

2016-2017

Sylvaine SIMON<sup>1</sup>, Pierre-Éric LAURI<sup>2</sup>, Servane PENVERN<sup>3</sup>, Aude ALAPHILIPPE<sup>1</sup>, Cindie ARLAUD<sup>4</sup>, Solène BORNE<sup>1</sup>, Yvan CAPOWIEZ<sup>5</sup>, Aurélie CARDONA<sup>3</sup>, Blandine CHIEZE<sup>1,3</sup>, Stéphanie DRUSCH<sup>6</sup>, Arnaud DUFILS<sup>3</sup>, Lydie DUFOUR<sup>2</sup>, Guillaume FICHEPOIL<sup>6</sup>, Leslie FRULEUX<sup>2</sup>, Laurent GALET<sup>1</sup>, Hélène GAUTIER<sup>7</sup>, Amélie GENAY<sup>6</sup>, Thierry GIRARD<sup>1</sup>, Caroline GOUTINES<sup>1</sup>, Olivier GUIBERT<sup>1</sup>, Claire LAMINE<sup>3</sup>, Fabrice LE BELLEC<sup>8</sup>, Magalie LESUEUR-JANNOYER<sup>8</sup>, Delphine MEZIERE<sup>2</sup>, Karine MOREL<sup>1</sup>, Mireille NAVARRETE<sup>3</sup>, Daniel PLENET<sup>7</sup>, Dominique RIOTORD<sup>1</sup>, Pierre-Joël SALLEE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRA Gotheron, <sup>2</sup>INRA UMR System, <sup>3</sup>INRA Ecodéveloppement, <sup>4</sup>LPO Drôme, <sup>5</sup>INRA EMMAH, <sup>6</sup>EPL Valentin, <sup>7</sup>INRA PSH, <sup>8</sup>CIRAD HortSys La Réunion et Montpellier

## Comment produire des fruits de manière plus durable ?

Le verger est un habitat pérenne, complexe et multi-strates, potentiellement favorable au maintien des chaînes trophiques et des régulations des ravageurs, sous réserve de limiter les perturbations dues aux pratiques. Des agriculteurs innovent en associant d'autres productions aux fruitiers (ex. vergers maraîchers, vergers pâturés). Explorer le potentiel écologique de cet espace de production et de son 'design' (i.e., espèces fruitières, variétés, plantes associées, et leur agencement dans le temps et dans l'espace) pour une production agroécologique de fruits, reste toutefois peu étudié.



**Quels services écosystémiques peut-on renforcer pour produire sans pesticides en verger ?**

**Comment reconcevoir l'espace de production de fruits pour renforcer ces services ?**

## Introduction

Les systèmes de production de fruits actuels sont largement tributaires de l'utilisation des pesticides. Ceci s'explique par la pérennité du verger, qui permet le maintien de certains bio-agresseurs dans la culture d'une année sur l'autre, par la production de fruits frais répondant à des standards de commercialisation 'zéro défaut' et par un choix variétal souvent lié à des critères de commercialisation ou organisationnels, qui conditionne les pratiques de protection tout au long de la vie du verger. La combinaison de diverses méthodes alternatives permet de limiter le recours aux pesticides en verger et ainsi d'améliorer sa durabilité

environnementale. Toutefois, au-delà d'un certain niveau de réduction de l'utilisation des pesticides, poursuivre la réduction dans les systèmes spécialisés actuels ne se fait plus qu'à la marge et/ou s'accompagne de risques de pertes de récolte ou de qualité des fruits.

Pour relever le défi de produire des fruits en mobilisant les services écosystémiques et non plus les intrants, il est nécessaire de reconcevoir le verger. Notre approche repose sur une diversification de l'agroécosystème, afin de maximiser ces services écosystémiques, en particulier de régulation.

L'objectif du projet SAFIR a été de repenser l'espace de production de fruits pour concevoir des systèmes de production de fruits sans pesticides et très bas intrants reposant sur les services écosystémiques.

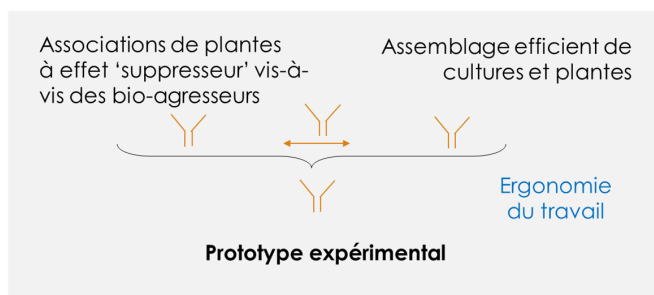
Cette approche, complexe, s'est accompagnée du développement d'une méthodologie de co-conception agroécologique et a permis de produire des connaissances mobilisables en verger agroécologique, des propositions de reconception de l'espace de production de fruits et la finalisation d'un prototype à expérimenter.

## Approche méthodologique

La démarche (Fig. 1) a consisté à revisiter le 'design' de la parcelle (choix des espèces et variétés cultivées, plantes associées ainsi que leur agencement dans le temps et dans l'espace) pour rendre l'espace de production très difficile à investir par les bio-agresseurs, afin de renforcer le service de régulation des bio-agresseurs et produire sans pesticides (effet 'suppresseur' vis-à-vis des bio-agresseurs). Ceci inclut également des compromis à réaliser, à la fois pour assurer le partage des ressources entre cultures et plantes associées, et pour organiser le travail de manière opérationnelle dans un tel système.

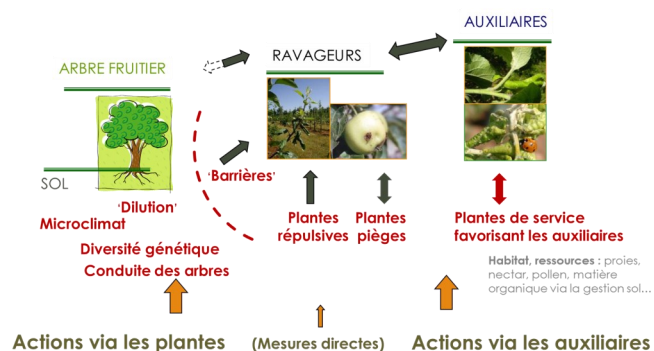
Gérer les bio-agresseurs en diversifiant

Partager les ressources



**Fig. 1. Démarche générale de conception agroécologique.** Chacune des étapes a mobilisé des connaissances, expertises et expériences de différentes natures et sources pour identifier les (assemblages de) plantes possédant les propriétés recherchées. L'ensemble de la démarche a été réalisée en co-conception ; elle repose également sur la capacité à faire des compromis entre ces différentes dimensions.

Dans un souci de généralité, les fonctions (primaires, secondaires...) associées aux espèces et assemblages végétaux ont été explicitées ainsi que les processus visés. La démarche s'est accompagnée d'une dynamique d'interactions locales et plus larges (Europe) avec un public d'acteurs diversifié au sein de la filière (agriculteurs, conseillers, formateurs, expérimentateurs, chercheurs...) autour des services écosystémiques ciblés (régulation, Fig. 2 ; services liés à la fertilité du sol ; production), dans une démarche de co-conception.

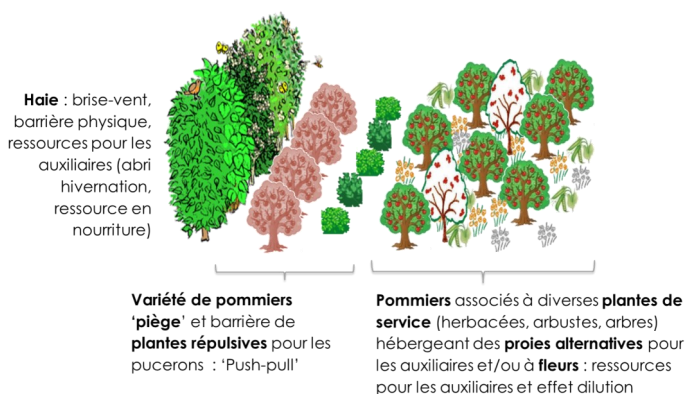


**Fig. 2. Diversification de l'agroécosystème fruitier pour renforcer le service écosystémique de régulation des ravageurs**

## Design 'suppresseur' vis-à-vis des bio-agresseurs

La démarche de reconception proposée a consisté à identifier les processus capables d'accroître la capacité 'suppressive' de l'espace de production vis-à-vis des bio-agresseurs et la biorégulation (Fig. 2, 3) : effets barrière, dilution, utilisation de plantes pièges et répulsives (push-pull), actions via le matériel végétal fruitier (faible sensibilité), actions via 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.



**Fig. 3. Illustration de design 'suppresseur' vis-à-vis des bio-agresseurs, ex. puceron cendré et pommier : effets barrière-dilution, push-pull, action via les auxiliaires**

## Principes d'assemblage pour partager les ressources

L'objectif a été d'identifier des principes d'assemblage des arbres fruitiers et autres plantes ou arbres pour l'optimisation de leur fonctionnement agro-physiologique.

- Ressources lumineuses
- Les distances de plantation, la hauteur et l'orientation des rangs de fruitiers et autres espèces conditionnent l'interception lumineuse. Ce travail a également permis de pointer le manque et les besoins de connaissances sur le déploiement architectural de l'arbre fruitier en situation de culture associée ainsi que sur les interactions entre plantes.

- Ressources en eau et éléments minéraux (Fig. 4)

Deux stratégies ont été identifiées :

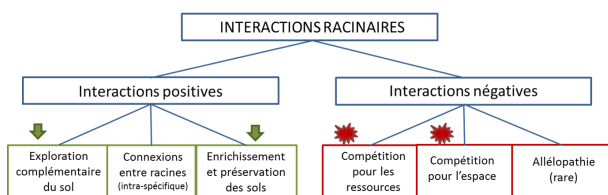
-Stratégie 1 — Séparation spatiale des zones de prélèvements des ressources, par ex. visant un enracinement profond des arbres à associer aux pommiers et un enracinement plus superficiel des pommiers.

Cette séparation spatiale peut être limitée par la plasticité racinaire des différents systèmes (caractère plus ou moins opportuniste des racines) et sera favorisée par des pratiques d'irrigation et de fertilisation localisées sur le rang de fruitiers. Une plantation différée des arbres associés aux fruitiers peut être envisagée.



**Parcelle agroforestière associant pommiers implantés sous des noyers forestiers, Restinclières (Hérault). Photo : INRA UMR System**

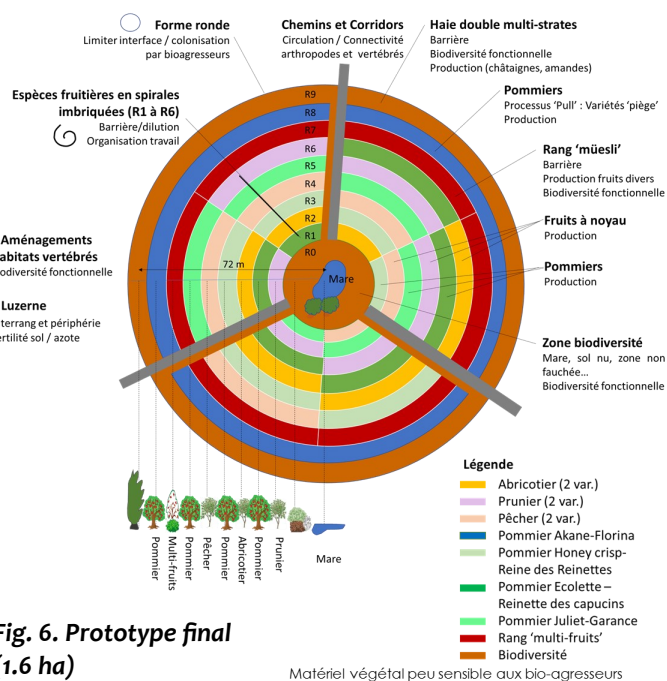
-Stratégie 2 — Séparation temporelle des prélèvements des ressources : connaître les besoins en fonction des stades phénologiques et associer des espèces ayant des décalages phénologiques, avec possibilité de plantation simultanée. Un porte-greffe fruitier plus vigoureux, des apports complémentaires et/ou des distances de plantation plus élevées permettent de limiter des concurrences modérées.



**Fig. 4. Interactions racinaires et conséquences pour l'association de fruitiers et autres espèces**

## Co-Conception

Pour innover, l'idée était de partager expertises et expériences portées par un ensemble d'acteurs de la filière (agriculteurs, expérimentateurs, conseillers, formateurs, chercheurs) pour co-concevoir des prototypes répondant aux objectifs de produire des fruits sans pesticides en mobilisant les services écosystémiques et d'être faisables en termes d'organisation du travail. Plusieurs ateliers internes et une session d'ateliers multi-acteurs ont été organisés (Fig. 5). La remobilisation des sorties d'ateliers a permis l'implantation d'un 1er prototype expérimental début 2018 (Fig. 6). Ce travail souligne un manque de connaissances sur les systèmes complexes (plantes à associer, agencement, services attendus) et met en évidence l'exercice de négociation entre acteurs pour trouver des compromis entre productivité, régulation, et ergonomie.



**Fig. 6. Prototype final (1.6 ha)**

**Fig. 5. Démarche de conception agroécologique et multi-acteurs pour la conception d'un prototype expérimental.** La démarche est basée sur la mobilisation de connaissances de différentes natures et sources ; elle permet une production collective de connaissances conceptuelles et pour l'action. La dynamique d'interactions et la construction des idées au sein des ateliers a été analysée, en vue de proposer des supports d'animation et de faciliter l'organisation d'ateliers de conception innovante

(Penvern et al., 2018)



## Conclusion

Le projet SAFIR a permis :

- Le développement d'un partenariat interdisciplinaire et multi-acteurs
- Des acquis méthodologiques sur des dimensions biophysiques, agroécologiques et participatives pour concevoir des espaces de production agroécologique de fruits
- La co-conception de prototypes de production agroécologique de fruits et l'implantation d'un dispositif expérimental (photo infra)
- Un questionnement s'élargissant à l'évaluation de systèmes agroécologiques multi-production et à la valorisation de leurs productions (projet REFLET, métaprogramme SMaCH, non accepté)
- La construction de projets pour poursuivre la démarche sur plusieurs sites expérimentaux et pérenniser une dynamique interdisciplinaire et multi-acteurs (projet ALTO, 2018-2023, DEPHY EXPE Ecophyto ; lien UMT SiBIO) et construire des outils d'aide à la conception en multi-production (Casdar DECYSIF, non accepté)



'Module 1' : prototype expérimental implanté en février 2018, INRA Gotheron (Drôme) - Photo Thomas Nicolas

## En savoir plus

Penvern S, Chieze B, Simon S (2018) Trade-offs between dreams and reality: Agroecological orchard co-design. Proceedings 13th European IFSA Symposium, 1-5 July 2018, Chania (Greece). [http://www.ifsa2018.gr/uploads/attachments/97/Theme2\\_Penvern.pdf](http://www.ifsa2018.gr/uploads/attachments/97/Theme2_Penvern.pdf)

Simon S., et al. 2016. Systèmes agroécologiques en arboriculture fruitière : innovation et reconception. Journées Scientifiques Enseignement Agricole 'Les AgroForesteries', EPL Valentin, 15 nov 2016. <https://journées-scientifiques.fr/?201611LAF>

Projet ALTO : <https://www6.paca.inra.fr/ueri/Contrats-et-projets/ECOPHYTO-II-ALTO/En-savoir-plus>

## Valorisation

La valorisation a été réalisée en direction de différents publics :

- Scientifique : communication IFSA (cf 'En savoir plus'), Journées Scientifiques de l'enseignement agricole (idem), séminaire scientifique Gotheron 20/03/2018, communications à l'Académie d'Agriculture 17/10/2018 et aux Rencontres du Végétal Angers 05/12/2018 ;
- Technique : visites d'agriculteurs et conseillers (dont ingénieurs réseau FERME Ecophyto) ; organisation d'ateliers de conception pour des porteurs de projet ;
- Enseignement : visites d'étudiants en formation initiale et continue, organisation d'ateliers de conception, échanges sur les supports d'animation d'atelier et méthodologie de conception.

Le projet s'est également accompagné de visites croisées des sites expérimentaux avec les partenaires (Gotheron, Restinclières), de la réalisation d'un poster (<https://www6.paca.inra.fr/ueri/Contrats-et-projets/Metaprogramme-INRA-SMaCH-SAFIR/En-savoir-plus>) et d'échanges dans le cadre d'autres projets impliquant les partenaires (C-IPM API-tree, PSDR Cotrae, projet partenariat enseignement agricole AP3A...).

## Les équipes impliquées

INRA Gotheron (coordinateur)  
Expérimentation système, biodiversité fonctionnelle, agroécologie



INRA UMR System Montpellier  
Agroforesterie

INRA Ecodéveloppement Avignon  
Co-conception, production de connaissances

INRA PSH Avignon / EMMAH  
Services écosystémiques, biodiversité fonctionnelle

CIRAD HortSys La Réunion et Montpellier  
Co-conception, systèmes innovants



LPO Drôme, biodiversité fonctionnelle



Lycée Agricole EPLEFPA Valentin  
Connaissances et apprentissages, agroécologie



## Remerciements

Un grand 'Merci !' à tous les participants aux ateliers de co-conception, aux experts et collègues sollicités qui ont permis ces réalisations et aux partenaires du projet ALTO ('anciens' de SAFIR et 'nouveaux') qui permettent de faire vivre et de développer les acquis de ce projet d'exploration.

## Soutien financier

La programme SAFIR a été soutenu par les métaprogrammes INRA Ecoserv et SMaCH.