diffusion de leurs résultats et productions et la réflexion collective sur les questions méthodologiques.

La mise en œuvre et le pilotage de systèmes de production agricole fondés sur la biodiversité : un enjeu pour les acteurs du monde agricole

Les agriculteurs sont de plus en plus sensibilisés à la nécessité de concevoir et de piloter des systèmes de production qui non seulement intègrent la préservation de la biodiversité mais également se fondent sur celle-ci et les services écosystémiques qu'elle apporte. Confrontés aux limites des systèmes de productions intensifs et incités par la société et les politiques publiques à modifier leurs pratiques, les agriculteurs sont de plus en plus nombreux à s'engager dans une transition vers des systèmes multi-performants et durables structurés autour de la mobilisation des services apportés par la biodiversité des agro-éco-systèmes sur lesquels ils reposent. Ainsi, lors d'un sondage mené en 2015 par BVA [6] pour le compte du ministère en charge de l'agriculture auprès de 655 agriculteurs constituant un échantillon représentatif des agriculteurs professionnels français, 51% d'entre eux déclarent mettre en œuvre des démarches favorisant le rôle de la faune auxiliaire. 40% déclarent appliquer des pratiques agricoles innovantes ou qui ne se font pas couramment comme le bio-contrôle, l'association de plusieurs cul-

¹ FRB : Fondation pour la recherche sur la biodiversité : <http://www.fondationbiodiversite.fr/>
IPBES : Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques : <https://www.ipbes.net/>
AFB : Agence française pour la biodiversité : <http://www.afbiodiversite.fr/>

tures, le maintien et la plantation des haies, l'introduction de légumineuses, l'agroforesterie, pratiques dont la plupart repose sur une valorisation de l'agrobiodiversité.

Qu'ils soient qualifiés d'agro-écologique (Schaler, 2013; Wezel *et al.*, 2009), d'écologiquement intensifs (Griffon, 2013), à haute valeur écologique ou environnementale (Chevassus-au-Louis et Griffon, 2008), ces systèmes s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes. Si des questions théoriques sont encore débattues (par exemple, le niveau de diversité nécessaire pour permettre les régulations naturelles), il est en revanche reconnu qu'une certaine agrobiodiversité doit être maintenue, voire même « cultivée » (Hainzelin, 2013). La transition vers des systèmes agro-écologiques incite alors à minimiser les impacts des activités agricoles sur la biodiversité tout en valorisant les services qu'elle procure afin de repenser les agrosystèmes comme des écosystèmes à part entière. Tirer un meilleur profit de la biodiversité constitue ainsi un axiome de base pour les systèmes agro-écologiques ou assimilés (Reboud et Malézieux, 2015).

Qu'ils soient convaincus eux-mêmes ou incités par la société et les pouvoirs publics, les agriculteurs sont donc amenés à devoir « gérer » la biodiversité au sein de leurs parcelles, de leur système de production et de leur territoire. La richesse du paysage scientifique, technique et institutionnel, le dynamisme des structures qui le composent mais également les expériences réussies et partagées d'agriculteurs pionniers, permettent des avancées majeures sur la question mais des difficultés persistent comme nous allons le voir.

Les avancées scientifiques et techniques et leur opérationnalisation

Les agriculteurs ont besoin de connaître les pratiques et aménagements susceptibles de préserver la biodiversité et de favoriser les services qu'elle rend tout en maintenant sous un seuil qu'ils jugent acceptable les dégâts occasionnés par certaines espèces. Pour répondre à ces besoins, les recherches et projets actuels se positionnent selon deux entrées distinctes bien qu'étroitement liées : d'une part, l'étude de la biologie et de l'écologie des espèces pour appréhender l'impact des pratiques et des aménagements paysagers sur celles-ci, de l'autre, l'analyse des services écosystémiques. L'enjeu est ensuite de mieux renseigner les liens entre ces deux approches.

Connaître la biologie et l'écologie des espèces pour éclairer les impacts des pratiques agricoles et des aménagements paysagers sur la biodiversité

Les connaissances concernant la biologie et l'écologie des espèces et leurs interactions ne cessent de progresser. Les avancées portent sur les espèces à enjeux (fonctionnels ou patrimoniaux) mais également à un niveau infra, leur génétique (espèces cultivées ou domestiques) et à un niveau supra, les populations et leur dynamique. Ces travaux font l'objet de nombreux projets et articles qu'il serait trop long et fastidieux de présenter ici. Mais soulignons que des efforts sont faits pour mettre à disposition des non-scientifiques ces connaissances pour que les agriculteurs, conseillers, enseignants, puissent mieux connaître la biodiversité présente dans les espaces agricoles, reconnaître les

espèces rencontrées sur les parcelles ou à proximité de celles-ci et adapter leurs pratiques en fonction des caractéristiques des espèces. Par exemple, le contrôle naturel des bio-agresseurs peut s'appuyer sur plusieurs ouvrages de connaissances et de reconnaissances des auxiliaires parus ces dernières années, soit génériques (ACTA, 2017; Villenave-Chasset, 2017), soit spécifiques à certaines productions : viticulture (Sentenac, 2011), arboriculture (Ricard *et al.*, 2012). Citons également le projet CASDAR Auximore (2012-2014) (Wartelle, 2017) qui visait à développer des connaissances sur la faune auxiliaire naturellement présente dans les parcelles et dans leur environnement et de concevoir des outils permettant de les diffuser auprès des conseillers agricoles et des agriculteurs. Ces avancées sur l'écologie et la biologie des espèces permettent de mieux comprendre les effets des pratiques agricoles et de la structure des paysages sur l'agro-biodiversité et ses évolutions, autour d'une double interrogation : quelles sont les pratiques qui ont un impact négatif sur la biodiversité vs quelles sont les pratiques qui lui sont favorables ? Les études montrant l'impact négatif des systèmes de production intensifs sur la biodiversité sont nombreuses. Elles alertent sur les effets d'un usage massif d'intrants, d'un travail du sol trop fréquent et/ou dans de mauvaises conditions mais surtout sur l'homogénéisation des paysages liés à la monoculture, à l'agrandissement des parcelles et à la destruction des habitats semi-naturels (Benoît, 2014; Cardinale *et al.*, 2012; Henry *et al.*, 2016; Rusch *et al.*, 2016). L'identification de pratiques permettant de favoriser la biodiversité fonctionnelle tout en maintenant à un niveau acceptable les populations des espèces responsables de dégâts, porte principalement sur la mise en place, le maintien et la gestion des éléments semi-naturels présents à proximité des parcelles ou au niveau intra-parcellaire, et sur les plantes de services ou plantes compagnes. Nous pouvons ici renvoyer vers des démarches à volonté plus opérationnelle que des projets de recherche comme les projets CASDAR Muscari (2015-2018) [7] porté par le GRAB sur les mélanges fleuris favorables aux auxiliaires, CASDAR AGATHE (2013-2015) [8] porté par le CTIFL sur l'utilisation de leviers agro-écologiques dont l'usage de plantes répulsives pour lutter contre deux ravageurs du melon et du poireau, ECOPHYTO PLACOHB (2017-2019) porté par l'ASRTEDHOR sur les plantes couvre sol.

Mesurer, évaluer, cartographier les services

L'entrée par les services écosystémiques est souvent privilégiée lorsqu'il s'agit de promouvoir des systèmes de production centrés sur la biodiversité. Cette entrée constitue un champ de productions de connaissances en fort développement. Le lancement du programme EcoServ de l'INRA [9] en 2014 ou encore l'évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques (EFESE) [10] par le ministère en charge de l'environnement en 2012 en donnent quelques illustrations.

Les services écosystémiques apportés par la biodiversité aux systèmes de production en sus de la production de biens alimentaires et non-alimentaires, comprennent principalement la pollinisation, la régulation naturelle des bio-agresseurs et des adventices, et la fertilité et la stabilisation des sols (lutte contre l'érosion et la déstructuration). Ces services engendrent d'autres plus-values telles (i) une meilleur

leure gestion quantitative et qualitative des eaux *via* la capacité du sol à stocker les ressources en eau, la baisse de l'usage d'intrants, par ailleurs filtrés par les couverts avant qu'ils n'atteignent les cours d'eau et les nappes, (ii) la résilience des exploitations face aux aléas climatiques, sanitaires ou des marchés *via* la diversification des productions, la capacité des agro-écosystèmes diversifiés à résister aux sécheresses ou aux épidémies, ou (iii) la lutte contre le réchauffement climatique. Les travaux menés portent sur (i) la manière de gérer les agro-écosystèmes pour favoriser la production de services multiples (Lescourret *et al.*, 2015), (ii) la cartographie des services (cf. EFESE) ou (iii) la quantification de leur plus-value. Celle-ci passe par l'estimation de grandeurs physiques, telles que la baisse de 25 à 32% de la production de céréales en cas de disparition des pollinisateurs au niveau de l'Union Européenne (Zulian *et al.*, 2013) ou le captage de 0.55tCO₂/ha/an pour une haie de 60m introduite sur une parcelle cultivée (Pelegrin *et al.*, 2013). Elle mobilise également des calculs économiques (Chevassus-au-Louis *et al.* 2009). Par exemple, Galai *et al.* (2009) estiment la valeur économique de la pollinisation à 153 milliard d'euros par an, soit 9,5% de la valeur de la production agricole mondiale. Van Lenteren (2008) a évalué l'impact financier de la régulation naturelle à 400 milliards de dollars à l'échelle mondiale. Les méthodes de calcul utilisées et l'objectif même de monétarisation des services et indirectement de la biodiversité qui y contribue, qui plus est à une échelle nationale ou supra-nationale, sont contestées (Salles, 2010). Les termes des débats portent sur les aspects techniques (imperfection des outils et méthodes utilisés pour l'évaluation), sur l'usage fait des chiffres annoncés par les politiques publiques notamment (montants des paiements pour services écosystémiques) et d'un point de vue plus philosophique et moral, sur la notion de valeur de la biodiversité qui devrait conserver un sens beaucoup plus large que seulement économique. Si ces approches ont l'avantage de valoriser la biodiversité, elles peuvent introduire l'idée de sa « marchandisation », à savoir la possibilité d'échanger celle-ci avec d'autres biens, ce qui peut aller à l'encontre de l'objectif de préservation.

Partant de ces bases déjà fournies, l'enjeu est à présent de produire des connaissances sur les liens entre biodiversité et services : plus de biodiversité signifie-t-il systématiquement plus de services ? Y a-t-il redondance fonctionnelle entre différentes espèces qui contribuent au même service ? A partir de combien d'espèces ayant des traits fonctionnels similaires ou de combien d'individus d'une même espèce peut-on considérer qu'un service est maximisé ? Ces questions tant quantitatives que qualitatives expliquent pour partie les difficultés identifiées par Doré (2011) [11] pour faire évoluer les pratiques des agriculteurs vers une plus grande mobilisation des régulations naturelles.

Il convient également d'identifier les pratiques susceptibles de mobiliser un service. Certes l'effet positif d'infrastructures agro-écologiques (haies, bandes enherbées) sur la présence d'auxiliaires a été montré. Mais ces infrastructures favorisent-elles pour autant leur action de régulation ou de pollinisation ? De fait, certaines études ont montré que des réseaux trophiques complexes n'impliquent ni une biodiversité d'auxiliaires importante (Lohaus *et al.*,

2013), ni des niveaux de régulation biologique plus élevés (McFadyen *et al.*, 2009).

La biodiversité vue par les agriculteurs

Si la biodiversité et les services qu'elle peut apporter sont reconnus comme des enjeux sociétaux relayés par les politiques publiques et font l'objet de projets de recherche fondamentale et appliquée, qu'en est-il dans les systèmes de production et les pratiques des agriculteurs ? Considèrent-ils la biodiversité comme un objet à gérer, un levier à prendre en compte dans la conception et le pilotage de leurs systèmes ?

Une vision qui diffère selon le type de biodiversité

La biodiversité planifiée est considérée par les agriculteurs comme un élément de leur système de production qu'ils intègrent dans leur choix tactiques et stratégiques au même titre que les intrants, les équipements, l'organisation du travail. Ils décident de cultiver/élever une espèce plutôt qu'une autre, préfèrent telle ou telle variété, ou suivent des stratégies de sélection des reproducteurs en vue d'adapter le cheptel aux caractéristiques et objectifs de l'exploitation. La biodiversité associée est en revanche, souvent considérée par les agriculteurs comme un élément extérieur à leur système. Les espèces et individus peuvent être présents de manière permanente ou temporaire sur l'espace de l'exploitation mais la plupart des agriculteurs ne les considèrent pas comme des parties intégrantes de celle-ci. Si les agriculteurs sont de fait amenés à « travailler avec » ou « en tenant compte » de cette biodiversité, ils ne voient pas en elle un levier à intégrer dans la conception et le pilotage de leur système de production.

Ce constat est d'autant plus vrai que les espaces de vie des espèces et des individus ne correspondent pas aux unités de gestion des exploitations (Papy et Torre, 2002). Les résultats obtenus dans le cadre du projet CASDAR AGRIBIRDS (2015-2018) porté par l'ACTA, illustrent bien ce propos. Les agriculteurs concernés ont été interrogés sur leur vision de l'avifaune et les questions agricoles qu'elle leur pose. La plupart des agriculteurs se sont dits intéressés par les oiseaux, mais davantage pour des raisons annexes à leur activité de production : parce qu'ils sont chasseurs, ou qu'ils aiment voir et entendre les oiseaux. Certains étaient conscients des services ou dégâts rendus ou occasionnés par certaines espèces, mais leurs questions portaient sur la présence/absence de ces espèces sur l'exploitation, quand et pourquoi, et non sur une approche gestionnaire de l'avifaune.

Quelles pratiques mises en œuvre pour « gérer » la biodiversité associée ?

Si, la plupart des agriculteurs ne reconnaissent pas la biodiversité associée comme un objet de gestion à intégrer dans la conception et le pilotage de leur système de production, ils mettent en œuvre des pratiques qui impactent celle-ci sous divers formes. Ils peuvent :

- Préserver la biodiversité (une ou quelques espèces, une diversité floristique ou faunistique, un patrimoine génétique) en minimisant l'impact de leurs pratiques : repousser les dates de fauches, limiter l'usage d'intrants de synthèse et le travail du sol, traiter à des horaires ou des périodes où

les espèces à enjeux ne sont pas présentes dans les cultures ;

- Favoriser les services rendus par la biodiversité fonctionnelle : mettre en place de haies ou des bandes fleuries pour attirer les auxiliaires de contrôle des ravageurs et les pollinisateurs, installer des perchoirs pour faire venir les rapaces pour réguler les populations de campagnols ;

- Lutter contre les ravageurs des cultures, les oiseaux qui consomment les semences, les campagnols qui retournent les prairies, ou réguler des populations d'animaux ou d'individus pouvant nuire à l'activité de production afin que ceux-ci n'occasionnent pas un niveau de dégâts estimé pénalisant : utiliser des traitements chimiques, des techniques d'effarouchement, etc.

Le cloisonnement entre les éléments constitutifs du système de production que l'agriculteur intègre dans ses choix tactiques et stratégiques, et les éléments extérieurs dont la biodiversité associée, sur lesquels l'agriculteur agit mais ne considère pas comme des objets de gestion, est un postulat qui se retrouve dans les outils et méthodes proposés aux agriculteurs, contribuant ainsi à renforcer cette vision. Par exemple, le BSV (Bulletin de santé du végétal) n'intègre pas le service de régulation apporté par les auxiliaires dans la définition des seuils de traitement ; les suivis de biodiversité se font généralement aux bords des parcelles voir en-dehors de celles-ci ; les actions menées en faveur de la biodiversité concernent principalement les aménagements dans les espaces inter-parcellaires non-productifs.

Ce cloisonnement tient également à l'incertitude propre aux processus biologiques et écologiques caractérisant la biodiversité, dont la réponse aux pratiques mises en œuvre ne peut être anticipée de manière certaine et généralisable. Il est alors difficile et plus risqué de construire une stratégie fondée sur la gestion de la biodiversité et encore plus ambitieux de viser à l'appliquer dans une autre exploitation (Casagrande *et al.*, 2017).

Une difficulté majeure concerne l'intégration des réflexions et décisions prises au niveau de l'exploitation à l'échelle plus vaste du territoire. Ce changement d'échelle amène l'agriculteur à écouter et prendre en compte les points de vue des acteurs locaux non-agricoles (collectivités, agences de l'eau, riverains) dans les choix menés au sein de l'exploitation, pour s'intégrer dans des projets plus vastes d'aménagement et de développement territorial. Les agriculteurs peuvent eux-mêmes s'organiser pour penser les pratiques à des échelles plus pertinentes que leurs seules exploitations lorsqu'il s'agit de « piloter » des éléments de biodiversité, pour mettre en place un réseau de haies par exemple ou assurer une gestion collective des maladies et éviter les résistances (Lannou *et al.*, 2013). Enfin, les dynamiques temporelles des processus biologiques et écologiques peuvent représenter une contrainte face aux impératifs techniques et économiques plus immédiats des systèmes de production, particulièrement en phase de restauration d'un niveau plus élevé de biodiversité (Sabatier, 2010).

Perspectives et enjeux : quelles conséquences sur les types de connaissances à produire et l'organisation des parties prenantes ?

L'état actuel des travaux tant sur les processus biologiques et écologiques et les services écosystémiques que sur les visions et pratiques des agriculteurs, fournit quelques pistes de connaissances à produire et de mode d'organisation des parties prenantes pour faire de la biodiversité une composante mieux intégrée dans les systèmes de production agricole.

Intégrer les connaissances au sein d'un système et raisonner de manière globale

Pour agir, l'agriculteur doit intégrer l'ensemble des connaissances dont il dispose et les opérationnaliser dans sa situation. Cela nécessite de dépasser les approches espèce par espèce, service par service pour étudier les mécanismes des interactions entre espèces et entre services. Il s'agit de mieux comprendre les relations proies/prédateurs mais également le fonctionnement des cortèges d'espèces présentes dans les espaces cultivés. Par exemple, l'efficacité du contrôle biologique dépend davantage de la complémentarité d'actions entre différentes espèces d'auxiliaires que de l'optimisation de l'action d'une espèce (Rusch *et al.* 2016). Tout comme pour les espèces, les évolutions actuelles portent sur la volonté de ne plus considérer les services indépendamment les uns des autres mais de privilégier des approches par « bouquets » de services écosystémiques et de prendre en compte les compromis et arbitrages entre services.

Il convient également de dépasser le clivage entre pratiques intra-parcellaires et aménagements semi-naturels implantés ou maintenus à proximité des parcelles. Les travaux scientifiques apportent certes des avancées sur les effets des infrastructures agro-écologiques (haies, bandes enherbées) et de leur organisation au sein des territoires sur la biodiversité fonctionnelle et associée, mais trop peu de références sont produites à ce jour sur les effets synergiques ou antagoniques entre pratiques intra-parcellaires et aménagements des bordures de parcelles.

Il s'agit enfin d'être en mesure d'appréhender les impacts d'une pratique ciblée sur une espèce et/ou un service sur l'ensemble du système de production. Les interactions fonctionnelles entre les différents compartiments et éléments du système de production amènent des effets induits qu'il est nécessaire d'intégrer dans le raisonnement des pratiques. Par exemple, les interrogations sur l'amélioration du service de pollinisation rendu par les abeilles amène à s'interroger sur le contrôle des adventices dont la floraison est nécessaire à ces mêmes abeilles (Bretagnolle et Gaba, 2015). Le raisonnement peut être poussé plus loin : les carabes participent à la gestion des adventices, donc il faut s'interroger sur les pratiques et les aménagements susceptibles de favoriser les carabes, etc.

Produire des références

Diagnostiquer et suivre l'évolution de la biodiversité et des services associés est une chose mais « gérer la biodiversité » nécessite d'être en mesure d'interpréter les résultats obtenus.

nus et d'en déduire des enseignements pour les pratiques agricoles. Ce travail important de production de références permet de mettre en évidence les facteurs déterminants des liens pratiques/biodiversité/performances et de quantifier l'apport de la biodiversité et de la mise en œuvre de pratiques qui reposent sur elle, sur les performances technico-économiques des exploitations. Actuellement, l'enjeu est donc de disposer de bases de données comprenant à la fois des données sur les pratiques agricoles, les performances technico-économiques des exploitations et la biodiversité pour produire des références permettant aux agriculteurs d'agir et d'ajuster leurs pratiques en fonction des résultats des observations de biodiversité qu'ils mènent sur leur exploitation et de leurs objectifs de performances. La situation de chaque agriculteur étant particulière, il est nécessaire que ces bases et les références produites ne soient pas qu'à une échelle nationale mais qu'elles permettent aux agriculteurs de positionner leurs systèmes et de se comparer à des situations proches bien caractérisées. L'interprétation des références se heurte au fait que les effets observés sont souvent multifactoriels. Il est alors difficile d'évaluer la part imputable à la biodiversité dans les résultats obtenus et donc de les généraliser. Des résultats contradictoires peuvent même être observés sans qu'il soit évident d'en expliquer les causes. Par exemple, si la diversification des systèmes de cultures diminue généralement la pression des ravageurs (Landis *et al.*, 2000; Scherber *et al.*, 2010), l'inverse peut se produire (Hummel *et al.*, 2010).

Produire des connaissances, des outils et des méthodes pour permettre aux agriculteurs de piloter eux-mêmes leur système

Conscients du fait que la plupart des résultats et expériences sont difficilement généralisables, qu'il est souvent difficile de prévoir dans un contexte donné les impacts des pratiques sur la biodiversité et de la biodiversité sur les performances, et que les agriculteurs doivent agir malgré les incertitudes, les acteurs de la recherche et du développement travaillent sur la mise à disposition de méthodes et ressources permettant aux agriculteurs et aux personnes qui les accompagnent et les conseillent, de définir et d'ajuster eux-mêmes leurs pratiques en fonction des observations qu'ils mènent, à travers l'utilisation d'« outils d'apprentissage » (Duru *et al.*, 2015).

Cet ensemble recouvre des outils et méthodes de diagnostics et de suivis simples et rapides. Les méthodes actuellement proposées aux agriculteurs et aux conseillers agricoles portent sur (i) des mesures directes d'espèces identifiées comme à enjeux pour leur dimension patrimoniale (papillon, flore), leur capacité à refléter l'état écologique de l'agro-éco-système (oiseaux) ou leur contribution potentielle à un service écosystémique (pollinisateurs, vers de terre, carabes, syrphes) ou (ii) des mesures indirectes à partir des habitats présents sur le territoire de l'exploitation (surface en infrastructures agro-écologiques). La principale difficulté rencontrée par les acteurs agricoles pour les mesures directes n'est pas tant d'observer ou de recueillir les espèces mais de les identifier. Ces dernières années, des efforts ont été faits pour concevoir et diffuser des ressources pour faciliter ce travail. Pour les auxiliaires de bio-contrôle nous

pouvons par exemple citer les ouvrages évoqués ci-dessus (ACTA, 2017, Villenave-Chasset, 2017), les outils produits dans le cadre du CASDAR Auximore, ou des outils fondés sur les traits fonctionnels (par exemple : taille des carabes - Rouabah *et al.*, 2014).

Ces suivis reposent sur les postulats que la présence des espèces à proximité des parcelles peut être directement liée aux pratiques intra-parcellaire et que la simple présence d'espèces pouvant fournir un service garanti que celui-ci est véritablement rendu. Ces postulats étant largement discutés, des efforts sont menés pour proposer des méthodes de suivi portant sur le service effectivement apporté. Certaines sont déjà utilisées dans des dispositifs expérimentaux (cages à exclusion, proies sentinelles, analyse ADN des contenus stomachaux) (cf. par exemple le projet SEBIOPAG [12]), mais les dispositifs suffisamment simples et bon marchés pouvant être mis en œuvre par les agriculteurs restent à produire. Ainsi, par exemple, le CASDAR ARENA porté par ARVALIS-Institut du végétal lancé en 2017 [13] vise à mettre à disposition des agriculteurs et de leurs conseillers des méthodes d'observation pour évaluer la contribution des auxiliaires à la régulation des ravageurs en grandes cultures. D'autres « outils d'apprentissage » concernent l'interprétation des mesures et leur traduction en pratiques nouvelles ou ajustées. Cette dimension d'aide à la décision utile aux agriculteurs et à leurs conseillers nécessite de fournir des clés de compréhension et d'interprétation pour déduire des résultats des suivis et observations des ajustements de pratiques et/ou de nouvelles pratiques ou de nouveaux aménagements paysagers à envisager. Pour le moment, cette phase d'interprétation et de traduction des résultats des diagnostics en plan d'actions repose beaucoup sur l'expertise, le savoir empirique et le partage d'expérience.

Conclusion

Du chemin a été parcouru dans la prise de conscience par les acteurs agricoles de la nécessité d'intégrer la biodiversité dans le choix des pratiques et le raisonnement des systèmes de production ainsi que dans la production de connaissances opérationnelles pour les y aider. De nombreux challenges restent encore à relever, que ce soit dans la compréhension des liens entre biodiversité et services écosystémiques, ou dans la production de références et leur traduction en propositions d'actions.

La production de ces connaissances nécessite de décloisonner les disciplines et les acteurs. Les travaux autour de la biodiversité faisant appel à des processus naturels contextualisés, ils laissent une place conséquente aux savoirs empiriques et aux observations et expérimentations en situation. En plaçant les acteurs de terrain au cœur des processus d'innovation, ils incitent à repenser l'organisation de la chaîne de recherche-développement-innovation et le rôle des acteurs dans celle-ci. En complémentarité des projets de recherche et développement, l'enjeu est de mettre en place des dispositifs capables d'identifier les innovations et adaptations de terrain, de les discuter et de les qualifier afin de favoriser leur diffusion. Les initiatives déjà menées dans ce sens, telles que les entretiens du Pradel 2015 sur les savoirs en action (AFA, 2016) doivent être développées.

Bibliographie

Sites internet :

- 1 - <http://www.rmt-biodiversite-agriculture.fr>
- 2 - <https://www.cbd.int/doc/world/fr/fr-nr-05-fr.pdf>
- 3 - <http://vigienature.mnhn.fr/page/produire-des-indicateurs-partir-des-indices-des-especes-habitat>
- 4 - <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/>
- 5 - <http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/>
- 6 - http://www.bva.fr/fr/sondages/perception_de_lagro-ecologie_par_les_agriculteurs_francais.html
- 7 - http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2015/04/plaquette_muscari.pdf
- 8 - <http://www.picleg.fr/Les-Projets-acheves/Agath>
- 9 - <http://www.ecoserv.inra.fr/>
- 10 - <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/evaluation-francaise-des-ecosystemes-et-des-services-ecosystemiques>
- 11 - <https://www.sfecologie.org/regard/r24-dore/>
- 12 - <http://sebiopag.inra.fr/>
- 13 - <http://arena-auximore.fr/>

Afa, 2016, *Savoirs agronomiques pour l'action*, Agronomie, environnement & sociétés, 6(2), Décembre 2016, 226 p.

ACTA, 2017, *Les auxiliaires des cultures - biologie, écologie, méthodes d'observation et intérêt agronomique*, ACTA Editions, 263 p.

Benoît M., 2014, *Réduction de la diversité liée à la spécialisation des grandes cultures dans le bassin de la Seine : une simplification des systèmes de culture permise par un usage accru des pesticides*, Actes du colloque « Perte de biodiversité et vulnérabilité sanitaire des systèmes de production », ANSES, 25 juin 2014, 2 p.

Bretagnolle V. et Gaba S., 2015, *Weeds for bees? A review*, *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), pp. 891-909.

Cardinale B.J., Duffy J.E., Gonzalez J., Hooper D.U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G.M., Tilman D., Wardle D.A., Kinzig A.P., Daily G.C., Loreau M., Grace J.B., Larigauderie A., Srivastava D.S. et Naeem S., 2012, *Biodiversity loss and its impact on humanity*, *Nature*, 486, pp. 59-67.

Casagrande M., Alletto L., Naudin C., Lenoir A., Siah A. et Celette F., 2017, *Enhancing planned and associated biodiversity in French farming systems*, *Agron. Sustain. Dev.*, 37:57, 16 p.

Chevassus-au-Louis B. et Griffon M., 2008, *La nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique*, *La nouvelle modernité*, Le Demeter 2008, pp. 7-48.

Chevassus-au-Louis B., Salles J.-M., Bielsa S., Richard D., Martin G. et Pujol J.-L., 2009, *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes – Contribution à la décision publique*, *Centre d'analyse stratégique*, Rapports et documents, 378 p.

Durand L., Cipièrre M., Carpentier A.-S. et Baudry J., Coord., 2013, *Concilier agriculture et gestion de la biodiversité - Dynamiques sociales, écologiques et politiques*, Editions Quae, 319 p.

Duru M., Théron O., Martin G., Martin-Clouaire R., Magne M.-A., Justes E., Journet E.-P., Aubertot J.-N., Savary S., Bergez J.-E. et Sarthou J.-P., 2015, *How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services : a review*, *Agron. Sustain. Dev.*, 35, pp. 1259-1281.

Gallai N., Salles J.-M., Settele J. et Vaissière B., 2009, *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*, *Ecological Economics*, pp 810-821.

Griffon M., 2013, *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive*, Editions Quae, 224 p.

Hainzelin E., 2013, *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*, Editions Quae, 264 p.

Henry M., Odoux J.F., Alaux C., Aupinel P., Bretagnolle V., Di Pasquale G., Requier F., Rollin O. et Decourtye A., 2016, *Alimentation des abeilles domestiques et sauvages en systèmes de grandes cultures*, *Innovations Agronomiques*, 53, pp. 39-47.

Hummel J.D., Dosdall L.M., Clayton G.W., Harker et K.N., O'Donovan J.T., 2010, *Responses of the parasitoids of *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) to the vegetational diversity of intercrops*, *Biological Control*, 55, pp. 151-158.

IPBES, 2016, *Résumé à l'intention des décideurs du rapport d'évaluation de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques concernant les pollinisateurs, la pollinisation et la production alimentaire*, S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis et B. F. Viana (eds.), *Secrétariat de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques*, Bonn, Allemagne, 36 p.

Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M., 2000, *Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture*, *Annu Rev. Entomol.*, 4, pp. 175-201.

Lannou C., Papaix J., Monod H., Raboin L.-M. et Goyeau H., 2013, *Gestion de la résistance aux maladies à l'échelle des territoires cultivés*, *Innovations Agronomiques*, 29, pp. 33-44.

Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.P., Trommetter M. (eds.), 2008. *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*, INRA, 116 p.

Lescourret F., Magda D., Richard G., Adam-Blondon A.-F., Bardy M., Baudry J., Doussan I., Dumont B., Lefèvre F., Litrico I., Martin-Clouaire R., Montuelle B., Pellerin S., Plantegegnest M., Tancoigne E., Thomas A., Guyomard H. et Soussana J.F., 2015, *A social-ecological approach to managing multiple agroecosystem services*, *Environmental Sustainability*, 14, pp. 68-75.

- Lohaus K., Vidal S. et Thies C., 2013, Farming practices change food web structures in cereal aphid-parasitoid-hyperparasitoid communities, *Oecologia*, 171, pp. 249-259.
- MacFadyen S., Gibson R., Polaszek A., Morris R.J., Craze P.G., Planque R., Symondson W.O.C. et Memmott J., 2009, Do differences in food web structures between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control ?, *Ecology Letters*, 12, pp. 229-238.
- Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Bultaut J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., 2013, Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques, Synthèse du rapport d'étude INRA, 92 p.
- Papy F. et Torre A., 2002, Quelles organisations territoriales pour concilier production agricole et gestion des ressources naturelles ?, *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, INRA Editions, pp.151-169.
- Reboud X. et Malézieux E., 2015, *Vers une agroécologie biodiverse : enjeux et principaux concepts mobilisés*, *Innovations Agronomiques*, 43, pp. 1-6.
- Ricard J.M., Garcin A., Jay M. et Mandrin J.F., 2012, *Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière*, CTIFL, 472 p.
- Rouabah A., Lasserre-Joulin F., Amiaud B., et Plantureux S., 2014, *Emergent effects of ground beetles size diversity on the strength of prey suppression*, *Ecological Entomology*, 39, 47-57.
- Rusch A., Chaplin-Kramer R., Gardiner M.M., Hawro V., Holland J., Landis D., Thiers C., Tschardt T., Weisser W.W., Winqvist C., Woltz M. et Bommarco R., 2006, *Agriculture landscape simplification reduces natural pest control : a quantitative synthesis*, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, pp. 198-204.
- Sabatier R., 2010, *Multi-scale trade-off between agricultural production and biodiversity in a grassland agroecosystem*, *Animal biology*, AgroParisTech, 229 p.
- Salles J.-M., 2010, *Evaluer la biodiversité et les services écosystémiques : pourquoi, comment et avec quels résultats ?*, Dossier « Le réveil du Dodo », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 18, n°4, pp. 414-423.
- Schaller N., 2013, *L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs*, MAA, Publication du service de la statistique et de la prospective - Centre d'études et de prospective, 59, 4 p.
- Scherber et al., 2010, *Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment*, *Nature*, 468, pp. 553-556.
- Sentenac G., Coord., 2011, *La faune auxiliaire des vignobles de France*, Editions La France Agricole, 422 p.
- SOLAGRO, ACTA, 2012, *Affichage environnemental Construction d'un indicateur de biodiversité pour les produits agricoles*, Rapport final, CGDD-MEDDTL, 63 p.
- Van Lenteren J.C. (Eds.), 2008, *Current situation of biological control*, IOBC Internet Book of Biological Control, version 5, pp. 41-51.
- Villenave-Chasset J., 2017, *Biodiversité fonctionnelle Protection des cultures et auxiliaires sauvages*, Editions La France Agricole, 148 p.
- Wartelle R., Gross H., Arnault I., Robert C., Tosser V., Preud'Homme R-L., Chabert A., Lasserre-Joulin F., Robineau C., Lescaudron C., Rimbaud A. et Demade M., 2017, *Auximore : optimiser le contrôle biologique des bio-agresseurs en systèmes de grandes cultures*, *Innovations Agronomiques*, 55, 1-11.
- Wezel A., Bellon S., Doré T., Francis C., Vallod D. et David C., 2009, *Agroecology as a science, a movement and a practice*, *Agronomy for Sustainable Development*, 13 p.
- Zulian G., Maes J. et Paracchini M.L., 2013, *Linking land cover data and crop yields for mapping and assessment of pollination services in Europe*, *Land*, 2, pp. 472-492.