

ANR-13-AGRO-0001

AGROBIOSE

Programme Agrobiosphere 2013

A	IDENTIFICATION	2
B	RESUME CONSOLIDE PUBLIC	2
	B.1 Résumé consolidé public en français	2
	B.2 Résumé consolidé public en anglais.....	4
C	MEMOIRE SCIENTIFIQUE	5
	C.1 Résumé du mémoire	5
	C.2 Enjeux et problématique, état de l'art	6
	C.3 Approche scientifique et technique.....	8
	C.4 Résultats obtenus	9
	C.5 Exploitation des résultats.....	12
	C.6 Discussion	12
	C.7 Conclusions.....	13
D	LISTE DES LIVRABLES	13
E	IMPACT DU PROJET	14
	E.1 Indicateurs d'impact	14
	E.2 Liste des publications et communications.....	15
	E.3 Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)	18
	E.4 Bilan et suivi des stagiaires.....	19

Ce document est à remplir par le coordinateur en collaboration avec les partenaires du projet. L'ensemble des partenaires doit avoir une copie de la version transmise à l'ANR.

Ce modèle doit être utilisé uniquement pour le compte-rendu de fin de projet.

A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	AGROBIOSE
Titre du projet	Biodiversité et services écosystémiques en agro-écosystèmes céréaliers intensifs : utilisation des concepts de l'agro-écologie pour atteindre les objectifs ECOPHYTO 2018
Coordinateur du projet (société/organisme)	Vincent BRETAGNOLLE, CEBC-CNRS
Date de début du projet	1/1/2014
Date de fin du projet	31/12/2018 (après accord de prolongation d'un an)

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	Bretagnolle Vincent
Téléphone	0549097817
Courriel	breta@cebc.cnrs.fr
Date de rédaction	Janvier 2019

B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

B.1 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

Les solutions fondées sur la Nature, réponse au défi ECOPHYTO

AGROBIOSE avait pour objectif de réduire le recours aux herbicides, en proposant des scénarios tirant profit des régulations écologiques (contrôle biologique notamment), de la parcelle à l'échelle des territoires.

La réduction du recours aux herbicides engendre une augmentation de la biodiversité.

L'avenir des systèmes agricoles intensifs, dans le contexte du changement climatique, est un défi considérable: l'agriculture de demain devra fournir des solutions innovantes qui soient acceptables pour la société civile, tout en produisant suffisamment de nourriture, et en intégrant enfin les objectifs environnementaux. Le Plan Ecophyto 2018, issu du Grenelle en 2007, avait pour objectif principal d'identifier et d'innover, puis de diffuser, les meilleures pratiques à faibles usages de pesticides. Le but d'AgrobioSE était précisément de relever ce défi. Trois hypothèses de recherche structuraient AgrobioSE: 1 / maintenir les rendements de l'agriculture intensive actuelle tout en réduisant l'utilisation d'herbicides nécessite de combiner des initiatives locales (pratiques agricoles, rotation des cultures) et des innovations à l'échelle des territoires (organisation des paysages, co-construction par les acteurs et l'action publique); 2 / nous attendions une réponse globalement positive de la biodiversité en cas de réduction de 50% l'utilisation de pesticides ; enfin 3 / l'amélioration des processus de régulation, à son tour, pouvait augmenter la production agricole (au bénéfice des agriculteurs) et les services socio-culturels.

Synergie entre approches expérimentales avec les agriculteurs, approches empiriques et approches de modélisation sur la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre

Notre objectif scientifique était d'évaluer si les services écosystémiques que la biodiversité génère peuvent fournir un cadre formel pour des solutions durables pour la conception de systèmes innovants par les agriculteurs, systèmes construits collectivement. Quatre axes ont

structuré AGROBIOSE: une animation scientifique collective, une recherche théorique pour lever les verrous scientifiques, une recherche plus appliquée visant à quantifier les processus et services écosystémiques, et enfin une évaluation de scénarios innovants par modélisation. Le site d'étude principal est la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre, où le CEBC-CNRS anime les contrats agroenvironnementaux, qui permettent de vérifier les effets de pratiques herbicides réduites (une situation proche d'un essai pilote d'Ecophyto 2018). Nous avons réuni pour cela un consortium multidisciplinaire de 40 chercheurs et techniciens permanents de 6 laboratoires pour produire les connaissances, les outils et les innovations nécessaires au développement d'un tel système innovant.

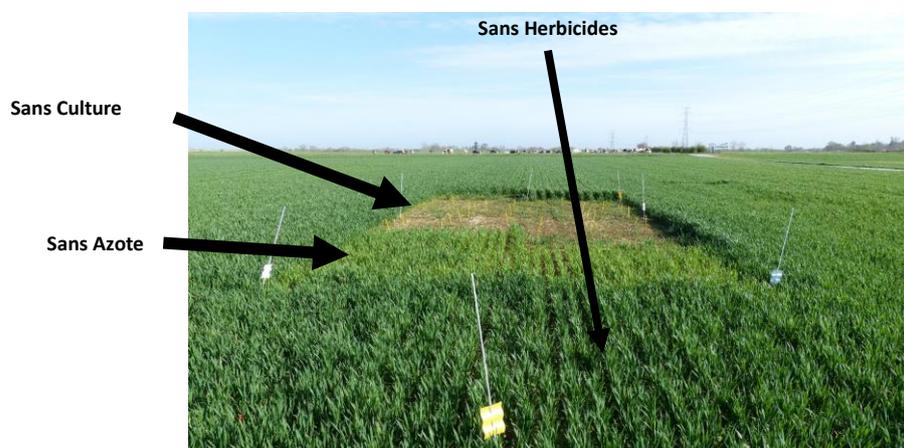
Résultats majeurs

Le premier résultat majeur obtenu concerne une confirmation du bien-fondé du Plan Ecophyto. A travers des expérimentations menées, chez, avec et pour les agriculteurs de la Zone Atelier, nous avons en effet démontré sur deux années qu'il est tout à fait possible de réduire le recours aux intrants (herbicides, mais aussi azote) de façon substantielle, en particulier dans les systèmes de culture les plus intensives, sans pour autant affecter le rendement, et donc en augmentant le revenu (marges brutes) puisque les charges diminuent. Ces expérimentations ont ensuite été déployées sur de plus grandes surfaces, sur d'autres cultures (colza, maïs, tournesol), et enfin sur d'autres services, puisque nous avons également montré expérimentalement le rôle considérable que jouent les insectes pollinisateurs sur les rendements et revenus de colza et de tournesol.

Perspectives

AGROBIOSE a ainsi démontré la valeur heuristique d'une approche agro-écologique reposant sur les solutions fondées sur la Nature. L'objectif est maintenant de disséminer ces résultats autour de deux axes : sur la Zone Atelier, convaincre un nombre croissant d'exploitants d'utiliser et d'appliquer ces conclusions à leurs parcelles. En dehors de la Zone Atelier, il est maintenant nécessaire de vérifier et valider ces résultats obtenus dans d'autres contextes pédoclimatiques, avant de les présenter comme des solutions généralisables.

Le projet a également permis de publier **32** articles scientifiques dans des revues internationales, dont plusieurs ont eu de forts retentissements dans la presse (3 pages par exemple dans le Monde, en juin 2016).



Une parcelle expérimentale en 2014 sur la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre

AGROBIOSE est un projet de recherche-action, ayant des objectifs finalisés et de transfert auprès du monde agricole mais aussi des citoyens qui habitent les zones rurales. Il est coordonné par Vincent Bretagnolle, et associe le CNRS, l'INRA, l'ONCFS et deux universités. Il a démarré en 2014 et s'est terminé fin 2018, pour une durée totale de 60 mois, une aide de l'ANR d'un montant de 650 000 euros pour un budget total de l'ordre de 1,5 million d'euros.

B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

Nature-based solutions, a response to the ECOPHYTO challenge

The aim of AGROBIOSE was to provide nature-based solutions to improve ecological regulation, at the field and the landscape scale, in order to reduce the use of herbicides.

The reduction in herbicide use improves biodiversity.

Evolving the management of intensive farming systems, in the context of climate change, is a major challenge: tomorrow's agriculture will have to adopt innovative management solutions that are acceptable to civil society, by producing enough, high quality food while meeting our environmental objectives for sustainability. The Ecophyto Plan 2018, which arose out of the Grenelle de l'Environnement in 2007, has a core objective to identify, innovate and disseminate the best practices and management for low pesticide usage. The goal we set for AgrobioSE was explicitly to meet this challenge. Three research hypotheses, and their expectations, structured the work in AgrobioSE: 1) we postulated that reducing the use of herbicides in current intensive agricultural systems, whilst maintaining crop yield, would require the combination of local initiatives (agricultural practices, crop rotation) and innovative management at the territorial level (landscape organization, co-construction by actors and public action); 2) we expected a global increase in biodiversity under conditions of a 50% reduction in the use of pesticides; and finally, 3) we predicted that improving ecological processes of regulation would increase agricultural productivity (for the benefit of farmers) and socio-cultural services.

Synergy between experiments, empirical analysis and modelling in the Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre

Our scientific objective was to assess whether the ecosystem services that are delivered by agricultural biodiversity would provide a formal framework for sustainable solutions (i.e. systems co-developed with stakeholders) arising from farmer-adoption of innovative systems. AGROBIOSE was organised into four axes of work: joint scientific activities between project partners; theoretical research to breach the scientific limitations in adopting new practices; applied research to quantify real-world ecosystem processes and services; and, an evaluation of innovative management solutions supported by systems modelling. The main study site was the Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre, where the CEBC-CNRS is responsible for agri-environmental contracts, in which the predicted effects of reduced herbicide practices could be tested in the real-world conditions of the Ecophyto Plan 2018. The project consortium consisted of some 40 researchers and permanent technicians, from 6 research laboratories to produce the knowledge, tools and innovation needed to develop the innovative, low-herbicide systems envisioned.

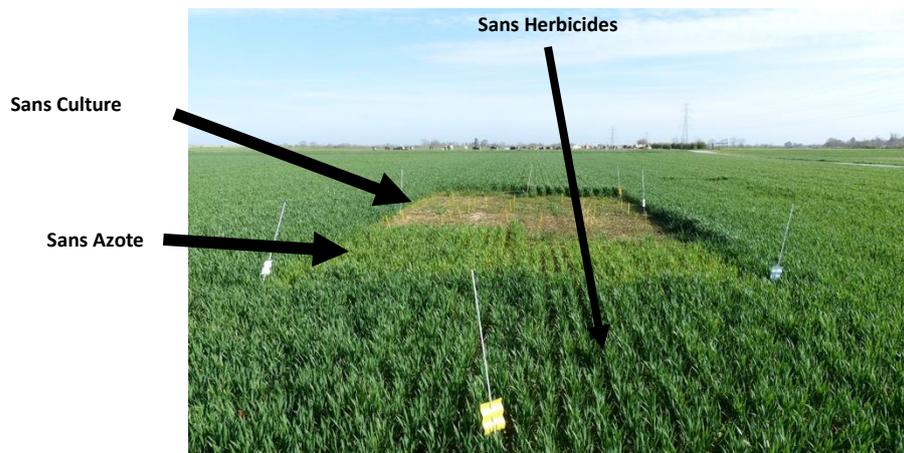
Major results

The key AGROBIOSE output was that the objective of the Ecophyto Plan 2018 to reduce herbicide reduction could be achieved. Using two-year experiments, co-developed with farmers in the Zone Atelier, we demonstrated that it is possible to reduce substantially herbicide and nitrogen inputs without affecting crop yields, with the result that farmer

income (gross margins) increased. These experiments were then deployed over a wider area and to other crops (rapeseed, maize, sunflower). We showed that other services also benefitted, most notably pollinators and yields in oilseed rape and sunflower.

Prospects

AGROBIOSE has demonstrated, in practice, the value of agro-ecological approaches providing “Nature-based solutions”. AGROBIOSE partners will now disseminate these results within the Zone Atelier, by increasing the number of farmers involved in the experimental demonstration, and more widely by evaluating and validating our expectations over a wider range of pedoclimatic conditions. This will assure that the solutions we have co-developed are generalizable under a wide variety of real-world situations.



An experimental plot in 2014

During the project, we published 32 scientific articles, several of which had strong impact and were put out in press release or in press articles (e.g. 3 pages in Le Monde, in June 2016).

AGROBIOSE is a research-action project, with the aim of transferring practical and acceptable management to the agricultural world and to citizens living in these rural areas. It was coordinated by Vincent Bretagnolle, and associated CNRS, INRA, ONCFS and two Universities. AGROBIOSE launched in 2014 and was completed at the end of 2018, for a total duration of 60 months. The ANR providing financial assistance amounting to 650,000 euros for a total budget of around 1.5 million euros.

C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

Mémoire scientifique confidentiel : non

C.1 RESUME DU MEMOIRE

AGROBIOSE avait pour objectif de réduire le recours aux herbicides, en proposant des scénarios tirant profit des régulations écologiques (contrôle biologique notamment) de la parcelle à l'échelle des territoires.

L'avenir des systèmes agricoles intensifs, dans le contexte du changement climatique, est un défi considérable: l'agriculture de demain devra fournir des solutions innovantes qui soient

acceptables pour la société civile, tout en produisant suffisamment de nourriture, et en intégrant enfin les objectifs environnementaux. Le Plan Ecophyto 2018, issu du Grenelle de l'Environnement (2007), avait pour objectif principal d'identifier et d'innover, puis de diffuser, les meilleures pratiques à faible usage de pesticides. Le but d'AgrobioSE était précisément de relever ce défi. Trois hypothèses de recherche structurent AgrobioSE: 1 / maintenir les rendements de l'agriculture intensive actuelle tout en réduisant l'utilisation d'herbicides nécessitera de combiner des initiatives locales (pratiques agricoles, rotation des cultures) et des innovations à l'échelle des territoires (organisation des paysages, co-construction par les acteurs et l'action publique); 2 / nous attendons une réponse globalement positive de la biodiversité en cas de réduction de 50% l'utilisation de pesticides ; enfin 3 / l'amélioration des processus de régulation, à son tour, peut augmenter la production agricole (au bénéfice des agriculteurs) et les services socio-culturels.

Notre objectif scientifique était d'évaluer si les services écosystémiques que la biodiversité génère peuvent fournir un cadre formel pour des solutions durables issues de la mise en œuvre de systèmes innovants par les agriculteurs, systèmes construits collectivement. Quatre axes ont structuré AGROBIOSE: une animation scientifique collective, une recherche théorique pour lever les verrous scientifiques, une recherche plus appliquée visant à quantifier les processus et services écosystémiques, et enfin une évaluation de scénarios innovants par modélisation. Le site d'étude principal est la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre, où le CEBC-CNRS anime les contrats agroenvironnementaux, qui nous permettront de vérifier les effets de pratiques herbicides réduites (une situation proche d'un essai pilote d'Ecophyto 2018). Nous avons réuni pour cela un consortium multidisciplinaire de 40 chercheurs et techniciens permanents de 6 laboratoires pour produire les connaissances, les outils et les innovations nécessaires au développement d'un tel système innovant.

Le premier résultat majeur obtenu concerne une confirmation du bien-fondé du Plan Ecophyto. A travers des expérimentations menées, chez, avec et pour les agriculteurs de la Zone Atelier, nous avons en effet démontré sur deux années qu'il est possible, en particulier dans les parcelles les plus intensivement gérées, de réduire le recours aux intrants (herbicides, mais aussi azote) de façon substantielle sans pour autant affecter le rendement, et donc en augmentant le revenu (marges brutes) puisque les charges diminuent. Ces expérimentations ont ensuite été déployées sur de plus grandes surfaces, sur d'autres cultures (colza, maïs, tournesol), et enfin à d'autres services, puisque nous avons également montré expérimentalement le rôle considérable que jouent les insectes pollinisateurs sur les rendements et revenus de colza et de tournesol.

AGROBIOSE a ainsi démontré la valeur heuristique d'une approche agro-écologique reposant sur les solutions fondées sur la Nature. L'objectif est maintenant de disséminer ces résultats autour de deux axes : sur la Zone Atelier, convaincre un nombre croissant d'exploitants d'utiliser et d'appliquer ces conclusions à leurs parcelles, et en dehors de la Zone Atelier, vérifier et valider ces résultats obtenus dans d'autres contextes pédoclimatiques, avant de les présenter comme des solutions généralisables.

Le projet a également permis de publier 32 articles scientifiques dans des revues internationales, dont plusieurs ont eu de forts retentissements dans la presse (3 pages par exemple dans le Monde, en juin 2016).

C.2 ENJEUX ET PROBLEMATIQUE, ETAT DE L'ART

Concevoir des systèmes d'agriculture durables dans le contexte du changement global est un défi considérable. L'agriculture de demain devra proposer des solutions innovantes

acceptables pour la société civile et produisant suffisamment de nourriture, tout en intégrant les objectifs environnementaux dans un contexte mondial caractérisé par une incertitude croissante. En réponse aux préoccupations croissantes concernant l'impact environnemental des résidus d'herbicides dans les eaux de surface ou souterraines, des innovations dans le domaine de l'agronomie ont été proposées pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement. En premier lieu, les **systèmes de gestion intégrée des adventices** ont été développés pour limiter leur infestation avec une faible dépendance aux herbicides, et sans effets secondaires sur la productivité et la performance économique globale du système. Cependant ces expériences ont été limitées aux échelles de la parcelle et ne tiennent pas compte des services écosystémiques autres que la productivité des cultures. **AgrobioSE** s'intéresse à l'échelle du territoire et intègre les services de régulation, de pollinisation et enfin les services socio-culturels. En parallèle, plus récemment, la science écologique a été intégrée dans les mesures de gestion des écosystèmes au profit de l'humanité et de la nature. **L'intensification écologique** propose d'intensifier l'utilisation des fonctionnalités naturelles fournies par les écosystèmes pour augmenter la production agricole. Une hypothèse clé de ce concept est que l'agriculture pourrait bénéficier de processus et fonctionnalités écologiques pour augmenter le rendement et protéger les cultures contre les ravageurs et agents pathogènes. En supposant que la réduction de 50% de l'utilisation des herbicides prescrite dans Ecophyto 2018 ait lieu, nous devons saisir cette occasion pour promouvoir une gestion innovante et agro-écologique des plantes adventices, aux niveaux individuel et collectif, aux niveaux local et mondial. Nous postulons que cette réduction de l'utilisation des herbicides augmentera l'efficacité des processus de régulation (pollinisation, contrôle biologique) et des fonctions dans l'agro-écosystème, et fournira des services écosystémiques au bénéfice de toutes les parties prenantes (agriculteurs et citoyens). Notre objectif scientifique était donc d'évaluer si les services écosystémiques que la biodiversité supporte peuvent fournir des solutions durables et prévisibles grâce à la mise en œuvre de systèmes de production agricole innovants construits collectivement par les parties prenantes.

L'objectif est donc double : (i) A l'échelle des exploitations, rechercher de nouveaux systèmes de production afin de réduire la dépendance aux pesticides tout en contrôlant la pression des ravageurs et (ii) A l'échelle des territoires, maintenir (si possible) les rendements à l'échelle de l'exploitation de l'agriculture intensive actuelle tout en réduisant les impacts environnementaux. Les objectifs à atteindre sont donc potentiellement contradictoires ; pourtant ces conflits pourraient être résolus en pratique si l'on intègre la production agricole dans le cadre des services écosystémiques et dans l'agro-écologie des territoires, ce qui nécessite cependant une meilleure compréhension des processus écologiques et une connaissance précise des relations entre la biodiversité, les services écosystémiques et la production agricole. Toutefois, cette connaissance critique, et les options de gestion qui concilient biodiversité et production restent à trouver.

AgrobioSE s'intéresse fondamentalement à la gestion alternative de la santé des plantes, objet central d'ECOPHYTO. Un domaine clé pour lequel Ecophyto a échoué jusqu'ici concerne l'utilisation des herbicides pour gérer les plantes adventices puisque les herbicides représentent à eux seuls 40% de l'utilisation des pesticides en France. Dans ce contexte, le succès du plan Ecophyto 2018 repose sur la réduction des herbicides, laquelle apparaît actuellement comme un objectif loin d'être atteint : en 2018, le recours aux pesticides a globalement augmenté. S'adressant à la problématique des herbicides, le défi principal d'ECOPHYTO, **AgrobioSE** utilise les systèmes de conception innovante mis en place sur la ZA-PVS (grâce aux mesures agr-environnementales (MAE) et à la recherche intervention

menée avec les coopératives et les agriculteurs) et sur l'essai PIC (protection intégrée des cultures) d'Epoisses (aujourd'hui plateforme CA-SYS). **AgrobioSE** a fourni des avancées scientifiques fiables et en temps opportun pour accompagner Ecophyto, en offrant nos analyses et capacités d'évaluation pour aider les acteurs impliqués dans l'élaboration de changements, en favorisant la fourniture de services écosystémiques (processus écologiques tels que la régulation biologique). Sur la zone d'étude de Chizé, la ZA-PVS, 10 000 ha en MAE permettent de tester les effets de la réduction (partielle ou totale) des herbicides, et nous ambitionnons de faire de cette zone d'étude l'équivalent à l'échelle régionale d'une ferme Ecophyto. L'un des partenaires du projet (Nicolas Munier-Jolain, UMR Agroécologie INRA Dijon) **AgrobioSE** est impliqué dans le réseau de fermes DEPHY, à la fois en participant à la gestion du réseau au niveau national et en menant un projet de recherche (SCEP-DEPHY) visant à identifier et caractériser les systèmes de culture alliant faibles apports de pesticides et de la rentabilité économique.

En outre, **AgrobioSE** intègre 3 composantes du changement global qui interagissent avec les objectifs et la mise en place d'ECOPHYTO : le changement d'usage des terres, le changement climatique et la perte de biodiversité. Notre ambition était donc de les traiter simultanément et en interaction. Ainsi, nous avons proposé de (i) contribuer directement à la réalisation des objectifs Ecophyto grâce à la recherche fondamentale et appliquée, et d'(ii) également diffuser nos résultats au sein du réseau DEPHY. Dans l'axe 2, nous avons ciblé des concepts innovants, co-construits avec les acteurs, de systèmes de production éco-efficaces. Nous avons proposé des outils innovants pour l'étude des services écosystémiques, et montré comment la biodiversité génère et maintient ces services, la façon dont ces services présentent une alternative au modèle agricole intensif classique, qui s'appuie principalement sur l'utilisation massive d'intrants de synthèse, et enfin comment la société peut s'approprier l'existence et la gestion de ces services dans les territoires.

C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Le projet s'est articulé autour de quatre axes: une animation scientifique collective; un axe de recherche théorique pour combler les principales lacunes en matière de connaissances scientifiques; recherche conçue pour quantifier, de manière opérationnelle, les processus et les services écosystémiques; et enfin une évaluation de scénarios techniques innovants en combinaison avec une modélisation exploratoire. Le projet combine donc des approches empiriques (axe 2), des tests d'hypothèses expérimentales (axe 3), des recherches opérationnelles via la conception de systèmes entre parties prenantes (axes 1 et 4), et enfin via une modélisation générique et prédictive (axe 4) permettant d'évaluer la pertinence et la durabilité des scénarios de gestion proposés. AgrobioSE propose des tests et valide des stratégies de gestion consensuelles et optimales dans les systèmes céréaliers intensifs du pays. Nous avons étudié des exploitations situées dans une zone désignée pour sa grande valeur en termes de biodiversité (NATURA 2000), facilitant l'identification des conditions écologiques, agronomiques, économiques et sociales qui favorisent une agriculture productive, viable et durable, acceptée par les citoyens. L'étude a donc été menée sur le site d'études de recherche écologique à long terme Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre (45 000 ha), où le CEBC-CNRS promeut et coordonne déjà des mesures agri-environnementales (MAE), ce qui nous a permis de vérifier les effets de la réduction d'usage d'herbicides (c'est-à-dire une situation proche d'un essai pilote d'Ecophyto 2018). Nous avons étudié en particulier les interactions entre la production des cultures (rendement), leur gestion (itinéraires techniques et systèmes de culture) et la dynamique de la biodiversité et des

services associés (contrôle biologique, pollinisation, valeur culturelle). Nous nous sommes focalisés sur les plantes adventices, et les organismes associés au travers des relations mutualistes et trophiques à la base de services écosystémiques impliquées (contrôle biologique, pollinisation) dans la production agricole intensive systèmes. Nous avons réuni un consortium multidisciplinaire de chercheurs et de professionnels pour produire les connaissances, les outils et les innovations nécessaires au développement d'un tel système de production agricole. Notre projet se place dans le cadre du Plan ECOPHYTO, pour lequel nous avons souhaité fournir des avancées scientifiques et des orientations liées aux services écosystémiques. Nous avons en particulier étudié s'il est possible de gérer les systèmes agricoles en renforçant les processus écologiques tels que la régulation biologique. Par exemple, les partenaires impliqués dans **AgrobioSE** ont déjà recueilli des connaissances sur les traits fonctionnels des adventices (graines et fleurs), et ont conçu des expériences de prédation sélective pour comprendre les relations entre les adventices et les services écosystémiques. Dans le cadre du projet, nous avons mis en place, en conditions réelles, ces acquis. Nous nous sommes également intéressés au effet des mesures agri-environnementales sur la biodiversité et ses fonctions. En effet, les préoccupations du public et des politiques nationales ont conduit à l'élaboration de MAE, dont certaines ciblent la réduction d'application de pesticides. L'agriculture biologique (AB) en est un cas extrême. L'effet des MAE (y compris celles réduisant les pesticides, et y compris l'AB) sur la biodiversité fait encore l'objet de controverses, entre autres parce que ces effets dépendent des taxons, mais aussi des paysages. Sur la Zone Atelier-Plaine & Val de Sèvre près de 10 000 ha de MAE ont été contractualisées par le CNRS Chizé, dont 1 300 ha en agriculture biologique, et leurs effets sur la biodiversité sont mesurés depuis 2004. Ceci permet de conduire des analyses empiriques dans des paysages contrastés.

AgrobioSE vise donc à quantifier le lien entre la biodiversité, les fonctions et les services tout en tenant compte des interdépendances et des conflits entre les différents services de l'écosystème (par exemple contre les services de régulation et production). En outre, **AgrobioSE** propose un cadre et une méthode de résolution de ces compromis en lien avec ceux entre les parties prenantes (par exemple les agriculteurs et ONG) à travers une animation collective. Dans ce projet, nous avons utilisé des outils agro-écologiques qui ont été conçus pour analyser et quantifier empiriquement par la manipulation expérimentale sur le terrain, les liens de causalité entre la biodiversité, les leviers de gestion des adventices et les services écosystémiques. **AgrobioSE** enfin a une approche systémique qui englobe les composantes du territoire (écologique, socio-technique, économique), les acteurs, et les services produits par l'agriculture.

C.4 RESULTATS OBTENUS

Du point de vue écologique, un agro-écosystème est une mosaïque d'habitats discontinus dans l'espace (du fait de la topographie des parcelles agricoles) et dans le temps (rotation des cultures). Cette discontinuité est partiellement prédictible car la matrice paysagère est structurée par les fragments pérennes (haies, prairies, etc.) et l'assolement des parcelles est soumis à des règles de rotations culturales. Nous avons démontré les rôles fondamentaux de la matrice paysagère (composition, notamment en habitats pérennes, et configuration) et de sa dynamique temporelle sur les processus de dispersion/colonisation des populations et sur

la structuration des méta-populations (Marrec et al. 2015, AEE¹) et des méta-communautés (Henckel et al. 2015, Proc. Lond. Soc B). Les pratiques agricoles intensives recouvrent notamment l'utilisation massive des pesticides, dont nous avons cherché à connaître l'impact sur la biodiversité. L'agriculture biologique (AB) constitue une contre-expérimentation à l'intensification agricole : nous avons montré que l'AB, très présente sur la ZA-PVS, impacte localement et régionalement la composition, la richesse et l'abondance de la flore sauvage (adventices) dans le blé (Henckel et al. 2015, Proc. Lond. Soc B). Nos résultats montrent que les traits des communautés de plantes prairiales déterminent la densité, la diversité, et l'abondance des insectes herbivores (Le Provost et al. 2017, Func Ecol).

La gestion des adventices repose massivement sur l'utilisation des herbicides, ce qui a engendré un effondrement de la diversité de la flore, des pollinisateurs sauvages et domestiques qui dépendent de cette flore (Bretagnolle & Gaba 2015, Agr. Sust. Dev.), ainsi que des problèmes de santé publique en matière d'écotoxicologie. Des solutions alternatives pour gérer la flore adventice sans perte de rendement restent à découvrir, mais nous avons posé les premiers jalons en ce sens en mettant en évidence l'absence de relation rendement, herbicides et abondance adventices (Gaba et al. 2016, Sci. Rep.). Nous avons également démontré le rôle crucial des adventices, notamment le coquelicot, dans le maintien des abeilles domestiques (Requier et al. 2015, Ecol. Appl.). En effet, sur la ZA-PVS et en partenariat avec l'INRA, un dispositif de suivi des abeilles, de la pollinisation et de l'apiculture, ECOBEE (Ecologie des abeilles), a été mis en place depuis 2008. L'objectif est de caractériser l'effet de la composition du paysage sur la dynamique des colonies d'abeilles domestiques dans un contexte de plaine céréalière intensive (Requier et al. 2017, J. Appl. Ecol.). Enfin, nous avons montré que les pollinisateurs sauvages (des centaines d'espèces) et les pollinisateurs domestiques (l'abeille domestique, et une ou deux espèces de bourdons) contribuent sur la production agricole (Kleijn et al. 2015, Nat. Commun.).

Même si la volonté est clairement affichée de réduire la dépendance aux herbicides, les solutions alternatives pour gérer la flore adventice sans pertes de rendements restent à découvrir. Nous avons posé l'hypothèse que le contrôle biologique des adventices par la compétition interspécifique ou par la prédation directe des graines par différents animaux, favorisée par un agencement spatio-temporel des territoires agricoles adéquat, serait en mesure de remplir cet objectif multiple. Nous avons ainsi montré l'utilisation des herbicides n'augmente pas nécessairement le rendement, et que de manière générale, les systèmes à bas intrants, qui reposent sur des processus écologiques (recyclage de la matière organique, compétition inter spécifique, hyper parasitisme et prédation des ravageurs) étaient les systèmes les plus durables (Lechenet et al. 2014, PloS One).

Un des résultats majeurs obtenu concerne une confirmation du bien-fondé du Plan Ecophyto. A travers des expérimentations menées, chez, avec et pour les agriculteurs de la Zone Atelier, nous avons en effet démontré sur deux années qu'il est possible de réduire le recours aux intrants (herbicides, mais aussi azote) de façon substantielle sans pour autant affecter le rendement, et donc en augmentant le revenu (marges brutes) puisque les charges diminuent (Catarino et al., *en révision*). Nous avons essayé de comprendre les mécanismes sous-jacents et avons mis en évidence le rôle majeur de la culture, comme compétiteur dominant, pour la régulation de la biomasse adventice (réduction d'en moyenne 65 % de la biomasse adventice en présence de culture ; Gaba et al. 2018 Ecosphère, Perronne et al., *soumis*).

¹ Les études réalisées dans le cadre de l'ANR Agrobiose apparaissent en bleu.

Ces expérimentations de réduction d'usage d'intrants chimiques ont ensuite été déployées sur de plus grandes surfaces, sur d'autres cultures (colza, maïs, tournesol) dans le cadre d'un projet annexe (Projet DEPHY-Abeilles, porté par l'ITSAP). Les analyses sont en cours. Enfin, des expérimentations en plein champ ont également été menées pour quantifier le rôle de la pollinisation entomophile sur la production de colza et de tournesol (et le revenu pour le colza) et du contrôle biologique. Nous avons montré que la pollinisation entomophile permettrait d'augmenter de près de 35% la production des cultures de colza et de tournesol (Perrot et al. 2018 AEE ; Perrot et al. 2019 BAE), ce qui bénéficiait grandement aux agriculteurs en termes de revenus (Catarino et al. *en revision*). Le rôle de la prédation des graines adventices comme contrôle biologique des adventices est moins direct du fait de la variabilité des abondances des organismes prédateurs entre années et entre parcelles. Plusieurs études en conditions contrôlées ont été menées pour comprendre la prédation des graines adventices par les carabes (Charalabidis et al. 2017 PloS One ; Deroulers & Bretagnolle 2018 Bull Ent Res ; Gaba et al. 2019 Weed Res.).

L'utilisation de la modélisation pour comprendre l'effet des pratiques sur la dynamique des adventices a été l'un des points forts d'Agrobiose. Nous avons ainsi montré qu'il est possible d'estimer des paramètres de dynamique liés à la colonisation et à la survie de la banque de graine à partir de simple données temporelles de présence-absence de flore levée et d'un modèle de Markov caché. L'application de ce modèle sur des données réelles a montré qu'il permet de déterminer des groupes fonctionnels des adventices, de manière totalement automatique (sans *a priori*) (Pluntz et al. 2017 Ecol. Lett.).

Par ailleurs, nous avons aussi beaucoup travaillé sur la compréhension des règles d'assemblages des adventices dans les paysages agricoles. Pour discriminer le rôle des pratiques agricoles et des adventices sur la production agricole à partir des données du site de Féney (21) (Quinio et al. 2017), mais aussi de la Zone Atelier et dans d'autres réseaux, nous avons mobilisé à la fois des modèles, des analyses empiriques et des expérimentations (Petit et al. 2016 AEE, Gaba et al. 2018 Ecosphère ; Mahaut et al. 2018 Oikos; Bourgeois et al. *soumis*).

En nous appuyant sur le modèle développé dans la thèse soutenue en octobre 2015, nous avons poursuivi l'étude sur la conception de stratégies d'allocation des cultures (colza, blé-prairie) dans un paysage de sorte à atteindre de « bons » compromis entre les services de production et de biodiversité fournis par un système « culture-abeilles-adventices ». L'étude repose sur l'étude par simulation de l'effet de la composition du paysage (pourcentage de prairies et agrégation spatiale des prairies) sur la fourniture de bouquets de services (production agricole –production de miel-conservation de la biodiversité). Nous avons observé qu'à pourcentage de prairie fixé dans un paysage, les meilleurs compromis sont obtenus pour les paysages les plus agrégés. Par ailleurs, le pourcentage de prairies influence le plus la nature des compromis obtenus pour la plupart des scores étudiés (production totale, production de miel, biodiversité adventice, biodiversité des pollinisateurs sauvages). Enfin à l'échelle du territoire, nous avons exploré les liens entre composition du paysage et fourniture de multiples services dans une approche de modélisation spatialement-implicite. Nous avons mis en évidence le rôle clé des habitats semi-naturels et une relation non linéaire entre leur présence et la fourniture de services de provision, de pollinisation et de conservation de la biodiversité (Montoya et al. 2019 Ecol. Applic ; Montoya et al. *soumis*).

Pendant les 5 ans du projet, la collecte des données sur la ZA PVS a été continue. Environ 250 parcelles ont été inventoriées chaque année pour estimer les richesses et abondances d'adventices, de pollinisateurs et bien d'autres taxons. Ces données de biodiversité ont

d'ailleurs constitué le socle sur lequel reposent les analyses. En plus de ce suivi, une expérimentation a été réalisée pendant l'hiver 2015-2017 pour quantifier le rôle des prédateurs de graines (insectes, rongeurs, oiseaux) sur la dynamique de la banque de graines adventices dans 90 parcelles de la ZA PVS. Trois thèses ont débuté en 2014, l'une sur le service de pollinisation et deux sur le service de contrôle biologique.

C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Le projet a été marqué par une activité intense et soutenue en matière de recrutements d'étudiants (Masters 1 et 2), de doctorants et post-doctorants. Au total, 7 doctorants ont travaillé sur Agrobiose (3 à Chizé, 2 à Dijon, 1 à Avignon et 1 entre Toulouse et Montpellier). Deux post-doctorants ont également été recrutés pour les deux dernières années du projet. Le volume de publications est déjà élevé (32 publications WOS en 60 mois).

Un fait marquant concerne nos résultats sur les relations entre les adventices-rendement-herbicides. Un premier travail basé sur des données empiriques a été publié dans la revue *Scientific Report*, en juillet 2016 et a mis en évidence l'absence de relation significative entre le rendement l'utilisation d'herbicides et les adventices. Ce résultat a été conforté par l'expérimentation menée dans les parcelles de céréales d'hiver sur la ZA PVS, dans laquelle nous avons montré qu'il est possible de réduire l'utilisation d'herbicides, conjointement à une réduction d'azote, sans perte de rendement majeure (mais avec une augmentation du taux de protéines dans le blé) et en maintenant voire augmentant les profits des agriculteurs. Ces résultats originaux sont en cours de publication ; et de nombreuses rencontres ont été organisées avec les agriculteurs et autres acteurs de la ZA-PVS pour échanger sur ces résultats. Ces rencontres ont permis d'engager de nouveaux agriculteurs dans des démarches d'expérimentations dont les modalités ont été déterminées en collectivement.

Depuis 2007, la ZA-PVS est aussi le support de programmes de sciences citoyennes. Un programme phare est le dispositif « Mon Village Espace de Biodiversité », qui a pour objectif que les citoyens s'approprient leur territoire et s'impliquent individuellement dans la gestion collective de la biodiversité (1500 jardins membres du dispositif, 23 écoles primaires, 400 interventions scolaires, 23 ruchers communaux, 7 600 citoyens impliqués). Ce programme nous a permis de faire un lien direct entre les préoccupations des habitants des villages et les agriculteurs autour de la problématique des herbicides et des services écosystémiques associés à la Biodiversité.

C.6 DISCUSSION

Le projet a été réalisé dans son intégralité, même si certains axes ont donné plus de satisfaction ou fourni plus de résultats que d'autres, ce qui est attendu dans ce type de projet. Ainsi, les analyses empiriques sur les bases de données et les expérimentations agro écologiques ont fourni des résultats sans doute au-delà des espérances. A l'inverse, l'animation entre agriculteurs, apiculteurs et citoyens n'a pas vraiment réussi à engager la dynamique escomptée. Cependant, l'animation du programme auprès des agriculteurs a vu se dérouler plusieurs réunions (mars 2014, automne 2015, printemps 2016 à 2018), et plusieurs conférences données dans le cadre d'une université populaire en 2015, et une journée Agriculteurs-Apiculteurs (21/1/2016), qui a rencontré un très grand succès (150 inscrits) sont des éléments encourageants. Par ailleurs, le volet modélisation du projet n'a sans doute pas rempli tous les objectifs initialement prévus. Si des avancées conceptuelles, en

particulier au plan statistique, ont bien été atteintes, la modélisation qualitative ou quantitative des pratiques agricoles et les analyses des relations spatialisées entre diversité adventice et pratiques agricoles, n'ont pas encore débouché.

C.7 CONCLUSIONS

AGROBIOSE a été une véritable aventure humaine, qui nous a permis de progresser de manière fulgurante et fondamentale sur le plan de la recherche-action en agroécologie. Ce programme a donné naissance à de nombreux autres projets de recherche (pas forcément des ANR), que ce soit sur la pollinisation, le contrôle biologique, ou même plus récemment, l'alimentation des citoyens de la Zone Atelier. Il reste cependant de nombreuses connaissances à acquérir pour proposer des solutions qui permettraient de limiter le recours aux pesticides à l'échelle des territoires ; AGROBIOSE nous a permis d'identifier les pistes à explorer. Nous avons ainsi lancé en 2018 un nouveau projet de recherche issu d'AgroBioSE sur la transition agro-alimentaire sur la Zone Atelier.

D LISTE DES LIVRABLES

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
20/3/2014; Septembre 2015 21/1/2016	D01- D04	<i>Working seminar: four working seminars will be organized from the beginning to the end of the project, respectively, to enhance interactions between research and the 20 farmers of the DEPHY network</i>	Séminaires	CEBC	
2018	D05	A scientific paper reporting interactions between research, stakeholders and farmers in the ZA-PVS, and the effects on changes in agricultural practices toward less pesticide use and enhancement of biodiversity	article	All	
Octobre 2015	D1-1	Methodological approaches to analyse weed seed bank while investigating weed dynamics to account for the specificity of agroecosystems	Jalon	UMR Agroécologie	
Octobre 2015	D1-2	A model of spatio-temporal dynamics of weeds at the landscape scale and estimation of demographic parameters that will be used in WP6	jalon		
Mars 2015, Juillet 2016	D1-3	Scientific papers on weed dynamics	article	CEBC, UMR Agroécologie	
Septembre 2015	D2-1	A model to quantify crop yield losses given weed diversity and agricultural practices e.g. over a gradient of herbicide uses at several scales	jalon	CEBC, UMR Agroécologie, Univ Avignon	
Toujours en cours	D2-2	Generic approach and data to contribute to the design of innovating systems with WP5 and WP6 inputs	jalon	UMR Agroécologie	
Juillet 2016	D2-3	Scientific papers on each sub-tasks	article	CEBC, UMR Agroécologie, Univ Avignon	
Automne 2015, 2016, 2017, 2018	D3-1	Scientific papers on each of the three weeds, with associated papers on the trade-offs between seed predation and pollination mediated by the weeds. We expect that to publish at the level of <i>Journal of Applied Ecology</i> or, where of great and general interest	article	CEBC, UMR Agroécologie	
Encore en cours	D3-2	A specific analysis will be done on conservation dependent weed	jalon		
18+1 article soumis	D4-1	A weed seed database and scientific paper describing it	article	UMR Agroécologie	
2016 et 2018	D4-2	At least one scientific paper on each of the three experiments	article		
15	D5-1	Outputs i.e. trade-offs and synergies between ES provided by weeds will be discuss in inter WP Task to identify which ES should be optimised	jalon	UMR Agroécologie	
En cours	D5-2	Scientific papers on the impact of AES on ES provisioning	article		
Automne 2015	D5-3	Knowledge to enhance assumptions of modelling approach in WP6	jalon	INRA Toulouse, UMR Agroécologie	
Septembre 2014	D6-1	Methodological output as a generic algorithm for solving optimal sequential decision problems when the system is structured	jalon	INRA Toulouse	
Mars 2015	D6-2	The agronomic/ecological outputs will be a model for weeds managements and original strategies at the	jalon	INRA Toulouse / UMR Agroécologie	

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
		landscape scale			
Juin 2015	D6-3	A generic decision-theoretic approach for the design of spatial weeds management strategies	jalon	INRA Toulouse / UMR Agroécologie	
Thèse soutenue en 2015	D6-4	A model, based on this decision-theoretic approach, of the weeds management problem at the landscape scale	jalon	INRA Toulouse / UMR Agroécologie	
En cours	D6-5	New weeds management strategies provided by the model	Jalon	INRA Toulouse / UMR Agroécologie	

E IMPACT DU PROJET

L'impact du projet a été considérable, et double.

Sur le plan scientifique : un nombre très important de publications scientifiques mais aussi non académiques, de colloques et de restitutions ont été réalisées dans le cadre d'AGROBIOSE. Le projet AGROBIOSE a contribué à l'initiation de plusieurs projets collaboratifs (ex. ERANET ECODEAL ; Projet Ministère Ecologie Pollinisation ; ...). Une avancée majeure à l'interface entre science et société et le développement et la mise en œuvre d'expérimentations socio-écologiques qui reposent sur des tests d'hypothèses dans une démarche transdisciplinaire. AGROBIOSE a aussi un impact très fort en matière de **dissémination**. Ces liens étroits entre le monde de la recherche et le monde agricole ont d'ailleurs fait l'objet d'une publication d'un article de 3 pages dans le Journal **Le Monde** ([29 juin 2016](#)) et de la venue du Président de la Région Nouvelle Aquitaine en mars 2017. La présentation des résultats obtenus sur la Zone Atelier Plaine & Val de Sèvre lors de cette visite dont une grande partie sont issus du projet AGROBIOSE a semble-t-il été un déclencheur pour appuyer le déploiement d'une expertise collective à l'échelle de la Région Nouvelle Aquitaine sur le rôle de la Biodiversité dans la fourniture de Services Ecosystémiques bénéficiant aux acteurs des territoires (initiatives ECOBIOSE, <https://www.ecobiose.fr/>). Vincent Bretagnolle, coordinateur du projet AGROBIOSE, a ainsi été proposé pour piloter ce projet. Un premier chapitre portant sur le rôle de la Biodiversité et des Services associés dans les agroécosystèmes a par ailleurs été piloté par Vincent Bretagnolle et Sabrina Gaba (<https://www.ecobiose.fr/retour-sur-la-presentation-des-1ers-travaux-a-cap-sciences/>).

Pour conclure, en plus de l'impact associé aux productions scientifiques, AGROBIOSE a été un tremplin pour développer et consolider les recherches en Région Nouvelle Aquitaine sur les solutions basées sur la Nature pour des écosystèmes durables.

E.1 INDICATEURS D'IMPACT

Nombre de publications et de communications (à détailler en E.2)

		Publications multipartenaires	Publications monoparténaires
International	Revue à comité de lecture	18 (+2 en révision et 2 soumis)	10 (+1 soumis)
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		
	Communications (conférence)	12	4
France	Revue à comité de lecture		
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage		

	Communications (conférence)	6	4
Actions de diffusion	Articles vulgarisation	3	1
	Conférences vulgarisation	2	
	Autres		

E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Revue internationale pluri partenaires

- Gaba S., Bretagnolle F., Rigaud T., Philippot L. (2014) Managing biotic interactions for ecological intensification of agroecosystems. *Frontiers in Ecology and Evolution*, doi: 10.3389/fevo.2014.00029
- Eraud C, Cadet E, Powolny T, Gaba S, Bretagnolle F, Bretagnolle V (2015) Weed seeds, not grain, contribute to the diet of wintering Skylarks in arable farmlands of western France. *Eur. J. Wild. Res.* 61: 151-161.
- Henckel L., Börger L., Meiss H., Gaba S., Bretagnolle V. (2015) The organic landscape: organic fields sustain weed metacommunity dynamics in farmland landscapes. *Proceedings of Royal Society London B*.
- Bretagnolle V. & Gaba S (2015) Weeds for bees? A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 35(3), 891-909.
- Borgy B., Reboud X., Peyrard N., Sabbadin S., Gaba S. (2015) Dynamics of weeds in the soil seed bank: a Hidden Markov Model to estimate life history traits from standing plant time series. *PLoS One* 10(10): e0139278.
- Vacher C, Tamaddoni-Nezhad A, Kamenova S, Peyrard N, Moalic Y, Sabbadin R, et al. (2016). Learning Ecological Networks from Next-Generation Sequencing Data. *Advances in Ecological Research*, 54, 1-39.
- Petit S., Gaba S., Grison A-L., Meiss H., Simmoneau B., Munier-Jolain N. & Bretagnolle V. (2016). Landscape scale management affects weed richness but not weed abundance in winter wheat fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 223: 41-47.
- Gaba S., Gabriel E., Chadoeuf J., Bonneau F. & Bretagnolle V. (2016). "Herbicides do not ensure for higher wheat yield, but eliminate rare plant species." *Scientific Reports* 6: 30112.
- Bohan DA., Landuyt D, Ma A., Macfadyen S., Martinet V., Massol F., et al. (2016) QUINTESENCE Consortium. Networking our way to better ecosystem service provision. *Trends in Ecology and Evolution*, 31 (2): 105-115.
- Bretagnolle V., Berthet E., Gross, N., Gauffre B., Plumejeaud C., Houte S., Badenhausser I., Monceau K., Allier F., Monestiez P., Gaba S. (2018) Towards sustainable and multifunctional agriculture in farmland landscapes: Lessons from the integrative approach of a French LTSER platform. *Science of the Total Environment*. 627, 822-834.
- Bretagnolle V., Berthet E., Gross, N., Gauffre B., Plumejeaud C., Houte S., Badenhausser I., Monceau K., Allier F., Monestiez P., Gaba S. Description of long-term monitoring of farmland biodiversity in a LTSER. *Data in Brief*. 19, 1310-1313.
- Gaba S., Caneill J., Nicolardot B., Perronne R., Bretagnolle V. (2018) Crop competition has a higher potential than farming practices to regulate weeds. *Ecosphère*. 9 (10) , DOI : 10.1002/ecs2.2413
- Perrot T., Gaba S., Roncoroni M., Gautier J.-L., Bretagnolle V. (2018) Bees increase oilseed rape yield under real field conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 266, 39-48
- Powolny T., Eraud C., Lerest K., Bretagnolle V. (2018) Seed depletion and landscape structure affect aggregative response in two wintering passerine birds. *Bird Study*. 65, (1), 98-107
- Pluntz M, Le Coz S, Peyrard N, Pradel R, Choquet R, Cheptou P-O. (2018) A general method for estimating seed dormancy and colonization in annual plants from the observation of existing flora, *Ecology Letters* 21(7).
- Perrot T., Gaba S. Roncoroni M., Gautier J-L. & Bretagnolle V. (2019) Experimental quantification of insect pollination on sunflower yield, reconciling plant and field scale estimates. *Basic and Applied Ecology*. In press
- Montoya D., Haegeman B., Gaba S., de Mazancourt C., Bretagnolle V. & Loreau M. (2019) Trade-offs in provisioning and stability of multiple ecosystem services in agroecosystems. *Ecological Applications*. In press
- Gaba S., Deroulers P, Bretagnolle F. & Bretagnolle V. (2019) Lipid content drives weed seed consumption by ground beetles (Coleoptera, Carabidae) within the smallest seeds. *Weed Research*. In press
- Catarino R, Gaba S, Bretagnolle V (*en revision*) Experimental and empirical evidence shows that reducing weed control in winter cereal fields is a viable strategy for farmers.
- Catarino R, Bretagnolle V, Perrot T, Vialoux F, Gaba S (*en revision*) A nature-based solution in practice: ecological and economic modelling shows pollinators outperform agrochemicals in oilseed crop production.
- Bourgeois B, Gaba S, Plumejeaud-Perraud C, Bretagnolle V (*soumis*) Local source-sink dynamics and regional mass-effect jointly drive weed diversity in arable fields.
- Montoya D, De Mazancourt C, Gaba S, Bretagnolle V, Haegeman B & Loreau M (*soumis*) Ecosystem service trade-offs and agricultural management : a theoretical framework to design agricultural landscapes.

Revue internationale monopartenaires

- Pocock MJO, Evans DM, Fontaine C, Harvey M, Julliard R, McLaughlin O, Silvertown J, Tamaddoni-Nezhad A, White PCL, Bohan DA (2016). The visualisation of ecological networks, and their use as a tool for engagement, advocacy and management. *Advances in Ecological Research*, 55, 41-85.

2. Gaba S., Reboud X. & Fried G. (2016) Agroecology and conservation of weed diversity in agricultural lands. *Acta Botanica Gallica. Botany Letters* 351-354
3. Charalabidis A, Dechaume-Moncharmont F-X, Petit S, Bohan DA (2017) Risk of predation makes foragers less choosy about their food. *PLoS ONE* 12(11): e0187167
4. Perronne R, Borgy B., Munoz F., Reboud X., Gaba S. (2017) Disintegrating null models to address community assembly: from theory to practice. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution & Systematics* 25, 29-44.
5. Quinio M., De Waele M., Dessaint F., Biju-Duval L., Buthiot M., Cadet E., Bybee-Finley K. A., Guillemain J.-P., Cordeau S. (2017) Separating the confounding effects of farming practices on weeds and crop production using path modelling. *European Journal of Agronomy* 82, 134-143.
6. Requier F., Odoux J., Henry M., Bretagnolle V. (2017), The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *J Appl Ecol*, 54: 1161-1170. doi:10.1111/1365-2664.12836
7. Berthet E. T., Bretagnolle V., Lavorel S., Sabatier R., Tichit M., Segrestin B. (2018) Applying ecological knowledge to the innovative design of sustainable agroecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 9, (5) 110-1198
8. Deroulers P., Bretagnolle V. (2018) The consumption pattern of 28 species of carabid beetles (Carabidae) to a weed seed, *Viola arvensis*. *Bulletin of Entomological Research*. 1-7
9. Mahaut, L., Fried, G., & Gaba, S. (2018). Patch dynamics and temporal dispersal partly shape annual plant communities in ephemeral habitat patches. *Oikos*, 127(1), 147-159.
10. Bourgeois B., Munoz F., Fried G., Mahaut L., Armengot L., Denelle P., Storkey J., Gaba S. & Violle C. (2019) What makes a weed a weed? A large-scale evaluation of arable weeds through a functional lens. *American Journal of Botany*. 106,1, 90-100

Colloques et conférences pluri partenaires

1. Gaba S., Gabriel E., Bonneau F., Chadoeuf J. & Bretagnolle V. 2015. What are the real effects of herbicides on weeds and crop production in farmers' arable fields? 17th European Weed Research Society Symposium, Montpellier, France, 23-26 June 2015. ISBN: 978-2-905550-41-5
2. Bretagnolle V., Badenhassner I., Gauffre B., Gross N., Henry M., Houte S., Monestiez P., Plumejeaud C. & Gaba S. Landscape scale monitoring of biodiversity: the value of socio-ecological system long-term research studies. BES-SFE Joint Annual Meeting, 9-12 décembre 2014, Lille (France)
3. Bretagnolle V. & Gaba S. Should we manage weeds for bees? BES-SFE Joint Annual Meeting, 9-12 décembre 2014, Lille (France) (poster)
4. Cordeau S., Dessaint F., Meunier D., Munier-Jolain N. Contrasted Integrated Weed Management Systems reduce resilience on herbicide and lead to various dynamics of weed communities, 13th ESA Congress, 25-29 August 2014, Debrecen, Hungary (poster)
5. Gaba S, Peyrard N, Radoszycki J, Sabbadin R, A Markov Decision Process model to compare Ecosystem Services provided by agricultural landscapes, iEMSS, Toulouse, Juillet 2016
6. Bourgeois, B., Gaba, S., Plumejeaud, C., Bretagnolle, V. Weed metacommunity dynamics in intensive farmland landscapes reveal complex interactions between local disturbance patterns and spatial dispersal. Presented at Sfécologie-2016, International Conference of Ecological Sciences, Marseille, FRA 24-27 octobre 2016.
7. Bretagnolle V, Gaba S. From long-term monitoring of biodiversity and evaluation of ecosystem functioning to stakeholders viewpoint and ecosystem services provisioning: field socio-ecological experiments in a French LTSER. Presented at Sfécologie-2016, International Conference of Ecological Sciences, Marseille, FRA 24-27 octobre 2016
8. Gaba, S., Allier, F., Badenhassner, I., Monceau, K., Plumejeaud-Perreau, C., Bretagnolle, V. (2016). A global trophic network collapse in intensive farmland landscapes? Lessons from 22 years biodiversity monitoring in a LTER study site. Presented at Sfécologie-2016, International Conference of Ecological Sciences, Marseille, FRA 24-27 octobre 2016.
9. Mahaut L, Bretagnolle V, Gaba S, Fried G. Is the effect of grassland on weed diversity similar when present in the landscape or in the crop succession? Presented at Sfécologie-2016, International Conference of Ecological Sciences, Marseille, FRA 24-27 octobre 2016
10. Perrot T, Gaba S, Gauthier J-L, Roncoroni M, Saintilan A, Fanjas-Mercere T, Stoquert A, Bretagnolle V. Experimental assessment of insect pollination on rape seed yield in real field conditions demonstrates positive effect of wild bees. Presented at Sfécologie-2016, International Conference of Ecological Sciences, Marseille, FRA 24-27 octobre 2016
11. Catarino, R., Gaba, S., Bretagnolle, V. (2017). Can we economically afford significant reduction in herbicide and nitrogen use? Experimental evidence in real fields says, yes we can!. Presented at EASY Conference, Groupe « Ecologie & Agriculture » de la Société Française d'Ecologie (Sfe), Ecology & Agriculture Summit for Young scientists, Chizé, FRA 24-27 octobre 2016.
12. Coux, C., Rusch, A., Gaba, S., Bretagnolle, V. (2017). Untangling the effects of local and landscape structure on pest predation by natural enemies in an intensive crop agroecosystem. Presented at EASY Conference, Groupe « Ecologie & Agriculture » de la Société Française d'Ecologie (Sfe), Ecology & Agriculture Summit for Young scientists, Chizé, FRA 24-27 octobre 2016.
13. Montoya, D., Haegeman, B., Gaba, S., de Mazancourt, C., Bretagnolle, V., Loreau, M. (2017). The stability of crop production: trade-offs in pollination-dependent agriculture. Presented at EASY Conference, Groupe « Ecologie & Agriculture » de la Société Française d'Ecologie (Sfe), Ecology & Agriculture Summit for Young scientists, Chizé, FRA 22-24 mars 2017.
14. Lviron, X., Gaba, S., Chadoeuf, J. (2017). Review of studies on crop-weed interactions reveals a lack of methodological standardization. Presented at EASY Conference, Groupe « Ecologie & Agriculture » de la

- Société Française d'Ecologie (Sfe), Ecology & Agriculture Summit for Young scientists, Chizé, France, 22-24 mars 2017, FRA 22-24 mars 2017.
15. Perrot, T., Gaba, S., Gautier, J.-L., Roncoroni, M., Saintilan, A., Stoquert, A., Fanjas Mercere, T., Bretagnolle, F. (2017). Experimental assessment of insect pollination on rapeseed yield and oil quality in farmer's field demonstrates positive effect of pollinator richness. Presented at EASY Conference, Groupe « Ecologie & Agriculture » de la Société Française d'Ecologie (Sfe), Ecology & Agriculture Summit for Young scientists, Chizé, FRA 22-24 mars 2017.
 16. Ragué M, Bretagnolle V, Perrot T, Gautier J-L, Gaba S (2018) How do local factors and landscape affect insect-pollination efficiency in oilseed rape? Conférence internationale de la Société Française d'Ecologie & d'Evolution, Rennes, France, 22-25 octobre 2018.
 17. Perrot T, Gaba S, Gautier J-L, Roncoroni M, Saintilan A, Bretagnolle V (2018) Pollinators contributions to crop production in two important mass flowering crops: empirical and experimental assessments under realistic field conditions over four years. Conférence internationale de la Société Française d'Ecologie & d'Evolution, Rennes, France, 22-25 octobre 2018.
 18. Le Coz S, Cheptou P-O, Peyrard N, Multidimensional Hidden Markov Model with data feedback: new framework for estimating the dynamics of species with dormant stage. International Statistics and Ecology Conference, ISEC, 2018

Colloques et conférences mono partenaires

1. Alice Charalabidis, François-Xavier Dechaume-Moncharmont, Sandrine Petit & David Bohan. Feeding preference of an omnivorous carabid beetle. 17th European Weed Research Society Symposium, Montpellier, France, 23-26 June 2015. ISBN: 978-2-905550-41-5
2. Radoszycki J, Peyrard N & Sabbadin R. Finding good stochastic factored policies for factored Markov decision processes, European Conference on Artificial Intelligence, République tchèque, août 2014 (poster)
3. J Radoszycki, N. Peyrard, R. Sabbadin, Solving F3MDP: Collaborative multi-agent Markov Decision Process with factored transitions, rewards and stochastic policies, Principles and Practices of Multi-Agent Systems (PRIMA'15), Bertirone - Italy, 2015.
4. Charalabidis, A. ; Bohan, D. A.; Petit, S.; Dechaume-Moncharmont, F.X More choosy under a risk of predation or a risk of competition? ISBE, 28 juillet-5 aout 2016 Univerity of Exeter (UK)
5. Masson, A., Gaba, S., Martin, E. Determinants of the reduction of herbicide use through Agricultural Environmental Schemes. Presented at EASY Conference, Groupe « Ecologie & Agriculture » de la Société Française d'Ecologie (Sfe), Ecology & Agriculture Summit for Young scientists, Chizé, FRA 2017.
6. Bourgeois, B., Denelle, P., Munoz, F., Fried, G., Gaba, S., Storkey, J., Violle, C. What makes a weed a weed ? Towards a functional characterization. Presented at "Functional Ecology and Environment" Conference, Toulouse, FRA 11-12 juillet 2017.
7. Mahaut, L., Perronne, R., Fried, G., Gaba, S. Weed cohort succession as a main driver of weed diversity dynamic throughout winter cereal cropping season in both presence and absence of crop species. Presented at EASY Conference, Groupe « Ecologie & Agriculture » de la Société Française d'Ecologie (Sfe), Ecology & Agriculture Summit for Young scientists, Chizé, FRA 22-24 mars 2017.
8. Faure J., Gaba S., Mouysset L. Multiple ecosystem services valuation with theoretical bio-economic modeling in intensive agricultural-landscape. Conférence internationale de la Société Française d'Ecologie & d'Evolution, Rennes, France, 22-25 octobre 2018.

Autres

1. Charalabidis, A. ; Bohan, D. A.; Petit, S.; Dechaume-Moncharmont, F.X. More choosy under a risk of predation or a risk of competition? Ecology and Behaviour 2016. 27 juin-1 juil. 2016 Villeurbanne (France)
2. Ronceux A., Angevin F., Chancrin G., Gaba S., Lieven J. Les méthodes alternatives de gestion des adventices – Enjeux et pistes explorées par les partenaires du GIS GC-HP2E. AFPP – Cinquième conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des plantes, Lille, 11 au 13 mars 2015.
3. Cordeau S, Dessaint F, Quinio M, De Waele M, Biju-Duval L, Buthiot M, Cadet E, Guillemain J-P. Désherber pour maintenir le potentiel de production : Quantification de l'effet direct et indirect des pratiques agricoles sur la production agricole. COLUMA, 2016
4. Radoszycki J, Peyrard N & Sabbadin R Solving F3MDPS: Markov decision processes with factored state space, action space and stochastic policy. JFPDA 2017

Articles de vulgarisation

1. Gaba S., Perrot T., Caneill J., Bretagnolle V. Les espèces adventices, indispensables à la production agricole dans les systèmes à bas intrants. Rencontres sur la gestion durable des adventices en grandes cultures, 15 décembre 2015, Paris
http://www.ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites_doc/ACTES_FR.pdf
2. Angevin F., Basilico L., Denieul C, Gaba S, Messean A, Pilorgé E, Ptok S, Rodriguez A, Vuillemin F. Maitriser les adventices dans de nouveaux contextes de production. Leviers techniques & retours d'expériences pour une gestion durable. Nancy (FRA) Bialec 2016. 25p.
3. Gaba S., Bretagnolle V. Gestion des adventices dans les céréales en lien avec le Plan ECOPHYTO. Journée Technique et Scientifique – Abeilles en Territoires de Grandes Cultures 21 janv. 2016, Chizé, France
4. Perrot T., Gaba S, Bretagnolle V. Le rôle des abeilles dans la production des cultures aléagineuses Tournesol et Colza. Journée Technique et Scientifique – Abeilles en Territoires de Grandes Cultures 21 janv. 2016, Chizé, France

E.3 BILAN ET SUIVI DES PERSONNELS RECRUTES EN CDD (HORS STAGIAIRES)

Ce tableau dresse le bilan du projet en termes de recrutement de personnels non permanents sur CDD ou assimilé. Renseigner une ligne par personne embauchée sur le projet quand l'embauche a été financée partiellement ou en totalité par l'aide de l'ANR et quand la contribution au projet a été d'une durée au moins égale à 3 mois, tous contrats confondus, l'aide de l'ANR pouvant ne représenter qu'une partie de la rémunération de la personne sur la durée de sa participation au projet.

Les stagiaires bénéficiant d'une convention de stage avec un établissement d'enseignement ne doivent pas être mentionnés.

Les données recueillies pourront faire l'objet d'une demande de mise à jour par l'ANR jusqu'à 5 ans après la fin du projet.

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (mois) (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel (4)	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
Le Coz Sebastian	H	Sebastian.le-coz@outlook.fr	Janvier 2019	M2	France	0	MIAT	doctorant	3 ans, 2 mois	31/12/2018	Recherche emploi				
Dujardin Yann	H	yanndujardin@yahoo.fr	Janvier 2019	doctorat	France	3	MIAT	Post-doc	12 mois	Sept 2018	CDI	Ministère Défense, DGA	R&D	non	non
Perrot Thomas	H	Thomas.perrot@inra.fr	Fev 2019	M2	France		Agroécologie	doctorant	18 mois	31/12/2018	Recherche post-doctorat				
Perrot Thomas	H	Thomas.perrot@inra.fr	Fev 2019	doctorat	France		Agroécologie	doctorant	8 mois	01/09/2018	Recherche post-doctorat				
SAINTILAN Alexis	H	alexis.saintilan@gmail.com					CNRS	Assistant ingénieur	8 mois	31/12/2015	Auto-entrepreneur				
CATARINO Rui	H		Fev 19	doctorat	UK		CNRS	chercheur	27 mois	30/11/2018	Post doc	INRA	CDD	oui	
DEBENNEST Étienne	H	debenest.etienne@gmail.com	Fev 19	master	France		CNRS	Technicien	6 mois	31/07/2016	CDI	ONG	CDI	non	
LEMONNIER Gildas	H	gildas.lemonnier@yahoo.com	Jan19	master	France		CNRS	Assistant ingénieur	7 mois	31/03/2017	IE	CNRS	CDI	oui	
DE BOUET DU PORTAL Pierre	H		Jan19	master	Fra,ce		CNRS	Technicien	4 mois	31/08/2017	CDD	O NG			
RUIZ Margaux	F		Aout18				CNRS	Technicien	5 mois	31/08/2018					
GOEFFERT Mélissa	F		Aout18				CNRS	Technicien	5 mois	31/08/2018					
MILLAUD Jonathan	H		Aout17				CNRS	Technicien	5 mois	31/08/2017					

E.4 BILAN ET SUIVI DES STAGIAIRES

2014

Stagiaire DUT [Avignon] Boetti Clara (Université d'Avignon -DUT STatistique et Informatique Décisionnelle) Evolution de la diversité en fonction de l'échelle spatiale Encadrée par Edith Gabriel & Florent Bonneau

Stagiaire DUT [Avignon-Chizé] Nougulier Célia (Université d'Avignon DUT STatistique et Informatique Décisionnelle) Analyse de la structure spatiale des communautés d'adventices Encadrée par Edith Gabriel & Vincent Bretagnolle

Stagiaire DUT [Avignon-Dijon] Perez Joefrey (Université d'Avignon DUT STatistique et Informatique Décisionnelle) Analyse de la co-occurrence des espèces adventices Encadré par Edith Gabriel & Sabrina Gaba

Stagiaire ENSAI [Avignon- Dijon] Esposito Yohan (ENSAI 2ème année) Analyse de la co-occurrence des espèces adventices Encadré par Edith Gabriel Sabrina Gaba

Stagiaire AgroparisTech 2^{ème} année [Dijon-Chizé] Claire Bernardin Analyse des enquêtes agricoles Encadrée par Jacques Caneill & Vincent Bretagnolle

2015

Stagiaire M2 [Montpellier - Toulouse]: Matthieu Pluntz (ENSAE ParisTech) de mai à septembre. Il va bosser sur le dvpt d'un modèle avec banque de graines spatialisé. Encadré par Nathalie Peyrard, Roger Pradel et Pierre-Olivier Cheptou

Stagiaire M2 [Toulouse – Dijon] : Romain Alexandre (Université : Paul Sabatier, Toulouse - Master IMAT) Analyse du compromis rendement/biodiversité sur un cas d'étude : système culture/adventices/pollinisateurs. Encadrants : Régis, Sabrina, Nathalie

Stagiaire M2 [Dijon] Mélanie De Waele (Master 2 FAGE spécialité : FGE Agroécologie, Université de Lorraine). Co-encadrement avec Fabrice Dessaint Stéphane Cordeau et Jean-Philippe Guillemin.

Stagiaire M2 [Avignon-Dijon] Agboto Kokou (Université de Pau - M2 Méthodes stochastiques et Informatique pour la décision) Analyse de la distribution spatiale des espèces adventices Encadré par Edith Gabriel & Sabrina Gaba *Financement INRA*

Stagiaire DUT [Avignon] Berthelot Sylvain (Université d'Avignon- DUT STatistique et Informatique Décisionnelle) Comprendre la structure spatiale des communautés d'adventices Encadré par Edith Gabriel Florent Bonneau

Stagiaire M2 [Avignon] Kharbach Soufiane (Université de Nice M2 Ingénierie Mathématiques) Etudier les propriétés statistiques d'un indice de diversité en fonction du niveau d'échantillonnage. Encadré par Edith Gabriel, Florent Bonneau & Joël Chadoeuf

Stagiaire DUT [Dijon] Bernadette François (DUT Lorraine) Analyse de la minéralisation de l'azote dans le sol. Encadrée par Sabrina Gaba & Anne-Sophie Voisin avec l'appui de Bernard Nicolardot & Jacques Caneill

Stagiaire M2 [Chizé-Dijon-Chbre Agriculture DS] Raoût Doriane (ENSAT (Toulouse), Spécialisation AGREST – « agroécologie : du système de production au territoire ») Evaluation des performances de systèmes de culture céréalières du réseau DEPHY dans les Deux-Sèvres. Encadrants : Nicolas Munier-Jolain, Sylvie Houte & Sébastien Minette.

2016

Stagiaire M2 [Dijon- ONCFS] Martenot, A. (2016) Rôle de la prédation sur la dynamique de la banque de graines adventices dans les parcelles agricoles. Université de Perpignan Via Domitia. Encadrants : Sabrina Gaba & Cyril Eraud

Stagiaire M2 [ONCFS -Chizé] Rochat, R. (2016) La déplétion des graines d'adventices dans les champs cultivés : le rôle de la prédation. Université d'Orléans. Encadrants : Cyril Eraud & Vincent Bretagnolle.

2017

Stagiaire M2 [ONCFS -Dijon] Plaetevoet, K. (2017) Les facteurs de variation de la prédation des graines d'adventice et de la contribution des granivores durant la période hivernale. Ecole Pratique des Hautes Etudes. Encadrants : Cyril Eraud & Sabrina Gaba

Stagiaire M2 [Dijon-Avignon] Laviron X (2017) Analyse de la distribution spatiale des adventices : approche méthodologique. Encadrants : Sabrina Gaba & Joël Chadoeuf

2018

Stagiaire M2 [Dijon] Faure J (2018) Modélisation bio-économique d'un paysage agricole multifonctionnel.