

**Projet ANR-12-AGRO-006**

**PEERLESS**

Agrobiosphère 2012

<b>A</b>	<b>IDENTIFICATION</b>	<b>2</b>
<b>B</b>	<b>RESUME CONSOLIDE PUBLIC</b>	<b>2</b>
B.1	Résumé consolidé public en français	2
B.2	Résumé consolidé public en anglais	4
<b>C</b>	<b>MEMOIRE SCIENTIFIQUE</b>	<b>6</b>
C.1	Résumé du mémoire	6
C.2	Enjeux et problématique, état de l'art	6
C.3	Approche scientifique et technique	7
C.4	Résultats obtenus	8
C.5	Exploitation des résultats	9
C.6	Discussion	9
C.7	Conclusions	10
C.8	Références	10
<b>D</b>	<b>LISTE DES LIVRABLES</b>	<b>11</b>
<b>E</b>	<b>IMPACT DU PROJET</b>	<b>13</b>
E.1	Indicateurs d'impact	13
E.2	Liste des publications et communications	13
E.3	Liste des éléments de valorisation	19
E.4	Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD	21

## A IDENTIFICATION

Acronyme du projet	PEERLESS
Titre du projet	Predictive Ecological Engineering for Landscape Ecosystem Services and Sustainability
Coordinateur du projet (société/organisme)	Pierre FRANCK (INRA)
Période du projet (date de début – date de fin)	01/01/2013 – 31/12/2017
Site web du projet, le cas échéant	<a href="http://www.projet-peerless.fr">www.projet-peerless.fr</a>

Rédacteur de ce rapport	
Civilité, prénom, nom	Mr Pierre FRANCK
Téléphone	04 32 72 26 73
Adresse électronique	<a href="mailto:pierre.franck@inra.fr">pierre.franck@inra.fr</a>
Date de rédaction	Février 2018

Si différent du rédacteur, indiquer un contact pour le projet	
Civilité, prénom, nom	
Téléphone	
Adresse électronique	

Liste des partenaires présents à la fin du projet (société/organisme et responsable scientifique)	PSH, UR INRA 1115, Pierre FRANCK Agronomie, UMR INRA 211, Muriel MORISON IGEPP, UMR INRA 1349, Manuel PLANTEGENEST Agroécologie, UMR INRA 1347, Sandrine PETIT BioSP, UR INRA 546, Etienne KLEIN Economie Publique, UMR INRA 210, Vincent MARTINET IMBE, UMR UAPV, Armin BISCHOFF
---	---

## B RESUME CONSOLIDE PUBLIC

### B.1 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN FRANÇAIS

#### Viabilité d'une gestion écologique renforcée de la santé des plantes

Les enjeux sont de proposer une gestion viable des populations de ravageurs dans les agroécosystèmes par une approche intégrative combinant différentes échelles spatiales, des cultures pérennes et annuelles et les interactions trophiques entre plusieurs bioagresseurs et leurs ennemis naturels.

#### Des objectifs finalisés pour une protection plus écologique des cultures...

La régulation des bioagresseurs par les auxiliaires naturellement présents dans les cultures est un des services écosystémiques sur lequel s'appuie l'agroécologie afin de diminuer la dépendance de nos systèmes de production agricoles aux pesticides. Bien que les auxiliaires des cultures soient largement mis en avant, les liens entre mode de gestion des cultures, niveau de contrôle des bioagresseurs par les auxiliaires et rendement des cultures restent assez mal compris. Les trois principaux objectifs que s'était fixé le projet PEERLESS sont: 1) identifier les systèmes de culture et les caractéristiques de paysage dans lesquels la

biodiversité fonctionnelle renforce la productivité des cultures; 2) identifier les mécanismes écologiques qui sous-tendent les hétérogénéités spatio-temporelles de densités de populations de bioagresseurs et d'auxiliaires; 3) proposer des déploiements viables de système de culture et d'aménagements d'habitat semi naturel à partir de simulations de scénarii prenant en compte explicitement les paysages agricoles et les dynamiques des bioagresseurs et des auxiliaires en interactions.

### **... en combinant des recherches en écologie, agronomie, économie et statistiques**

Le premier objectif évalue l'impact des pratiques agronomiques et des agencements paysagers sur les pertes de production causées par les ravageurs dans six bassins de productions céréalières et horticoles. Le second objectif analyse, d'une part, les interactions trophiques entre auxiliaires et bioagresseurs pour déterminer les associations d'espèces les plus pertinentes pour un contrôle biologique des bioagresseurs, et d'autre part, les dynamiques de populations des bioagresseurs et de leurs principaux ennemis naturels en fonction des caractéristiques des paysages. Le troisième objectif propose des stratégies viables de conduites de culture et d'agencements paysagers à l'échelle d'un territoire. Il développe des modèles mécanistes de dynamiques des populations des bioagresseurs et de leurs ennemis pour différents scénarii paysagers d'agencement de cultures et d'espaces semi naturels. Ces scénarii paysagers sont optimisés par rapport à leurs performances agronomiques, écologiques, économiques et environnementales.

### **Résultats majeurs**

Les populations de ravageurs et d'adventices dans les cultures dépendent principalement des pratiques de gestion des parcelles mais aussi d'interaction entre ces pratiques et le contexte paysager. Une analyse conjointe des dynamiques de populations de bioagresseurs, de leurs principaux ennemis naturels et des interactions biotiques associées est nécessaire pour appréhender les régulations biologiques dans les cultures en fonction du contexte. La conception de paysage agricole plus favorables au contrôle biologique pour une gestion intégrée et viable de la santé des plantes doit s'appuyer sur une modélisation de ces dynamiques et l'intégration des différentes échelles spatio-temporelles auxquels elles s'opèrent.

### **Productions scientifiques**

Les résultats issus de PEERLESS ont été publiés dans une vingtaine d'articles dans des revues à comité de lecture et présentés à l'occasion de conférences et des rencontres techniques avec la profession. Le colloque de restitution « écologisation des systèmes de productions agricoles pour renforcer le contrôle biologique des bioagresseurs » fait une synthèse exhaustive des avancées scientifiques, des développements méthodologiques et des évolutions conceptuelles sur le sujet.

## Illustration



PEERLESS ou comment optimiser des paysages agricoles renforçant le contrôle biologique des bioagresseurs par une analyse *in vivo* et *in silico* des processus écologiques. © Thomas Delattre/INRA

### Informations factuelles

PEERLESS est un projet de recherche fondamental coordonné par l'INRA. Le projet a commencé en janvier 2013 et a duré 60 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'ANR de 807 k€ pour un coût global d'environ 5000 k€

## B.2 RESUME CONSOLIDE PUBLIC EN ANGLAIS

### Predictive Ecological Engineering for Landscape Ecosystem Services and Sustainability

The challenge is to propose viable management of pest populations in agroecosystems through an integrative approach combining different spatial scales, perennial and annual crops and the trophic interactions between several pest species and their natural enemies.

#### Three applied aims to enhance ecological engineering in crop health...

The control of crop pests by the enhancement of services provided their natural enemies is frequently evocated to reduce dependency of crop production to pesticides. Although, the links between the crop management, the levels of control services provided by the population of natural enemies and the crop productions remain largely unknown. The PEERLESS project has three aims: 1) identifying crop system and landscape characteristic for which the biodiversity functionally enhances crop production, 2) identifying ecological mechanisms linked with spatiotemporal heterogeneity in the density of pest and natural enemies populations, 3) design viable deployments of alternative crop system and semi-natural habitats in spatially explicit landscapes thank to the simulations of the population dynamics of the pests and their natural enemies.

#### ...by combining researches in ecology, economy and statistics

The first pillar evaluates the impact of agronomic practices and landscape arrangements on production losses caused by the crop pests in six different French agricultural zones. The second pillar analyses, on one hand, inter-specific interactions at the parcel and landscape levels to determine the most relevant floral and animal species involved in the biological control of the pests, and on the other hand, the population dynamics of the pests and of their main natural enemies depending on the characteristics of the landscape. The third pillar design strategies of area-wide-management that optimize pest control service, agricultural

production and farmer outcomes. It is based on the evaluation of various scenarii of the distribution crop and semi-natural habitat in the landscape in which the population dynamics of the pests and their natural enemies are simulated with mechanistic models. These scenarii are finally optimized base on their agronomic, ecological, environmental and economic performances.

### **Main results**

Pest and weed populations in crop fields primarily depend on plot management practices, but also on the interaction of these practices with the landscape context. A joint analysis of population dynamics of the pests, their main natural enemies and associated biotic interactions is needed to understand the biological regulations in crops according to the context. The design of agricultural landscape that is more favorable to biological control and an integrated and sustainable management of plant health must be based on the modeling of these dynamics and on integrating the different spatio-temporal scales at which they operate.

### **Scientific productions**

The results of the PEERLESS project have been published in about twenty articles in peer-reviewed journals and presented at conferences and technical meetings with the profession. A restitution symposium entitled "écologisation des systèmes de productions agricoles pour renforcer le contrôle biologique des bioagresseurs" makes an exhaustive synthesis of scientific advances, methodological developments and issues on these topics.

### **Illustration**



PEERLESS or how to optimize agricultural landscapes enhancing pest biological control by an in vivo and in silico analysis of ecological processes. © Thomas Delattre/INRA

### **Factual information**

PEERLESS is a fundamental research project coordinated by INRA. The project started in January 2013 and lasted 60 months. It benefited from ANR assistance of € 807,000 for a total cost of around € 5,000,000.

## C MEMOIRE SCIENTIFIQUE

**Mémoire scientifique confidentiel** : Non

### C.1 RESUME DU MEMOIRE

L'enjeu de PEERLESS était de proposer une gestion viable des populations de bioagresseurs dans les agroécosystèmes par une approche intégrative combinant différentes échelles spatiales, des cultures pérennes et annuelles et les interactions trophiques entre plusieurs bioagresseurs de ces cultures et leurs ennemis naturels. La régulation des bioagresseurs par les auxiliaires naturellement présents dans les cultures est le service écosystémique étudié afin de diminuer la dépendance des systèmes de production agricole aux pesticides.

Pour répondre à un premier objectif visant à caractériser l'impact des pratiques agronomiques et des agencements paysagers sur les pertes de production causées par les ravageurs et les adventices, des suivis écologiques et agronomiques ont été réalisés dans six bassins de productions nationaux et plusieurs sites expérimentaux. Les résultats issus de ces suivis mettent en évidence des effets interactifs entre les pratiques de gestion dans les parcelles agricoles et le contexte paysager sur les populations de bioagresseurs, nécessitant l'appréhension de la santé des plantes à plusieurs échelles spatiales. Pour répondre à un second objectif visant à mieux comprendre les processus écologiques en jeu, ont été analysées, d'une part, les interactions interspécifiques au niveau de la parcelle pour déterminer les espèces auxiliaires principalement impliquées dans le contrôle biologique des bioagresseurs et d'autre part, les dynamiques de populations des bioagresseurs et des auxiliaires en fonction des caractéristiques de paysages. Les espèces auxiliaires observées dans les parcelles varient sensiblement pour une même culture. Les carabes jouent un rôle central dans le contrôle biologique des adventices et de différents ravageurs, mais ce contrôle varie à la fois en qualité et en intensité en fonction de la complexité du réseau d'interactions. Les proportions et, dans une moindre mesure, les distributions de cultures et d'habitats semi-naturels dans les paysages agricoles impacte la recolonisation des parcelles cultivées par les populations de bioagresseurs et d'auxiliaires. Enfin, pour répondre à un troisième objectif visant à proposer des stratégies viables de conduite de culture et d'agencement paysager à l'échelle d'un territoire, des modèles mécanistes de dynamique des populations des bioagresseurs et de leurs ennemis pour différents scénarios d'agencement de cultures et d'habitat semi naturel dans le paysage ont été développés. Les performances agronomiques, écologiques, environnementales et économiques des scénarios paysagers simulés ont été analysées afin d'aider à la conception de stratégies intégrées de gestion de la santé des plantes et appuyer l'action publique en terme de réduction d'usage des pesticides.

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

L'humanité fait face à des défis sans précédent découlant de l'ampleur de l'activité humaine et de ses impacts en termes de changement global. Prédire la trajectoire du changement global tout en préservant le bien-être de l'humanité nécessite une analyse intégrée de la dynamique des systèmes socio-écologiques.

L'agriculture est l'un des principaux moteurs du changement global et l'une des menaces les plus graves pour la biodiversité. Pour soutenir la rentabilité des productions agricoles, l'agriculture a longtemps favorisé l'augmentation de l'utilisation des fertilisants et pesticides et contribuer à la simplification des agrosystèmes par la réduction et la fragmentation des habitats semi-naturels. L'intensification de l'utilisation des terres a également conduit à des conflits entre la production agricole et d'autres services écosystémiques notamment lié à la perte de biodiversité. La pression exercée sur les ressources limitées en raison de la croissance de la population humaine constitue un défi crucial pour le maintien d'un approvisionnement alimentaire durable avec une perte minimale de biodiversité. Ce défi exige que nous changions de paradigme en passant d'un modèle global d'intensification vers un modèle basé sur le développement durable. Cette révolution peut se faire en maximisant les avantages des services écosystémiques fournis par la biodiversité à l'agriculture, tels que le contrôle des populations de bioagresseurs par les prédateurs et les parasitoïdes grâce à une gestion agroécologique des paysages.

Le cadre législatif des politiques publiques nationales et européennes en faveur de l'agriculture a sensiblement évolué au cours des cinq années du projet. La nouvelle politique agricole commune conditionne depuis 2015 une partie des aides directes que reçoivent les agriculteurs à des mesures agro-environnementales de diversification des cultures, de maintien des prairies permanentes et de préservation de surfaces d'intérêt écologique et vise à promouvoir une gestion durable et viable des territoires. Le plan Ecophyto II lancé en 2016 réaffirme l'engagement de la France à réduire de 50% la consommation nationale de pesticides à l'horizon de 2025.

Ce cadre législatif crée une exigence à développer urgemment des méthodes d'ingénierie du paysage et des solutions de biocontrôle qui puissent nous aider à réduire notre utilisation de pesticides. Comment nos paysages agricoles, contenant à la fois des cultures et des habitats semi-naturels, devraient-ils être structurés et comment les produits phytopharmaceutiques et la lutte biologique devraient-ils être utilisés pour maximiser la fourniture de services écosystémiques ? sont les principaux enjeux auxquels souhaitait répondre le projet PEERLESS.

### **C.3 APPROCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

Pour répondre à ces enjeux d'aménagement de paysages agricoles moins dépendant des pesticides et renforcer le service de régulation des bioagresseurs, le projet a été organisé autour de trois objectifs complémentaires :

- identifier les **systèmes de culture** et les **caractéristiques de paysage** dans lesquels la biodiversité fonctionnelle renforce la **productivité des cultures** ;
- caractériser les **mécanismes écologiques** impliqués affectant les **dynamiques de populations** de bioagresseurs et d'auxiliaires et les **interactions trophiques** associées;
- proposer des **déploiements viables** de conduite de culture et d'agencement paysager à l'échelle des territoires à partir de **simulation de scénarios** d'usage des sols.

Deux tâches scientifiques ont été planifiées pour répondre à chacun de ces trois objectifs afin de pouvoir appréhender la régulation des bioagresseurs à différents à niveaux spatio-temporels et évaluer globalement les impacts de la gestion des cultures et du paysage sur les densités de population de bioagresseurs. Chaque tâche a mobilisé les compétences

disciplinaires des différents partenaires en écologie, agronomie, économie, statistique et plus collectivement en modélisation.

**Tâche 1 :** « Caractérisation des effets du paysage, des bordures de champs et des pratiques agronomiques sur la protection des plantes » : à partir d'analyse combinée de données de suivis des pratiques agricoles et de densité de bioagresseurs dans une centaine de parcelles commerciales dans six bassins de production nationaux en grande-culture (blé-colza) ou arboriculture fruitière (pomme).

**Tâche 2 :** « Evaluation d'ingénierie écologique et de système de culture innovant pour la protection des plantes » portant notamment sur le rôle des infrastructures agroécologiques sur les bioagresseurs et leur contrôle biologique dans les cultures.

**Tâche 3 :** « Comparaison de la structure des réseaux trophiques dans des systèmes conventionnel et alternatif de protection des plantes » grâce aux développements d'outils d'inférence des liens trophiques et de méthodes d'apprentissage automatique des réseaux d'interactions.

**Tâche 4 :** « Estimation des dynamiques de populations des bioagresseurs et de leurs ennemis naturels en fonction de l'hétérogénéité des paysages et des pratiques agronomiques » à partir de données géo-spatialisées d'abondances et de diversité génétique et de modèle mécanico-statistique d'inférence de la dispersion

**Tâche 5 :** « Modélisation du contrôle biologique des bioagresseurs dans des paysages suppressifs » grâce notamment au couplage de modèles proie-prédateur et de paysage pour simuler des dynamiques des populations en interaction en fonction des hétérogénéités d'usage de sol.

**Tâche 6 :** « Evaluation des performances économiques et agroécologiques de scénarii d'usage de sols et identification de stratégies d'aménagements paysagers favorables au contrôle des bioagresseurs » à partir des modèles de simulation des dynamiques proie-prédateur et à l'aide d'outils d'optimisation multi-objectif.

Enfin, la **tâche 7** était dédiée à la gestion du projet, à la collaboration entre les partenaires, et à l'organisation des séminaires d'échanges annuels et du colloque de restitution.

#### **C.4 RESULTATS OBTENUS**

La **tâche 1** a mis en évidence l'importance des effets interactifs entre les pratiques de gestion des bioagresseurs dans les parcelles agricoles et le contexte paysager environnant les parcelles [9,12,17] qui expliquent à la fois, les abondances de ravageurs (L1-1), celles de leurs ennemis naturels, et plus largement le biocontrôle et la production des cultures (L1-2), et justifient l'appréhension de la santé des plantes à plusieurs échelles spatiales (L1-3).

La **tâche 2** a confirmé l'importance des infrastructures agroécologiques (haies, bandes fleuries et enherbement) et de leurs diversités floristiques (L2-1) dans le maintien d'une grande diversité d'arthropodes auxiliaires à proximité des cultures [13], mais aussi leurs faibles efficacités en terme de contrôle biologique des bioagresseurs dans les cultures (L2-2), nécessitant de préciser leurs fonctions (trophiques et non-trophiques) selon le type d'infrastructures [1,20] et d'interfaces [11], la composition floristique des couverts, et la phénologie des espèces d'auxiliaires et bioagresseurs [6].

La **tâche 3** a permis de préciser les liens trophiques entre les bioagresseurs et leurs ennemis prédateurs [2,8] et parasitoïdes [4,5], en utilisant des approches isotopiques et moléculaires (L3-1) et en comparant différentes approches moléculaires d'analyses de contenus stomacaux (L3-2). Des réseaux d'interactions entre espèces dans les cultures (L3-3) ont été établis à partir d'inférences trophiques issues de données de séquençages haut-débits [27] ou de données de



cooccurrences écologiques des espèces [3,18]. Ces réseaux d'interactions témoignent de la très grande plasticité des liens trophiques selon les ressources en présences dans les cultures [3,26], suggérant que les préférences alimentaires et les niveaux de prédation d'un prédateur pour un bioagresseur donné dépendent aussi de la complexité des réseaux interactions et en particulier de la présence de leurs propres prédateurs [2].

La **tâche 4** s'est appuyée sur le développement de marqueurs moléculaires (L4-1) et de modèles biostatistiques (L4-4) pour estimer, à partir de données de suivis d'abondances et de structuration génétique, la dynamique des populations de quelques bioagresseurs [7,22,50] et leurs ennemis [12-14,19] en fonction de l'hétérogénéité des paysages (L4-2), et en fonction des pratiques agricoles et des aménagements agroécologiques dans les parcelles (L4-3).

La **tâche 5** s'est attelée à modéliser le contrôle biologique des bioagresseurs (L5-1) en lien avec les usages de sol et les pratiques de phytoprotection dans des paysages agricoles (L5-2) grâce notamment au couplage de modèles génériques proie-prédateur simulant, à l'aide d'équations aux dérivées partielles (EDP), les dynamiques des populations en interaction en fonction des hétérogénéités paysagères [16,22,80].

Enfin, la **tâche 6** a évalué conjointement les performances économiques et agroécologiques de scénarii d'usage de sols [15] et identifié des stratégies d'aménagement paysager favorable au contrôle des bioagresseurs à partir d'un modèle de simulation des dynamiques proie-prédateur (L6-1) en s'appuyant notamment sur une synthèse bibliographique des outils d'estimation de l'efficacité économique de mesures agro-environnementales (L6-2).

## C.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Les résultats issus du projet PEERLESS sont à ce jour publiés dans des revues internationales [1-27] à la fois **disciplinaires et généralistes** (dix publications multipartenaires) et ont été présentés à l'occasion d'une trentaine de conférences nationales [51-67] et internationales [29-50] différentes. Le projet a aussi contribué à la formation par la recherche d'une dizaine d'étudiants en master ou élève-ingénieurs et de sept doctorants, dont deux étaient directement soutenues par l'ANR [89,94]. Chacune des six tâches scientifiques a donné lieu à la rédaction de 2 à 4 livrables correspondants à des compilations d'articles (L1-3, L2-1 & L3-3), à des rapports présentant les données recueillies (L1-3, L3-2 & L4-1) ou à des développements méthodologiques (L5-1, L5-2 & L6-1). Deux livrables initialement prévus en lien avec l'analyse des pratiques agricoles dans les cultures ont été abandonnés (L2-3 & L3-4). Les travaux associés à ces deux livrables ont été réalisés dans le cadre des projets GARGAMEL [102] et CASIMIR [104], connexes au projet PEERLESS. Le **colloque de restitution** du projet PEERLESS, organisé conjointement avec le projet SEBIOPAG-Phyto [103], constitue un **livrable supplémentaire** (L7-1). Ce colloque fait la **synthèse des avancées conceptuelles** sur la régulation des bioagresseurs dans les cultures au cours des cinq années du projet et ouvre quelques pistes sur les **leviers** qu'il serait possible de mobiliser pour **renforcer une protection naturelle des plantes** [114].

## C.6 DISCUSSION

L'ensemble de ces travaux met en exergue la nécessité de mieux comprendre les **mécanismes écologiques** et le fonctionnement des agroécosystèmes pour pouvoir développer des modèles mécanistes prenant en compte la **variabilité de réponses** des organismes et des espèces en fonction de leurs environnements biotiques et abiotiques.

Le déficit de connaissances écologiques dans les agroécosystèmes est assurément un frein au développement de stratégies viables de protection de la santé des plantes appuyées par les régulations naturelles. Les efforts de recherches pour combler ce déficit nécessitent de poursuivre l'acquisition combinée de **données écologiques, agronomiques et économiques** dans un **même référentiel** d'espace et de temps et des **méta-analyses** sur une large gamme d'agro-écosystèmes pour pouvoir appréhender les **interactions** entre les facteurs déterminants le biocontrôle [101,103].

La **modélisation des dynamiques** proie-prédateur requière de modéliser en parallèle l'**hétérogénéité spatio-temporelle** des paysages pour pouvoir rendre compte de ces interactions. La modélisation des **linéaires** dans les paysages agricoles (*e.g.* la présence de haies) et de leurs effets sur la dynamique des **déplacements** des bioagresseurs et des auxiliaires dans des modèles couplés d'EDP à une et deux dimensions [22] est sans doute une perspective intéressante de **développement biostatistique** pour capter la variabilité de réponses des espèces en fonction de leurs environnements et pour mobiliser de nouveaux **leviers de gestion paysagère** de la santé des plantes.

Enfin, l'intégration d'**observations** de terrains à des **modèles réalistes de gestion** des populations de bioagresseurs reste un défi à relever pour aider la décision de traitement des agriculteurs. L'utilisation de la régulation naturelle des bioagresseurs par les auxiliaires et la gestion de ce service écosystémique nécessitent de revisiter une question ancienne en agronomie : celle de **relier** des densités de populations de bio-agresseurs à des dégâts, et des **dégâts** à des **pertes de rendements** et de **profits**.

## C.7 CONCLUSIONS

Le projet PEERLESS met en lumière l'importance d'appréhender conjointement l'ensemble des facteurs en interactions et de préciser la nature de ces interactions pour pouvoir mettre en œuvre une gestion durable de la santé des plantes dans les agroécosystèmes. Les **interactions** mis en évidence dans le projet sont **multiples** : entre organismes et entre espèces, entre processus écologiques, entre composition et configuration des paysages, entre échelles spatio-temporelles, entre acteurs d'un territoire et entre choix de développement.

Le pari du projet était d'appréhender ces interactions par une approche **pluri-disciplinaire**. Nous avons collectivement plutôt bien réussi ce pari, grâce à une démarche volontaire d'acquisitions de données écologiques, agronomiques et sociotechniques dans un même cadre d'étude spatio-temporel. Pour autant, le développement de stratégies moins polluantes de gestion de la santé des plantes requière l'intégration de nos recherches dans une démarche **inter-disciplinaire** qui reste à faire. L'optimisation de ces stratégies de gestion et la prédiction de leurs efficacités à l'aide de modèles mathématiques reposent indéniablement sur des **choix de développement** et sur la décision politique.

## C.8 REFERENCES

Les numéros L1-1 à L7-1 réfèrent aux numéros de livrables associés à chaque tâche et listés dans la section D.

Les numéros entre crochets réfèrent aux différentes formes de valorisation du projet PEERLESS listés dans les sections E2 et E3 en lien avec chaque livrable.

## D LISTE DES LIVRABLES

Date de livraison	N°	Titre	Nature (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	Partenaires (souligner le responsable)	Commentaires
07/15	1-1	Pest control and landscape database compiling existing data	Données [101]	IGEPP, PSH, Agronomie, AE	
07/16	1-2	Pest control' landscape database compiling new data	Données [105]	IGEPP, PSH, AE	livrable conjoint avec le livrable 1-3
07/16	1-3	Relative contribution of management options at crop and landscape levels to pest control	Articles [9;11;17;28] Rapport [92]	IGEPP, PSH, Agronomie, EP, AE	livrable conjoint avec le livrable 1-2
02/18	2-1	Recommendations to optimize the wildflower strip approach in combination with different alternative cropping systems	Rapports [83;94;96] Articles [1;25]	IGEPP, PSH, Agronomie, AE	
07/16	2-2	Identification of plant species and functional traits that have the potential to improve pest control	Rapports [88;94] Articles [6;20]	IGEPP, Agronomie, AE	
Annulé	2-3	Multicriteria evaluation of ecological engineering effects on weed and pest regulation		IGEPP, PSH, Agronomie, EP, AE	Constitue un livrable du projet <a href="#">CASIMIR</a>
07/16	3-1	Toolbox for the analysis of foodwebs in agricultural landscapes	Articles, Rapport [4;5]	IGEPP, PSH, AE	
02/18	3-2	Actual food ranges and their variation for several arthropods considered to provide important pest control services	Données [113] Rapports [95]	IGEPP, AE, PSH	
07/16	3-3	Foodweb structure based on pests and weeds, the factors influencing it and its influence on pest control service	Articles [2;3;18;21;27]	IGEPP, AE, PSH	
Annulé	3-4	Ecological engineering effects on weed predation, crop pest insects, their natural enemies and crop damage		IGEPP, AE, Agronomie, PSH	Constitue un livrable du projet GARGAMEL
07/16	4-1	Molecular resources to analyze population genetic structure of several important pests and natural enemies in agricultural landscapes	Données [112] Rapports [89;99]	IGEPP, PSH, Agronomie	
02/18	4-2	Identification of habitats in the agricultural mosaic that affect dynamic and genetic structure in several pest and natural enemy populations	Articles [7;12] Rapports [89;93;99;100]	IGEPP, PSH, Agronomie, BioSP	

<b>Date de livraison</b>	<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Nature</b> (rapport, logiciel, prototype, données, ...)	<b>Partenaires</b> ( <u>souligner le responsable</u> )	<b>Commentaires</b>
02/18	4-3	Identification of agronomic practices and vegetation that affect pest and natural enemy population dynamics	Articles [10;13;19] Rapports [85;87;89]	IGEPP, <u>PSH</u> , Agronomie, AE	
07/16	4-4	Demographic parameters and landscape features affecting population dynamic in one couple of pest and natural enemy	Articles [22;23]	IGEPP, <u>PSH</u> , Agronomie, AE, <u>BioSP</u>	
07/16	5-1	Population dynamic models to optimize pest control	Programme [111] Rapport [78]	<u>IGEPP</u> , BioSP, <u>PSH</u> , EP, AE, Agronomie	
07/16	5-2	Dynamic landscape patterns for controlling pest mediated plant epidemics	Programmes [101]	<u>IGEPP</u> , <u>PSH</u> , Agronomie, AE	Livable conjoint avec le livrable 5-3
	5-3	Scientific publications on population dynamic models (in link with tasks 4 and 6)	Articles [16;24]	<u>IGEPP</u> , AE, BioSP, <u>PSH</u> , EP, Agronomie	Livable conjoint avec le livrable 5-2
02/18	6-1	Eco-efficiency frontier of the landscape agro-ecologic and economic production	Rapport [84]	<u>EP</u> , <u>PSH</u>	
07/15	6-2	Measurement tools to evaluate the distance of an outcome to the Pareto-efficiency frontier	Conférence, Rapport [45]	<u>EP</u> , <u>PSH</u>	
02/18	6-3	Scientific publications in economics and environmental journals	Article, Conférences [15;45;53]	<u>EP</u> , <u>PSH</u> , AE, IGEPP	
12/17	7-1	Ecologisation of agricultural production systems to strengthen biological control of pests	Colloque [114]	IGEPP, <u>PSH</u> , Agronomie, EP, <u>AE</u> , BioSP	Livable supplémentaire

## E IMPACT DU PROJET

### E.1 INDICATEURS D'IMPACT

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

		Publications multipartenaires	Publications monopartenaies
International	Revue à comité de lecture	12	15
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	0	0
	Communications (conférence)	10	12
France	Revue à comité de lecture	0	0
	Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	0	1
	Communications (conférence)	7	10
Actions de diffusion	Articles vulgarisation	1	2
	Conférences vulgarisation	1	
	Autres	1	1

#### *Autres valorisations scientifiques (à détailler en E.3)*

	Nombre, années et commentaires (valorisations avérées ou probables)
Brevets internationaux obtenus	0
Brevet internationaux en cours d'obtention	0
Brevets nationaux obtenus	0
Brevet nationaux en cours d'obtention	0
Licences d'exploitation (obtention / cession)	0
Créations d'entreprises ou essaimage	0
Nouveaux projets collaboratifs	9 projets dont 6 achevés sur la période 2013-2020 [101-109]
Colloques scientifiques	1 colloque de restitution en 2017 [114]
Séminaires internes	5 séminaires annuels internes sur la période 2013-2017 [115]

### E.2 LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

#### *Revue internationale à comité de lecture*

1. Albert, L., Franck, P., Gilles, Y., Plantegenest, M., 2017. Impact of agroecological infrastructures on the dynamics of *Dysaphis plantaginea* (Hemiptera: Aphididae) and its natural enemies in apple orchards in Northwestern France. *Environmental Entomology* 46, 528-537.
2. Charalabidis, A., Dechaume-Moncharmont, F.-X., Petit, S., Bohan, D.A., 2017. Risk of predation makes foragers less choosy about their food. *PLoS ONE* 12, e0187167.
3. Consortium Quintescence: Bohan, D.A., Landuyt, D., Ma, A., Macfadyen, S., Martinet, V., Massol, F., McInerney, G., Montoya, J.M., Mulder, C., Pascual, U., Pocock, M.J.O., White, P., Blanchemanche, S., Bonkowski, M., Bretagnolle, V., Brönmark, C., Dicks, L.V., Dumbrell, A., Friberg, N., Gessner, M.O., Gill, R.J., Gray, C., Haughton, A., Ibanez, S., Jensen,

- J., Jeppesen, E., Jokela, J., Lacroix, G., Lannou, C., Lavorel, S., Le Galliard, J.-F., Lescourret, F., Liu, S., Loeuille, N., Mc Laughlin, O., Muggleton, S., Peñuelas, J., Petanidou, T., Petit, S., Pomati, F., Raffaelli, D., Rasmussen, J., Raybould, A., Reboud, X., Richard, G., Scherber, C., Scheu, S., Sutherland, W.J., Tamaddoni-Nezhad, A., ter Braak, C., Termansen, M., Thompson, M.S.A., Tschamtkke, T., Vacher, C., van der Geest, H., Voigt, W., Vonk, J.A., Zhou, X., Woodward, G., 2016. Networking our way to better ecosystem service provision. *Trends in Ecology & Evolution* 31, 105-115.
4. Derocles, S.A.P., Le Ralec, A., Besson, M.M., Maret, M., Walton, A., Evans, D.M., Plantegenest, M., 2014. Molecular analysis reveals high compartmentalization in aphid-primary parasitoid networks and low parasitoid sharing between crop and noncrop habitats. *Molecular Ecology* 23, 3900-3911.
  5. Franck, P., Maalouly-Matar, M., Olivares, J., 2017. Molecular tools for the detection and the identification of Hymenoptera parasitoids in Tortricid fruit pests. *International Journal of Molecular Sciences* 18, 2031.
  6. Gardarin, A., Plantegenest, M., Bischoff, A., Valantin-Morison, M., 2018. Understanding plant–arthropod interactions in multitrophic communities to improve conservation biological control: useful traits and metrics. *Journal of Pest Science* 91, 943-955.
  7. Juhel, A.S., Barbu, C.M., Franck, P., Roger-Estrade, J., Butier, A., Bazot, M., Valantin-Morison, M., 2017. Characterization of the pollen beetle, *Brassicogethes aeneus*, dispersal from woodlands to winter oilseed rape fields. *PLoS ONE* 12, e0183878.
  8. Kamenova, S., Tougeron, K., Cateine, M., Marie, A., Plantegenest, M., 2015. Behaviour-driven micro-scale niche differentiation in carabid beetles. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 155, 39-46.
  9. Labruyere, S., Bohan, D.A., Biju-Duval, L., Ricci, B., Petit, S., 2016. Local, neighbor and landscape effects on the abundance of weed seed-eating carabids in arable fields: A nationwide analysis. *Basic and Applied Ecology* 17, 230-239.
  10. Labruyere, S., Ricci, B., Lubac, A., Petit, S., 2016. Crop type, crop management and grass margins affect the abundance and the nutritional state of seed-eating carabid species in arable landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 231, 183-192.
  11. Labruyere, S., Petit, S., Ricci, B., 2018. Annual variation of oilseed rape habitat quality and role of grassy field margins for seed eating carabids in arable mosaics. *Agricultural Forest and Entomology* 20, 234–245.
  12. Lefebvre, M., Franck, P., Toubon, J.F., Bouvier, J.C., Lavigne, C., 2016. The impact of landscape composition on the occurrence of a canopy dwelling spider depends on orchard management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 215, 20-29.
  13. Lefebvre, M., Papaix, J., Mollot, G., Deschodt, P., Lavigne, C., Ricard, J.M., Mandrin, J.F., Franck, P., 2017. Bayesian inferences of arthropod movements between hedgerows and orchards. *Basic and Applied Ecology* 21, 76-84.
  14. Maalouly, M., Franck, P., Lavigne, C., 2015. Temporal dynamics of parasitoid assemblages parasitizing the codling moth. *Biological Control* 82, 31-39.
  15. Memmah, M.-M., Lescourret, F., Yao, X., Lavigne, C., 2015. Metaheuristics for agricultural land use optimization. A review. *Agronomy for Sustainable development* 35, 975-998.
  16. Parisey, N., Bourhis, Y., Roques, L., Soubeyrand, S., Ricci, B., Poggi, S., 2016. Rearranging agricultural landscapes towards habitat quality optimisation: In silico application to pest regulation. *Ecological Complexity* 28, 1113-1122.
  17. Petit, S., Trichard, A., Biju-Duval, L., McLaughlin, Ó.B., Bohan, D.A., 2017. Interactions between conservation agricultural practice and landscape composition promote weed seed predation by invertebrates. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 240, 45-53.
  18. Pocock, M.J.O., Evans, D.M., Fontaine, C., Harvey, M., Julliard, R., McLaughlin, Ó., Silvertown, J., Tamaddoni-Nezhad, A., White, P.C.L., Bohan, D.A., 2016. The visualisation of ecological networks, and their use as a tool for engagement, advocacy and management. *Advances in Ecological Research* 53, 41-85.
  19. Pollier, A., Dosdat, S., Tricault, Y., Bischoff, A., Plantegenest, M., Jaloux, B., 2016. Using the stable isotope marker C-13 to study extrafloral nectar uptake by parasitoids under controlled conditions and in the field. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 161, 131-140.
  20. Pollier, A., Guillomo, L., Tricault, Y., Plantegenest, M., Bischoff, A., 2018. Effects of spontaneous field margin vegetation on the regulation of herbivores in two winter crops. *Basic and Applied Ecology* 27, 71-82.
  21. Reynolds, A.M., Leprêtre, L., Bohan, D.A., 2013. Movement patterns of Tenebrio beetles demonstrate empirically that correlated-random-walks have similitude with a Lévy walk. *Scientific Reports* 3.
  22. Roques, L., Bonnefon, O., 2016. Modelling Population Dynamics in Realistic Landscapes with Linear Elements: A Mechanistic-Statistical Reaction-Diffusion Approach. *PLoS ONE* 11, e0151217.
  23. Roques, L., Walker, E., Franck, P., Soubeyrand, S., Klein, E.K., 2016. Using genetic data to estimate diffusion rates in

heterogeneous landscapes. *Journal of Mathematical Biology* 73, 397-422.

24. Ricci, B., Petit, S., Allanic, C., Langot, M., Parisey, N., Poggi, S., 2018. How effective is large landscape-scale planning for reducing local weed infestations? A landscape-scale modelling approach. *Ecological Modelling* 384, 221-232.
25. Santos, L.A.O., Botelho Costa, M., Lavigne, C., Fernandes, O.A., Bischoff, A., Franck, P., 2018. Influence of the margin vegetation on the conservation of aphid biological control in apple orchards. *Journal of Insect Conservation*.
26. Trichard, A., Ricci, B., Ducourtieux, C., Petit, S., 2014. The spatio-temporal distribution of weed seed predation differs between conservation agriculture and conventional tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 188, 40-47.
27. Vacher, C., Tamaddoni-Nezhad, A., Kamenova, S., Peyrard, N., Moalic, Y., Sabbadin, R., Schwaller, L., Chiquet, J., Smith, M.A., Vallance, J., Fievet, V., Jakuschkin, B., Bohan, D.A., 2016. Learning ecological networks from next-generation sequencing data. *Advances in Ecological Research* 53, 1-39.

### **Chapitre d'ouvrage**

28. Lavigne, C., Franck, P., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Maugin, S., Olivares, J., 2014. Impact de la structure des paysages sur les ravageurs et leurs controle par les auxiliaires. In: Lauri, P.-E. (Ed.), *Conception de Systèmes Horticoles innovants: Bases Biologiques, Ecologiques et Socio-Economiques*. EcoHort, Montpellier, pp. 181-191.

### **Conférences internationales**

29. Albert, L., Franck, P., Gilles, Y., Plantegenest, M., 2016. Conservational biological control of the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* (Hemiptera: Aphididae) in French cider apple orchards. In: Petros, D. (Ed.), *9th International Conference on Integrated Fruit Production*, Thessaloniki, Greece.
30. Albert, L., Plantegenest, M., Gilles, Y., Franck, P., 2016. Impact of agro-ecological infrastructures on the biological control of *Dysaphis plantaginea* (Hemiptera: Aphididae) in apple orchards in north-western France. *International Conference of Ecological Sciences*. Société Française d'Ecologie, Marseille, France.
31. Albert, L., Plantegenest, M., Marie, A., Olivares, J., Franck, P., Gilles, Y., 2017. Opportunistic predation of carabidae on cider apple orchard pest in northwestern France. In: Canard, E., Plantegenest, M. (Eds.), *XVIIIth European Carabidologist Meeting*. Agrocampus-Ouest, Rennes, France.
32. Belhache, M., Djoudi, E.A., Aviron, S., Pétilion, J., Plantegenest, M., 2015. Influence of farming system on ground beetle communities at local and landscape scales. *XVIIth European Carabidologists Meeting*, Primošten, Croatia.
33. Bischoff, A., Pollier, A., Tricault, Y., 2017. Effects of field margin vegetation on herbivore regulation: spontaneous flora vs wildflower strips BES, GFÖ, NECOV and EEF Joint Annual Meeting: Ecology across borders. *British Ecological Society Ghent*, Belgium.
34. Franck, P., Botelho-Costa, M., Thenoux, E., Bischoff, A., Toubon, J.-F., Lavigne, C., 2015. Impact of flowering strips on pests, pest enemies and pest predation and parasitism in three experimental apple orchards. *INNOHORT 2015, Innovation in Integrated & Organic Horticulture*. ISHS, Avignon, France.
35. Franck, P., Maalouly, M., Olivares, J., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Lavigne, C., 2014. Spatio-temporal distribution of the parasitoid community affecting a major pest in South-Eastern France orchards. *Joint 2014 Annual Meeting British Ecological Society and Société Française d'Ecologie*. British Ecological Society Lille, France.
36. Franck, P., Odorizzi, L., Botelho, M., Fernandez, O.A., Lavigne, C., Bischoff, A., 2017. Impact of agro-ecological infrastructures on the control of insect pests in apple orchards. In: Begg, G.S., Smith, B., Holland, J., Gerowitt, B. (Eds.), *7th meeting of the IOBC-WPRS Working Group Landscape management for functional biodiversity*. IOBC wprs Bulletin / Bulletin OILB srop, Dundee, Scotland, UK.
37. Juhel, A., Vivet, V., Butier, A., Barbu, C., Valantin-Morison, M., Franck, P., Roger-Estrade, J., 2016. Variation in abundance of pollen beetle, *Meligethes aeneus* and its parasitoid, *Tersilochus heterocerus* in oilseed rape in relation to proximity to woodlands and grasslands. In: Cook, S.M., Jedryczka, M., Kaczmarek, J., Truman, W., Veromann, E. (Eds.), *Working Group Meeting on Prospects and progress for sustainable oilseed crop production*. IOBS/WPSR, Tartu, Estonia.
38. Labruyere, S., Bohan, D.A., Biju-Duval, L., Ricci, B., Petit, S., 2015. Importance of habitat, local management and landscape composition on the abundance of weed seed eating carabid species in crop fields. *17th European Weed Research Society Symposium*, Montpellier, France.
39. Lavigne, C., Maalouly, M., Monteiro, L.B., Ricci, B., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Olivares, J., Maugin, S., Thomas, C., Franck, P., 2017. Landscape scale and local crop protection intensity affect the abundance of the codling moth and its predation and parasitism in apple orchards. In: Begg, G.S., Smith, B., Holland, J., Gerowitt, B. (Eds.), *7th meeting*

of the IOBC-WPRS Working Group Landscape management for functional biodiversity. IOBC wprs Bulletin / Bulletin OILB srop, Dundee, Scotland, UK.

40. Lavigne, C., Maalouly, M., Ricci, B., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Olivares, J., Maugin, S., Thomas, C., Franck, P., 2016. Landscape composition and farming practices affect the abundance of the codling moth and its predation and parasitism in apple orchards. International Conference of Ecological Sciences. Société Française d'Ecologie, Marseille, France.
41. Lefebvre, M., Franck, P., Toubon, J.-F., Olivares, J., Bouvier, J.-C., Lavigne, C., 2015. The impact of landscape composition on the abundance of a canopy dwelling spider depends on orchard management. INNOHORT 2015, Innovation in Integrated & Organic Horticulture. ISHS, Avignon, France.
42. Lefebvre, M., Papaix, J., Mollot, G., Deschodt, P., Ricard, J.-M., Mandrin, J.-F., Lavigne, C., Franck, P., 2016. A Bayesian hierarchical model to estimate natural enemies' movements between hedgerow and apple orchard based on immunological marking. Sfécologie-2016, International Conference of Ecological Sciences. SFE, Marseille, France.
43. Marie, A., Vialatte, A., Gauffre, B., Plantegenest, M., 2015. Interactions between agricultural systems and landscape properties exert a strong filtering on species traits in carabid communities. XVIIth European Carabidologists Meeting, Primošten, Croatia.
44. McLaughlin, Ó., Trichard, A., Biju-Duval, L., Bohan, D.A., Petit, S., 2015. Space and time management interactions support carabid abundance and weed seed predation in arable fields. 2015 Annual meeting. British Ecological Society, Edinburgh, UK.
45. Pérez-Urdiales, M., Martinet, V., 2016. Pesticide use reductions at landscape level: efficient allocation of land uses. VII Congreso Internacional de Eficiencia y Productividad EFIUCO, Cordoba, Spain.
46. Petit, S., McLaughlin, O., Labruyere, S., Biju-Duval, L., Bohan, D.A., 2015. Promoting weed regulation services in arable landscapes. XIII European Ecology Federation Conference - Ecology at the Interface. Internationale Association for Landscape Ecology, Rome, Italy.
47. Petit S., Labruyère, S., McLaughlin, O., Ricci, B., Bohan, D., 2016. Managing landscapes for promoting the weed seed regulation service in agriculture. Congress ESA14, Edinburgh, UK.
48. Pollier, A., Tricault, Y., Jaloux, B., Plantegenest, M., Saphore, A., Bischoff, A., 2014. The effect of landscape structure and field margin vegetation on the regulation of crop herbivores in wheat crop. Joint 2014 Annual Meeting British Ecological Society and Société Française d'Ecologie. British Ecological Society, Lille, France.
49. Pollier, A., Tricault, Y., Jaloux, B., Plantegenest, M., Saphore, A., Bischoff, A., 2015. Restoration of functional biodiversity in agro-ecosystems: the role of field margin vegetation and landscape structure. The 6th world conference on ecological restoration. Society of Ecological Restoration, Manchester, UK.
50. Walker, E., Klein, E., Roques, L., Franck, P., 2014. Estimation of demographic parameters of an insect pest in apple-orchards landscape, from genetic data. International Statistical Ecology Conference. CNRS, Montpellier, France.

### **Conférences nationales**

51. Albert, L., Plantagenest, M., Franck, P., Gilles, Y., 2014. Etude de la Biodiversité Fonctionnelle en Verger Cidricole. Dixième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Association Française de Protection des Plantes (AFPP), Montpellier.
52. Bischoff, A., Rochet, L., Pollier, A., Lamarre, E., Tricault, Y., Jaloux, B., 2015. Interactions entre communautés végétales, phytophages et leurs ennemis naturels. Colloque francophone d'écologie des communautés végétales, ECOVEG11, Grenoble.
53. Chèze, B., David, M., Martinet, V., 2017. Farmers' motivations to reduce their use of pesticides: a choice experiment analysis in France. 4ème Conférence annuelle de la FAERE, Nancy.
54. Ciss, M., Poggi, S., Roques, L., Memmah, M.M., Martinet, V., Gosme, M., Ricci, B., Parisey, N., 2014. Exploring pest regulation in the context of dynamic agricultural landscapes. Modélisation de paysages agricoles pour l'analyse et la simulation de processus. PAYOTE, Paris.
55. Desbois, D., 2017. Une introduction à l'approche PLS en modélisation structurelle basée sur la procédure plsmpm du logiciel R. 11èmes Journées de Recherches en Sciences Sociales, Lyon.
56. Deschodt, P., Mollot, G., Lefebvre, M., Olivares, J., Franck, P., 2014. Effet des haies brise-vent sur la présence et la dispersion des prédateurs généralistes en vergers de pommiers. In: Kreiter, S. (Ed.), Dixième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Association Française de Protection des Plantes, Montpellier.
57. Franck, P., Lavigne, C., 2013. Une approche intégrative pour renforcer le contrôle biologique des bioagresseurs



dans les agro-écosystèmes : l'exemple de la gestion des populations de carpocapse en vergers de pommiers. In: Cordonnier, T. (Ed.), Forgeco. GIP Ecofor, Grenoble.

58. Gosme, M., 2014. Gestion intégrée de plusieurs bioagresseurs à l'échelle du paysage – Mise au point d'outils facilitant la réutilisation de modèles épidémiologiques et démographiques pour la construction de modèles ad hoc. In: Kreiter, S. (Ed.), Séminaire d'Agroécologie - Intensification écologique des systèmes de culture. Agropolis International, Montpellier.
59. Juhel, A., 2017. Dynamique des populations des méligèthes et de son principal parasitoïde en fonction de l'hétérogénéité des paysages agricoles. Mobiliser les régulations naturelles, surveiller, diagnostiquer, anticiper les risques pour la santé des cultures. INRA, métaprogramme SMACH, Paris
60. Labruyere, S., Bohan, D.A., Trichard, A., Biju-Duval, L., Ricci, B., Petit, S., 2014. Influence du colza et des prairies à différentes échelles spatiales sur l'abondance de carabes prédateurs de graines d'adventices. In: Petit, S., Ricci, B. (Eds.), Septièmes Journées Françaises de l'Ecologie du Paysage. Internationale Association for Landscape Ecology, Dijon.
61. Labruyere, S., Ricci, B., Petit, S., 2014. Quelle organisation spatiale des paysages agricoles pour promouvoir le service de prédation des graines d'adventices par les carabidés ? In: Petit, S., Ricci, B. (Eds.), Septièmes Journées Françaises de l'Ecologie du Paysage. Internationale Association for Landscape Ecology, Dijon.
62. Lefèbvre, M., Franck, P., Toubon, J.-F., Thomas, C., Bouvier, J.-C., Lavigne, C., 2014. Impact du paysage et des pratiques locales sur les araignées et forficules en vergers de pommiers à l'automne. In: Petit, S., Ricci, B. (Eds.), Septièmes Journées Françaises de l'Ecologie du Paysage. Internationale Association for Landscape Ecology, Dijon.
63. Martinet, V., Pérez-Urdiales, M. 2016. Pesticide use reductions at landscape level: efficient allocation of land uses. 3ème Conférence annuelle de la FAERE, Bordeaux.
64. Munier-Jolain, N., Franck, P., Roger-Estrade, J., 2013. Comment prendre en charge la diversité des services rendus par les agroécosystèmes et gérer le changement d'échelle ? In: Lescourret, F., Côte, F., Dutoit, T., Rey, F. (Eds.), Des ingénieries par et pour le vivant, écologiques et agro-écologiques. INRA-Cirad-CNRS-Irstea, Montpellier.
65. Petit, S., Ricci, B., Alignier, A., Aviron, S., Badenhauer, I., Biju-Duval, L., Bouvier, J.-C., Bretagnolle, V., Cordeau, S., Defferier, T., Franck, P., Gibon, A., Goulard, M., Heintz, W., Henry, M., Houte, S., Joannon, A., Ladet, S., Lavigne, C., Lescourret, F., Munier-Jolain, N., Ouin, A., Plantegenest, M., Thenail, C., Toubon, J.-F., Vialatte, A., Balent, G., 2014. Comment favoriser les services écosystémiques assurés par la biodiversité des paysages agricoles ? Intérêts d'un réseau de sites d'observation à long terme. Septièmes Journées françaises de l'Ecologie du Paysage Dijon.
66. Pollier, A., Tricault, Y., Jaloux, B., Plantagenest, M., Saphore, A., Bischoff, A., 2015. L'effet de la communauté végétale des bordures et de la structure du paysage sur la régulation des phytophages dans les parcelles agricoles. Colloque francophone d'écologie des communautés végétales, ECOVEG11, Grenoble.
67. Pollier, A., Tricault, Y., Jaloux, B., Plantagenest, M., Saphore, A., Bischoff, A., 2014. Le paysage agricole et la flore des bordures de champ au service de la régulation des insectes ravageurs par les insectes auxiliaires ? Le cas des cultures de colza et de blé en Maine et Loire. In: Petit, S., Ricci, B. (Eds.), Septièmes Journées Françaises de l'Ecologie du Paysage. Internationale Association for Landscape Ecology, Dijon.

### **Articles de vulgarisation**

68. Albert, L., Gilles, Y., Plantagenest, M., Franck, P., 2016. Régulation naturelle du puceron cendré en verger cidricole : rôle des aménagements fleuris. Pomme à Cidre. IFPC, pp. 11-14.
69. Hingand, I., 2016. Les bords de champs passés à la loupe [Interview de Y. Tricault & A. Pollier]. Horizon, p. 37.
70. Petit, S., Labruyere, S., Trichard, A., Ricci, B., Bohan, D.A., 2015. Gestion territoriale des adventices: effets des propriétés du paysage sur les communautés adventices et sur leur régulation par les carabidae. Innovations Agronomiques, pp. 71-82.

### **Conférences de vulgarisation**

71. Albert, L., Lefebvre, M., 2017. Intérêt des insectes et araignées sur le contrôle des ravageurs en verger et comment les favoriser. Entretiens cidricoles. SIVAL, Angers.
72. Albert, L., Ricard, J.-M., Lefebvre, M., Mandrin, J.-F., Plantegenest, M., Franck, P., 2017. Régulation des ravageurs en verger de pommier de table et cidricole: le rôle des insectes et araignées. Journée nationale Biodiversité. Ctifl, Balandran.
73. Bischoff, A., Jaloux, B., Pollier, A., Lamarre, E., 2013. Relation entre composition floristique des bordures et ravageurs des brassicacées légumières. SIVAL, Angers.

74. Franck, P., Botelho, M., Lefebvre, M., Olivares, J., Thomas, C., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Memmah, M.-M., Odorizzi, L., Bischoff, A., Lavigne, C., 2015. Recherche pour définir des leviers de gestion de la biodiversité améliorants le contrôle biologique des ravageurs en vergers de pommiers. In: Fraisse, F., Bariteau, M. (Eds.), Recherche, Expérimentation & Développement PACA. Chambre d'Agriculture PACA, Avignon.
75. Franck, P., Lavigne, C., 2015. Principes et éléments clés de la biodiversité fonctionnelle pour la régulation des bioagresseurs agricoles. In: Fraisse, F., Bariteau, M. (Eds.), Recherche, Expérimentation & Développement PACA. Chambre d'Agriculture PACA, Avignon.
76. Franck, P., Lavigne, C., Lefebvre, M., Papaix, J., Mollot, G., Deschodt, P., Ricard, J.-M., Mandrin, J.-F., 2017. Les relations entre verger et paysage local: déplacement des arthropodes prédateurs entre haie et verger. In: Ctifl, IFPC (Eds.), Journée nationale Biodiversité. Ctifl, Balandran.
77. Lavigne, C., Bouvier, J.-C., Franck, P., Maugin, S., Olivares, J., Thomas, C., Toubon, J.-F., 2017. Quels effets de la composition des paysages et des pratiques agricoles sur le carcopapse des pommes et ses ennemis naturels en basse vallée de la Durance? In: Fraisse, F., Bariteau, M. (Eds.), Recherche, Expérimentation & Développement PACA. Chambre d'Agriculture PACA, Avignon.
78. Lavigne, C., Maalouly, M., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Olivares, J., Maugin, S., Franck, P., 2013. Impact de la composition et de la configuration du paysage sur l'abondance et le contrôle des insectes ravageurs en vergers de pommiers. Les Rencontres du Végétal, sixième édition. Agro-campus Ouest, Angers.

### **Autres communications**

79. Petit, S., 2015. Intérêts des Infrastructures agro-écologiques et de leur cohérence dans le paysage agricole. iFORe, Dijon, France.
80. Ciss, M., Poggi, S., Memmah, M.M., Franck, P., Gosme, M., Parisey, N., Roques, L., 2016. A model-based approach to assess the effectiveness of pest biocontrol by natural enemies. [arXiv:1602.06584](https://arxiv.org/abs/1602.06584).
81. Franck, P., Petit-Michaut, S. 2017. Ecologisation des systèmes de productions agricoles pour renforcer le contrôle biologique des bioagresseurs : apport des projets ANR Peerless et FRB Sebiopag-phyto. Paris, France.

### **Thèses et mémoires diplômants**

82. Albert, L., 2017. Régulation Naturelle du Puceron Cendré et Aménagement Agro-écologique: l'Exemple des Vergers Cidricole du Nord-Ouest de la France. VAS. Agrocampus Ouest, Rennes, p. 364.
83. Botelho-Costa, M., 2017. Pest Insect and Natural Enemies Associated with Apple and Peach Trees. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brésil p. 102.
84. Cosnard, L. 2014. Analyse de l'effet du niveau de rationalité des agriculteurs et de deux outils de politique publique sur les performances des paysages agricoles à l'aide d'un modèle écologique-économique dynamique. AgroParisTech, Grignon, p. 64.
85. Deschodt, P., 2014. Effect of the windbreak hedgerows on the presence and the dispersal of ground dwelling predators in apple orchard. Plantes et Systèmes de cultures Horticoles. SupAgro, Montpellier, p. 77.
86. Dosdat, S., 2014. Influence de la distance aux bandes fleuries sur la consommation de nectar et le contrôle du puceron par le parasitoïde *Diaeretiella rapae* en parcelle de colza. ENSAIA, Agrocampus-Ouest, Angers, p. 42.
87. Duchazaubeneix-Labruyère, S., 2016. Déterminants Multi-Echelles de la Dynamique Spatio-Temporelle des Coléoptères Carabiques Prédateurs de Graines d'Adventices. Environnements-Santé. Université de Bourgogne, Dijon, p. 215.
88. Guillomo, L., 2015. Relations entre la flore de bord de champ, le paysage et le service écosystémique de régulation des insectes ravageurs du colza. IGEPP. Agrocampus Ouest, Angers, p. 79.
89. Juhel, A., 2017. Dynamique des populations de méligèthe, *Brassicogethes aeneus* Fabr. (Coleoptera, Nitidulidae) et de son principal parasitoïde, *Tersilochus heterocerus* Thomson (Hymenoptera Ichneumonidae) en fonction de l'hétérogénéité des paysages agricoles. ABIES. Université Paris-Saclay, Paris, p. 218.
90. Lefebvre, M., 2016. Régulation des Ravageurs par les Araignées en Verger. Agrosociétés & Sciences. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon, p. 267.
91. Loudghiri, M., 2017. Conception Assistée par Modèle de Scénarios Paysagers pour le Contrôle Biologique. Mathématique Appliquée & Modélisation. Polytech, Université Claude Bernard, Lyon, p. 35.
92. Mézerette, F., 2016. Quels Effets de la Gestion Agricole et du Paysage sur l'Abondance de Bioagresseurs et le Rendement ? Rennes I, p. 39.

93. Michenski, B., 2016. Estimation de paramètres de diffusion de populations d'insectes dans un paysage hétérogène à partir d'équations aux dérivées partielles et de données génétiques spatialisées. Bioinformatique et Génomique. Rennes I, Rennes, p. 28.
94. Pollier, A., 2016. Interactions entre végétation des habitats semi-naturels, pratiques agricoles et contrôle biologique des ravageurs des cultures - Optimisation de l'approche bande fleurie. VENAM. Agrocampus-Ouest, Angers, p. 248.
95. Portulat, B., 2016. Préférences Alimentaires des Araignées : Prédation des Ravageurs et Prédation Intra-Guilde en Verger de Pommiers. AgroCampus Ouest, Rennes, p. 77.
96. Odorizzi, L.A., 2017. Contribution of Marginal Non-Crop Vegetation and Seminatural Habitats to the Regulation of Insect Pest Population by their Natural Enemies. Faculdade de ciências agrarias e veterinarias. Universidade estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Jaboticabal, Brésil, p. 86.
97. Quero, A., 2015. Etude du Contrôle Biologique du Ravageur *Dysaphis plantaginea* en Verger Cidricole par son Cortège d'Auxiliaires, en Lien avec les Infrastructures dites Agro-Ecologiques et les Pratiques Agricoles. SupAgro, Montpellier, p. 89.
98. Taillade, A., 2015. Etude de la Biodiversité Fonctionnelle en Verger Cidricole : Cas de la Régulation Naturelle du Puceron Cendré *Dysaphis plantaginea*. Agrocampus-Ouest, Angers, p. 82.
99. Teles dos Santos, R., 2015. Structure génétique des populations du parasitoïde du carpocapse des pommes, *Ascogaster quadridentata* (Hymenoptera, Braconidae). SupaAgro, Montpellier, p. 25.
100. Vivet, V., 2016. Analyse spatio-temporelle de l'impact des mosaïques paysagères et des pratiques agricoles sur *Tersilochus heteroceris*, principal parasitoïde de *Meligethes aeneus*, Agronomie. AgroParisTech, Grignon, p. 44.

### E.3 LISTE DES ELEMENTS DE VALORISATION

Le projet PEERLESS a contribué à l'initiation de plusieurs projets collaboratifs et de réseau agrégeant une partie de ses partenaires, à la formalisation de bases de données de suivis écologiques et génétiques de bioagresseurs et de leurs ennemis en lien avec la composition des paysages, et au développement de logiciels et de programmes informatiques pour simuler des dynamiques de population et générer des paysages aléatoires. Un colloque de restitution des principales avancées du projet.

#### **Lancement de nouveaux projets**

101. [COPACABANA](#) (2013-2015) : COmment décrire le PAysage pour Caractériser son effet sur les BioAgresseurs et ennemis Naturels (INRA, Métaprogramme SMaCH) ; rassemble plusieurs bases de données de suivis de bioagresseurs et de leurs ennemis dans les cultures en lien avec la composition des paysages et des programmes informatique pour l'analyse statistique de données spatialisés.
102. GARGAMEL (2014-2016) : Gestion agroécologique des Ravageurs de Grandes cultures à l'Aide de MELanges floraux (INRA, Métaprogramme SMaCH).
103. ESPACE (2017-2019) : Estimer les effetS des variables Paysagères sur les bioAgresseurs et auxiliaires des CulturEs (INRA, Métaprogramme SMaCH).
104. [CASIMIR](#) (2014-2017) : CAractérisation SIMplifiée des pressions blotiques et des Régulations biologiques (Pour et Sur le Plan Ecophyto) ; recense des protocoles de suivi des bioagresseurs et de leurs ennemis naturels.
105. [SEBIOPAG](#)-Phyto (2014-2017) : Services Ecosystemiques assurés par la BIOdiversité dans les Paysages Agricoles (FRB, ecophyto) ; co-portage du colloque de restitution.
106. RéPARe (2014-2017) : Régulation Par les Araignée des Ravageurs en verger (FRB, ecophyto).
107. SOLUTION (2014-2017) : StimulatiOn des réguLations natUrelles via la diversificaTION des systèmes de culture à l'échelle du paysage (FRB, ecophyto).
108. [NGB](#) (2017-2020) : Next Generation Biomonitoring of change in ecosystem structure and function (ANR, blanc).
109. API-Tree (2017-2020) : Développement de stratégies de contrôle des ravageurs du pommier en s'appuyant sur une approche agro-systémique (Eranet, C-IPM).
110. Réseau Mixte de Recherche [Agriculture et Biodiversité](#) (2014-2018).

### **Programmes informatiques et bases de données**

111. [MULTILAND](#): programme Matlab permettant de générer des paysages neutres constitués d'un nombre prédéfini de régions et contrôler la proportion du paysage occupée par chaque région (associé au livrable D5-1).
112. Librairies de marqueurs génétiques (marqueurs microsatellites) de données de génotypage rendant compte de la variabilité génétique dans des populations de ravageurs du colza et du pommier et leurs parasitoides (associées au livrable D4-1 et D4-2) : [doi:10.15454/THTFH0](https://doi.org/10.15454/THTFH0).
113. Données de métabarcoding associés à l'analyse des contenus stomacaux des carabes en grande culture (associées au livrable D3-2) : [doi:10.15454/DYARY6](https://doi.org/10.15454/DYARY6).

### **Séminaires et colloque scientifique**

114. Diaporamas et résumés des présentations au colloque de restitution « Ecologisation des systèmes de productions agricoles pour renforcer le contrôle biologique des bioagresseurs : apport des projets ANR Peerless et FRB Sebiopag-phyto » (associé au livrable D7-1) : <http://www.smach.inra.fr/Toutes-les-actualites/seminaire-ecologisation>.
115. Diaporamas des séminaires annuels: Dijon (21-22 mars 2013), Avignon (12-14 février 2014), Anger (3-4 mars 2015), Rennes (24-25 février 2016), Avignon (15-16 février 2017) : [doi:10.15454/YLL85D](https://doi.org/10.15454/YLL85D).

## E.4 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)
Juhel Amandine	F	<a href="mailto:juhelamandine1@gmail.com">juhelamandine1@gmail.com</a>	15/02/18	Master	France	0	Agronomie	doctorant	36	30/11/17	Recherche d'emploi	/	/	/	/
McLaughlin Orla	F	<a href="mailto:orla.mclaughlin@inra.fr">orla.mclaughlin@inra.fr</a>	01/01/17	Doctorat	UE	4	AE	niveau ingénieur	12	31/08/15	Post-doc France	recherche publique	cadre	oui	oui
Pollier Anna	F	<a href="mailto:anna.pollier@gmail.com">anna.pollier@gmail.com</a>	15/01/18	Master	France	2	IGEEP	doctorant + post-doc	36 + 5	31/03/17	CDI	enseignement publique	cadre	non	oui
Kamenova Stephaniya	F	stefaniya.kamenova@gmail.com	15/02/18	Doctorat	France	0	IGEEP	post-doc	12	30/05/15	Post-doc étranger	recherche publique	ingénieur	non	oui
Walker Emily	F	emily.walker@inra.fr	15/02/18	Doctorat	France	5	BioSP	post-doc	12	01/09/13	CDI	recherche publique	ingénieur	oui	oui
Ciss Mamadou	H	mamadouciss@hotmail.com	15/01/18	Doctorat	France	0	PSH	niveau ingénieur	17	31/10/15	CDI	recherche publique	cadre	non	oui
Goussopolos Juliette	F	<a href="mailto:juliette.goussopolos@inra.fr">juliette.goussopolos@inra.fr</a>	15/02/18	BTS	France	2	PSH	technicien	3 + 5	31/12/16	CDI	recherche publique	technicien	non	oui
Pérez-	F	maperez@ve	15/	Master	UE	0	Economie	niveau	20	31/10/16	Post-doc	recherche	cadre	non	oui

Urdiales Maria		rsailles.inra.fr	06/16				Publique	ingénieur			étranger	publique			
Lubac Antoine	M	Antoine.lubac@inra.fr	01/01/17	Master	France	0	AE	niveau ingénieur	10	12/12/15	CDD	grande entreprise	ingénieur	non	oui
de lteyssonnière Timothée	M	Timothee.deteyssoniere@inra.fr	01/09/15	Master	France	0	Agronomie	niveau ingénieur	6	02/08/15	sans nouvelle	/	/	/	/
Florian Mézerette	M	<a href="mailto:florian.mezette@dijon.inra.fr">florian.mezette@dijon.inra.fr</a>	01/07/16	Master	France	0	AE	niveau ingénieur	6	30/06/17	étudiant	/	/	non	oui

### Aide pour le remplissage

- (1) **Adresse email** : indiquer une adresse email la plus pérenne possible
- (2) **Poste dans le projet** : post-doc, doctorant, ingénieur ou niveau ingénieur, technicien, vacataire, autre (préciser)
- (3) **Durée missions** : indiquer en mois la durée totale des missions (y compris celles non financées par l'ANR) effectuées sur le projet
- (4) **Devenir professionnel** : CDI, CDD, chef d'entreprise, encore sur le projet, post-doc France, post-doc étranger, étudiant, recherche d'emploi, sans nouvelles
- (5) **Type d'employeur** : enseignement et recherche publique, EPIC de recherche, grande entreprise, PME/TPE, création d'entreprise, autre public, autre privé, libéral, autre (préciser)
- (6) **Type d'emploi** : ingénieur, chercheur, enseignant-chercheur, cadre, technicien, autre (préciser)
- (7) **Lien au projet ANR** : préciser si l'employeur est ou non un partenaire du projet
- (8) **Valorisation expérience** : préciser si le poste occupé valorise l'expérience acquise pendant le projet.

*Les informations personnelles recueillies feront l'objet d'un traitement de données informatisées pour les seuls besoins de l'étude anonymisée sur le devenir professionnel des personnes recrutées sur les projets ANR. Elles ne feront l'objet d'aucune cession et seront conservées par l'ANR pendant une durée maximale de 5 ans après la fin du projet concerné. Conformément à la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 modifiée, relative à l'Informatique, aux Fichiers et aux Libertés, les personnes concernées disposent d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données personnelles les concernant. Les personnes concernées seront informées directement de ce droit lorsque leurs coordonnées sont renseignées. Elles peuvent exercer ce droit en s'adressant l'ANR (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Contact>).*