

Modèle du dossier finalisé (entre 15 et 20 pages)

INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LE PROJET

Titre du projet (bref + acronyme) : **ALTO**

Systèmes en **A**rboriculture et **T**ransition agricole **O**écologique

Mots clés (5 au maximum) : agroécologie ; biodiversité ; co-conception ; fruit ; services écosystémiques

Début (date prévisionnelle de démarrage du projet) : **1^{er} avril 2018**

Durée (48 à 72 mois maximum) : **69** mois

Organisme porteur du projet

Nom : INRA UERI Gotheron

Adresse : 460, Chemin de Gotheron – 26320 Saint-Marcel-lès-Valence

Téléphone : 04 75 59 92 00 / fax : 04 75 58 86 26

Mail (où sera adressé l'avis du jury) : vincent.mercier@inra.fr

Chef de projet (CV du chef de projet à fournir en annexe)

Nom, Prénom : SIMON Sylvaine

Organisme employeur : INRA

Fonction : Ingénieur de recherche

Adresse : 460, Chemin de Gotheron – 26320 Saint-Marcel-lès-Valence

Téléphone : 04 75 59 92 21

Mail : sylvaine.simon@inra.fr

PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Enjeux et objectifs poursuivis

L'arboriculture est fortement consommatrice de pesticides. Les travaux conduits dans le cadre de Dephy Ecophyto I ont identifié des marges de manoeuvre pour réduire l'utilisation des pesticides, mais pointent également la difficulté de limiter certaines familles de substances actives (ex. néonicotinoïdes) et/ou de poursuivre la trajectoire de diminution une fois que les principaux leviers mobilisables (ex. confusion sexuelle, désherbage mécanique, prophylaxie) sont utilisés : les systèmes vergers les plus économes sont encore fortement tributaires d'intrants de protection. Si plusieurs causes peuvent être identifiées (ex. sensibilité variétale, gestion interannuelle du risque en culture pérenne, risques de dommages élevés pour de faibles niveaux de bio-agresseurs, rémunération de la qualité cosmétique des fruits frais...), l'intensification des vergers, qui a permis des gains de productivité, a également induit une standardisation et une faible diversité de l'agrosystème verger (monotonie clonale, densité élevée), le rendant de fait peu résilient.

Cet aspect agroécosystémique a été peu étudié. Les projets EXPE BioREco (pomme) et CAP ReD (cerise-abricot-prune), coordonnés par deux des équipes proposantes, ont principalement étudié des combinaisons de leviers qui relèvent de l'Efficiencia et de la Substitution dans le modèle ESR (Hill & MacRae, 1995), ce qui a permis, respectivement, de réduire jusqu'à 45% et 60% l'utilisation des pesticides par rapport à la référence en protection 'chimique'. Mais une réduction plus importante dans ce type de systèmes s'accompagnerait d'une prise de risques élevée et d'une réduction de production (en quantité ou qualité) du fait d'un contrôle insuffisant des bio-agresseurs certaines années. L'enjeu est donc de concilier une très forte réduction de l'utilisation des pesticides (durabilité environnementale) et le maintien de la production (durabilité économique), ce qui semble difficile à atteindre en verger 'classique'. Ce constat, ainsi que la motivation et l'implication de l'ensemble des partenaires pour 'produire autrement', nous incitent à proposer le projet ALTO pour élaborer de nouveaux systèmes de production de fruits, en réponse au présent appel à projets.

> Nous faisons l'hypothèse qu'il est nécessaire de **repenser l'agroécosystème** (i.e. **l'espace de production de fruits** et les **zones 'support à la production' associées**), sa composition, sa diversité et son agencement, les choix techniques et les pratiques... afin de le rendre très défavorable au développement des bio-agresseurs, et de produire des fruits en se reposant en priorité sur les services écosystémiques (dont la régulation biologique) et non plus sur l'utilisation des pesticides.

> Cette approche, très innovante, renvoie à la dimension Reconception du verger (Hill & MacRae, 1995), dans une perspective agroécologique. C'est une approche complexe car elle suppose de piloter des processus biotiques et un ensemble d'interactions au sein de l'agroécosystème, à des échelles spatiales supra-parcellaires et temporelles longues. Elle demande également de repenser l'organisation du travail dans de tels espaces et le(s) mode(s) de commercialisation des productions. Vu le caractère exploratoire et la globalité de la démarche, l'approche demande des connaissances multiples et de nature différente : elle est donc nécessairement **interdisciplinaire** et **multi-acteurs**.

L'objectif de ce projet est de développer de nouveaux **systèmes de production de fruits très bas intrants, voire sans pesticides**, en proposant une **démarche interdisciplinaire et multi-acteurs générique** et en s'appuyant sur **trois dispositifs expérimentaux** visant à reconcevoir l'espace de production de fruits et son pilotage. L'évaluation de **vergers évoluant pas à pas ou implantés de novo** dans l'objectif fixé, et la **co-conception** de futurs prototypes expérimentaux agroécologiques sont ainsi au cœur du projet. La démarche consiste à créer et évaluer des espaces de production reposant sur les services écosystémiques de support, principalement de régulation, grâce à une diversification de l'agroécosystème afin de le rendre 'suppresseur' vis-à-vis des bio-agresseurs (très défavorable à la dispersion, à l'installation et au développement des bio-agresseurs, et très favorable

à leurs antagonistes). Il s'agira enfin de **capitaliser** sur l'approche et les connaissances produites, afin de les **rendre génériques**, et de les **partager** avec les communautés scientifiques et professionnelles.

Etat des connaissances au démarrage du projet

Repenser l'agroécosystème verger pour une production agroécologique de fruits (i.e. reposant sur les services écosystémiques pour améliorer la durabilité du verger, cf introduction) reste complexe et peu exploré. Des approches pour produire en mobilisant 'les mécanismes de régulation naturels' – parfois sous d'autres dénominations, ex. Production Fruitière Intégrée- ont été proposées de longue date, par l'Oilb (Dickler & Schafermeyer 1993) ou des chercheurs (Brown 1999 ; Zehnder et al., 2007). Plus récemment, le développement de l'agroforesterie tempérée (Dupraz & Liagre, 2011) et d'approches inspirées des agroécosystèmes tropicaux et naturels (Ratnadass et al., 2010 ; Malézieux, 2012 ; Deguine et al., 2016, pp. 69-125) ont conduit à des propositions de diversification de l'agroécosystème. Les dispositifs expérimentaux agroécologiques en cultures pérennes, développés dans d'autres contextes (USA), sont encore plus récents (Lovell et al., 2017).

Le verger est un habitat complexe, potentiellement favorable au maintien des chaînes trophiques (Simon et al., 2010). Les moyens de favoriser le contrôle biologique des bio-agresseurs dans les systèmes de production sont par ailleurs connus : diversification végétale (bandes fleuries, haies composites apportant des ressources), aménagements intra- ou extra- parcellaires (nichoirs, abris etc.) à différentes échelles, parcelle et/ou paysage (e.g., Altieri & Nicolls, 2004 ; Ricard et al., 2012). Toutefois, les applications en production fruitière ou en expérimentation n'intègrent que rarement l'ensemble de ces mesures dans un espace de production 'revisité' pour maximiser leurs effets, avec quelques exceptions (projet EXPE Vertical, Warlop & Castel, 2016 ; Garcin et al., 2016). Les fruitiers sont par ailleurs rares en agroforesterie tempérée et, pour réduire l'utilisation des pesticides, la majorité des expérimentations système en arboriculture (dont EXPE Ecophyto I) mobilisent un ensemble de pratiques agroécologiques plutôt que la reconception de l'agroécosystème verger.

Ce constat renvoie entre autres à la spécificité des cultures fruitières pérennes (gestion pluri-annuelle des bio-agresseurs, valorisation de fruits frais) et à la prévalence des systèmes de culture intensifs en modèle dominant lié à l'aval (Ricci et al., 2011). Dans ce contexte, la gestion du risque de dégâts sur fruits s'accompagne difficilement d'incertitudes accrues et parfois d'un manque de généralité des leviers agroécologiques (Duru et al., 2015). Il y a également un déficit d'outils de conception et d'évaluation de tels systèmes diversifiés et très souvent multi-productions. Les méthodes existantes (ex. base de données outils PLAGÉ/ERYTAGE) permettent d'évaluer des systèmes en monoculture : comment évaluer des (multi-)services écosystémiques en systèmes pérennes diversifiés ? comment valoriser des productions diversifiées, potentiellement irrégulières, en petites quantités... ?

Ceci souligne la nécessité de changer de cadre et d'échelle, en mobilisant des travaux et approches récents ou issus d'autres contextes ou filières : gestion des multi-services écosystémiques en verger (Demestihis, 2017), méthodologies d'évaluation développées à l'échelle de la ferme ou du territoire, ou méthodes dédiées aux performances économiques des systèmes agroforestiers, utilisation des traits fonctionnels pour produire des scénarios et des stratégies génériques en agroécologie (e.g., Gaba et al., 2014). Vu leur complexité et la diversité des domaines qu'ils recouvrent, ces travaux de conception-évaluation nécessitent enfin de partager et mobiliser expertises, savoirs et expériences

portées par un ensemble d'acteurs de la filière, dans une approche interdisciplinaire et multi-acteurs de co-construction (Lauri et al., 2016 ; Simon et al., 2017) qui revisite également la façon de mobiliser et produire des connaissances, de les disséminer et d'échanger (Cardona et al., soumis). Même si des points à investiguer subsistent, des pistes sont donc actuellement ouvertes pour repenser l'espace de production de fruits dans une perspective agroécologique : des travaux dédiés sont nécessaires pour faire la preuve (ou non) du concept en cultures pérennes du potentiel régulateur de l'agroécosystème, conçu *de novo* ou pas à pas.

Références citées (pour l'ensemble du document)

- Altieri MA, Nicholls CI (2004) Biodiversity and pest management in agroecosystems. Second Edition, CRC Press.
- Brown MW (1999) Applying principles of community ecology to pest management in orchards. *Agric Ecosyst Environ* 73:103-106.
- Cardona A, Lefevre A, Simon S. Les stations expérimentales comme lieux de production des savoirs agronomiques semi-confinés. Enquête dans deux stations INRA engagées dans l'agroécologie. *Rev Anthropol Connaissances*, soumis.
- Deguine JP, Gloanec C, Laurent P, Ratnadass A, Aubertot JN (2016) Protection agroécologique des cultures. Ed. Quae, 287 p.
- Demestihias C (2017) Analyse des conflits et synergies entre services écosystémiques multiples en vergers de pommiers. Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, FRA.
- Dickler E, Schafermeyer S (1993) Guidelines for integrated production of pome fruits in Europe. *Acta Hort* 347:83-96.
- Dupraz C, Liagre F (2011) Agroforesterie, des arbres et des cultures. Éditions France-Agricole, Paris, France.
- Duru M, Therond O, Martin G, Martin-Clouaire R, Magne MA, Justes E, Journet EP, Aubertot JN, Savary S, Bergez JE, Sarthou JP (2015) How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agron Sustain Developm* 35:1259-1281.
- Gaba S, Fried G, Kazakou E, Chauvel B, Navas ML (2014) Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity. *Agron Sustain Developm* 34:103-119.
- Garcin A, Millan M, Relachon A (2016) Conception d'un verger de fruits à noyau innovant. *Infos-Ctifl* 320:36-44.
- Hill SB, MacRae (1995) Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *J Sustain Agric* 7:81-87.
- Lauri PÉ, Simon S, Navarrete M, Parrot L, Normand F, Lesueur-Jannoyer M, Deguine JP (2016) Interdisciplinarity and Multiagent Interactions for Innovations in Horticulture – Paradigms beyond the Words. ISHS International Symposium, Avignon, 8-12 June 2015, *Acta Hort* 1137, 255-266.
- Lovell ST, Dupraz C, Gold M, Jose S, Revord R, Stanek E, Wolz K (2017) Temperate agroforestry research: considering multifunctional woody polycultures and the design of long-term field trials. *Agroforest Syst DOI* 10.1007/s10457-017-0087-4
- Malézieux E (2012) Designing cropping systems from nature. *Agron Sustain Developm* 32 (1), 15–29.
- Ratnadass A, Fernades P, Avelino J, Habib R (2010) Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agron Sustain Dev* 32: 273-303.
- Ricard JM, Garcin A, Jay M, Mandrin JF (2012) Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière. Ed Ctifl, Paris, 472 p.
- Ricci P, Bui S, Lamine C (2011) Repenser la protection des cultures. Ed. Quae, 250 p.
- Simon S, Bouvier J-C, Debras J-F, Sauphanor B (2010) Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy Sust Developm* 30:139–152.
- Simon S, Lesueur-Jannoyer M, Plénet D, Lauri P-É, Le Bellec F (2017) Methodology to design agroecological orchards: Learnings from on-station and on-farm experiences. *Eur J Agron* 82:320–330.
- Warlop F, Castel L (2016) Vertical project: design of fruit agroforestry systems for a renewed horticulture, pp. 135-138. In: Gosme M (Ed) Abstracts 3rd European Agroforestry Conference, Montpellier, 23-25 May 2016.
- Zehnder G, Gurr GM, Kühne S, Wade MR, Wratten SD, Wyss E (2007) Arthropod Pest Management in Organic Crops. *Annu Rev Entomol* 52:57–80.

Principes d'actions et stratégies envisagées pour atteindre les objectifs du projet

Plusieurs éléments sont importants dans la démarche de reconception proposée :

-Identifier les processus capables d'**accroître la capacité 'suppressive' de l'espace de production vis-à-vis des bio-agresseurs et la biorégulation** (Fig. 1, voir également Fig. 5) : effets barrière, dilution, utilisation de plantes pièges et répulsives (push-pull), actions via le matériel végétal fruitier (faible sensibilité), les auxiliaires, ou encore en lien avec la fertilité du sol, les décomposeurs du sol étant à la base des chaînes trophiques ; l'idée est de rendre l'espace très défavorable pour les bio-agresseurs lorsqu'ils cherchent à i) localiser/atteindre leur plante-hôte, ii) s'établir sur cette plante-hôte, iii) s'y développer et iv) progresser vers d'autres plantes hôtes.

Haie : ressource pérenne
 et lieu d'hivernation
 /prédateurs généralistes

Variété 'piège' (ex. Florina) et barrière de
plantes répulsives pucerons (ex. plantes
 aromatiques) : Push-pull

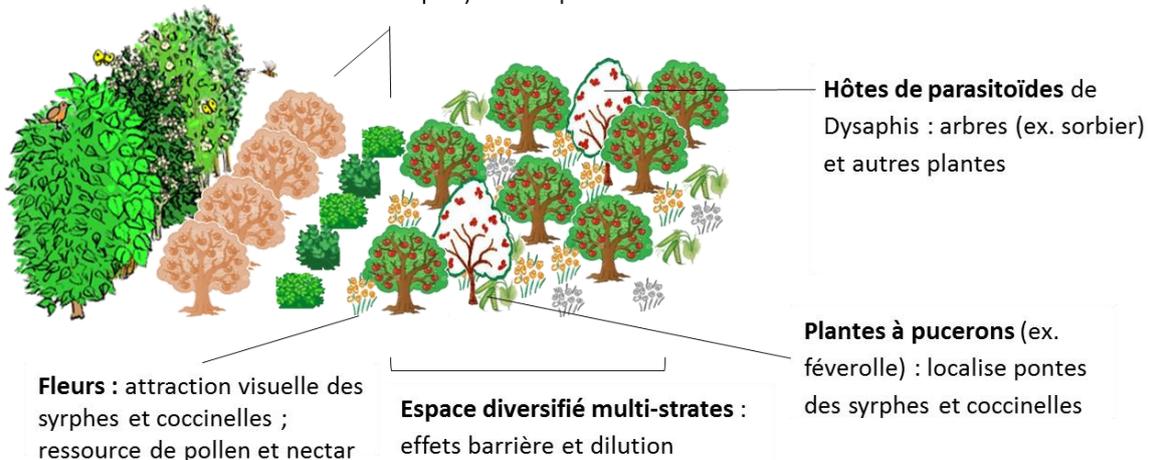


Figure 1. Processus identifiés pour la gestion agroécosystémique des pucerons du pommier
 Projet SAFIR (méta-programmes INRA Ecoserv et SMaCH), coord. INRA Gotheron

-**Optimiser l'agencement spatial et temporel** ainsi créé pour le partage des ressources dans un espace multi-espèces et multi-strates ; peu de connaissances étant disponibles sur les systèmes multi-espèces et multi-strates, en particulier ceux associant des arbres, il est nécessaire d'étudier de telles associations végétales pour comprendre la répartition des ressources (lumière, eau, nutriments) dans le temps et dans l'espace, et les bénéfiques et limites pour la production.

-Réaliser les **compromis** nécessaires entre design 'écosystémique' d'une part, et réalités agronomique et économique d'autre part (faisabilité, pratiques 'acceptables', organisation du travail ; qualité, volumes et régularité des productions)...

La re-conception agroécologique initiée et à développer repose sur les bases suivantes :

> **Intensification écologique**

La reconception agroécologique consistera à 'déspecialiser' le verger pour **maximiser les services écosystémiques**, en particulier les régulations, et rendre le système verger et son paysage immédiat 'suppresseurs' vis-à-vis des bio-agresseurs. Cette **intensification écologique**, qui vise à augmenter la résilience et l'autonomie du système, s'accompagne d'un changement de paradigme : diversification parcellaire et supra-parcellaire, multi-productions, mixité de plantes de service et d'arbres fruitiers -voire forestiers- agencés en strates... en vue de limiter les bio-agresseurs et de favoriser leurs antagonistes (i.e., les auxiliaires). Ceci s'accompagne d'une complexité et d'incertitudes pour concevoir et piloter ces systèmes. Il s'agira en particulier d'identifier les pratiques cohérentes avec

les objectifs (ex. prophylaxie pour détruire les populations ou inoculum de bio-agresseurs) et d'analyser la pertinence d'intégrer des mesures directes de biocontrôle dans de tels systèmes où l'utilisation de pesticides de synthèse est proscrite afin de préserver les régulations.

> Approche fonctionnelle générique

L'approche se veut fonctionnelle dans un souci de généralité : ce sont les **propriétés attendues** (fonctions et traits liés à ces fonctions) des plantes à associer et des agencements proposés qui seront au cœur de la démarche, pour le développement de stratégies de **gestion agroécosystémique** des principaux groupes de bio-agresseurs du verger (pucerons, tordeuses, mouches des fruits, maladies fongiques... hiérarchisés en fonction des espèces fruitières). Un ensemble de leviers agroécologiques et plus 'classiques' (Tab. 1) sera mobilisé en fonction des traits de vie des bio-agresseurs ciblés. Cette approche sera déclinée sous l'angle processus (avec l'appui d'un post-doc 'Fondation de France' commencé en août 2017) mais également sous un angle appliqué et pédagogique en lien avec les utilisateurs potentiels.

Tableau 1. Illustration des grands types de leviers mobilisables pour gérer les principaux groupes de bio-agresseurs du verger. Des spécificités peuvent exister au sein d'un groupe de bio-agresseurs. Selon les sites, l'ensemble ou une partie des leviers seront mobilisés (cf description sites p. 12).

Principaux groupes	Leviers agroécologiques Echelle supraparcellaire	Leviers agroécologiques Echelle parcelle	Levier matériel végétal	Leviers cultureux & prophylaxie	Levier biocontrôle et autres
Tordeuses	Maillage haies hautes (barrière) Aménagements et abris chauve-souris, nichoirs oiseaux insectivores	Plantes ressources pour prédateurs (dont prédateurs du sol) et parasitoïdes d'œufs et larves (dont diapausantes)	Précocité (évitement)	Prophylaxie, piégeage massif larves carpocapse (bandes-pièges), augmentorium*	Confusion sexuelle, produits (micro) biologiques
Pucerons (dont migrants)	Nichoirs oiseaux insectivores	Plantes pièges, plantes répulsives, plantes ressources pour les auxiliaires	Faible sensibilité variétale	Ferti organique peu élevée Chute précoce des feuilles	Argile
Mouches		Plantes pièges, plantes ressources pour auxiliaires dont prédateurs du sol	Précocité (évitement)	Augmentorium*	Argile, piégeage massif
Maladies fongiques	Barrière (haie)/ dissémination spores	Barrières / dissémination des spores Vie du sol & décomposeurs / litière foliaire Frondaison 'aérée' (densité et conduite des arbres)	Faible sensibilité variétale	Prophylaxie (gestion momies, litière foliaire tavelure...)	Soufre (cuivre) à très faibles doses
Campagnols	Nichoirs à rapaces (dans haies ou bâtis), abris à mustélidés	Perchoirs à rapaces, abris à mustélidés, gestion des légumineuses	Porte-greffe vigoureux et peu appétant	Piégeage, travail sol localisé si besoin	Barrière à campagnols

*Augmentorium (cf Deguine et al., 2016, pp. 80-81) : système d'encagement des organes infestés (et ici bandes-pièges) piégeant le ravageur mais permettant l'émergence des parasitoïdes dans la culture.

> Co-conception et interactions pour la production de connaissances et de prototypes...

Cette démarche suppose d'identifier, expliciter et/ou organiser divers types de **connaissances, scientifiques, techniques, empiriques et tacites** portées par de nombreux **experts acteurs de la filière** (agriculteurs, conseillers, expérimentateurs, formateurs, chercheurs) et de les intégrer en cohérence dans l'objectif de concevoir et d'évaluer des prototypes fruitiers agroécologiques. Il s'agira de s'appuyer sur i) les expertises complémentaires de l'ensemble des partenaires, ii) l'analyse de vergers innovants chez des agriculteurs ou autres sites (enquête, veille) et iii) un collectif et une dynamique multi-acteurs pérennisés autour de sites d'innovation (dispositifs) via des ateliers, journées d'échanges, visites, modules pédagogiques... pour produire des connaissances et les partager via des supports existants et dédiés à proposer en lien avec les utilisateurs. La démarche pourra s'appuyer sur les développements de projets en cours (ex. Casdar AgroEcoPérennes, qui développe des outils innovants de gestion et de partage des connaissances pour la co-conception agroécologique) ou en évaluation (ex. Casdar DECISYF pour la création d'outils support à la co-conception de systèmes agroforestiers), auxquels participent plusieurs partenaires.

L'approche repose donc sur une approche agroécologique fonctionnelle et une dynamique multi-acteurs.

Résultats attendus

Ce projet permettra d'investir sur **3 dispositifs originaux** de production agroécologique de fruits très bas intrants ou 0 pesticide **qui seront pérennisés (> 10 ans)**, et de développer une **approche interdisciplinaire** et une **dynamique multi-acteurs**. Il produira par ailleurs des ressources pour l'action avec :

- une approche 'par fonction' et aux échelles parcelle et supra-parcelle pour la conception agroécologique de systèmes fruitiers, élaborée à partir des expertises des partenaires, des expérimentations en cours et prévues, et déclinée avec les agriculteurs, leurs accompagnants et les formateurs pour une utilisation sur le terrain ;
- des prototypes d'agroécosystèmes fruitiers et la structuration des connaissances qu'ils mobilisent (lien projet AgroEcoPérennes) ;
- l'expérimentation de certains de ces systèmes (modules 1 implantés puis modules 2 à co-concevoir à Balandran et Gotheron ; agroforesterie fruitière à Restinclières) et leur pilotage avec des apprentissages sur leur pilotage et leur optimisation chemin faisant : explicitation du décisionnel ; organisation des activités ; circulation dans l'espace de production ; etc.
- la contribution à la construction de(s) outil(s) d'aide à la conception de systèmes multi-productions en lien avec le projet Casdar DECISYF (en cours d'évaluation) : création de(s) outil(s) à partir des systèmes en place en début de projet, test de(s) outil(s) dans la 2^e phase de conception du projet ;
- une évaluation multicritère *a priori* de performances des prototypes multi-productions expérimentés en mobilisant/validant des outils développés en parallèle (liens projets EXPE Vertical, Casdar DECISYF si accepté) ;
- des connaissances sur les performances agronomiques de systèmes multi-productions et les services écosystémiques (en particulier de régulation) visés (évaluation *a posteriori*) ;
- la preuve (ou non) du concept que la diversification de l'agroécosystème avec une visée d'effet suppresseur vis-à-vis des bio-agresseurs permet de produire sans pesticides ;
- une analyse des possibilités et des verrous pour la valorisation des productions de tels systèmes (fruits, productions secondaires, services écosystémiques) ;
- une dynamique territoriale et partenariale (animations, partages de connaissance) associant les professionnels d'aujourd'hui et de demain (cf enseignement agricole) ;

- une capitalisation et mise à disposition des travaux au sein du groupe de partenaires et de leurs réseaux (dont FERME), et via des supports de diffusion touchant la communauté Ecophyto et un large public (ex. GECO, visites virtuelles, liens Casdar AgroEcoPérennes, axe système du GIS Fruits...).

PROGRAMME DE TRAVAIL ET ORGANISATION DU PROJET

Actions envisagées

Le projet inclut 4 ensembles de tâches et 2 actions transversales (principaux contributeurs seuls cités, Fig. 2, Tab. 2) :

WPO. Coordination générale (INRA Gotheron, années 1-6) : animation, espace partagé (ex. OneDrive), mise à disposition des informations, séminaires de lancement et clôture, COPILs annuels, gestion des livrables, suivis administratifs...

WP1. Expérimenter et piloter des systèmes agroécologiques fruitiers sur 3 dispositifs (sites pilotes d'expérimentation, cf p. 12, années 1 à 6).

1.1. Site INRA Gotheron

1.2. Site Restinclières (INRA UMR System)

1.3. Site Ctifl Balandran

1.4. Décrire et piloter 'chemin faisant' des systèmes agroécologiques (sites pilotes, INRA Ecodéveloppement) : décrire le design 3D, le cadre de travail et les grands principes de pilotage de systèmes multi-espèces, documenter les décisions lors des étapes de conception et le pilotage (dont outils de pilotage), en fonction des processus à mobiliser, des contraintes opérationnelles, du contexte... Cette description des systèmes et des opérations culturales alimentera la base de données Agrosyst (cf p. 17).

WP2. Evaluer de manière multicritère les agroécosystèmes expérimentés (modules déjà implantés en 2018, Fig. 5, 6 et 7) **et analyser les processus ciblés** : suivis 'de base' et évaluation multicritère années 1-6 pour les 3 sites ; évaluation des services écosystémiques selon sites et années (Annexe 1, pp. 16-17) ; lien projets en cours (ex. projet C-IPM API-tree) ou futurs pour approfondir certaines questions. Selon les critères et la période du projet, les évaluations pourront porter *a priori* (à dire d'expert ou via des modèles) sur les prototypes co-conçus ou sur les dispositifs en place (évaluation *a posteriori*).

2.1. Evaluation 'écosystémique' : régulation et suivi de la fertilité du sol (INRA PSH, Gotheron, EMMAH, Ctifl, LPO Drôme, GRAB, ITEIPMAI...), partage des ressources dans l'espace de production, notamment de la lumière (INRA UMR System)

2.2. Evaluation opérationnelle : faisabilité, analyse des pratiques, charge et organisation du travail (3 sites pilotes, partenaires du développement)

2.3. Evaluation agro-économique : productions (quantité, qualité) et circuit de commercialisation potentiels, bio-agression (ravageurs, maladies), utilisation de machinisme, d'intrants, main d'œuvre pour gestion des arbres fruitiers (par espèce fruitière et/ou variété) et plantes de service... (3 sites pilotes, partenaires selon critères)

2.4. Evaluation multicritère : les mesures et suivis réalisés sur les dispositifs (incluant le pilotage) seront mobilisés dans le cadre d'une évaluation multicritère menée sur les 3 dispositifs avec l'outil d'évaluation *a priori* des performances de systèmes agroforestiers développé dans le cadre du projet VERTICAL (EXPE Ecophyto I) complété en 2017 par deux stages de M2 pour finaliser l'outil DEXiAF (3 sites pilotes, GRAB).

2.5. Evaluation *a priori* de modifications de ces systèmes, ex. intégration de mesures directes, dont biocontrôle (3 sites pilotes, GRCETA, Chambre d'Agriculture...)

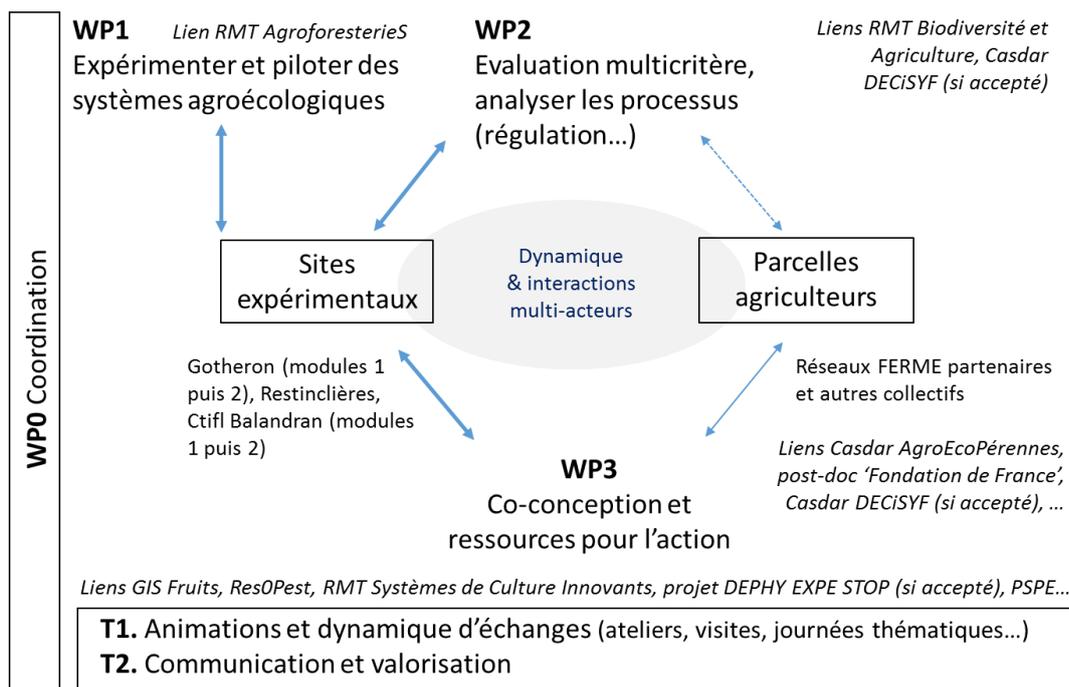


Figure 2. Organisation du projet et liens avec d'autres réseaux ou projets

Tableau 2. Prévisionnel ; Livr. Livrable ; B : Balandran ; G : Gotheron ; R : Restinclières

	2018		2019		2020		2021		2022		2023	
WP0. Coordination	Lancement/ COPI	Livr.	COPIL	Clôture Livr.								
WP1. Expérimenter, piloter												
1.1 Gotheron module 1												
1.1 Gotheron module 2												
1.2 Restinclières												
1.3 Balandran module 1												
1.3 Balandran module 2												
1.4 Formalisation pilotage												
WP2. Evaluer												
2.1 Evaluation écosystémique												
Mesures biodiversité 'de base'	B G R		B G R		B G R		B G R		B G R		B G	
Mesures agrophysio spécifiques	R		R		R		R		R			
Mesures biodiversité spécifiques	Point 0		B G		B G		B G		B G		B G	
2.2 Evaluation opérationnelle	B G R		B G R		B G R		B G R		B G R		B G R	
2.3 Evaluation agroéconomique	B G R		B G R		B G R		B G R		B G R		B G R	
2.4 Evaluation multicritère	B G R		B G R		B G R		B G R		B G R		B G R	
2.5 Evaluation a priori/autres leviers												
WP3. Co-concevoir												
3.1. Capitaliser												
3.2. Co-concevoir												
3.3. Analyse démarche												
T1. Animation												
T2. Valorisation												

WP3. Co-conception agroécologique, partage de connaissances et ressources pour l'action (partenaires selon expertise et thématique de recherche, en continu années 1-6)

3.1. Capitaliser à partir des expériences (1ère phase de prototypage terminée à Gotheron) et expertises pour proposer une démarche appliquée de co-conception agroécologique en systèmes pérennes (liens post-doc 'Fondation de France', Casdar AgroEcoPérennes, années 1-2) : démarche (étapes, parties prenantes, ressources mobilisées, documentation de la démarche...) et processus agroécologiques mobilisés. Ce travail s'enrichira de l'analyse de cas d'étude d'exploitations agricoles innovantes ou pédagogiques (enquête) pour identifier les leviers d'action et/ou les processus à l'œuvre, afin de tester la pertinence de la démarche de co-conception supra et de l'enrichir (pilotes réseaux FERME, lycée Valentin, INRA Gotheron, années 2-3)

3.2. Co-concevoir *de novo* les modules 2 des sites INRA Gotheron et Ctifl Balandran et faire évoluer pas à pas le module 1 du site de Balandran : séries d’ateliers de co-conception communs et dédiés, organisés sur les 2 sites (tous, années 1-3)

3.3. Analyse de la démarche (INRA Ecodéveloppement et tous) : perception par les acteurs des systèmes agroécologiques expérimentés et co-conçus, de la démarche, des activités et des connaissances produites (intra-groupe de partenaires et participants ateliers site Gotheron : enquête en 2^e moitié de projet ; publics cibles de la valorisation : questionnaire lors de visites, séminaires...) et en lien avec le projet AP3A du lycée EPLEFPA du Valentin qui vise à promouvoir les échanges de pratiques agro-écologiques en cultures pérennes entre agriculteurs, apprenants, la recherche et l’expérimentation en Drôme Ardèche.

Tâche transversale 1 (T1). Proposer une dynamique d’échange autour du questionnement lié à la co-conception agroécologique, avec i) des animations en lien avec les territoires des sites expérimentaux : ateliers, visites inter-sites et FERME-EXPE, séminaires ou réunions thématiques dédiés ou adossés à des journées existantes (Ecophyto ou autres), animation de type ‘café agroécologique’ 2 fois par an sur le site Gotheron (thématique ou cas d’étude proposé par nous ou amené par un(e) participant(e) avec échanges collectifs ou en atelier sur les questions soulevées), pour un public d’agriculteurs des collectifs partenaires et/ou du territoire, de conseillers, formateurs et apprenants... et ii) des temps dédiés pour croiser notre approche et celle de projets ayant les mêmes ambitions dans d’autres contextes (ex. projet STOP en cultures tropicales, dont fruitières, déposé sur cet AAP si accepté) ou d’autres filières (ResOpest, RMT Systèmes de culture Innovants, Biodiversité et Agriculture, AgroforesterieS).

Tâche transversale 2 (T2). Valorisation (cf § Valorisation et transfert, p. 12)

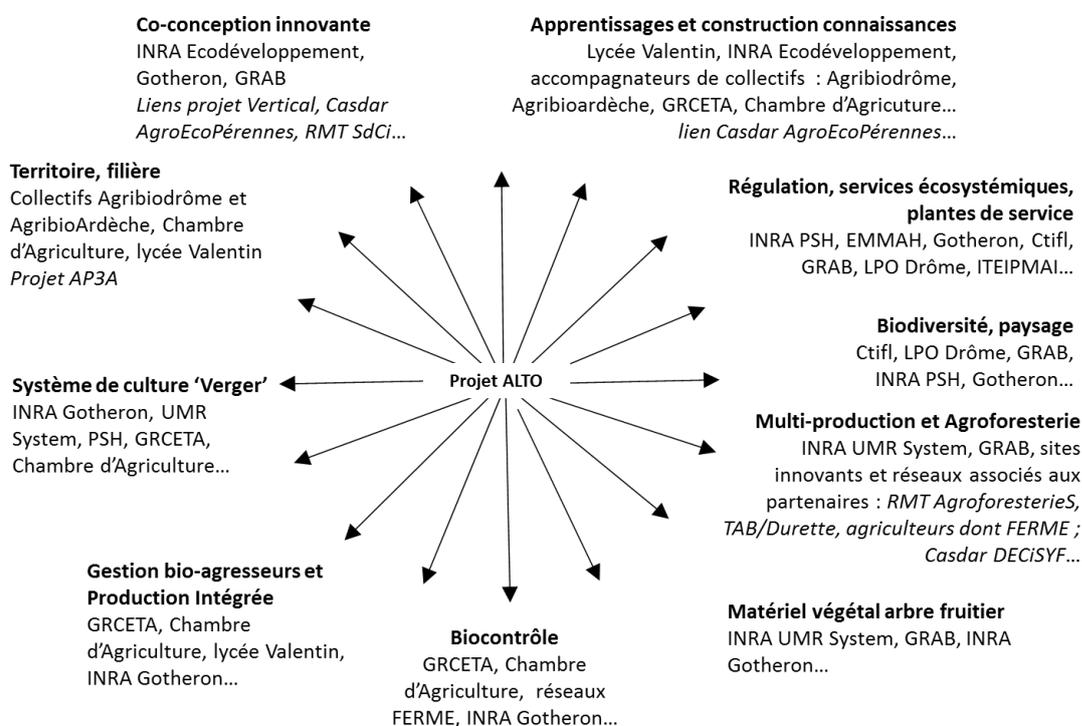
Description du partenariat et du fonctionnement du projet

Le partenariat associe des sites expérimentaux originaux (agroforesterie, expérimentation système fruitière, aménagements de biodiversité, cf. § Description dispositifs p. 12) ainsi que des compétences diversifiées et complémentaires au sein de la filière (Fig. 3). La diversité des compétences et ‘métiers’ a été privilégiée : partenaires de la recherche (agronomes, écologues, entomologistes, sociologues ; INRA UE Gotheron, UMR System, UR Ecodéveloppement, PSH et EMMAH), expérimentateurs d’instituts techniques (Ctifl, GRAB, ITEIPMAI), conseillers et animateurs de collectifs agricoles –dont réseaux FERME (GRCETA, Chambre d’Agriculture Drôme-Ardèche, Agribiodrôme, Agribioardèche), formateurs (Lycée EPLEFPA du Valentin) et naturalistes (LPO Drôme). Plusieurs partenaires sont impliqués dans les RMT Biodiversité & Agriculture, AgroforesterieS et Erytage, et le GIS Fruits.

- Partenaires financiers : Ecophyto
- Partenaires financés : contributeurs directs (site expérimental, expertise dans la durée, suivis...)
- Autres partenaires : associés au COPIL, représentant une diversité d’acteurs de la filière, incluant les porteurs de projet EXPE en arboriculture, ainsi que des interlocuteurs permettant une ouverture inter-projets et réseaux (invitation d’interlocuteurs des projets Casdar AgroEcoPérennes, DECiSYF, PSPE, RMT Biodiversité et Agriculture, AgroforesterieS, Erytage, SdCi, GIS fruits...).

L’ensemble des partenaires est concerné par les COPILS (prévus successivement dans les différents sites), les activités de co-conception (expertise, mise à l’épreuve de prototypes...) et d’échanges autour des suivis et des résultats, avec au minimum deux animations annuelles ou réunions de travail thématiques, et un travail de valorisation-communication qui s’intensifiera les deux dernières années. Chaque partenaire contribue par ailleurs aux actions en lien avec son expertise (Fig. 3) et

assure également une interface entre son propre réseau ou groupe et le projet ALTO, afin d'informer et selon le cas associer ces acteurs de la filière à la dynamique du projet (cf également §FERME infra). Plus spécifiquement dans le cas de l'enseignement agricole, la participation active de formateurs et du directeur d'exploitation au projet permettra de s'approprier pleinement le projet et d'en tirer des enseignements méthodologiques et appliqués, par ex. pour développer l'approche de co-conception de vergers innovants (concevoir/adapter) en exploitations agricoles des lycées, avec des publics d'apprenants, techniciens, enseignants/formateurs et professionnels. La contribution d'apprenants, notamment celle d'adultes en formation BPREA (avec des projets d'installation), pourra être envisagée dans les travaux et ateliers de conception des différents sites expérimentaux (en lien avec le projet Casdar DECISYF si accepté). Enfin, des stagiaires co-encadrés en années 4 et 5 sur les suivis inter-sites de biodiversité dans les dispositifs expérimentaux alors plus 'matures' permettra de renforcer les interactions entre sites et de faciliter les synthèses et analyses génériques.



Partenaires animant des réseaux FERME : Agribiodrôme (pêche), Agribioardèche (petits fruits), Ch. Agriculture Drôme-Ardèche (abricot), GRCETA (fruits à pépins, pêche)

Figure 3. Expertise et contributions des partenaires (en italique : liens avec autres projets et réseaux).

NB1 : l'ordre de citation des partenaires ne préjuge pas de leur niveau de contribution

NB2 : pour des raisons de lisibilité, seuls les principaux domaines de compétences concernés sont affichés

Modalités d'interaction avec le réseau FERME

Plusieurs partenaires du projet sont pilotes de réseaux FERME en production de fruits (GRCETA : fruits à pépins et pêche ; Agribiodrôme : pêche ; Agribioardèche : petits fruits ; Ch. d'Agriculture Drôme-Ardèche : abricot) ; ils sont de fait en situation d'informer les groupes de l'avancement du projet et de susciter leur intérêt pour y participer en partageant leurs expériences. Les actions et échanges dans le cadre du projet ALTO seront susceptibles d'alimenter la réflexion au sein de ces groupes (ex. comparaison des dynamiques de populations sur les exploitations des réseaux et des sites expérimentaux pour évaluer le niveau d'efficacité des services écosystémiques, discussion des évaluations multicritère des expérimentations) et/ou d'élargir le cadre expérimental de certaines de

leurs actions (ex. action nichoirs d'Agribiodrôme, projet Auxinnov, AAP Ecophyto Innovation) ; les agriculteurs de ces groupes sont un public ciblé par les animations et visites prévues (cf Tâche transversale 1, p. 10). Par ailleurs, des vergers innovants de ces réseaux seront documentés pour les choix de design, les pratiques utilisées par l'agriculteur (cf enquête WP3 Action 3.1, p. 9), afin de croiser l'approche méthodologique du projet et des cas d'étude en production. Un échantillon plus restreint de 4 à 5 vergers de Drôme-Ardèche sera associé sur 1 à 2 ans (selon résultats) aux suivis de biodiversité 'de base' en parallèle des sites expérimentaux, avec restitutions collectives. Enfin, la communauté Dephy arboriculture (FERME, EXPE) sera conviée lors de journées d'échanges thématiques, de présentation des travaux et visites (2 ou 3 sur le projet).

Valorisation et transfert

Les publics ciblés par le projet ALTO sont nombreux :

- professionnels et leurs accompagnants, incluant la communauté Ecophyto,
- apprenants, formateurs (enseignement initial et continu), chef d'exploitation en lycées agricoles, incluant l'organisation de journées de valorisation sur le site du Valentin et une communication au sein de l'enseignement agricole (ex. via les réseaux Biodiversité et Paysage de l'enseignement agricole) et de l'enseignement agronomique (SupAgro Montpellier) via l'UMR System.
- communauté d'expérimentateurs et scientifique (2 à 3 communications sur la durée du projet dans des colloques scientifiques en agroforesterie, horticulture ou agronomie système).

La valorisation du projet s'effectuera via diverses animations (listées dans la T1, cf p. 10 et non reprises ici), supports et communications en direction de ces différents publics. Les thématiques concernent : i) la démarche (ex. poster général et poster par site et/ou plaquette, année 1) ; ii) la (co)conception agroécologique, avec production d'un document synthétisant la démarche à partir des expériences des partenaires et la co-conception réalisée dans le cadre du projet (année 3-4) ; iii) les services écosystémiques en systèmes pérennes, en particulier de régulation (à partir des résultats de mi-parcours et de fin de projet) ; iv) les défis posés par la production agroécologique en systèmes pérennes (à partir des évaluations multicritère, mi-parcours et fin de projet) et v) les dispositifs expérimentaux et leurs performances (poster, visite virtuelle, fin de projet). Les coûts principaux concernent les tirages de poster, de plaquettes, la réalisation du document de visite virtuelle ou autres supports (prestations), ainsi que l'organisation d'événements dédiés.

METHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Description du ou des dispositif(s)

Les 3 sites expérimentaux (Gotheron, Restinclières, Balandran ; Fig. 4) partagent une approche agroécologique centrée sur les systèmes pérennes fruitiers, en particulier le pommier, et associant d'autres espèces fruitières ou agroforestières en vue de produire dans des systèmes très bas intrants. Ils sont complémentaires en termes de i) thématiques approfondies (Restinclières : agroforesterie fruitière, partage des ressources et compétition en système multi-productions, incluant un angle sur l'atténuation du changement climatique ; Balandran et Gotheron : conception agroécosystémique de l'espace de production ciblant le service de régulation) ; ii) dispositif (expérimentation système à Restinclières, observatoires pilotés dans les 2 autres sites) et iii) type de conception pour les expérimentations d'agroécosystèmes des 1ers modules (Balandran : verger âgé, évolution pas à pas ; Gotheron : verger implanté hiver 2017-2018, conception *de novo*). Vu leur complexité, les agroécosystèmes expérimentés à l'INRA de Gotheron et au Ctifl de Balandran constitueront des observatoires pilotés pour lesquels des principes d'action (ou de non-action) seront précisés en amont de l'expérimentation (ex. conduite de l'irrigation, prophylaxie...). Il s'agira de vérifier chemin

faisant la pertinence de ces principes d'actions et de proposer des règles ou méta-règles de décision. A Restinclières, les systèmes de culture relèvent plus classiquement d'une expérimentation système dont les pratiques sont documentées sous forme de règle de décision.

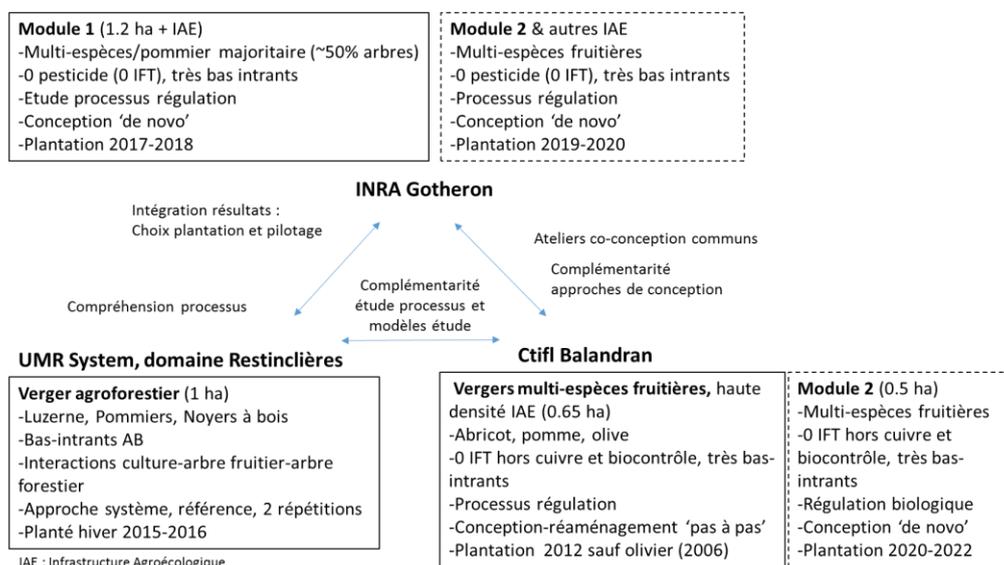


Figure 4. Sites expérimentaux et systèmes expérimentés

1. Site Gotheron (Drôme, coord. S. Simon, S. Borne, A. Alaphilippe & équipe Système Verger SaVAGE)

Le dispositif est intégré dans une zone dédiée de 8 ha en AB, sur un site de 85 ha très diversifié (10 ha bois, 7 km haies...). Deux modules seront expérimentés dans le cadre du projet, l'un implanté au cours de l'hiver 2017-2018 (1.5 ha, Fig. 5) et l'autre à co-concevoir en années 1 et 2 du projet. L'objectif dans les 2 modules est de produire sans pesticides (**0 IFT** : 0 pesticide, 0 intrant de synthèse, pas de confusion sexuelle, très bas intrants, méthodes mécaniques et prophylaxie utilisées), afin d'évaluer le potentiel de régulation agroécosystémique (preuve de concept). La production obtenue (rendement, qualité) est donc une résultante du système, pour laquelle aucun objectif n'est fixé. L'intérêt de l'introduction de solutions de biocontrôle dans de tels systèmes sera analysée *a priori* (cf WP2 Action 2.5). Sur la base de l'approche décrite ci-dessus (cf Principes d'action, p. 5) et illustrée pour le puceron (Fig. 1), ce module qui inclut 50% de pommiers (Fig. 5) vise à perturber la localisation de et/ou l'accès à la plante hôte pommier par ses bio-agresseurs, leur installation et leur multiplication (effets dilution/barrière avec mixité de plantes et d'arbres, prédation et parasitisme, variétés peu sensibles). Cette approche a enfin été croisée avec des aspects faisabilité, 'opérationnalité' dans le temps (cf évolution strates) et optimisation des trajets.

Pour le module 2, l'approche pourra s'enrichir de développements méthodologiques en cours et de l'utilisation de modèles individus-centrés pour tester des scénarios d'agencements spatiaux qui maximisent les rencontres proies-prédateurs (travaux INRA PSH).

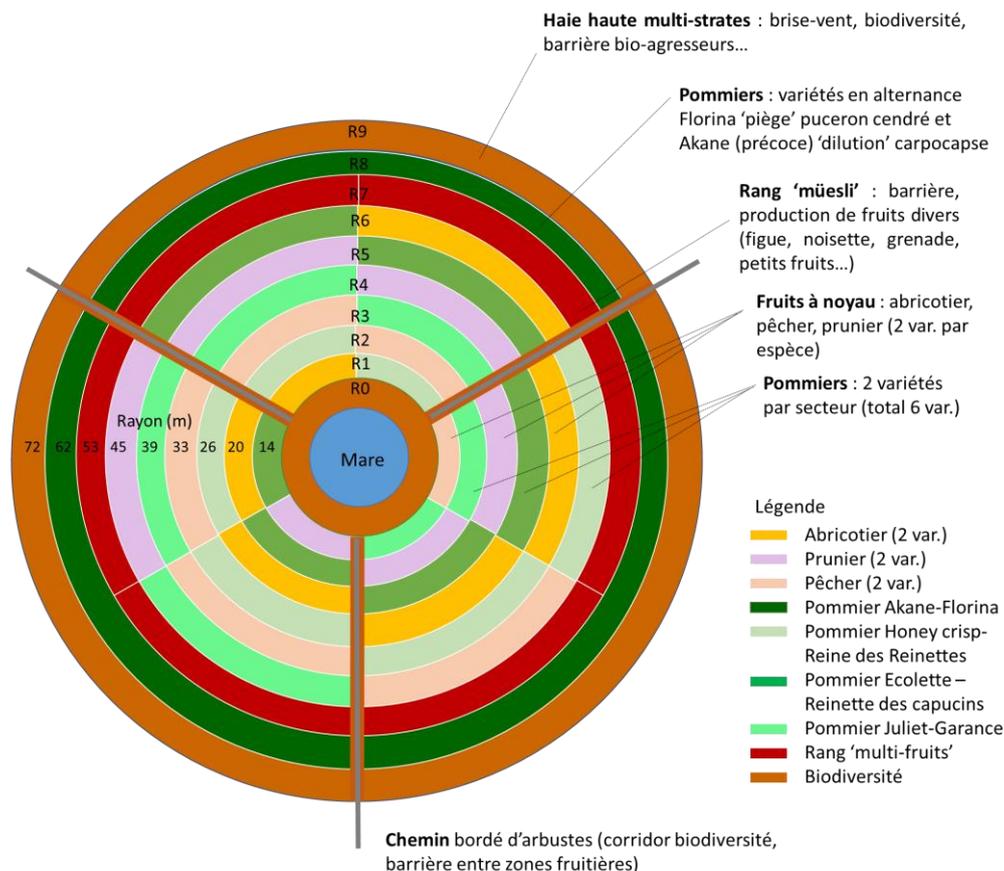


Figure 5. Module 1 en cours d'implantation à Gotheron (non représentés : aménagements faune)
 La forme circulaire vise à limiter l'interface avec l'extérieur pour la colonisation par les bio-agresseurs ; la disposition en 'spirale' des rangs 1 à 6 vise un effet barrière-dilution mais également à optimiser les déplacements au sein du dispositif : sur un trajet de 'spirale', la même espèce fruitière est toujours présente, alternativement à droite et à gauche en fonction des secteurs.

2. **Site Restinclières** (Hérault, coord. P.É. Lauri) : Le dispositif, implanté début 2016 sur un site expérimental de 40 ha précurseur en agroforesterie, est axé prioritairement sur l'analyse des interactions entre plantes dans l'objectif d'établir des règles d'assemblage optimales. Il associe pommier (Dalinette sur G202), noyer à bois (plantation 1995) et luzerne dans un dispositif de 1.5 ha incluant 3 modalités (pommiers seuls, noyers et pommiers sur le rang, pommiers entre les rangs de noyers) répétées dans 2 blocs (Fig. 6). Il permet de tester sur pommier les effets de gradients de distances, donc potentiellement d'interactions, aux niveaux aérien (compétition pour la lumière) et souterrain (compétition pour l'eau et les éléments nutritifs du sol) entre luzerne, pommier et noyer à bois. Ces gradients d'interactions sont analysés au plan architectural (croissance, floraison, fructification) et écophysio-logique (flux xylémien, autres variables en réflexion). Le processus de régulation ciblé dans le cadre de ce projet concerne les pucerons. L'objectif fixé est de **5 IFT hors biocontrôle, avec un objectif de production en AB**, et en privilégiant les solutions de biocontrôle. Les règles de décision sont fixées et pourront être réajustées en cours de projet en fonction des résultats agronomiques.

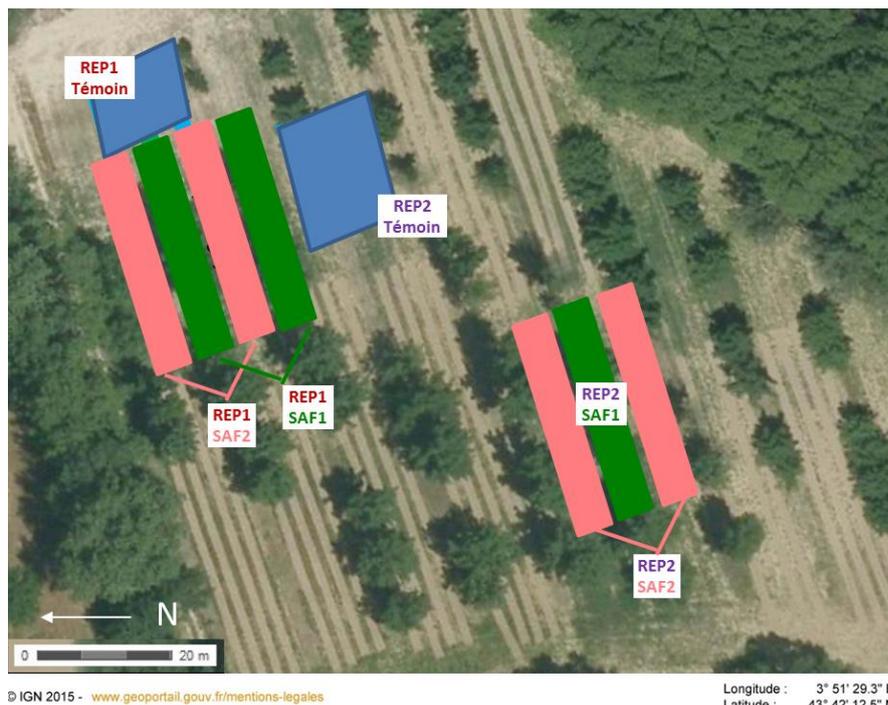


Figure 6. Dispositif expérimental Restinclières (INRA UMR System)

REP : répétition ; Témoin : pommier, luzerne dans l'interrang (dist. plantation 1.3 x 6.5 m) ; SAF1 (système agro-forestier 1) : pommier sur le rang de noyers, luzerne ; SAF2 (système agro-forestier 2) : pommier (1.3 m x 6.5 m) entre rangs de noyers, luzerne

3. Site Ctif Balandran (Gard, coord. J.M. Ricard, M. Millan)

Le site expérimental est situé sur le centre de Balandran, dont l'exploitation comprend des cultures très diversifiées et est bien pourvue en aménagements (environ 15% d'IAE sur 70 ha). Ce site (Fig. 7) couvre une zone de 2.2 ha certifiée en AB, adjacente d'un bois d'1 ha avec une densité élevée d'infrastructures agroécologiques (IAE) : mare, gîtes (reptiles, chiroptères, belettes), nichoirs, haies (850 m) et zones enherbées en friche (0.2 ha). La biodiversité de cette zone est déjà caractérisée par des suivis faunistiques depuis plusieurs années (chiroptères, rapaces, araignées et auxiliaires aériens, carabes et faune du sol). En année 1 et avec d'éventuels ré-ajustements au fil du temps, trois vergers (abricotier, olivier, pêcher actuellement en AB sur 0.65 ha), seront réaménagés dans leur structure et composition, par introduction de pommier qui deviendra une espèce centrale du système, de façon à maximiser les services de régulation et les fonctions liées à la fertilité du sol (diversification des espèces et variétés fruitières, modification des rangs, introduction de plantes de service...). L'idée est de reconcevoir l'espace de production à une échelle supra-parcellaire de 2.2 ha et de tester l'hypothèse d'un avantage, en termes de régulation et plus largement de services, à faire évoluer pas à pas un verger dans un système 'mature', i.e. dans une zone dont le niveau de biodiversité est déjà élevé. La volonté est également de mettre en œuvre des pratiques combinées favorisant la régulation (augmentorium, push-pull par ex.). Le réaménagement sera effectué en co-conception. L'objectif en termes d'IFT est de **0 IFT hors biocontrôle et cuivre**. Les produits de biocontrôle seront acceptés sous couvert de règles de décision (utilisation non systématique avec par ex. pas de produit au profil toxicologique trop impactant sur les auxiliaires); cuivre et soufre seront utilisés si nécessaires à infra doses.

Enfin, une partie actuellement non cultivée (environ 0.5 ha) fera l'objet à mi-projet d'une conception *de novo* d'un système encore plus en rupture que le module 1, pour mise en place progressive et aboutie en fin de projet (module 2).

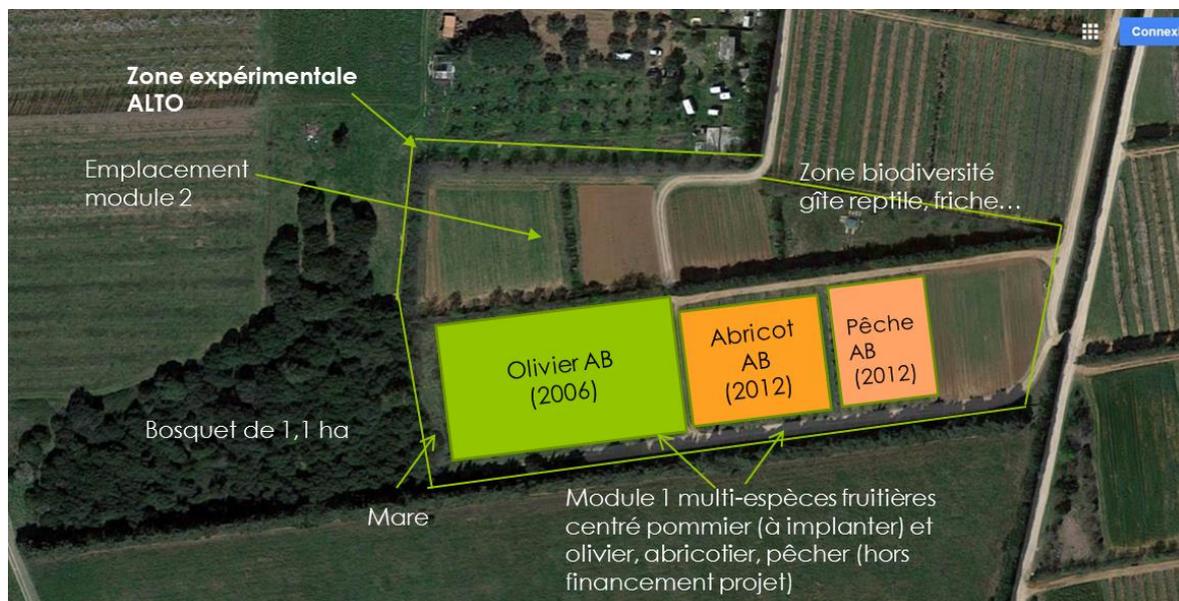


Figure 7. Dispositif expérimental Ctifl Balandran

Collecte et analyse des données

> Les variables à enregistrer relèvent des items communs identifiés suivants :

- le **contexte** : dans la mesure où les démarches seront 'situées' (liées au contexte), il est important de décrire finement le contexte des sites expérimentaux et des vergers de producteurs étudiés, afin de pouvoir gagner en généralité : sol (profil, analyses, matière organique), climat (enregistrements météo), éléments paysagers du système et son environnement (surface et nombre d'IAE, I-aménagement), infrastructures éventuelles, circuits commerciaux, appartenance à des collectifs...
- les **espaces de production** : à caractériser en 3D, par ex. en utilisant des photos hémisphériques pour mesurer la 'fermeture du rang' en système multi-strates, et en mesurant la **phénologie** et les **traits fonctionnels** des plantes associées dans les différents systèmes : hauteur, port, description des ressources potentielles pour auxiliaires...
- les **pratiques** (temps de travail, intrants, machinisme (temps, fréquence, carburant), faisabilité, cohérence, pics d'activité) afin de calculer les coûts de gestion des arbres fruitiers et des infrastructures agroécologiques, et **l'organisation du travail** dans de tels espaces, incluant l'optimisation des activités et des **déplacements** au sein du système (ex. récolte de plusieurs variétés ou espèces implantées en mélange, charge mentale) ; ces pratiques seront enregistrées à l'échelle de l'espèce fruitière (voire de la variété selon les opérations). **L'utilisation des intrants** sera mesurée par l'IFT, les quantités d'eau, le type de fertilisants ou amendements (quantités de N, P et K utilisées). La perception du travail par les principaux intervenants sera recueillie tous les ans à Gotheron.
- les **processus** visés, différenciés selon les sites (Annexe 1) : i) suivi des **bio-agressions** (contrôles arbres, fruits) à des périodes-clé pour évaluer la prévalence des bio-agresseurs, avec contrôle systématique des fruits à la récolte (3 sites), de la **régulation naturelle** (ex. proies sentinelles, co-

occurrence ou dynamiques proies-prédateurs), des **effets attractifs ou répulsifs** de plantes, et mesures d'abondance et/ou de **biodiversité** pour des groupes d'intérêt (arthropodes des différents compartiments, incluant les pollinisateurs, oiseaux, chauve-souris, lombrics...) avec un 'point 0' en début de projet et une fréquence de suivi selon le groupe et l'évolution du système (ex. suivis annuels pour arthropodes et lombrics, tous les 3 ans pour chauve-souris). Les indicateurs de suivi pour évaluer la fertilité du sol seront à définir en début de projet (ex. statut organique, bioindicateurs). Des mesures communes standardisées de fonctions et services, notamment de régulation, seront effectuées en inter-sites (Gotheron, Balandran) ; ii) **suivis morphologiques** détaillés (croissance, floraison, fructification) et **écophysologiques** (ex. flux xylémien) pour analyser les **gradients d'interactions** entre arbres fruitiers et forestiers aux niveaux **aérien** (compétition pour la lumière) et **souterrain** (compétition pour l'eau et les éléments nutritifs du sol) entre pommier et noyer (site Restinclières). Certains suivis de biodiversité seront mis en œuvre plus ponctuellement dans des vergers d'agriculteurs innovants identifiés pour leur complémentarité avec les dispositifs expérimentés et/ou leur ancienneté ;

- les **performances agronomiques** : croissance et vigueur des arbres fruitiers (périmètre de tronc), quantité et qualité (dont commerciale) des productions pouvant permettre de calculer un chiffre d'affaires théorique, de connaître la régularité de production...

-les valeurs prises par les **indicateurs de pilotage** : sondes tensiométriques, reliquat azoté, observations visuelles d'infestation ou infection en verger, pièges à phéromones...

- les **connaissances** échangées, mobilisées, les idées proposées, adoptées ou non retenues, les prototypes co-conçus... (enregistrements et compte-rendus d'ateliers). La documentation des connaissances scientifiques et empiriques mobilisées, des productions collectives (ex. prototypes...) sont à réfléchir en lien avec le Casdar AgroEcoPérennes.

Un effort sera conduit dans la mise en place d'indicateurs d'évaluation mobilisables par des enseignants/formateurs auprès des publics apprenants, afin de permettre leur utilisation dans des sessions de formation autour des questions des régulations écosystémiques (lien RMT Biodiversité et Agriculture).

> L'échelle spatiale relève de zones infra-parcellaires (ex. une variété), de la parcelle (ex. un module expérimental) et du supra-parcellaire (pour tenir compte des zones support à la production). L'échelle temporelle sera annuelle (une saison) mais considèrera également les différentes phases des systèmes pérennes (non productives, entrée en production, les différentes maturités des cultures composant le système). Les données de terrain seront collectées dans la durée, spatialisées (SIG à Gotheron) et structurées dans une BDD dédiée en cours d'élaboration pour décrire l'organisation spatiale multi-productions et des opérations culturales non usuelles (gestion plantes de service par ex.) en vue de les enregistrer précisément.

Que ce soit pour la collecte de données et la traçabilité des opérations culturales et des suivis expérimentaux, ou pour l'évaluation, les systèmes multi-productions questionnent les outils de gestion des données et les méthodes d'évaluation classiquement utilisées, généralement développés par espèce ou par thématique. Le formalisme actuel d'Agrosyst permet de prendre en compte la description de systèmes multi-productions en associant plusieurs zones au sein d'une parcelle (ex. 1 zone pour chaque espèce fruitière du système, avec possibilité d'individualiser plusieurs variétés au sein de chaque espèce fruitière). De même, la description du contexte de production pourra intégrer le cadre proposé par Agrosyst. Nous proposons toutefois de discuter ces propositions de description

des systèmes et des opérations culturales dans Agrosyst en 1^{ère} année de projet avec l'équipe Agrosyst afin d'optimiser la qualité des informations saisies et le temps de saisie. S'appuyant sur des exemples de dispositifs de systèmes multi-productions, tels que la plateforme TAB et la Durette (projet Vertical), le projet servira par ailleurs à proposer des adaptations/évolutions des outils de gestion des données et des méthodes d'évaluation classiques afin de permettre des analyses transversales et la confrontation de nos résultats avec d'autres systèmes.

> L'analyse des données sera relativement 'classique' dans le cadre du site de Restinclières (expérimentation système incluant référence et 2 répétitions). Pour les 2 autres sites, l'analyse sera ciblée sur les processus visés, ainsi que sur une évaluation multicritère quantitative et qualitative des systèmes expérimentés. L'unité d'observation sera la variété pour les variables agronomiques, pratiques et pilotage, avec un possible regroupement par espèce fruitière. Des pseudo-répétitions à l'échelle de l'arbre ou de placettes seront mobilisées en fonction des suivis (ex. vigueur des arbres, rendement), afin de mesurer la variabilité intra-parcelle au fil des années et par rapport à des données de référence si existantes. Enfin, ce type de systèmes soulève des questions méthodologiques sur la définition de référentiels permettant notamment la prise en compte des synergies ou antagonismes entre espèces. Pour les suivis de biodiversité, l'échelle de suivi est conditionnée par la capacité de déplacement et de prospection des organismes ciblés, allant de la placette (vers de terre) au paysage (oiseaux, chauve-souris) (Annexe 1).

MOYENS AFFECTES AU PROJET ET BUDGET PRÉVISIONNEL

Rappel : le concours maximal susceptible d'être apporté à un projet est limité à 75% du coût total éligible du projet (hors salaires publics).

Total des coûts complets* prévisionnels par partenaire

	INRA Gotheron	Ctifl Balandran	INRA UMR System	INRA Ecodev	INRA PSH	INRA EMMAH	GRAB	GR CETA	LPO 26	Ch. Agric. 26	EPLÉ FPA Valen- tin	Agribio Drôme	Agribio Ardè- che	ITEIP MAI	Total	
Nombre d'ETP moyen/an	3.39	0.72	0.95	0.44	0.24	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	5.97 [1]	
Postes de dépense	frais de personnel	1100463.3	235117.0	276789.3	125443.0	88297.6	13008.1	15000	30000	18500	15000	11760	15000	15000	15000	1974378.3
	prestation	11000			4000											15000.0
	frais de déplacemt	6000	3000	13500	4000	6000	4000									36500.0
	frais d'impressio n/communi cation	7500														7500.0
	acquisition de petits matériels /fournitures	40000	3000	19000		22000	4000									88000.0
	Autres[2]	9690.4	89271.0	1708.0	436.1	1253.3	320					750				103428.8
Total des coûts complets* (€ HT) [3]	1174653.7	330388.0	310997.3	133879.1	117550.9	21328.1	15000	30000	18500	15000	12510	15000	15000	15000	2224807.1	

[1] soit 412 personnes.mois pour la durée du projet ; [2] inclus équipement, plantations, frais de gestion INRA (4%), frais d'expérimentation ; [3] l'ensemble des partenaires n'étant pas assujetti à la TVA et afin de pouvoir comptabiliser les salaires publics INRA dans l'autofinancement, ce coût complet est présenté HT

Total des coûts complets* prévisionnels par an

		Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Total
Nombre d'ETP moyen/an		6.66	5.92	5.74	6.72	6.06	4.79	5.97 [1]
Postes de dépense	frais de personnel	306597.6	342007.1	332175.4	336459.3	342428.4	314710.5	1974378.3
	prestation	3000	2000	2000	4000	4000	0	15000.0
	frais de déplacement	7500	6000	5500	6000	6000	5500	36500.0
	frais d'impression/ communication	500	0	0	2000	0	5000	7500.0
	acquisition de petits matériels/fournitures	20000	16500	18000	12000	12000	9500	88000.0
	Autres [2]	12324.3	8058.8	18673.9	19964.1	22047.3	22360.4	103428.8
Total des coûts complets* (€ HT) [3]		349921.9	374565.9	376349.3	380423.4	386475.7	357070.9	2224807.1

[1] soit 412 personnes.mois pour la durée du projet ; [2] inclus équipement, plantations, frais de gestion INRA (4%), frais d'expérimentation ; [3] l'ensemble des partenaires n'étant pas assujetti à la TVA et afin de pouvoir comptabiliser les salaires publics INRA dans l'autofinancement, ce coût complet est présenté HT

Total de l'assiette subventionnable par an**

		Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Total
Nombre d'ETP moyen/an		6.66	5.92	5.74	6.72	6.06	4.79	5.97 [1]
Postes de dépense	frais de personnel	306597.6	342007.1	332175.4	336459.3	342428.4	314710.5	1974378.3
	prestation	3000	2000	2000	4000	4000	0	15000.0
	frais de déplacement	7500	6000	5500	6000	6000	5500	36500.0
	frais d'impression/ communication	500	0	0	2000	0	5000	7500.0
	acquisition de petits matériels/fournitures	20000	16500	18000	12000	12000	9500	88000.0
	Autres [2]	12324.3	8058.8	18673.9	19964.1	22047.3	22360.4	103428.8
Rappel du total des coûts complets* (€ HT) [3]		349921.9	374565.9	376349.3	380423.4	386475.7	357070.9	2224807.1
Total de l'assiette subventionnable** (€ HT) [4]		100372.3	104316.1	124884.2	125186.1	125622.0	119621.1	700001.8
Total participation de l'AFB demandée*** (€ HT)		75630.3	78475.1	84619.2	77522.1	80308.0	72177.1	468731.8
Taux de subventionnement (= participation de l'AFB/assiette subventionnable ou coût complet)		21.6	21.0	22.5	20.4	20.8	20.2	21.1
Taux d'autofinancement (= 100- taux de subventionnement)		78.4	79.0	77.5	79.6	79.2	79.8	78.9

[1] soit 412 personnes.mois pour la durée du projet ; [2] inclus équipement, plantations, frais de gestion INRA (4%), frais d'expérimentation ; [3] l'ensemble des partenaires n'étant pas assujéti à la TVA et afin de pouvoir comptabiliser les salaires publics INRA dans l'autofinancement, ce coût complet est présenté HT ; [4] l'assiette subventionnable correspond aux coûts complets sans les salaires publics INRA et sans les salaires financés par ailleurs (post-doc, thèse)

RESUME DU PROJET

Rédiger un résumé du projet en 3500 signes maximum qui présente brièvement les objectifs du projet, les moyens et les résultats attendus. Ce résumé est destiné à être diffusé si le projet est lauréat de l'appel à projet.

L'objectif du projet ALTO est de développer de nouveaux systèmes de production de fruits très bas intrants, voire sans pesticides, en proposant une démarche interdisciplinaire et multi-acteurs générique, et en s'appuyant sur trois dispositifs expérimentaux visant à reconcevoir l'espace de production de fruits et son pilotage. Nous faisons l'hypothèse qu'il est nécessaire de repenser l'agroécosystème (i.e. l'espace de production de fruits et les zones support à la production associées), sa composition, sa diversité et son agencement, les choix techniques et les pratiques afin de produire des fruits en se reposant en priorité sur les services écosystémiques (dont la régulation biologique) et non plus sur l'utilisation des pesticides. Cette re-conception est basée sur :

- i) une intensification écologique, qui vise à augmenter la résilience et l'autonomie du système, en particulier sa capacité suppressive vis-à-vis des bio-agresseurs (effets barrière et dilution, push-pull, matériel végétal fruitier peu sensible, abondance et diversité des auxiliaires, des décomposeurs...),
- ii) une optimisation de l'agencement spatial et temporel ainsi créé, pour le partage des ressources dans un espace multi-espèces et multi-strates, et pour organiser le travail dans un tel espace,
- iii) une approche fonctionnelle générique de re-conception qui utilise les fonctions (et traits liés à ces fonctions) des plantes à associer et les traits de vie des espèces ou groupes étudiés (bio-agresseurs, auxiliaires),
- iv) une démarche de co-conception et une dynamique associant les acteurs de la filière (agriculteurs, conseillers, expérimentateurs, formateurs, chercheurs) pour concevoir, faire évoluer et évaluer les dispositifs expérimentaux, et plus largement interagir avec différents publics (dont FERME),
- v) une contribution au développement de l'évaluation multicritère de systèmes multi-productions.

Les 3 supports expérimentaux sont : les dispositifs de l'INRA de Gothenon (Drôme) et du Ctifl Balandran (Gard), qui visent à évaluer les services écosystémiques (dont la régulation naturelle), respectivement dans un prototype 'pommier centré' conçu *de novo* et en cours d'implantation (0 IFT total) et un verger AB à diversifier pas à pas (0 IFT hors biocontrôle, cuivre) -un 2^e prototype à co-concevoir est prévu en cours de projet sur ces 2 sites- ; le site agroforestier de Restinclières (Hérault, INRA UMR System) qui caractérise la répartition des ressources inter-strates et l'agroécosystème composé de pommiers associés à des noyers forestiers (AB, biocontrôle privilégié).

Ce projet permettra ainsi d'investir sur 3 dispositifs originaux de production agroécologique de fruits très bas intrants ou 0 pesticide qui seront pérennisés, et de développer une approche interdisciplinaire et une dynamique multi-acteurs au sein du groupe de partenaires, et plus largement en lien avec les projets ou réseaux développant des approches analogues. Il produira des ressources méthodologiques (approche fonctionnelle, contribution à et test d'outils d'aide à la conception et d'évaluation de systèmes multi-productions), scientifiques, techniques et pédagogiques (connaissances agroécologiques structurées, analyse des services écosystémiques, évaluation multicritère de systèmes multi-productions, incluant la valorisation des fruits) et la preuve (ou non) du concept que la diversification de l'agroécosystème avec une visée d'effet suppressif vis-à-vis des bio-agresseurs permet de produire sans pesticides.

Annexe 1 – Prévisionnel suivis biodiversité liés au service écosystémique de régulation

Groupe biologique	Groupe(s) fonctionnel(s)	Service visé	Echelle de sensibilité	Méthode(s)	Fréquence	Niveau d'identification / expertise	INRA Gotheron	Restinclières	Ctifl Balandran
Bio-agresseurs clés (pucerons, tordeuses, mouches, maladies fongiques...)*	herbivores à l'origine de +/- dégâts	production (dégâts)	supra-parcelle / parcelle	obs visuelle rameaux, fruits, arbres selon bio-agresseur, piège phéromone, modèle	nb ctrl selon biologie et 1 contrôle fruits récolte	présence / espèce	approfondi (=tous groupes)	base (focus pucerons, carpocapse)	approfondi (=tous groupes)
Chiroptères	prédateur aérien	régulation bioag	paysage	enregis auto accoustique SM2/SM4	2x3nuits/tous les 3 ans	activité / espèces ou groupe d'espèces	approfondi : année 1 (t0) /année 4	approfondi : année 1 (t0) /année 4	approfondi : année 1 (t0) /année 4
Rapaces et autres espèces	prédateur aérien	régulation bioag	paysage	poteau perchoir + piège photographique	6 mois /an	activité / espèces	base		base
Oiseaux nicheurs	prédateur-granivore	régulation bioag	paysage +supra-parcelle / parcelle	pièges photo (haies) + inventaire classique	1x/ tous les 3 ans	activité / espèces	approfondi : t0 /année 4		approfondi : t0 /année 4
Araignées frondaison*	prédateur aérien	régulation bioag	supra-parcelle / parcelle	bandes-pièges + frappages	2x/ an	abondance totale/ abondance 5 genres-espèces majoritaires	base : année 1 (t0) /année 4	base : année 1 (t0) /année 3	approfondi : année 1 (t0) /année 4
Larves et Adultes de syrphes, cocci, chrysope; forficule; fourmis; momies parasitoïdes	prédateurs aériens dans foyers pucerons pommier	régulation bioag	supra-parcelle / parcelle	obs visuelle	tous les ans	abondance/groupes fonctionnels ou plus détaillé	approfondi 1x/semaine (pdt infestation)	base 2x/an (pic)	approfondi 1x/semaine (pdt infestation)
Forficule	omnivore = ravageur et auxiliaire	régulation / production (dégâts)	supra-parcelle / parcelle	abris à forficules	6x/an	abondance (biomasse possible), ratio <i>F. pubescens/F. auricularia</i>	base	base selon années	base
Carabes	prédateur-omnivore-granivore	régulation bioag	supra-parcelle / parcelle	pot barber	3 à 4 x/an	abondance totale/ abondance 5 espèces majoritaires	base	base selon années	approfondi : année 1 (t0) /année 4
Araignées sol	prédateur sol	régulation bioag	supra-parcelle / parcelle	pot barber	3 à 4 x/an	abondance totale/ abondance 5 genres-espèces majoritaires	base	base selon années	base
Insectes aériens	ressources globales : prédat., parasitoïdes, détritiphages, herbivores	régulation bioag	supra-parcelle / parcelle	à définir (bol coloré, piège lumineux, malaise, piège interception ou caméra beecam)	1 à 2x/an	abondance totale ou biomasse et diversité	base	base selon années	base
Prédateurs	prédateur aérien et sol	régulation bioag	supra-parcelle / parcelle	exposition de proies diverses (cartes puceron, graines, chenilles artificielles)	1x/an		approfondi	base selon années	approfondi

*3 espèces fruitières majeures (si multi-espèces)

Base : suivi à minima (ie abondance sans identification taxonomique poussée), réalisé annuellement ou ponctuellement ; **Approfondi** : suivi permettant une description des dynamiques et/ ou des taxons à une échelle d'approche (identification, spatiale) plus fine, en lien avec les processus du service écosystémique visé

Annexe 2 – CV porteur de projet

SIMON Sylvaine

INRA Domaine de Gotheron
460 Chemin de Gotheron
26320 Saint-Marcel-lès-Valence
Née le 28/10/1965

Tél : (33)4 75 59 92 21

Email : sylvaine.simon@inra.fr

INGENIEUR DE RECHERCHE
AGROECOSYSTEME VERGER



FORMATION

Doctorat Biologie des populations
et Ecologie (1999)
Université Montpellier II

Diplôme d'Ingénieur Agronome
(1989) – ENSA Montpellier
(SupAgro)

D.E.A. Sciences Agronomiques
(1989) - Université Montpellier

LANGUES

Anglais : Cambridge Advanced
Exam

Espagnol : lu, écrit, parlé

COMPETENCES

Gestion de projets d'expérimentation-recherche

Coordination de projets scientifiques et multi-acteurs : suivi technique, expérimental et financier ; organisation et animation de réunions, ateliers et journées de restitution ; valorisation

Gestion d'équipe

-Co-responsable d'équipe (8 pers.) depuis 2012

-Directrice adjointe de l'unité expérimentale INRA Gotheron (25 pers.) depuis 2014

Expertises

-Expérimentation système, Production Fruitière Intégrée et Agriculture Biologique, régulations biologiques

-Co-coordination Guide méthodologique Ecophyto Fruits
<http://www.gis-fruits.org/Actions-du-GIS/Guide-Ecophyto>

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

-Ingénieur de Recherche INRA, UERI Gotheron, 26320 Saint-Marcel-lès-Valence—*depuis 1992*

 Chef de projet (Dephy EXPE1 BioREco), partenaire de projets dont projets européens (C-IPM API-tree, FP7 Pure...) et multi-acteurs (ex. Prunus, APR Pesticides Ministère Environnement)

-1990-1991 Consultant agrofourniture (société Rockwool-Grodan)

-1989-1990 Agropédologue Chambre d'Agriculture de l'Indre

Principales publications

Simon S, Lesueur-Jannoyer M, Plénet D, Lauri P-É, Le Bellec F (2017) Methodology to design agroecological orchards: Learnings from on-station and on-farm experiences. *European Journal of Agronomy* 82:320–330.

Penvern S, Kouchner C, Ruynat L, **Simon S**, Lamine C (2015) From orchard to agrifood system redesign to reduce pesticide use. *Acta Hort* 1137:333-341.

Simon S, Rusch A, Wyss E, Sarthou JP (2014) Conservation biocontrol: principles and implementation in Organic Farming. In: Bellon S, Penvern S (eds) *Organic Farming, prototype of sustainable agricultures*, Springer, 83-105.

Simon S, Brun L, Guinaudeau J, Sauphanor B (2011) Pesticide use in current and innovative apple orchard systems. *Agron Sustain Developm* 31:541–555.

Simon S, Bouvier J-C, Debras J-F, Sauphanor B (2010) Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy Sust. Developm.* 30:139–152.