

[ACCUEIL](#) > [DEPHY](#) > CONCEVOIR SON SYSTÈME > SITE INRAE UERI GOTHERON - ALTO

## Site INRAE UERI Gotheron - ALTO

PARTAGER

Année de publication 2019 (mis à jour le 15 oct 2025)

## Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Station expérimentale**

Nom de l'ingénieur réseau

**Projet ALTO**

Date d'entrée dans le réseau

**2****Drôme** Localisation

## Caractéristiques du site

Le dispositif expérimental est situé en moyenne vallée du Rhône, à proximité de Valence sur l'unité INRAE de Gotheron. L'unité développe des programmes d'expérimentation-recherche sur les systèmes de culture agroécologiques en arboriculture fruitière (pêcher, abricotier, pommier). L'objectif général est de contribuer à produire des fruits de qualité dans des systèmes de production économes en intrants et durables. Les travaux de recherche sont développés en s'appuyant sur des partenariats diversifiés au sein de la filière.

Le domaine de Gotheron comprend 86 ha, dont 65 ha de SAU. La moitié des surfaces est certifiée en Agriculture Biologique (premières parcelles converties en 1994). Un réseau de 8 km de haies est implanté sur le site qui comprend également un bois de 10 ha. Le domaine accueille plusieurs structures (GRAB, ITAB, INRAE) regroupées au sein de l'UMT SI Bio.

Pour aller plus loin : consulter l'article

['Le verger de Gotheron : quand la biodiversité tourne rond'](#)

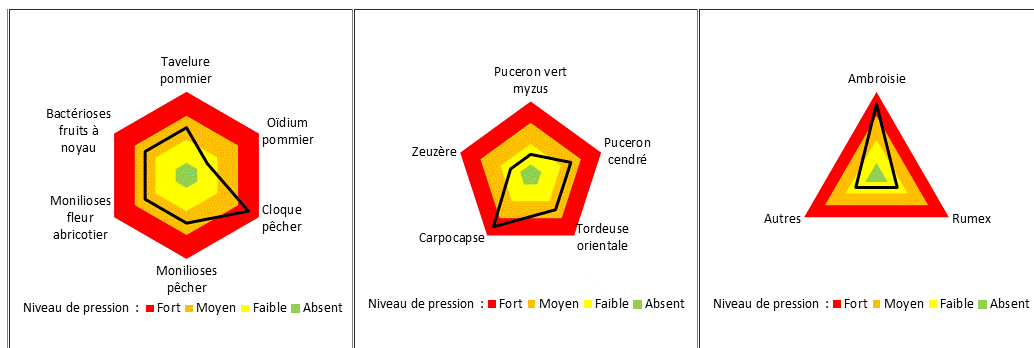
publié le 04 novembre 2021 sur le site INRAE.

## Contexte pédoclimatique ▲

Climat	Sol
<p>Le climat est semi-continental avec des influences méditerranéennes de plus en plus marquées.</p> <p>La pluviométrie moyenne annuelle est de 926 mm et la température annuelle moyenne est de 13.1°C (Chabeuil, 2002-2015).</p>	<p>Le dispositif est situé sur des terrasses anciennes du Rhône datant du Diluvium alpin.</p> <p>Les sols sont superficiels, caillouteux et lessivés, de pH voisin de 6,5. Ils ont une faible réserve utile (&lt;40 mm) : l'irrigation des cultures est indispensable pour les productions d'été.</p>

## Contexte biotique ▲

Niveaux de pression : Maladies	Niveaux de pression : Ravageurs	Niveaux de pression : Adventices



Dans notre contexte :

En verger de pommiers, le carpocapse est le principal ravageur, avec 3 générations annuelles. Le puceron cendré est également un ravageur important, occasionnant des dégâts. La tavelure est la principale maladie.

Pour les fruits à noyau, les moniliose (sur fleur pour abricotier/prunier et sur fruits pour pêcheur) peuvent occasionner des dégâts très importants en fonction de la climatologie. Pour le pêcheur, la cloque est également une maladie à gérer.

Pour les adventices, la gestion de l'ambroisie est liée à la problématique de santé humaine (risque d'allergie).

#### Contexte socio-économique ▲

Le dispositif est situé en plaine de Valence dans la Drôme. Il s'agit d'une région historiquement productrice de fruits (pêche, abricot) qui s'est diversifiée. L'Agriculture Biologique (AB) est fortement représentée (26% de la Surface Agricole Utile en AB). En plaine de Valence, la pression foncière est forte.

L'INRAE de Gothenon est présent sur le territoire depuis plus de 50 ans et est intégré dans la dynamique agricole territoriale via ses liens avec les agriculteurs, les stations expérimentales, les organismes de développement, les instituts techniques et l'enseignement agricole.

#### Contexte environnemental ▲

Comme de nombreux territoires, les enjeux environnementaux de la plaine de Valence incluent les pollutions diffuses liées aux nitrates, aux pesticides, la pression urbaine et la conservation des habitats pour la biodiversité.

### Systèmes testés et dispositif expérimental

## Système Module 1 (- 100% IFT)

- Années début-fin expérimentation : 2018-2030
- Espèces principales : Pomme, pêche, abricot, prune
- Année implantation du verger : 2018
- Agriculture Biologique (AB)
- 1,70 ha
- Circuit commercial : Court
- Valorisation : Frais/industrie
- Signe de qualité : **AB**
- Leviers majeurs :
  - Biodiversité et infrastructures agroécologiques
  - Agencement spatial
  - Matériel végétal
  - Prophylaxie

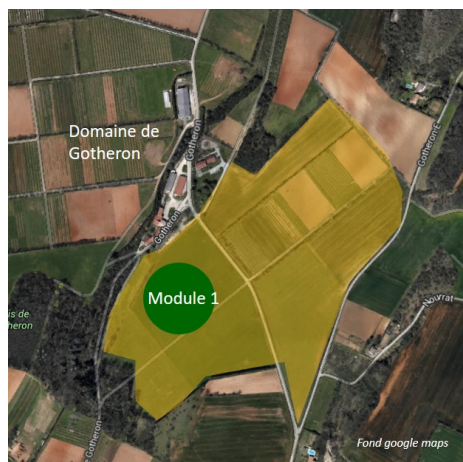


## Système Module 2 (- 100% IFT)

- Années début-fin expérimentation : 2022-2030
- Espèces : A déterminer (espèces fruitières)
- Année implantation du verger : 2022
- Agriculture biologique
- 150 ha (ordre de grandeur)
- Circuit commercial : Court
- Valorisation : Frais/industrie
- Signe de qualité : **AB**
- Leviers majeurs :
  - Biodiversité et infrastructures agroécologiques
  - Importance et types de leviers mobilisés à déterminer en co-conception

Prochainement...  
Module 2 !

## Dispositif expérimental



## Description du dispositif expérimental :

La zone dédiée à l'expérimentation est de 8 ha ; elle est en AB depuis plusieurs années, et le dispositif fruitier en place (Module 1) est en 0 phyto (0 IFT, 0 IFT biocontrôle).

L'ensemble de la zone est aménagé à l'échelle supra-parcellaire pour favoriser les bio-régulations : haies, mares, habitats pour la faune prédatrice (perchoirs, nichoirs, pierriers...).

## Suivi expérimental ▲

Un ensemble de suivis expérimentaux est réalisé :

- Suivis agronomiques : vigueur des arbres, rendement et qualité de la production... ;
- Suivis des bio-agresseurs ;
- Suivis de la biodiversité (arthropodes, oiseaux, chauve-souris...) et de la prédation ;
- Suivis technico-économiques : temps de travaux, intrants, machinisme... ;
- Perception du travail dans un système très diversifié.

## Aménagements agroécologiques et éléments paysagers ▲

Avec de nombreuses infrastructures agroécologiques (haies, jachères, bois, mare et habitats aménagés pour la faune) et des pratiques économes en intrants sur l'ensemble des cultures du

domaine (arboriculture, grandes cultures), le contexte environnemental est très favorable à la biodiversité.

---



#### La parole de l'expérimentateur :

Ce dispositif pour repenser l'espace de production de fruits en 'o phyto' est exploratoire. Il consiste en un défi en termes de conception, de pilotage et d'évaluation pour l'équipe de Gotheron et les partenaires du projet ALTO. C'est un dispositif encore jeune, évolutif, mais qui alimente déjà la réflexion pour faire évoluer les systèmes fruitiers ! Il est au cœur d'échanges riches (Cafés Agros, visites, séminaires) qui réunissent une majorité d'acteurs du territoire et de la filière...



## Productions du site expérimental



[Plaqueette Projet Z Gotheron](#)  
[INRAE revised Mars 2020](#)

### Contact



**Sylvaine SIMON**

Pilote d'expérimentation - INRAE



[sylvaine.simon@inrae.fr](mailto:sylvaine.simon@inrae.fr)

[ACCUEIL](#) > [DEPHY](#) > CONCEVOIR SON SYSTÈME > SITE INRAE UERI GOTHERON - ALTO

## Projet ALTO

 [PARTAGER](#)

Année de publication 2019 (mis à jour le 06 Sep 2024)

### Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Systèmes en Arboriculture et Transition agroécologique**

Nom de l'ingénieur réseau

**3**

Date d'entrée dans le réseau

**6**

Période

**2018-2023**

### Résumé du projet

Ce projet exploratoire vise à développer sur trois sites expérimentaux des espaces de production de fruits très bas intrants, voire zéro pesticide. La démarche est basée sur une diversification des espèces fruitières et des plantes associées, afin de maximiser les services rendus par les écosystèmes, dont la régulation des bio-agresseurs. Elle est développée en co-conception et s'appuie sur une dynamique multi-acteurs. Les connaissances issues de ce projet seront partagées au sein des filières.

### Présentation du projet

### Enjeux et objectifs

Les attentes par rapport à une réduction drastique de l'utilisation des pesticides en arboriculture sont fortes. Si la combinaison d'un ensemble de leviers alternatifs pour gérer les bio-agresseurs permet de diminuer cette utilisation (voir Ecophyto I), les vergers spécialisés restent largement tributaires de leur utilisation. L'objectif du projet ALTO est de **développer de nouveaux systèmes de production de fruits très bas intrants, voire sans pesticides**, en développant sur une démarche interdisciplinaire et multi-acteurs et en s'appuyant sur trois dispositifs expérimentaux pour **reconcevoir l'espace de production de fruits et son pilotage**.

### Stratégies testées

La démarche, développée en co-conception, consiste à **créer et évaluer des espaces de production de fruits reposant sur les services écosystémiques**, principalement de régulation, grâce à une **diversification** de l'agroécosystème afin de le rendre 'suppresseur' vis-à-vis des bio-agresseurs via des effets barrière, dilution, des plantes pièges et répulsives (push-pull), la fourniture de ressources et habitat pour les auxiliaires, le choix de matériel végétal peu sensible. Des méthodes prophylactiques et mécaniques et, selon les sites, des interventions de biocontrôle sont également mises en œuvre. Les 3 dispositifs sont certifiés en agriculture biologique.

### 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 incluant la profession (dont réseaux FERME) et l'enseignement agricole. Il produira par ailleurs divers types de connaissances :

- Des ressources méthodologiques pour la conception agroécologique de systèmes fruitiers ;
- Des prototypes d'agroécosystèmes fruitiers et la structuration des connaissances qu'ils mobilisent ;
- L'expérimentation de certains de ces systèmes (modules 1 puis modules 2 à Balandran et Gotheron ; agroforesterie fruitière à Restinclières) et leur optimisation chemin faisant, s'accompagnant d'apprentissages croisés ;
- Des connaissances sur les performances agronomiques de systèmes multi-productions et les services écosystémiques (en particulier de régulation) visés ;
- Une évaluation multicritère de performances des prototypes multi-productions expérimentés en mobilisant/validant des outils développés par ailleurs ;
- Une analyse des possibilités et verrous pour la valorisation des productions de tels systèmes (fruits, productions secondaires, services écosystémiques).

## Productions du projet



### Présentation ALTO - Systèmes en Arboriculture et Transition agroécologique



### Présentation webinaire DEPHY EXPE projet ALTO - Favoriser la régulation naturelle des bioagresseurs par la faune auxiliaire

1 Café Agro du projet ALTO



#### o - Les pollinisateurs pour le verger et le verger potagers - le 9 mars 2023 à INRAE Gotheron.



### Café Agro 2023 - Pollinisateurs et vergers.pdf

1 Café Agro du projet ALTO



#### o Valorisation de productions diversifiées - le 31 mars 2023 à INRAE Gotheron



### Café Agro 2022 - Valorisation.pdf

1 Café Agro du projet ALTO



#### o - Intégrer des petits fruits dans son verger ? - 10/03/2022 à INRAE Gotheron



### Café Agro 2022 - Petits fruits.pdf

1 Café Agro du projet ALTO



#### o - Des haies pour le verger - le 8 avril 2022 à INRAE Gotheron



### Café Agro 2022 - Haies pour le verger.pdf

13/02/2026 23:55

Site INRAE UERI Gotheron - ALTO

4e Café Agro du projet ALTO



**Fruits à coque - le 04/02/2021 au Clos Fougères, Châteauneuf**

**Séminaire 11h30 (Chambre d'Agriculture du Vivarais), Henri Douai (INRAE, ANR, CDTA), Accueil et code vergers - Mélanie Villa Roch, arboriculteur (Clos Fougères)**



Une quarantaine d'arboriculteurs, porteurs de projets, et expérimentateurs se sont réunis lors du Café Agro «à coque» avec des fruits à coques sur l'exploitation de Mme au Clos Fougères : noisette, amande, pistache, noix de pécan d'espèces de diversification pour lesquelles l'adaptabilité, la plantation, la conduite, la récolte ou possibilités de valorisation ont fait l'objet d'échanges, de connaissances et de partage d'expériences.

[Café Agro 2021 - Fruits à coque.pdf](#)

4e Café Agro du projet ALTO



**pro - La fertilité du sol par la diversité des couverts et des - 01/04/2021 au CTIFL de Balandran**

**Jour - Claire Paris et Claire-Léa Dumoulin (INRAE, Ardenne, Mairie d'Ardenne et Claude-Eric de Gotheron) (Paysan Bio) (Clos Fougères) et Henri Douai (INRAE, ANR, CDTA), Accueil et code vergers - Mélanie Villa Roch, arboriculteur (Clos Fougères)**



Le 1er avril dernier, une quarantaine d'arboriculteurs et agriculteurs, filières, de porteurs de projets, de conseils d'expérimentateurs se sont réunis lors du Café Agro «à coque» pour la diversité des couverts et des pratiques au CTIFL de Balandran (Gard). Première édition hors Rhône-Alpes, ce Café Agro clôture la saison 2020-2021 qui s'est déroulée exclusivement avec masques, covid oblige ! Diversité des couverts, des pratiques de gestion et des filières, les témoignages et apports des participants ont permis de constater les expériences, mais également en viticulture et maraîchage. En synthèse, les éléments discutés et qu'il faut retenir :

[Café Agro 2021 - Couverts en vergers.pdf](#)

5e Café Agro du projet ALTO



**Agro - Poules en vergers : Pourquoi ? Comment - le 20 février 2020**

**Jour - Bodineau (arboriculteur du Puy de Dôme, Sébastien Roche (ODES et arboriculture en Drôme)**



Arboriculteurs, arboriculteurs-éleveurs, porteurs de projets, conseils expérimentateurs se sont réunis à la Ferme du Clos Fougères pour discuter des intérêts de cette pratique de la mettre en place et des contraintes administratives ou réglementaires.

[Café Agro 2020 - Poules en vergers.pdf](#)

6e Café Agro du projet ALTO



**Agro - Flore en vergers : rangs, inter-rangs, introduction spontanée ? - le 7 février 2020**

**Jour - Wikipet et Maxime Barquet (Arboriculteurs Bio, CDTA, CDTA), Accueil et code vergers - Mélanie Villa Roch, arboriculteur (Clos Fougères)**



Les arbres ne sont pas les seules espèces que l'on peut introduire dans le verger. La flore, semée ou non, plus ou moins spontanée, apporte divers services à la production. Comment les introduire ? Quels changements cela implique-t-il dans la conduite ? C'est autour de ces questions que participeront les participants au Café Agro lors du 6e Café Agro.

[Café Agro 2020 - Flore en vergers.pdf](#)

7e Café Agro du projet ALTO



**Agro - Changement climatique : quels vergers pour demain ? - le 10 mars 2020 au lycée agricole du Valentin**

**Jour - Nicolas Barquet (Arboriculteurs Bio, CDTA, CDTA), Accueil et code vergers - Mélanie Villa Roch, arboriculteur (Clos Fougères)**



Le 10 mars dernier, des arboriculteurs, porteurs de projets, conseils expérimentateurs et chercheurs ont échangé sur le changement climatique, des impacts pour l'arboriculture, les adaptations, les innovations, et des questions d'avenir. C'est autour de ces questions que participeront les participants au Café Agro lors du 7e Café Agro.

[Café Agro 2020 - Changement climatique et vergers.pdf](#)

8e Café Agro du projet ALTO



**Agro - Les plantes à parfum, aromatiques et médicinales pour le verger - 12 février 2019**

**Jour - Guillaume Frémont (INRAE, Institut Technique des Plantes Médicinales et à Parfum, INRAE, Institut Technique des Plantes Médicinales et à Parfum)**



Produire des fruits différemment... Ceci questionne de manière croissante le verger, son agencement, ses pratiques... vers des systèmes moins spécialisés et plus autonomes. Les Cafés Agro sont des occasions, conseils... en vue d'échanger sur une thématique ciblée, avec l'éclairage des invités du jour, et de partager des expériences et projets de chacun.

[Café Agro 2019 - PPAM en vergers.pdf](#)

9e Café Agro du projet ALTO



**Agro - Accueillir des brebis dans un verger - 19 mars 2019**

**Jour - Arnaud Dubé (Travaux sur l'association verger et élevage, INRAE, Ardenne, Mairie d'Ardenne et Claude-Eric de Gotheron) (Paysan Bio) (Clos Fougères)**



Produire des fruits différemment... Ceci questionne de manière croissante le verger, son agencement, ses pratiques... vers des systèmes moins spécialisés et plus autonomes. Les Cafés Agro sont des occasions, conseils... en vue d'échanger sur une thématique ciblée, avec l'éclairage des invités du jour, et de partager des expériences et projets de chacun.

« Dans un verger : quels bénéfices en attendre ? Quelles adaptations penser ? Il faut bien le dire et donner Café Agro de l'interaction 2019 à permis d'échanger autour de ces questions. C'est pourquoi les participants des 2 premiers Cafés Agro et de considérer les différents vergers et brebis, leurs atouts et leurs contraintes.

[Café Agro 2019 - Brebis en vergers.pdf](#)

[vergers.pdf](#)

Café Agro du projet ALTO



**o - Animaux en verger - le 21/02/2023 à la Ferme des Volontaires la Valence (26)**

Geoffrey Chiron (ITAV), Genevieve Mallet (ACTA, GS reconnaissance végétal, Evreux), Martin Trouillard (FBI, France), Sara Boucharde, Arnaud Dufé (INRAE, Montpellier)



Une cinquantaine de participants s'est retrouvée le 21 à la Ferme des Volontaires à Beaumont la Valence, pour échanger sur la thématique des animaux en verger : Quels sont les services ? Quelles sont les possibilités d'organisation des animaux ? Poules, lapins, brebis dans des vergers de pommiers ou de noyers, toutes les associations ne se valent pas.

Les services attendus

[Café Agro 2023 - Animaux en vergers.pdf](#)

uné, Café Agro du projet ALTO



**Agro - L'agroforesterie fruitière, des choix essentiels de plantation - 24 janvier 2019**

Agro - L'agroforesterie fruitière, des choix essentiels de plantation



Produire des fruits différemment... C'est la question de main d'œuvre, les agencements, les pratiques... voir des ateliers spécialisés et plus autonomes. Les Cafés Agro sont pour les agriculteurs, conseillers, en vue d'échanger sur une thématique, avec l'apportage des invités du jour, et de part des expériences et projets de chacun.

Les échanges de la matinée ont montré la diversité des situations des arbres fruitiers associés à du maraîchage, des animaux, des légumes de plein champ, des champignons... ainsi que des démarches à l'échelle de la parcelle ou de l'exploit.

Les agroforestiers fruitiers (au pluriel !) ont des questions communes :

[Café Agro 2019 - Agroforesterie.pdf](#)



Facebook



Twitter

**Partenaires du projet ALTO**



**Contact****Sylvaine SIMON**

Porteur de projet - INRAE

[sylvaine.simon@inrae.fr](mailto:sylvaine.simon@inrae.fr)

04 75 59 92 00

[ACCUEIL](#) > [DEPHY](#) > CONCEVOIR SON SYSTÈME > SITE INRAE UERI GOTHERON - ALTO

## Site Ctifl Balandran - ALTO

 [PARTAGER](#)

Année de publication 2019 (mis à jour le 15 oct 2025)

### Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Station expérimentale**

Nom de l'ingénieur réseau

**Projet ALTO**

Date d'entrée dans le réseau

**2****Gard** Localisation

### Caractéristiques du site

- Une exploitation de recherches appliquées de **75 hectares** en situation caractéristique des productions Méditerranéennes :
  - 2 ha de serres et abris plastiques avec gestion informatisée, des serres multichapelles plastiques, des tunnels et bitunnels plastiques.
  - 43 ha consacrés aux vergers.
  - 15 ha consacrés aux légumes plein champ.
  - 3 ha en agriculture biologique
- Le site de Balandran comporte plusieurs projets DEPHY EXPE en cours (MIRAD, ECOPECHE)

### Contexte pédoclimatique ▲

Climat	Sol
Méditerranéen	Sol brun caillouteux à accumulation argileuse rouge (fersialitiques plus ou moins lessivés)

### Contexte biotique ▲

Niveaux de pression : Maladies	Niveaux de pression : Ravageurs	Niveaux de pression : Adventices
Graphique à insérer	Graphique à insérer	Graphique à insérer

Compte tenu de la diversité des cultures de nombreuses maladies et ravageurs sont présents avec des intensités variables selon les contextes de parcelles et la gestion qui faite en lien avec les objectifs des expérimentations.

### Contexte socio-économique ▲

Le site opérationnel du Ctifl de Balandran est un site expérimental au service de la filière fruit et légumes qui mène des activités de recherche appliquée en arboriculture fruitière orientées sur les productions du bassin Sud-Est (). Il est situé au coeur des bassins de production de fruits à noyaux de la Costière du Gard et proche des zones de fruits à pépins (Vallée de la Durance, nord Alpilles, plaines de l'Hérault). De part ses travaux et ses échanges avec les professionnels il participe au développement des méthodes alternatives de protection de cultures et plus généralement de production de référence pour la transition agroécologique des exploitations.

### Contexte environnemental ▲

Paysage de Costières avec présence de vignes, vergers et cultures maraichères, entrecoupés de haies brise-vent souvent monospécifiques.



Présence d'un grand plan d'eau à proximité du centre de Balandran (anciennes gravières situées à 1km environ).

## Systèmes testés et dispositif expérimental

### Système Module 1 (- 100 % IFT hors biocontrôle)

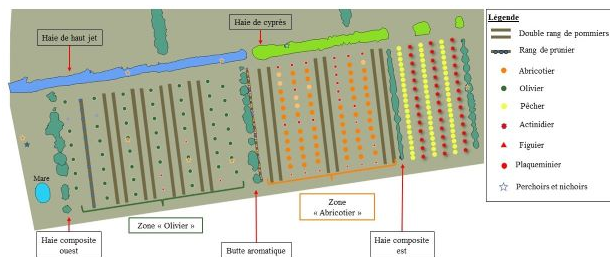
- Années début-fin expérimentation : 2018-2023
- Espèces : Pêche, abricot, olive, pomme, figue, kaki, kiwi, prune
- Années implantation du verger : 2006 à 2019
- Agriculture biologique
- 115 ha de surface totale IAE comprises
- Circuit commercial : Court/long
- Valorisation : Frais/industrie
- Signe de qualité :
- Leviers majeurs :
  - Biodiversité fonctionnelle
  - Produits de biocontrôle
  - ...



### Système Module 2 (- x % IFT)

- Années début-fin expérimentation : en projet
- Espèces :
- Année implantation du verger :
- Agriculture biologique
- 0.40 ha
- Circuit commercial : Court/long
- Valorisation : frais/industrie
- Signe de qualité :
- Leviers majeurs :
  - Levier 1
  - Levier 2
  - ...

### Dispositif expérimental



### Description du dispositif expérimental

Le système module 1 comprend 8 espèces fruitières dont 3 sont à ce jour déjà en production (abricot, pêche, olive). Après suppression de certaines rangées d'arbres existants, 445 pommiers (variétés Opal, Story, Mandy et Garance) ont été installés sous forme de doubles rangs au sein de cet espace. Ils sont complétés par des figuiers, kakis, pruniers Reine-Claude et kiwis. Les choix réalisés reposent sur : un étalement de la production dans le temps, des espèces/variétés rustiques (résistance tavelure pour le pommier), un effet de dilution (écartement des doubles rangs de pommiers de 8 à 20 mètres selon les endroits) et barrière des autres espèces fruitières, la plantation de plantes aromatiques (amélioration de la ressource alimentaire pour auxiliaires ou effets répulsifs). Des engrais verts et bandes fleuries ont été semés et certaines parties du verger, notamment les strates herbacées, seront amenées à évoluer au cours du temps, en fonction notamment d'autres recherches en cours (plantes de service pour un effet répulsif contre les pucerons).

### Suivi expérimental ▲

Indicateurs suivis :

De performances (échelle culture et/ou système) :

- Agronomique : vigueur des arbres (Ø tronc), quantité et qualité commerciale, régularité de production ;
- Economique : chiffre d'affaire théorique, temps de travail, machinisme (temps, fréquence, carburant), faisabilité, cohérence, pic d'activité ;
- Environnementale : IFT global et par culture et cible, quantité eau et fertilisant/amendements ;
- Sociologique : organisation et perception du travail

De pilotage :

- Reliquat azoté (avril/octobre par labo), analyse de rameaux (hiver) ;
- Comptages fruits avant /après éclaircissage ;
- Suivis phytosanitaires, tensiométriques et nitratek ;
- Traçabilité du respect ou pas des règles de décision vis-à-vis des objectifs de pilotage.

D'expérimentation pour valider ou non les hypothèses :

- Biodiversité (la biodiversité augmente au cours du temps en lien avec la diversification végétale ?) : mesure d'abondance et richesse spécifique de nombreux taxons vertébrés et invertébrés tels que les oiseaux, chauves-souris, libellules, insectes auxiliaires, araignées...

- Régulation naturelle (dynamique bioagresseurs, proies sentinelles, dégâts, taux de prédation) mesurée sur plusieurs ravageurs majeurs et secondaires (pucerons, carpocapse, mouches) ;
- Fertilité (statut organique, bioindicateurs sol).

---

#### Aménagements agroécologiques et éléments paysagers ▲

En plus de la diversification des espèces cultivées, la mise en place de haies et autre IAE fut décidé assez tôt sur la parcelle ALTO. Ainsi, une mare attirant aussi bien les arthropodes que la macrofaune est mise en place à l'ouest de la parcelle depuis 1999. Encore à l'ouest de cette mare se trouve un bosquet qui n'appartient pas au Ctifl mais qui participe à la qualité paysagère des alentours d'ALTO. Entre la mare et les oliviers se trouve une zone en friche et une haie composite, plantée en 2006. Le but de cet espace est de maintenir un milieu semi-ouvert faisant la transition entre le bosquet et le verger, avec différentes strates végétales.

Plusieurs haies orientées est/ouest sont implantées au nord de la parcelle. Au nord des oliviers, une haie de haut jet fut plantée il y a 25 ans environ. Elle est constituée de feuillus à haut port, qui fournissent un habitat intéressant pour différentes espèces et aident à briser le vent du nord dominant (mistral). Dans l'axe de cette haie, au nord des abricotiers et des pêchers, se situe une haie de cyprès, classique coupe-vent de la vallée du Rhône.

Des haies orientées nord/sud séparent les différentes cultures. Entre les oliviers et les abricotiers, la haie composite est doublée d'une butte d'herbes aromatiques implantée en 2018 pour tester une stratégie de push/pull. Les haies composites séparant les abricotiers des pêchers, et bordant les pêchers ont été implantés en 2010 avec diverses essences arbustives, telles que le noisetier.

---

#### La parole de l'expérimentateur :

Le verger ALTO au centre Ctifl de Balandran est un verger observatoire au niveau duquel la prise de risque en terme de protection phytosanitaire est très importante. Elle utilise quelques solutions de biocontrôle les moins impactantes possible sur la faune auxiliaire car c'est la biodiversité fonctionnelle, et les services à la production qu'elle apporte, que l'on souhaite avant tout favoriser. De manière générale on est sans cesse à la recherche de compromis car on vise également un niveau de production minimal.

## Productions du site expérimental



[Article ALTO - Info Ctifl - Ricard et al - 2020](#)

### Contact



Jean-Michel RICARD

Pilote d'expérimentation - CTIFL

✉ [jean-michelRicard@ctifl.fr](mailto:jean-michelRicard@ctifl.fr)

[ACCUEIL](#) > [DEPHY](#) > CONCEVOIR SON SYSTÈME > SITE INRAE UERI GOTHERON - ALTO

### Système Module 1 - Ctifl Balandran - ALTO

Fertilité et vie des sols

IAE et lutte biologique par conservation

Régulation biologique et biocontrôle

Variétés et matériel végétal

 [PARTAGER](#)

Année de publication 2019 (mis à jour le 11 juin 2025)

#### Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Agriculture biologique**

Nom de l'ingénieur réseau

**ALTO**

Date d'entrée dans le réseau

**Ctifl Balandran**

**- 100 % IFT hors  
biocontrôle  
(exclusion de  
azadiractine et  
spinosad) et  
Cuivre dose  
réduite**

Objectif de réduction visé

Ricard Alto RF Fruits 15 décembre  
2020.pdf

#### Présentation du système

## Conception du système

## Cadre de contrainte et objectifs :

- 0 IFT hors biocontrôle (avec sélection de produits impactant peu la faune auxiliaire) et Cuivre/soufre à dose réduite (Agriculture Biologique) ;
- Verger Pommier centré, multi-espèces et multi-strates.

## Evolution pas à pas en conservant une partie des oliviers/abricotiers/pêchers déjà producteurs :

- Mobiliser les régulations naturelles et autres services : diversifier l'espace avec plantes de services, de production, diverses Infrastructures Agro-Ecologiques (IAE) ;
- Maximiser l'occupation de l'espace.

Mots clés :

Reconception pas à pas - Diversification - Multi-espèces - Biodiversité - Aménagements agro-écologiques

## Caractéristiques du système

Espèce	Variétés	Porte-greffe	Mode de conduite	Distance de plantation	Année d'implantation	Valor
Pomme	Opal, Story, Mandy, Garance	G202	axe palissé	3,7x1,5	2019	fr
Pêche	Sweet Star	GF 677	double Y	4,5x2,2	2012	fr
Abricot	TomCot		gobelet	6x3,5	2012	fr
Olive	Picholine, Negrette	sans	gobelet	6x6	2006	hu
Kaki	Rojo Brillante		gobelet		2019	fr
Figue	Dottato, Noire de Caromb	sans	gobelet	6x6	2019	fr
Prune	Reine Claude Dorée	myroblan	gobelet	6x4	2019	fr
Kiwi	Hayward	sans	palissage en T	4,5x4	2020	fr

Système d'irrigation : micro-aspersion et goutte à goutte enterré.

Gestion de la fertilisation : apports organiques fractionnés et fertirrigation organique.

Infrastructures agro-écologiques : nombreuses.



## Objectifs ▲

Agronomiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendement : Objectif équivalent à référence Agriculture Biologique (pomme)</li> <li>• Qualité : Objectif équivalent à référence Agriculture Biologique (pomme)</li> </ul>
Environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IFT : 0 IFT chimique et utilisation de produits "biocontrôle" n'impactant pas la faune auxiliaire (pas d'utilisation d'azadiractine et spinosad) ; réduire les doses de c de soufre (30%)</li> </ul>
Maîtrise des bioagresseurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maîtrise des adventices : Travail du sol réduit en surface (système "sandwich" avec ligne de plantation enherbée et travail bilatéral du rang sur 50cm)</li> <li>• Maîtrise des maladies : Variétés résistantes, biocontrôle, modèles</li> <li>• Maîtrise des ravageurs : Lutte bio par conservation, biocontrôle</li> </ul>
Socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marge brute : marge brute visée de 15 k€ à l'échelle du système multi-espèces</li> <li>• Temps de travail : évaluation globale à l'échelle du système et par espèces et répartition dans le temps, objectif : 0,5 à 0,7 ETP</li> </ul>

Le mot de l'expérimentateur

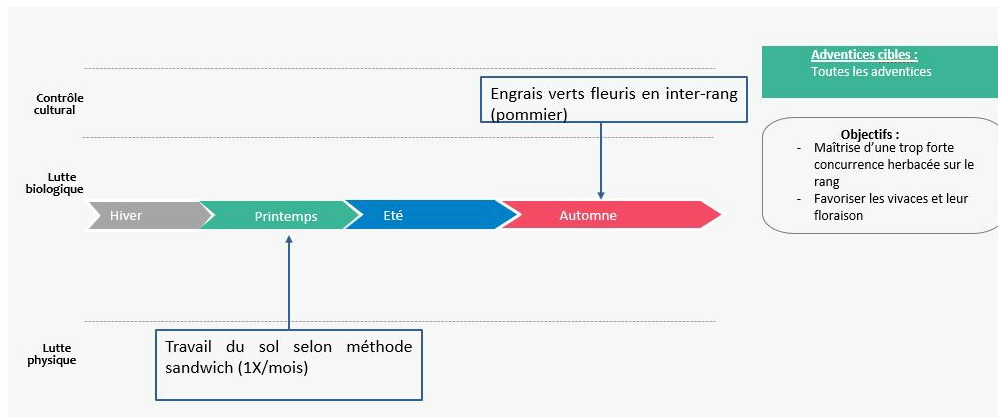
L'objectif a été de transformer un verger existant et d'expérimenter un système diversifié, avec 8 espèces fruitières et conduit à très bas niveaux d'intrants phytosanitaires, en s'appuyant sur l'agriculture biologique par conservation. Il s'agit de favoriser la biodiversité fonctionnelle et la régulation des ravageurs, d'une part grâce à des aménagements variés qui apportent des ressources et des atouts, d'autre part, grâce à des pratiques qui préservent cette biodiversité. Concrètement cela consiste à n'utiliser que des produits de biocontrôle peu dommageables sur la faune, à minimiser le travail du sol, à limiter les floraisons. D'autres leviers sont mobilisés comme le levier génétique avec des variétés de pommier 'résistantes tavelure' ou des pratiques de prophylaxie.

Ce qui nous intéresse c'est de voir quel est la faisabilité technique et économique d'un tel système, d'en cerner les limites et d'évaluer aussi les impacts que cela peut avoir sur le travail du verger.

mentale et de satisfaction.

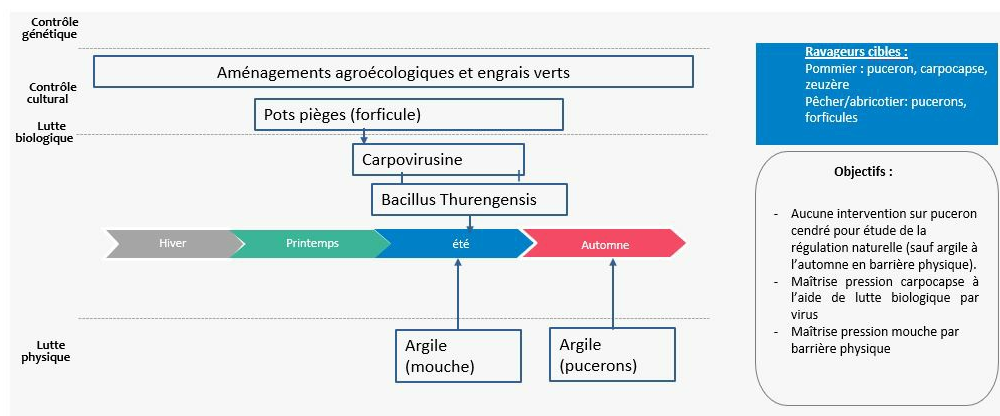
## Stratégies mises en œuvre :

### Gestion des adventices ▲



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Système sandwich	Travail du sol limité de part et d'autre du rang en bandes de 40/50cm de largeur + enherbement permanent du rang (semis 6 espèces peu concurrentes en 2ème feuille pommiers)	Bonne installation au cours du temps de l'achillée millefeuille quelques taches d'adventices peu préoccupante (gestion man)
Enherbement total (rang compris)	Flore spontanée	Sur olivier uniquement
Semis sur le rang d'achillée millefeuille	Semis d'automne, espèce vivace intéressante pour auxiliaires et peu concurrente	Installation progressive - évaluation impact à poursuivre

### Gestion des ravageurs ▲

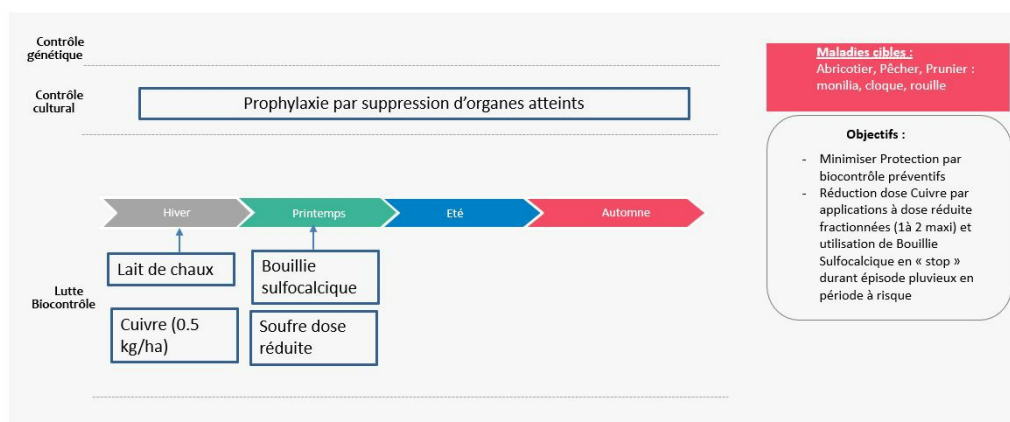
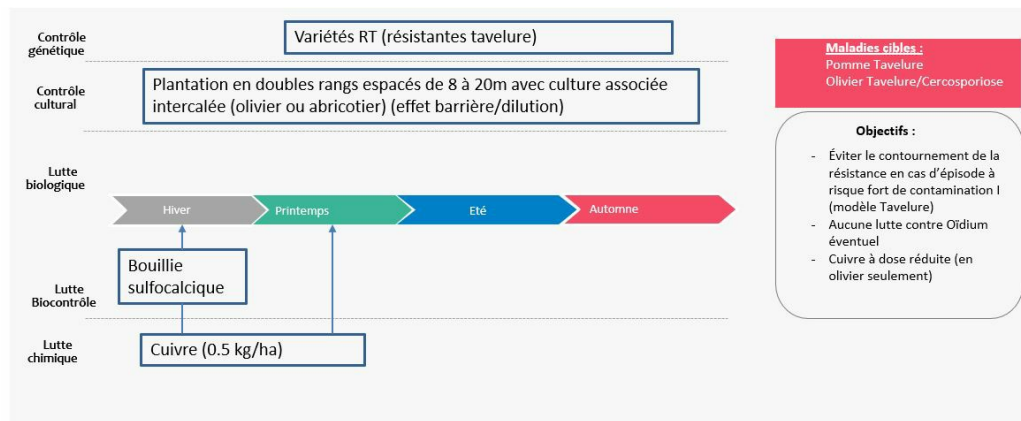


Leviers	Principes d'action	Enseignements
Engrais verts fleuris (inter-rang pommiers)	Favoriser les auxiliaires pour une régulation précoce du puceron cendré par apports de ressources (nectar fleurs) et de proies de substitution (pucerons) à l'aide de semis féverole, radis fourrager, seigle + destruction au Rolofaca fin mai	Forte attractivité syrphes et divers auxiliaires, présence précoce auxiliaires dans foyers puceron (larve de syrphes) + effet mulch en été. Effet isolé de ce levier difficilement évaluable. Régulation puceron très satisfaisante dans une zone de la parcelle seulement.
Aménagements agroécologiques	Habitats et ressources (haies mixtes diversifiées, mare, gîtes et nichoirs, friches, enherbements préservés, plantes arom etc..)	Biodiversité vertébrés et invertébrés très élevée - 20 à 25% de déchets/dégâts globalement
Augmentorium et biocontrôle	Utilisation de bandes pièges sur tronc pour piégeage de larves mises en cage d'émergence in situ + virus de la granulose contre le carpocapse	Présence de quelques larves parasitées mais évaluation impact difficile - pression carpocapse assez importante

Pots pièges forficules	pots 1 litre avec paille et filet permettant le piégeage de forficules en fruits à noyaux. Les pots sont vidés deux fois avant la récolte.	Certains pots avec plusieurs centaines d'individus - la maîtrise de la pression forficule passe aussi par un équilibre des populations d'arthropodes du sol avec un enherbement diversifié et activité biologique
biocontrôle (argile, Bacillus)	utilisation de barrières physiques et lutte biologique	efficacité non directement mesurée même si les pressions mouche olive et pucerons restent tolérables

### Gestion des maladies ▲

Les leviers présentés ci-dessous sont associés à une utilisation de produits de biocontrôle ciblant la protection préventive tels que : lait de chaux, argile, curatio, cuivre et soufre à dose réduite (0,2).  
 Etant donné que le verger comprend plusieurs espèces cultivées deux schémas décisionnels sont présentés en fonctions de maladies cibles regroupées



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Espèces "rustiques"	Choix d'espèces à faible risque phytosanitaire telles que figuier et kaki	Maîtrise de la mouche méditerranéenne difficile sur kaki
Variétés Résistance Tavelure (pommier)	Opal, Story, Mandy, Garance	Pas de contournement de résistance, à coupler avec intervention à l'aide de primaire avec risque majeur
Agencement spatial - effet de dilution	Pommiers plantés en double rangs espacés de 8 à 20m limitant la diffusion des spores de tavelure	Effet non mesurable à ce jour
Produits de biocontrôle	Substitution à la lutte chimique le plus souvent en préventif ou barrière physique	Nécessité de positionnement anticipé

### Maîtrise des bioagresseurs

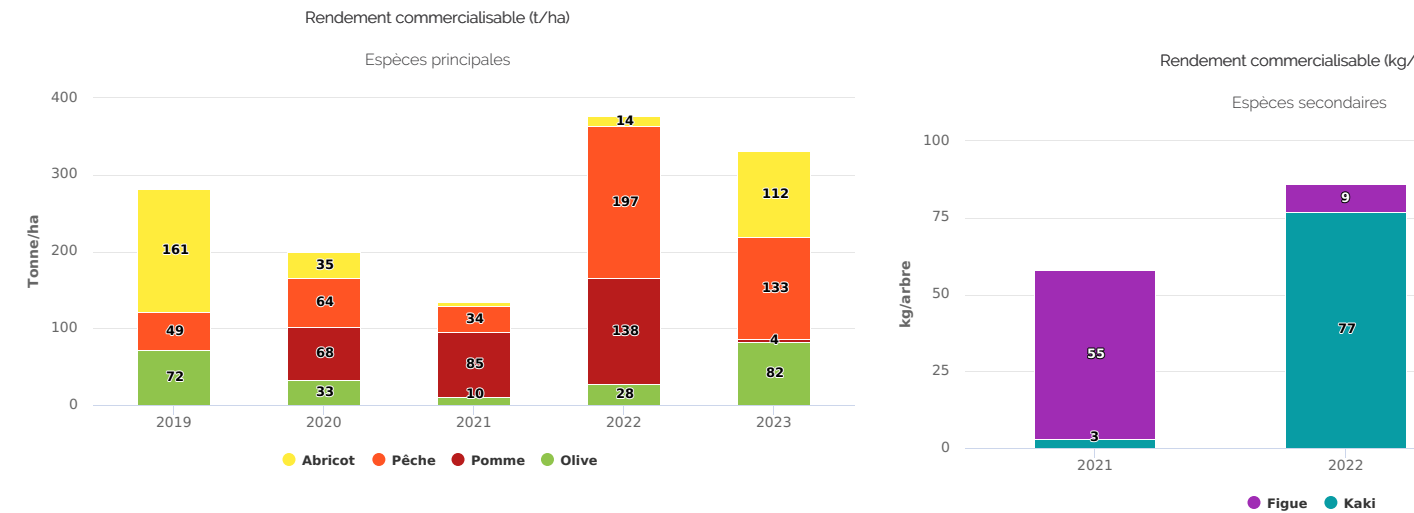
Espèces	Bioagresseurs	2019	2020	2021	2
Abricot	ECA (psylle)				
	Monilia fleur				
	Forficule				
Pêche	Cloque				
	Monilia fruit				
	Puceron vert				
	Puceron farineux				
	Forficule				
Prune	Rouille				
Pomme	Puceron cendré				
	Carpocapse				
	Zeuzère/Hoplocampe				
Olive	Mouche				
	Teigne				
	Oeil de paon				
	Cercopsoriose				
Kaki	Cératite				

Légende: vert : moins de 25 % d'organes atteints - jaune : de 25 à 50% organes atteints - rouge : plus de 50% d'organes atteints - gris : pas d'observation sujet juvénile

Le niveau de maîtrise des ravageurs conduit à un niveau de déchets (déchets verger + déchets station) de l'ordre de 20 à 25% sur toutes les espèces, sauf en olive où toute la production est valorisée. On peut noter une forte variabilité spatiale des dégâts de bioagresseurs, souvent difficile à expliquer. Le puceron cendré par exemple est bien régulé dans l'association pommier/olivier et mal régulé sur les abricotiers. Plusieurs hypothèses en cours de vérification permettent de l'expliquer, dont notamment la présence de fourmis qui interagissent avec les pucerons en les protégeant de l'action des auxiliaires et le gradient de niveau de dégâts sur fruits, croissant de l'est vers l'ouest de la parcelle (zone à proximité d'un bois).

Performances du système

Performance agronomique

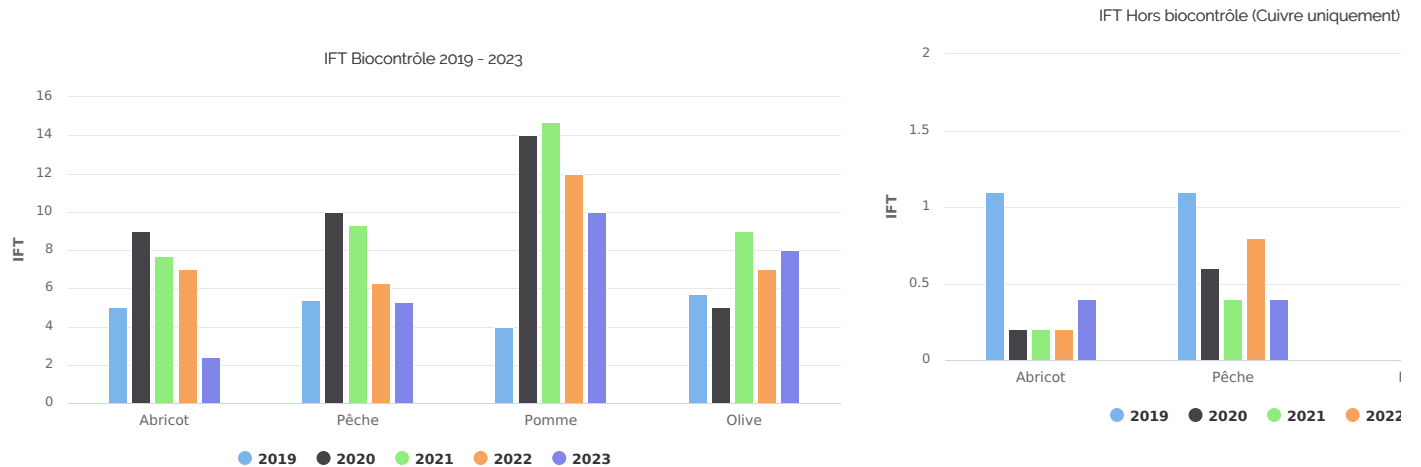


Les rendements commercialisables sont exprimés en tonne par hectare de surface théorique équivalente pour les espèces principales et en kg par arbre pour les espèces minoritaires dont le nombre d'arbres par hectare est connu. Les pommiers (1ère feuille en 2019) sont entrés en production rapidement bien que l'année 2023 marque un replis du fait d'un mauvais retour à fleurs et d'un problème d'affaiblissement dû à des gelées tardives. Les abricotiers, déjà en production, montrent une certaine irrégularité due à l'alternance (olivier) et des dégâts de gel en 2020 et 2021 (fruits à noyau), combinés en pêcher à un impact important des



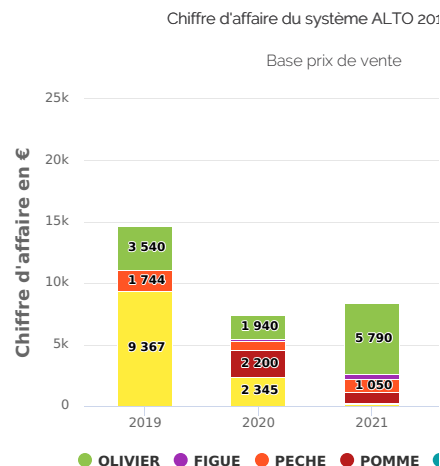
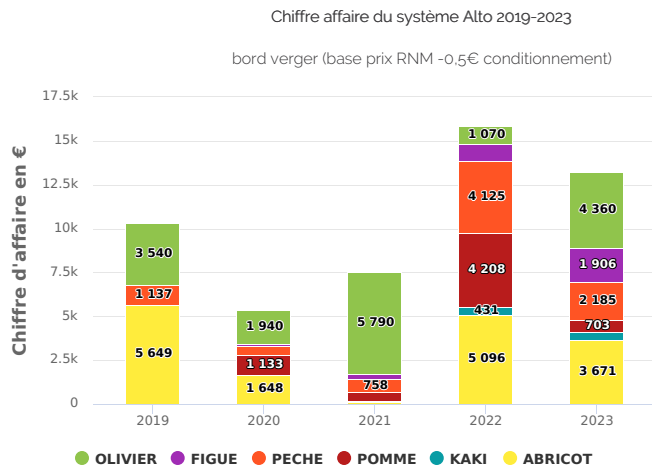
les autres espèces telles que figuiers et plaqueminières, la production monte en puissance. Toutes espèces confondues, le taux de déchets (verger et station) est de l'ordre de 25% de la production commerciale pour la pomme, la part d'industrie est de 19% en 2022.

#### Performance environnementale



La protection phytosanitaire est constituée de produits de biocontrôle à faible impact vis-à-vis de la faune auxiliaire tels que : confusion sexuelle, argile, virus de la granulose, soufre) et exclue cuivre (IFT hors biocontrôle) est utilisé à faibles doses (0.5 kg de cuivre métal par application) essentiellement pour la gestion des maladies les plus problématiques (maladies olivier). Ces IFT réduction est de 45% en abricotier à 60% en pommier par rapport aux références Agreste 2021.

#### Performance économique



Les niveaux de production sont parfois faible et irrégulier, en lien avec des événements climatiques et certains bio-agresseurs. La diversité des espèces permet toutefois d'assurer une production. Cependant, les niveaux de dégâts restent 'raisonnables' en regard de la protection réalisée même s'ils sont élevés par rapport à un objectif commercial.

Une simulation économique a été réalisée. Le chiffre d'affaire du système a été calculé avec 2 scénarios. Selon une base "bord verger" circuit long en utilisant les cours d'expédition RNM en agriculture conditionnement (0,5€ /kg) et selon une base "vente directe" en utilisant des prix de vente directe. Les coûts de main d'œuvre s'élèvent en moyenne à 15000€ / an. Ces résultats indiquent que la vente directe est un des moyens d'assurer une marge brute positive - hors année de gel - alors que cette marge est nulle ou négative en circuits longs.

## Evaluation multicritère

Dimension évaluée	Indicateurs utilisés	Niveau de satisfaction par rapport aux objectifs	Commentaire
Biodiversité	Diversité botanique (plantes en fleurs) et diversité faunistique des vertébrés et invertébrés (arthropodes)		Le verger est déjà enrichi en biodiversité (oiseaux, insectes, etc.) et la gestion des cultures favorise la diversité des habitats et des espèces.
Service de régulation des bio-agresseurs	Taux de prédation, suivi de dynamique de populations (puceron), niveau de dégâts sur organes végétaux (feuilles, fruits, fleurs) selon biologie de développement		Niveau observé : problème de régulation des bio-agresseurs, notamment le puceron, nécessitant des interventions.
Utilisation des pesticides	IFT de biocontrôle et hors biocontrôle (cuivre seul) par espèces cultivées		Le type de culture (pommiers) et la gestion des cultures favorisent la biodiversité et la régulation des bio-agresseurs.
Utilisation d'intrants de fertilisation	quantité de fertilisants		pas d'usage d'intrants de fertilisation, la gestion des cultures favorise la fertilité du sol.
Utilisation d'intrants d'irrigation	quantité d'eau		pas d'usage d'intrants d'irrigation, la gestion des cultures favorise la régulation de l'humidité du sol.
Consommation d'énergie	temps de machinisme, fréquence de passages		la réduction du temps de machinisme et la fréquence de passages favorisent la biodiversité et la régulation des bio-agresseurs.
Production et qualité de la production	rendement par espèces et catégories commerciales (calibre), conservation		Variabilité de la production, notamment en fonction des conditions climatiques et de la gestion des cultures.
Charge de travail	temps de travail et répartition annuelle		Travail élevé, notamment en fonction des conditions climatiques et de la gestion des cultures.
Nature du travail	nombre d'espèces cultivées; nombre de passages par opération, temps d'observation et de pilotage		Pilotage de la production, notamment en fonction des conditions climatiques et de la gestion des cultures.

Pas de référentiel pour ce type de verger (cf résultat site INRAE Gotheron)

#### Zoom sur la régulation du puceron cendré du pommier par renforcement de la biodiversité ▲

La diversification des cultures et l'introduction de biodiversité dans l'agroécosystème sont un moyen de renforcer les services écosystémiques, en particulier la régulation des bio-agresseurs. La diversification favorisée dans le système grâce aux différentes infrastructures (haies, enherbements préservés, zones en friche...) et au semis d'engrais verts fleuris en inter-rang à côté des pommiers visant à réguler le puceron cendré du pommier.

La régulation de ce ravageur a été évaluée par des suivis de la dynamique de population à deux échelles (rameaux et arbres entiers) et des suivis de l'abondance et de la diversité des auxiliaires.

Un effet spatial est noté avec une infestation moindre dans la zone où les pommiers sont interplantés d'oliviers, proche d'une zone de biodiversité, par rapport à la zone où les pommiers sont insérés dans le rang. Les principaux auxiliaires au pic d'infestation du puceron sont les coccinelles et les punaises prédatrices, et la dynamique temporelle atteste d'une relation proie-dépenseur dans la parcelle pommiers-abricotiers qui est la plus infestée par le puceron cendré. Ces fourmis interagissent fortement avec les pucerons en les protégeant des prédateurs.

La diversité des ressources et des habitats s'accompagne d'une abondance et d'une diversité d'auxiliaires, et de taux de prédation élevés. La régulation de ravageurs tels que les pucerons semble plus sensible.

**Transfert en exploitations agricoles ▲**

A ce stade des travaux, avec un verger encore jeune qui nécessite un recul pluriannuel, le transfert en l'état d'un tel système vers la profession est prématurée. En agroécologie la conception de l'adaptation de techniques et de pratiques en fonction des contraintes et des spécificités locales. Dans ce système par exemple, l'utilisation de la technique sandwich d'entretien des arbres avec un rang (non fauchées) a montré l'intérêt de cette pratique pour réduire le travail du sol. Cette technique pourrait être davantage utilisée. L'utilisation d'engrais verts fleuris en inter-rang a aussi des avantages auxiliaires de cultures au moment du développement du puceron cendré. Cette technique, qui demande de la vigilance vis-à-vis du risque campagnol, nécessiterait des travaux complémentaires.

**Pistes d'amélioration, enseignements et perspectives**

Les nouveaux systèmes expérimentés dans le projet Alto questionnent les pratiques, le travail et son organisation, ainsi que la valorisation commerciale de fruits divers, produits en plus petites quantités. Les prototypes expérimentaux ne sont pas à transposer en l'état : ce sont les principes de conception et la démarche, à savoir les fonctions attendues, les caractéristiques de plantes pouvant les remplir, qui sont appropriables pour construire d'autres systèmes 'sur mesure' en fonction du contexte local et des objectifs identifiés.

**Galerie photos**

[Pommiers et leur inter-rang fleuri  
au sein des oliviers \(avril 2020\)](#)

**Contact**

**Jean-Michel RICARD**

Pilote d'expérimentation - CTIFL

✉ [jean-michel.ricard@ctifl.fr](mailto:jean-michel.ricard@ctifl.fr)

## Productions associées à ce système de culture



### Système Module 1 - INRAE UERI Gotheron - ALTO

Conduite de la vigne et du verger

Gestion paysagère

AE et lutte biologique par conservation

Mélanges variétaux

Mesures prophylactiques

Régulation biologique et biocontrôle

Variétés et maté

PARTAGER

Année de publication 2019 (mis à jour le 04 oct 2024)

#### Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Agriculture biologique**

Nom de l'ingénieur réseau

**ALTO**

Date d'entrée dans le réseau

**INRAE UERI Gotheron****-100% IFT total**

Objectif de réduction vise

## Présentation du système

### Conception du système

Le dispositif 'Module 1' a été réalisé en co-conception en 2016-2017. La démarche a mobilisé un ensemble d'acteurs du territoire et de la filière : agriculteurs, animateurs de collectifs agricoles, conseillers, formateurs, expérimentateurs, chercheurs, naturalistes... L'idée a été de partir d'une feuille blanche pour repenser l'espace de production de fruits, avec l'objectif de produire en mobilisant les services écosystémiques plutôt que des intrants. Cette conception agroécologique s'est appuyée sur la diversité des espèces, des variétés, des plantes associées et leur agencement dans le temps et dans l'espace, ainsi que la création d'habitats, pour rendre l'espace de production de fruits très défavorable aux bio-agresseurs et *a contrario* très favorable à leurs ennemis naturels. Les choix de plantation finaux sont issus de connaissances de nature et d'origine diverses, et de compromis co-construits entre dimensions écologiques, agronomiques (dont partage des ressources entre plantes) et opérationnelles (ex. organisation du travail).

#### Mots clés :

Arboriculture - Reconception - Biodiversité - Agroécologie - Zéro-phyto

### Caractéristiques du système

Espèce	Variétés	Porte-greffe	Mode de conduite	Distance de plantation	Année d'implantation	Valorisation	Circuit commercial
Pommier	Akane	M106	Forme libre	4 m x 6 m	2018	Frais/ transformation	Court
	Florina				2019		
	Ecolette						
	Reinette Capucins						
	HoneyCrisp	Pajam2			2018		
	Reine des Reinettes	M106					

	Juliet	Franc					
	Garance	M7					
Pêcher	Bénédictine	Montclar	Gobelet	4 m x 6 m	2018	Frais/ transformation	Court
	Maria Bianca	GF677					
Abricotier	Vertige	Montclar	Gobelet	4 m x 6 m	2018	Frais/ transformation	Court
	Malice						
Prunier	Reine-Claude dorée	Mirobolan	Gobelet	4 m x 6 m	2018	Frais/ transformation	Court
	Reine-Claude de Bavay						
Petits Fruits, fruits à coque, divers	Framboise, cassis, groseille, amande, châtaigne, noisette, figue, grenade, kaki...	Selon l'espèce	Selon l'espèce	Variable	2018	Frais/ transformation	Court

**Système d'irrigation :** Asperseurs, irrigation en plein sauf petits fruits (goutte à goutte)

**Gestion de la fertilisation :** Un apport annuel de compost de ferme jeune, épandu en plein (apport d'environ 4t/ha au printemps) ; luzerne de l'inter-rang broyée déportée sur le rang (jusqu'en 2021) puis laissée sur place

**Infrastructures agro-écologiques :** Mare, haies composites, plantes de service (dont aromatiques), pierriers, tas de branches, nichoirs, perchoirs et gîtes à chauve-souris



#### Objectifs ▲

Agronomiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendement : Être proche de la moyenne des rendements régionaux en AB</li> <li>Qualité : Minimiser la proportion de fruits non valorisés en frais</li> </ul>
Environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>IFT : Aucun traitement (0 IFT, 0 IFT biocontrôle)</li> </ul>
Maîtrise des bioagresseurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maîtrise des adventices : Peu/pas d'impact sur la vigueur des arbres</li> <li>Maîtrise des maladies : Minimiser l'inoculum de la parcelle d'une année sur l'autre</li> <li>Maîtrise des ravageurs : Minimiser les populations de ravageurs de la parcelle ; maximiser la prédation</li> </ul> <p>Le niveau de dégâts des bio-agresseurs est un résultat de l'expérimentation dans un cadre en rupture : dans quelle mesure peut-on produire des fruits sans pesticides en maximisant les biorégulations ?</p>
Socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marge brute : La marge brute est un résultat de l'expérimentation dans un cadre en rupture. NB : la diversification s'accompagne d'une plus grande résilience financière (car résilience vis-à-vis des aléas, dont aléas climatiques)</li> <li>Temps de travail : Éviter les pics d'activités et répartir la charge de travail tout au long de l'année ; temps inférieur ou égal à la moyenne en verger AB</li> </ul>

#### Le mot de l'expérimentateur

Ce système est exploratoire et complexe car il s'appuie sur l'association de plantes pour produire, en utilisant uniquement du compost de ferme et de l'eau comme intrants. Il est porté par

toute une équipe et un collectif de partenaires. En ce sens, il a été riche en interactions, lors de sa conception, de son pilotage, de son évaluation, et également lors de toutes les visites et temps d'échanges autour des questions posées par la diversification du verger (dont les Cafés Agro). Je souhaite remercier tout particulièrement les collègues et participantes à cette démarche, qui ont permis de transformer une idée en un dispositif opérationnel, qui intègre et produit des connaissances pour repenser l'espace de production de fruits.

Ce verger très diversifié est jeune, et il n'est pas possible d'extrapoler les résultats des premières années, d'autant que les régulations biologiques mettent du temps à se mettre en place (ex. il faut plusieurs années pour qu'une haie pousse). Les premiers suivis attestent d'une bonne implantation des arbres (hors ECA sur abricotiers) et d'un enrichissement de la biodiversité fonctionnelle, avec des taux de prédation et parasitisme élevés, et la régulation des pucerons. Il reste à évaluer dans la durée le contrôle d'autres ravageurs (ex. tordeuses, punaises, mouches), ainsi que les niveaux des productions, faibles à moyens selon les espèces, et fortement impactés par les aléas climatiques ces dernières années (neige précoce, grêle, deux épisodes de gel tardifs, stress thermiques).

Pour finir, ce dispositif n'est pas un modèle à transposer en l'état en tant que verger commercial : il est à considérer comme un support de preuve de concept, comme un incubateur d'idées et de connaissances, et comme un lieu de partage d'expériences pour approprier la démarche dans d'autres contextes et avec d'autres objectifs. Sa résilience à long terme reste à évaluer mais il constitue déjà un espace qui contribue à réconcilier production et conservation de la biodiversité. A suivre !

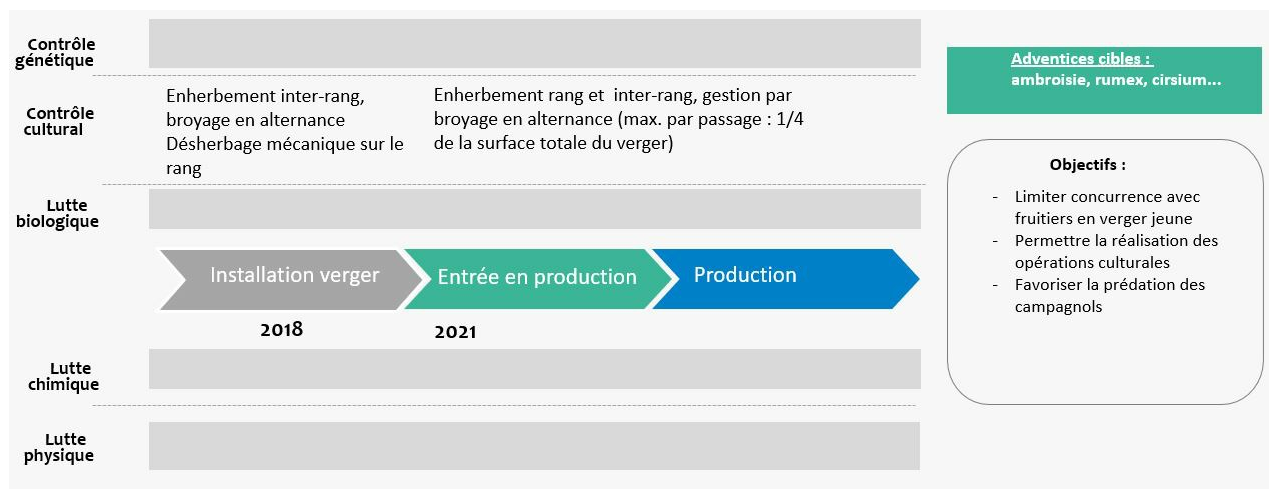
S. Simon

## Stratégies mises en œuvre :

Dans ce verger 0 phyto, les stratégies mises en œuvre sont principalement préventives : choix d'un matériel végétal peu sensible aux bio-agresseurs, mesures pour favoriser les auxiliaires dans leur diversité, prophylaxie, et agencement spatial visant à limiter l'installation et la dispersion des ravageurs et maladies dans le verger...

### Gestion des adventices ▲

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des adventices.



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Désherbage mécanique sur le rang (début de vie du verger)	Utilisé de la plantation (2018) jusqu'au printemps 2021, pour limiter la concurrence du couvert avec les fruitiers.	Pratique équivalente à celle d'un verger en désherbage mécanique, avec tolérance d'herbe pour limiter le nombre de passages. Permet de limiter la présence des campagnols près des fruitiers.
Enherbement inter-rang	Verger implanté dans une luzernière après destruction de la luzerne sur les rangs de plantation. Couvert en évolution spontanée à partir de cette luzernière. Entretien par broyage alterné 1 rang sur 2 soit au maximum 25% de la surface broyée par passage. Passages motivés par les opérations culturales, pour favoriser la prédation du campagnol sur pommiers (automne), et pour fertiliser (la luzerne est utilisée comme amendement sur place).	<p>Demande de la vigilance par rapport au campagnol (piégeage si traces d'activité en augmentation à proximité des pommiers).</p> <p>Des compromis sont parfois à faire entre maintien du couvert pour la biodiversité et besoins pour les opérations culturales ou la gestion du campagnol.</p>
Enherbement du rang (à partir de 4e feuille)	Couvert spontané, géré par broyage déporté et/ou débroussailluse autour des troncs et des asperseurs. Mêmes principes de gestion que pour l'inter-rang.	Demande de la vigilance par rapport au campagnol (piégeage si traces d'activité en augmentation à proximité des pommiers).

### Gestion des ravageurs ▲

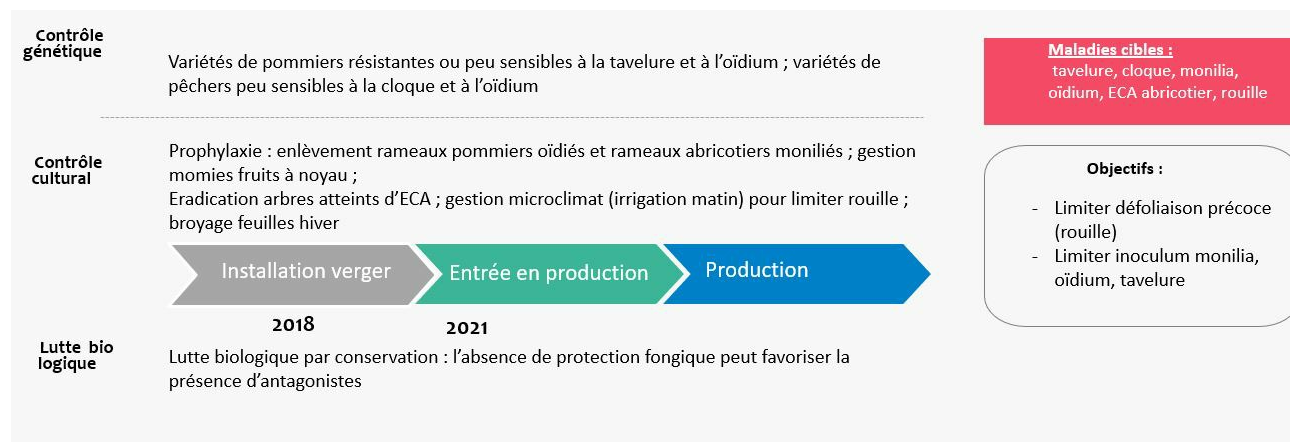
Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs.



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Contrôle génétique	-Utilisation de variétés de pommiers peu à moyennement sensibles au puceron cendré pour limiter les infestations. -Utilisation d'une variété de pommiers précoce pour limiter les populations de carpocapse (évitement). -Utilisation de porte-greffes forts pour avoir des arbres les plus autonomes possible et permettre de récupérer après un stress biotique ou abiotique.	Le puceron cendré a été présent en phase juvénile du verger, ainsi que le puceron vert du pommier Aphis spp. : pas d'infestation en 2022-2023 (quelques foyers, pas de progression de l'infestation). Un différentiel de sensibilité au puceron cendré a été observé au sein de cet ensemble de variétés peu sensibles. + Cf infra levier Lutte biologique en lien avec l'agencement spatial Vigueur à gérer sur le prunier.
Contrôle cultural	Fertilisation modérée et pas de pic de minéralisation.	Le type de fertilisation utilisé (compost de ferme jeune à faible dose ~4t/ha) en fin d'hiver et l'utilisation de légumineuses ont permis une bonne installation des arbres.
Lutte biologique par conservation	Habitats et ressources (fleurs et proies alternatives) tout au long de la saison. Augmentorium carpocapse (prototypes) -cf piégeage massif	Taux de prédation et de parasitisme élevés. Présence mais pas de dégâts de pucerons depuis plantation pour les fruits à noyau, et depuis 2 ans (après phase juvénile) pour les pommiers. NB : présence mais faible niveau d'infestation de tordeuse orientale/anarsia sur pêchers (pousses, fruits).
Lutte biologique : effets piège et barrière-dilution	Agencement spatial : -Installer des variétés pièges en bord de parcelle. -Alternance des espèces entre rangs (cercles) pour limiter les infestations.	La variété Florina installée dans le cercle de pommiers extérieur se comporte comme une variété piège : le puceron cendré s'y installe et s'y reproduit à son vol de retour à l'automne mais ne se développe pas au printemps du fait de la résistance de cette variété. La variété constitue donc une 'impasse' pour ce ravageur. Les rangs de pommiers intérieurs tendent à être moins infestés que les rangs extérieurs en 2021 (faibles niveaux d'infestation en 2022, 2023 ne permettant pas d'analyser). L'analyse pluri-annuelle reste à réaliser.
Lutte physique : piégeages	Piégeage mécanique des campagnols. Piégeage massif carpocapse entre générations : entre G1 et G2, au cours G2-G3 puis sur populations diapausantes à l'automne (~5 sessions annuelles selon températures et développement carpocapse). Utilisation d'augmentoriums : on ne détruit pas les auxiliaires en même temps que les ravageurs. Piégeage massif des forficules dans les 15 jours précédant la récolte pour limiter dégâts sur fruits et développement monilia.	Piégeage campagnol organisé selon les traces d'activités à proximité des pommiers. Utilisation de modèle de développement du carpocapse pour limiter le nombre de sessions. Les bandes relevées (et les pommes piquées) sont mises dans des augmentoriums 'container' avec face grillagée avec une maille qui empêche les carpocapses de sortir mais permet aux parasitoïdes et aux petits auxiliaires d'émerger. Il s'agit de prototypes (un pour les bandes pièges, un pour les pommes piquées et fonds de cueille), dont l'efficacité est à mesurer plus précisément. Utilisation de carton ondulé dans un tube PVC fixé sur le tronc pour rapidité de récolte des forficules, passage 2 fois par semaine. Les forficules sont relâchés dans la haie de bordure. Dégâts en baisse en 2023 (par rapport à 2022) après mise en place piégeage : ~10-100 forficules récoltés par arbre et par passage (mais dispositif ne permettant pas de suivi de l'efficacité par rapport aux dégâts sur fruits).



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des maladies.



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Contrôle génétique	Utilisation de variétés peu à moyennement sensibles à un ensemble de maladies.	Pas de tavelure détectée dans la parcelle (variétés peu sensibles et résistantes). Faible présence d'oïdium (pommiers, pêchers). Présence de cloque faible à moyennement élevée selon les années mais les arbres ont ensuite la capacité à repousser (symptômes difficilement visibles dès juin). En question : son impact sur le rendement ?
Contrôle cultural	Broyage de la litière foliaire pour limiter la tavelure (pommier), et potentiellement la rouille (pruniers).	Broyage de litière réalisé avec le broyage des bois de taille en hiver. NB : l'alternance d'espèces entre rangs limite la dispersion de l'inoculum dans la parcelle.
Contrôle cultural	Enlèvement des rameaux oidiés (oïdium primaire, pommier), des rameaux moniliés après fleur sur abricotiers, et des momies sur fruits à noyaux.	Réalisé lors de la taille hivernale, sauf passage spécifique pour abricotiers. Niveau d'infection sur rameaux faible et ne progressant pas d'une année sur l'autre.
Contrôle cultural	Gestion du microclimat : arrosages les matins pour ne pas avoir d'humidité sur le feuillage sur des périodes prolongées.	L'arrosage de nuit (pour faciliter les 'tours d'eau') sur pruniers s'est accompagné d'un important développement de rouille. L'arrosage est dorénavant en journée.
Lutte biologique par conservation	L'absence de protection fongique peut favoriser la présence d'antagonistes.	Il serait intéressant à évaluer (microbiote) mais non réalisé dans le cadre du projet.

## Maitrise des bioagresseurs

Niveau de maîtrise de bioagresseurs par rapport aux objectifs fixés (vert-satisfaisant; jaune-moyennement satisfaisant; rouge-non satisfaisant; gris-sans objet). Plantation 2018.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>POMMIER</b>						
Puceron cendré						
Puceron vert pommier						
Carpocapse	pas de fruits	pas de fruits				
Punaises	pas de fruits	pas de fruits				
Tavelure pommier						
Oïdium pommier						
<b>PECHER</b>						
Pucerons						

Tordeuse orientale						
Cloque						
Monilia fruits	pas de fruits	pas de fruits	pas de fruits	pas de fruits (gel)	peu de fruits (gel)	
Cicadelle verte						
<b>ABRICOTIER</b>						
Pucerons						
Forficules	pas de fruits	pas de fruits	peu de fruits	peu de fruits		
Anarsia						
Monilia fleur						
Rouille						
ECA						
<b>PRUNIER</b>						
Pucerons						
Tordeuse/carpo prune	pas de fruits	pas de fruits	pas de fruits	pas de fruits		
Rouille						
<b>PETITS FRUITS</b>						
<i>D. suzukii</i> framboise						
<i>D. suzukii</i> groseilles, cassis						
<b>FIGUIER</b>						
Bioagresseurs figuier						
<b>AMANDIER</b>						
Eurytoma						
Autres bioagresseurs amandier						
<b>TOUS FRUITIERS</b>						
Cicadelle bubale						
Campagnols						

Le niveau de dégâts dus aux bioagresseurs varie selon les espèces fruitières et les années. Globalement :

-La présence de luzerne a probablement favorisé les populations de campagnols qui demandent un complément de piégeage à des périodes clés (hiver). Les pommiers sont toutefois la seule espèce à risque, et le total de pertes d'arbres dues au campagnol est de 2 arbres sur les 6 ans. La situation est donc globalement correcte même si une vigilance est requise.

-De même, la luzerne a favorisé la présence de cicadelle bubale en tant que Fabacée hôte, avec d'importantes cicatrices sur bois en verger jeune dues à ce ravageur. La disparition progressive de la luzerne et la croissance des arbres font que cet impact est maintenant très faible.

-Sur petits fruits, *Drosophila suzukii* affecte principalement les framboises, qui sont fortement infestées en fin de période de récolte (NB : framboisiers non remontants).

-Sur pruniers, l'attaque de rouille en 2020 est principalement liée à une aspersion de nuit (il n'est pas possible de tout arroser dans la journée). La modification de la pratique avec arrosage en début de journée a permis de limiter très fortement la maladie.

-Sur abricotiers, l'ECA est à l'origine de mortalité des arbres (en moyenne 5% des arbres par an) et constitue un verrou majeur pour cette espèce fruitière.

-Sur pêchers, l'attaque de cloque peut être importante certaines années (variétés très peu sensibles mais absence de toute protection). Les arbres ont ensuite la capacité de refaire de la pousse mais cette maladie limite peut-être la production qui n'atteint pas son potentiel.

-Les monilioses occasionnent quelques dessèchements de rameaux sur abricotiers, sans affecter le rendement. Peu/pas de recul sur pêches (monilia sur fruits) avec une seule année de récolte.

-Aucun symptôme de tavelure n'a pour l'instant été détecté sur pommier dans le verger. L'oïdium reste anecdotique.

-Les tordeuses sont présentes sur fruits à noyau mais restent à des niveaux très faibles (tordeuse orientale, anarsia, carpocapse des prunes). Le carpocapse du pommier est présent à des niveaux élevés (20% en moyenne) mais qui restent pour l'instant stables, et sont à mettre en regard de niveaux d'infestation pouvant atteindre 80-100% en l'absence de protection : ce résultat est à confirmer dans la durée.

- La présence d'hoplocampes a été relevée sur pommiers et pruniers mais à des niveaux faibles voire anecdotiques.
  - Les forficules ont occasionné des dégâts en fin de période de récolte en 2022. La prophylaxie semble les limiter en 2023.
  - La cicadelle verte occasionne sur pêcher des symptômes pouvant affecter l'ensemble de la frondaison en septembre.
  - Les punaises sont un ravageur émergent et préoccupant, qui a fortement affecté les dernières variétés de pommes récoltées. Les dégâts de punaises sont plus importants que ceux dus au carpocapse pour ces variétés.
  - Après la phase juvénile en pommier, les pucerons n'occasionnent pas de dégâts en 2022-2023, et sont très rapidement régulés sur tous les fruits à noyau.
- L'ensemble de ces résultats est à confirmer dans la durée, pour différentes années climatiques et également en regard de la mise en place progressive (ou non) de processus de régulation.

### **Performances du système : résultats 2023, à consolider en pluri-annuel (culture pérenne)**

### Performance environnementale et utilisation des pesticides

L'IFT total et l'IFT de biocontrôle sont égaux à 0 dans ce dispositif exploratoire '0 phyto'.

Comme indiqué précédemment, le renforcement du service de régulation des ravageurs est effectif, et l'espace de production contribue au maintien de biodiversité fonctionnelle mais également commune via la présence de ressources et d'habitats, et des pratiques peu impactantes.

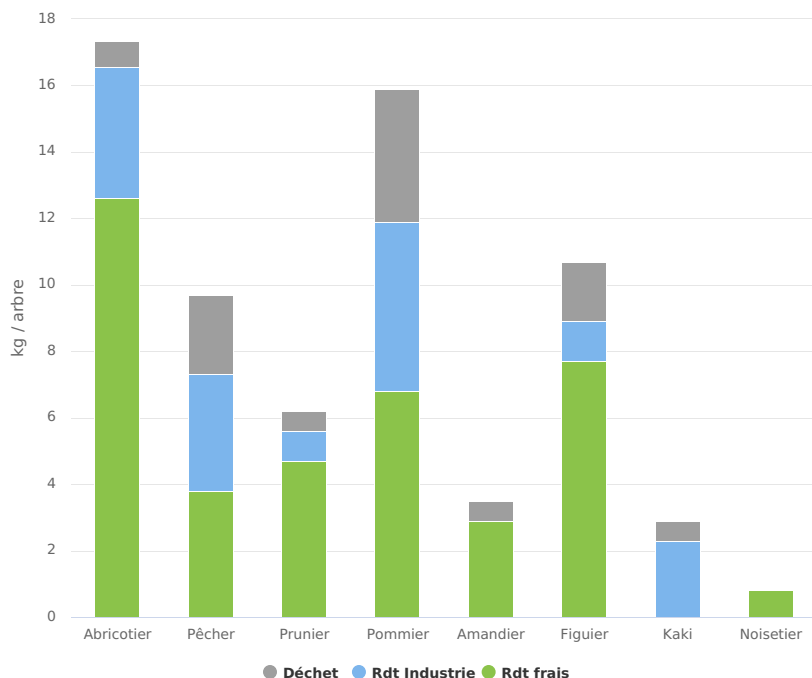
L'impact environnemental est faible du fait de l'utilisation très faible d'intrants (eau, compost de ferme en valorisation du sous-produit d'un élevage voisin), du peu de mécanisation (broyage herbe, désherbage mécanique sur le rang les premières années), de la combinaison d'opérations (broyage combiné bois de taille et destruction litière foliaire) et de l'utilisation de petits engins (quad électrique) pour limiter le tassement du sol.

En analyse globale (travaux en cours), seule l'utilisation de foncier est un critère noté peu favorable (verger 'extensif') en regard de la production. Ceci illustre toutefois l'absence de référentiel pour évaluer l'ensemble des services écosystémiques soutenus par de tels espaces de production au delà de la production.

### Performance agronomique

#### Rendement moyen par arbre 2023

Données 2023 (gel années précédentes), présentées en kg / arbre du fait de l'hyperdiversification du verger



Les gels de 2021 et 2022 ont fortement perturbé l'entrée en production du dispositif, après des épisodes de neige précoce (novembre 2019) et de grêle massive (juin 2019) ayant affecté l'installation des arbres. Un stress thermique a affecté la production de raisin de table fin août 2023.

L'entrée en production a été échelonnée depuis la production de petits fruits (maintenant en baisse, notamment pour les framboisiers qui sont en fin de vie), les amandiers et les figuiers (2e ou 3e année), jusqu'aux pommiers et fruits à noyau (4e à 6e année selon gel). Les rendements 2023 sont faibles à moyens (*cf figure*) même si les dégâts sur fruits restent modérés en l'absence de toute protection phytosanitaire (ex. 25% de déchets sur pommiers, espèce la plus impactée).

Ce dispositif met à nouveau en évidence l'absence de référentiel et de méthode pour évaluer les performances de systèmes diversifiés multi-production.

Tous ces résultats sont bien sûr à confirmer dans le temps (culture pérenne) et également parce que les régulations visées peuvent mettre du temps à s'installer (une haie met plus de 10 ans à s'installer), et que diverses perturbations (climat, nouveaux bioagresseurs) peuvent retarder l'acquisition de données ou demander de modifier des aménagements ou des pratiques.

### Evaluation multicritère

Evaluation multicritère : vert = satisfaisant ; jaune = à améliorer ; rouge = pas du tout satisfaisant

Dimension évaluée	Type d'indicateurs utilisés	Niveau de satisfaction par rapport aux objectifs	Commentaires
Biodiversité	Diversité botanique et diversité d'arthropodes		D'autres groupes sont suivis (oiseaux, chauve-souris, Mammifères) mais le milieu est jeune et l'échelle de suivi plus large que le verger.
Service de régulation des bio-agresseurs	Taux de prédation, taux de parasitisme		Taux élevés dès les premières années.
Utilisation des pesticides	IFT		IFT=0 (et 0 biocontrôle). Cette non-utilisation fait partie du cadre de travail fixé: c'est un prérequis, ce n'est pas un résultat.
Utilisation d'intrants de fertilisation	Quantités de fertilisants		Pas d'apport exogène de fertilisants (hors compost de ferme fabriqué sur site).
Utilisation d'intrants d'irrigation	Quantité d'eau		Utilisation d'eau en protection contre le gel sur fruits à noyau. Irrigation d'une partie de l'inter-rang pour favoriser l'implantation et l'autonomie des arbres. Confort hydrique (pas de restriction).
Consommation d'énergie	Temps de machinisme		L'utilisation de matériel électrique (Quad) au lieu de tracteurs pour certaines opérations permet de limiter cette consommation.
Production et qualité de la production	Rendement par catégories		Variable selon les espèces et les années. L'objectif est d'être proche des moyennes régionales en AB.
Charge de travail	Temps de travail et sa répartition		Travail à l'arbre inchangé. Temps de prophylaxie plus élevé mais compensé par l'absence de traitements et une gestion extensive des couverts du sol.  Pas de pics d'activités mais l'activité est répartie tout au long de la saison. La gestion des 1,7 ha correspond à < 0.5 ETP.
Nature du travail	Nombre d'espèces cultivées Nombre de passages Temps d'observation et de pilotage		Travail plus diversifié, apprentissages pour de nouvelles espèces fruitières.  Nombre de passages élevé pour la gestion des couverts du sol car broyage max 25% surface.  En l'absence de références, un temps de construction de 'repères' spatiaux et techniques est nécessaire.

Il est complexe de rendre compte des performances d'un verger hyperdiversifié en l'absence de référentiel. Certains critères sont par ailleurs notés 'à améliorer' mais ne constituent pas forcément un point faible du système (ex. 'nature du travail') : des activités plus diversifiées peuvent être au contraire recherchées.

#### Zoom sur la biodiversité ▲

Quatre principes sont importants à prendre en compte pour constituer un assemblage végétal à même de fournir habitat et ressources pour les auxiliaires du verger :

Principe 1. Sélectionner des essences adaptées au sol et au climat.

Une espèce qui pousse mal ou qui est dans un contexte trop éloigné de son optimum ne remplira probablement pas les fonctions attendues.

Principe 2. 'Ne pas nuire' ,c'est-à-dire ne pas sélectionner d'essences hébergeant des ravageurs ou maladies de quarantaine, ou en commun avec le verger et les principales cultures avoisinantes. Les haies constituent des corridors qui peuvent héberger et favoriser la progression d'un pathogène ou d'un ravageur.

Les principaux risques concernent des maladies telles que le feu bactérien (éviter l'aubépine, qui est hôte), la sharka (éviter les Prunus hôtes), l'ECA de l'abricotier (éviter le prunellier épineux si abricotiers à proximité)... ou des ravageurs tels que *Drosophila suzukii* ou le carpocapse si fruits sensibles à proximité.

Cette réserve est à nuancer en fonction du risque local, des cultures à proximité, et du mode de gestion de ces essences : ex. *D. suzukii* se développe dans les baies de sureau mais leur consommation rapide par les oiseaux dans le verger circulaire fait que cette essence ne constitue pas un risque pour les fruits du verger.

Principe 3. Sélectionner des essences hébergeant une faune abondante et diversifiée.

Il existe de nombreux guides régionaux et sources d'informations qui indiquent les essences particulièrement riches en auxiliaires. Les essences à feuilles 'poilues' (duveteuses) sont généralement plus riches que celles à feuilles lisses (les 'poils' retiennent des pollens, consommés par des arthropodes détritivores, qui sont eux-mêmes des proies pour des prédateurs etc.).

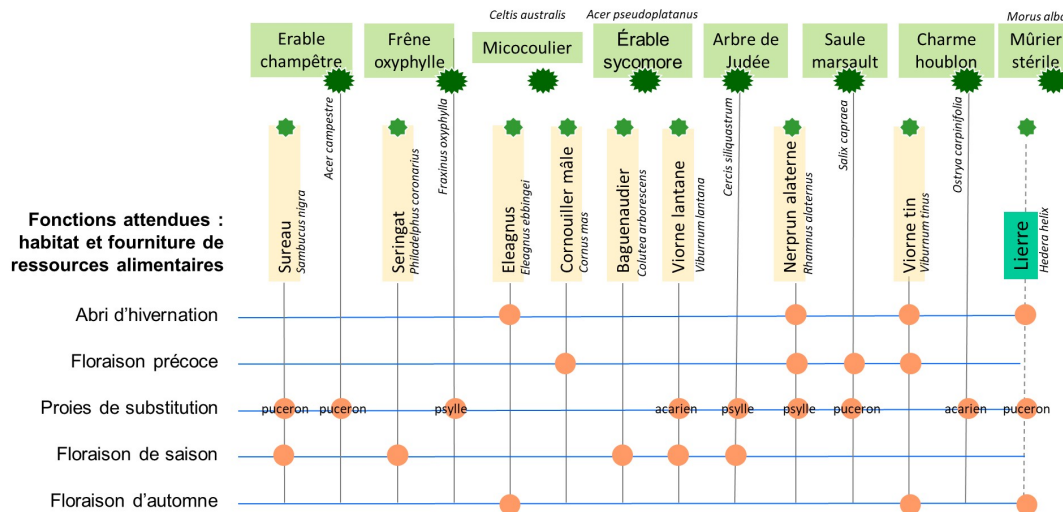
Principe 4. Créer une succession de ressources tout au long de la saison (cf schéma).

Les feuillages persistants fournissent un abri d'hivernation. Une association d'essences à floraison précoce (ex. viorne tin, noisetier, cornouiller mâle, romarin...) de saison (sureau, aromatiques en fin d'été etc.) et tardive (ex. *Elaeagnus*, lierre) permet d'offrir des ressources florales tout au long de la saison. L'idée est que plusieurs plantes remplissent une fonction donnée, et que chaque plante fournisse si possible plusieurs fonctions. Une dizaine d'essences permettent généralement d'avoir l'ensemble des fonctions attendues.

Le renforcement de l'abondance et de l'activité des auxiliaires est particulièrement efficace vis-à-vis de ravageurs pouvant être tolérés dans le verger à de niveaux de populations relativement élevés (ex. acariens, psylles, certains pucerons...).

Exemple de l'assemblage végétal implanté dans le cercle extérieur du verger circulaire (ensemble des fonctions attendues : brise-vent, barrière, fourniture d'habitat et ressources pour les auxiliaires).

#### Essences adaptées aux conditions de sol et de climat, implantées en haie double



#### Transfert en exploitations agricoles ▲

Il s'agit d'un dispositif en rupture, qui explore des pistes pour repenser les vergers de demain (voire d'après-demain) : ce n'est pas un modèle à transposer en l'état en verger commercial. Par ailleurs, les choix réalisés ne sont pas à prendre tels quels : dit autrement, ce ne sont pas les noms des variétés fruitières ou des essences de la haie qui sont importants, mais les fonctions attendues et les caractéristiques de ces plantes qui permettent de les remplir (ex. un feuillage persistant est une caractéristique intéressante pour fournir un abri d'hivernation aux auxiliaires). De plus, il a fallu faire des choix lorsque plusieurs options étaient possibles, et certains choix ont également été contraints par la disponibilité du matériel végétal (deux ans sont parfois nécessaires pour disposer de certaines variétés sur certains porte-greffes).

Mais la conception, le pilotage et l'évaluation de ce verger ont permis : (i) de rassembler un ensemble de connaissances agroécologiques scientifiques et empiriques pertinentes en arboriculture fruitière (ex. synthèses des Cafés Agro <https://ueri.paca.hub.inrae.fr/>) ; (ii) d'élaborer des principes de conception pour concevoir de nouveaux types de verger ou d'aménagements pour le verger et (iii) de documenter les aspects opérationnels d'innovations dont certaines sont remobilisables dans un verger 'classique' : constitution d'un assemblage végétal pour favoriser les auxiliaires tout au long de la saison, utilisation de légumineuses pour fertiliser le verger, mise en place d'augmentoirs, association de plantes de service en verger...

L'évaluation en cours permet d'ores et déjà de donner à voir les points d'amélioration et d'attention à considérer lors de la conception d'un verger très diversifié. Pour finir, l'approche développée constitue une des voies possibles : ce 'modèle low-tech' ne demande pas d'investissements très lourds à la plantation (hors plants et irrigation) et les charges sont très faibles hors main d'œuvre de conduite des arbres (comme en verger classique). Sa faible productivité les premières années demande le développement d'autres productions sur la ferme ou dans le verger (ex. maraîchage dans les inter-rangs les premières années) et de valoriser au mieux les productions (vente directe, transformation des fruits non vendus en frais).

#### Pistes d'amélioration, enseignements et perspectives

Plusieurs années sont encore nécessaires pour évaluer dans la durée les limites et les mérites de ce verger et sa résilience :

-Ce verger, planté en 2018 en début de projet, est encore jeune, et l'entrée en production est très récente (en partie du fait des aléas climatiques).

-Nous sommes en culture pérenne, et des résultats pluri-annuels de production sont nécessaires pour assurer la robustesse des résultats.

-Les régulations biologiques visées mettent du temps à se mettre en place, le temps d'installer les plantes ressources pour la biodiversité fonctionnelle (haies, plantes aromatiques). Les résultats actuels soulignent le potentiel de biorégulation de certains bioagresseurs en verger. La résilience à long terme de ce verger reste à évaluer mais il constitue déjà un espace qui contribue à réconcilier production et conservation de la biodiversité.

Comme indiqué précédemment, ce dispositif est exploratoire : ce n'est pas un modèle à transposer en l'état en tant que verger commercial. Il a permis d'explorer des pistes, d'élaborer des principes de conception pour concevoir de nouveaux types de verger ou d'aménagements pour le verger, et de documenter certains aspects opérationnels de la diversification. Ainsi, des compétences sur un ensemble d'espèces fruitières sont nécessaires, et il n'y a pas ou peu de références pour le pilotage de systèmes très diversifiés qui reposent sur de nombreuses interactions entre espèces. Le travail dans le verger s'accompagne d'une plus grande diversité d'activités, et de plus de temps d'observation ; en revanche, il n'y a pas de pics d'activités du fait de leur échelonnement permis par la diversification.

Des travaux complémentaires sont à poursuivre : suivi des régulations en phase de maturité du verger, analyses technico-économiques pluri-annuelles, capitalisation sur les apprentissages et le mode de gestion d'espaces de production diversifiés etc. Les suivis réalisés sont prévus jusqu'en 2030. L'analyse des marges de manoeuvre pour faire évoluer à la fois les vergers 'classiques' et ce type de verger très diversifié vers un compromis réconciliant production et haut niveau de régulation est également à considérer.

## Productions associées à ce système de culture



### [Livret ALTO Gotheron 2020](#)

univ, Cafés Agro du projet ALTO



### Agro - L'agroforesterie fruitière, des choix essentiels de plantation - 24 janvier 2019

pour : Pierre Eric Laroche (INRA UMR Systèmes d'Élevage)



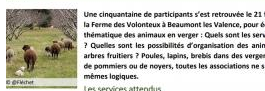
### [Café Agro 2019 - Agroforesterie.pdf](#)

Cafés Agro du projet ALTO



### o - Animaux en verger - le 21/02/2023 à la Ferme des Volontaires (26)

pour : Geoffrey Chiron (ITAV), Gentiane Maillet (ACTA, GIS reconnaissance Végétal, Elevage), Sébastien Martin (Toulon), Martin Tronville (FIBL, France), Sara Bouchard, Arnaud Dutilleul (INRAE, France)



### [Café Agro 2023 - Animaux en vergers.pdf](#)

univ, Cafés Agro du projet ALTO



### § Agro - Accueillir des brebis dans un verger - 19 mars 2021

pour : Arnaud Dutilleul (Travaux sur l'association verger et élevage, INRAE Angoulême, Évaluation du risque des traitements au cuivre pour les animaux, FIBL, France), Sébastien Martin (Toulon), Martin Tronville (FIBL, France)



dans un verger : quels bénéfices en attendre ? Quelles adaptations penser ? Et bien sûr, le bien-être et le confort des animaux. Ce Café Agro de l'automne 2020 a permis d'échanger autour de ces questions et de proposer aux participants des 2 premiers Cafés Agro et de considérer les différents vergers et brebis, leurs atouts et leurs contraintes.

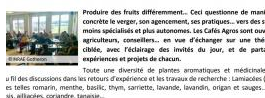
### [Café Agro 2019 - Brebis en vergers.pdf](#)

univ, Cafés Agro du projet ALTO



### Agro - Les plantes à parfum, aromatiques et médicinales pour le verger - 12 février 2019

pour : Catherine Fréchet (Agreste - Institut Technique des Plantes Médicinales et à Parfum), Tarek Dardou (INRA Gothenburg)



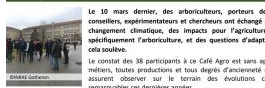
### [Café Agro 2019 - PPAM en vergers.pdf](#)

univ, Cafés Agro du projet ALTO



### Agro - Changement climatique : quels vergers pour demain - le 10 mars 2020 au lycée agricole du Valentin

pour : Patrick Berthou (Chercheur INRAE, évaluation des cultures face aux changements climatiques), Sébastien Martin (Toulon), Martin Tronville (FIBL, France), Sébastien Martin (Toulon), Martin Tronville (FIBL, France)



### [Café Agro 2020 - Changement climatique et vergers.pdf](#)

Jafes Agro du projet ALTO

ALTO

## pro - Flore en vergers : rangs, inter-rangs, introc spontanée ? - le 7 février 2020



ersifier la flore de son verger ?

## Café Agro 2020 - Flore en vergers.pdf

s Agro du projet ALTO

ALTO

## agro – Poules en vergers : Pourquoi ? Comr le 20 février 2020



## Café Agro 2020 - Poules en vergers.pdf

Al, Cafés Agro du projet ALTO

ALTO

## pro - La fertilité du sol par la diversité des couverts d es - 01/04/2021 au CTIFL de Balandran



## Café Agro 2021 - Couverts en vergers.pdf

Jafes Agro du projet ALTO

ALTO

## - Fruits à coque - le 04/02/2021 au Clos Fougères, Châtea



## Café Agro 2021 - Fruits à coque.pdf

Jafes Agro du projet ALTO

ALTO

## - Des haies pour le verger - le 8 avril 2022



## Café Agro 2022 - Haies pour le verger.pdf

Cafés Agro du projet ALTO

ALTO

## o - Intégrer des petits fruits dans son verger ? -10/03 e de Marc et Salomé Dibi, Saint-Péray (07)



## Café Agro 2022 - Petits fruits.pdf

Al, Cafés Agro du projet ALTO

ALTO

## ro valorisation de productions diversifiées – le 31 m Agricole Le Valentin



## Café Agro 2022 - Valorisation.pdf



Le Café Agro du projet ALTO

**ALT**

**o - Les pollinisateurs pour le verger et le verger po  
iteurs - le 9 mars 2023 à INRAE Gotheron.**

o - Guy Rodet (INRAE), Hervé Jasson (apiculteur), Florian Bouliouet et Cécile Chau  
vaine (association abeille rousse)



Les pollinisateurs sont essentiels au cycle biologique de  
plantes à fleurs qu'ils visitent et butinent pour consommer  
et/ou pollen, avec de nombreuses espèces (ex. abeille  
exploiter une diversité de fleurs. De nombreux insectes p  
sont présents en France. En termes de pollinisation  
performants sont les Hyménoptères, avec les abeilles,  
cunies, puis les Lépidoptères (papillons), et enfin des g  
performants comme les Diptères (symples), et certains C

r une action de pollinisation plus ou moins effective en visitant les fleurs.

[Café Agro 2023 - Pollinisateurs et  
vergers.pdf](#)

## Contact



**Sylvaine SIMON**

Pilote d'expérimentation - INRAE

✉ [sylvaine.simon@inrae.fr](mailto:sylvaine.simon@inrae.fr)



Site Restinclières - ALTO

PARTAGER

Année de publication 2019 (mis à jour le 15 oct 2025)

Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Domaine départemental**

Nom de l'ingénieur réseau

**Projet ALTO**

Date d'entrée dans le réseau

**2**

**Hérault** Localisation

Caractéristiques du site

Le site de pommiers en agroforesterie est l'un des trois dispositifs expérimentaux du programme ALTO. Il occupe une surface de 1400 m<sup>2</sup> à l'extrême sud du domaine départemental de Restinclières (commune de Prades-le-Lez, département de l'Hérault, 34), ouvert à tout public, dans lequel 40 ha de pommiers et de noyers sont conduits en agroforesterie depuis 1995 suite à un accord entre le département de l'Hérault et l'INRA.

Dans le cadre de l'essai de pommiers en agroforesterie, ce système a pour objectif d'analyser le comportement architectural et le fonctionnement (croissance, ramification, floraison, fructification, flux de sève) de pommiers plantés en 2016 sur des rangs de noyers plantés en 1995. Cette modalité d'agroforesterie constitue un cas probablement extrême de compétition entre pommiers et noyers.

À cet objectif de recherche s'est conjugué à partir de 2017, dans le cadre DEPHY EXPE, l'intérêt d'étudier également en quoi le contexte agroforestier modifie ou non les interactions pommier-ravageurs et cortèges de prédateurs ainsi que de parasitoïdes, et plus particulièrement l'efficacité de bandes enherbées spécifiques et de romarin, mis en place pour attirer les prédateurs naturels du puceron cendré, pour lutter contre ce ravageur.

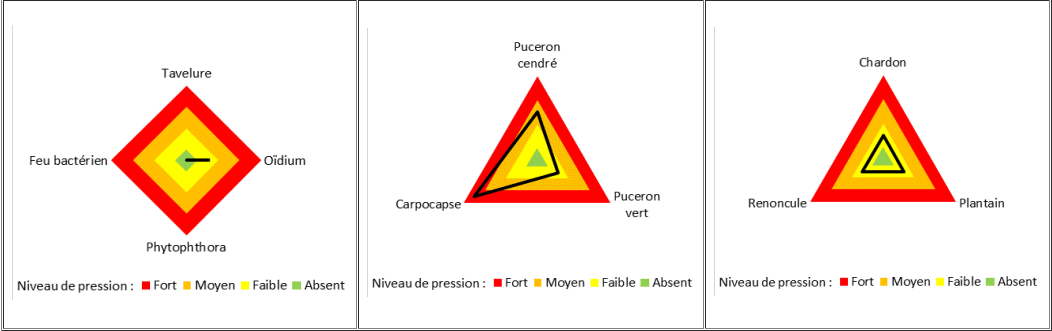
Le choix du cultivar de pommier s'est porté sur 'Dalinette' C.O.V. préconisée en agriculture biologique, greffée sur le porte-greffe G202.

Contexte pédoclimatique ▲

Climat	Sol
<p>Méditerranéen sec :</p> <p>Ce climat est caractérisé par une pluviométrie annuelle moyenne de 750 mm, mais avec de fortes disparités selon la saison. L'automne, et particulièrement ses épisodes cévenols ainsi que le printemps sont caractérisés par une plus forte pluviométrie.</p>	<p>Horizon de surface (0 à 40 cm) : argilo-limoneux avec la granulométrie suivante : 19% d'argile, 59% de limon et 22% de sable</p>

Contexte biotique ▲

Niveaux de pression : Maladies	Niveaux de pression : Ravageurs	Niveaux de pression : Adventices



La pression des bio-agresseurs est globalement faible.




Contexte socio-économique ▲

Cette expérimentation de moyen terme (5-10 ans) s'insère dans le cadre d'actions de recherches menées depuis 1995 sur l'agroforesterie (Restinclières Agroforestry Platform).

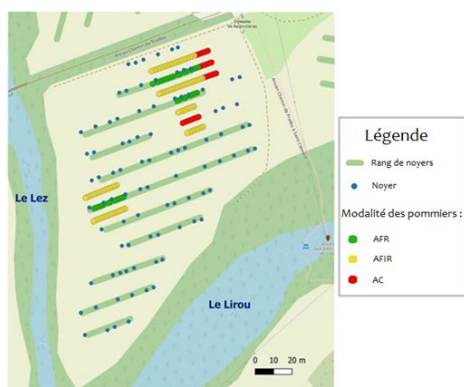
Contexte environnemental ▲

La parcelle GAFAM est incluse dans le domaine départemental de Restinclières (Commune de Prades-le-Lez, 34730), constitué d'un fort couvert forestier et arbustif de type méditerranéen (présence massive de chênes). Des expérimentations agroforestières conjuguant différentes espèces d'arbres (noyer, peuplier, frênes, paulownia, cormier...) et des cultures annuelles sont menées depuis plus de 25 ans.

Systèmes testés et dispositif expérimental

Système AFR (- x % IFT)	Système AFIR (- x % IFT)	Système de référence - Témoin
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Années début-fin expérimentation : 2016-2025</li> <li>• Espèces : Pomme, noix</li> <li>• Année d'implantation du verger : 2016</li> <li>• Type de conduite : Agriculture biologique</li> <li>• Surface : 0.06 ha</li> <li>• Circuit commercial : Non</li> <li>• Valorisation : Non</li> <li>• Signe de qualité : Aucun</li> <li>• Leviers majeurs :               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Contexte agroforestier rang des noyers</li> <li>◦ Traitements autorisés en Agriculture Biologique si besoin</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Années début-fin expérimentation : 2016-2025</li> <li>• Espèces : Pomme, noix</li> <li>• Année d'implantation du verger : 2016</li> <li>• Type de conduite : Agriculture biologique</li> <li>• Surface : 0.06 ha</li> <li>• Circuit commercial : Non</li> <li>• Valorisation : Non</li> <li>• Signe de qualité : Aucun</li> <li>• Leviers majeurs :               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Contexte agroforestier inter-rang des noyers</li> <li>◦ Traitements autorisés en Agriculture Biologique si besoin</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Années début-fin expérimentation : 2016-2025</li> <li>• Espèces : Pomme, noix</li> <li>• Année d'implantation du verger : 2016</li> <li>• Type de conduite : Agriculture biologique</li> <li>• Surface : 0.06 ha</li> <li>• Circuit commercial : Non</li> <li>• Valorisation : Non</li> <li>• Signe de qualité : Aucun</li> </ul>
		

## Dispositif expérimental



La parcelle GAFAM (Growing AgroForestry with Apple in the Mediterranean) est située au Sud du domaine départemental de Restinclières (commune de Prades-le-Lez, 34), à la confluence du Lez et du Lirou.

Elle a été mise en place en mars 2016 par la plantation de 140 plants greffés-soudés de Dalinette sur porte-greffes G202 (plus 10% Story sur G202 pour assurer la pollinisation croisée) sur une parcelle de noyers plantés en 1995.

Elle est constituée de 10 rangs sur lesquels sont répartis les 3 traitements AC, AFIR et AFR.

Les rangs de pommiers ou de pommiers-noyers sont couverts par du BRF (Bois Raméal Fragmenté) venant du domaine. L'irrigation est en goutte à goutte avec 2 tuyaux de parts et d'autre des pommiers, et des goutteurs espacés de 50 cm.

GAFAM est conduit en agriculture biologique et avec des niveaux très bas d'intrants (IFT 2 en 2019).

## Suivi expérimental ▲

- Agronomique (floraison, nouaison, fructification) et architectural (croissance, ramification) sur le pommier
- Dynamique des bio-agresseurs (puceron cendré, carpocapse, puceron vert notamment) et auxiliaires et observation dégâts

## Aménagements agroécologiques et éléments paysagers ▲

À partir de 2020-2021 :

- Bandes enherbées entre les rangs de pommiers et de pommiers-noyers dans le but d'attirer des arthropodes prédateurs (plus spécifiquement contre le puceron cendré), et des pollinisateurs en général ;
- Romarins : 5 chemotypes en plantation alternée au pied des pommiers pour créer un effet répulsif sur le puceron cendré ;
- Forte diversité végétale herbacée, arbustive et arborescente autour de la parcelle.

### La parole de l'expérimentateur

Le projet GAFAM de pommiers en agroforesterie vise à analyser le comportement architectural et fonctionnel du pommier en agroforesterie, avec une strate sus-jacente de noyers à bois (hybride J regia X J nigra) et une strate sous-jacente herbacée de sainfoin. Dans le cadre du programme ALTO, nous explorons également la faisabilité d'une conduite en agriculture biologique à bas intrants nous permettant de lutter contre le puceron cendré. A cette fin, nous avons implanté à l'automne 2020 une bande enherbée (phacélie, cosmos, bleuet, tagètes, souci) afin d'attirer des prédateurs naturels du puceron, ainsi que du romarin au pied des pommiers afin de repousser ce bio-agresseur.

### Contact



**Pierre-Eric LAURI**

Pilote d'expérimentation - INRAE

✉ [pierre-eric.lauri@inrae.fr](mailto:pierre-eric.lauri@inrae.fr)

[ACCUEIL](#) > [DEPHY](#) > CONCEVOIR SON SYSTÈME > SITE INRAE UERI GOTHERON - ALTO

### Système Pommiers en agroforesterie sur l'inter-rang des noyers (AFIR) - Restinclières - ALTO

Conduite de la vigne et du verger

Fertilité et vie des sols

Gestion paysagère

MAE et lutte biologique par conservation

Lutte biologique par introduction

Mesures prophylactiques

Régulation biologique

 [PARTAGER](#)

Année de publication 2019 (mis à jour le 06 juin 2025)

#### Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Agriculture biologique**

Nom de l'ingénieur réseau

**ALTO**

Date d'entrée dans le réseau

**Restinclières****- 80 % d'IFT**

Objectif de réduction visé

La modalité "pommiers en AgroForesterie sur l'Inter-Rang des noyers" (AFIR) constitue une modalité intermédiaire entre un verger monospécifique conventionnel et le pommier implanté sur le rang. La baisse de production en 8ème année de 36% par rapport aux pommiers témoins.

#### Présentation du système

### Conception du système

Dans le cadre de l'essai de pommiers en agroforesterie, ce système a pour objectif d'analyser le comportement architectural et le fonctionnement (croissance, ramification, floraison, fructification) des rangs de noyers à bois plantés en 1995. Cette modalité d'agroforesterie constitue un cas intermédiaire de compétition entre pommier et noyer, entre les pommiers plantés sur le rang des n plantés hors noyers.

À cet objectif de recherche s'est conjugué à partir de 2017, dans le cadre DEPHY EXPE, l'intérêt d'étudier également en quoi le contexte agroforestier modifie ou non les interactions pommiers-ainsi que de parasitoïdes.

Le choix du cultivar de pommier s'est porté sur 'Dalinette' C.O.V., résistant tavelure, préconisée en agriculture biologique, greffée sur le porte-greffe G202.

Dans le cadre général de cette expérimentation de recherche, cette modalité consiste à analyser les effets de distances moyennes de 6,5m entre noyers matures et jeunes pommiers sur la croissance des pommiers. Dans cette configuration, la réduction du rayonnement incident a été en moyenne de 42% par rapport aux pommiers témoins.

Les variables analysées sur le pommier sont l'architecture de l'appareil végétatif et la floraison/fructification.

Les effets possibles de ce contexte agroforestier sur 3 ravageurs du pommier (pucerons verts et cendrés ; carpocapses) et différents prédateurs (coccinelles, syrphes, araignées...) sont également réalisés et sont accessibles sur HAL (voir les 'Productions associées' en bas de page). Nous ne présentons ici qu'une synthèse réalisée sur les infestations par le puceron cendré et le carpocapse en 7 ans, en 2021 et 2022, respectivement.

#### Mots clés :

pommier - agroforesterie - noyer - agriculture biologique

### Caractéristiques du système

Espèce	Variétés	Porte-greffe	Mode de conduite	Distance de plantation	Année d'implantation	Valorisation
Pommier	Dalinette	G202	Libre	6,5 x 13 (pommier-pommier)	2016	Non



Système d'irrigation : Goutte à goutte

Gestion de la fertilisation : Organique

Infrastructures agro-écologiques : Bandes enherbées et environnement général de la parcelle très diversifié

Protection physique : Non

Agronomiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendement : Identique aux Dalinettes en agriculture biologique</li> <li>Qualité : non travaillé</li> </ul>
Environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>IFT : 1-3 des années 1 à 7 (couverture du puceron cendré uniquement) ; IFT 12 en année 8 avec couverture supplémentaire complète du carpocapse</li> </ul>
Maîtrise des bioagresseurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maîtrise des adventices : Oui</li> <li>Maîtrise des maladies : Oui</li> <li>Maîtrise ravageurs : Bio-contrôle</li> </ul>
Socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marge brute : Sans objet</li> <li>Temps de travail : Sans objet</li> </ul>

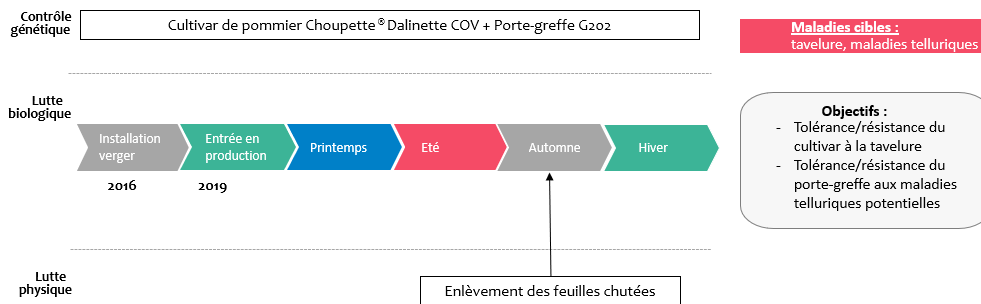
### Le mot de l'expérimentateur

Cette expérimentation ALTO s'est inscrite dans le contexte plus large de l'acquisition de connaissances sur la croissance végétative et la floraison-nouaison du pommier en situation agrofore (pouvant limiter les températures excessives durant l'été) et avec un couvert de légumineuse herbacée en strate basse. Il s'agit ici de fournir de premiers éléments objectifs de l'intérêt d'agroforesterie multistrata en conditions méditerranéennes en explorant ici un cas intermédiaire de compétition entre pommier et noyer à bois (au minimum 6.5m entre pommier et noyer).

### Stratégies mises en œuvre :

Il faut bien garder à l'esprit qu'en AB comme en AE, on est bien dans l'idée de combinaison de leviers, chacun étant moyennement efficace mais quand on les assemble, ils confèrent une efficacité

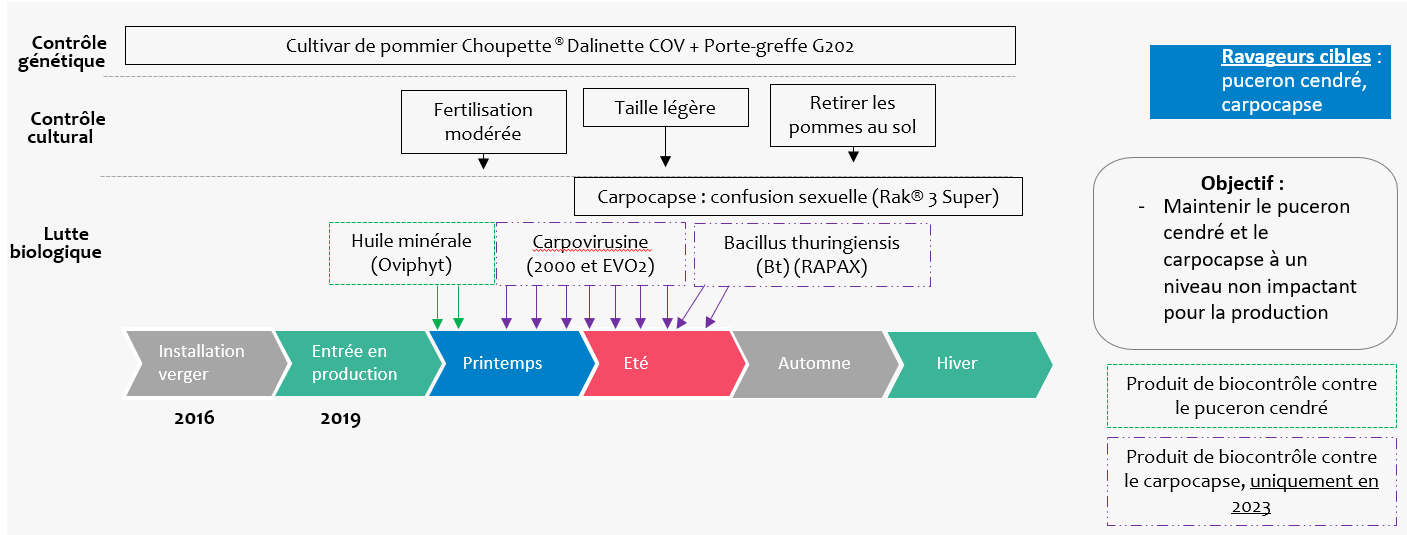
#### Gestion des maladies ▲



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Prophylaxie	Enlèvement des feuilles à l'automne	Conjugué à la résistance du cultivar 'Dalinette' cette pratique est très efficace pendant les 8 ans d'expérimentation
Cultivar de pommier Choupette® Dalinette COV	Variété résistante à la tavelure, tolérante au feu bactérien et à faible sensibilité au puceron cendré	Efficace Il n'y a jamais eu de tavelure sur les pommiers. Aucun contournement n'a été observé pendant cette expérimentation.
Porte-greffe G202	Tolérant aux maladies telluriques à Phytophthora (pourriture du collet) et Erwinia (feu bactérien).	Efficace Aucune infection durant les 8 années de l'expérimentation.

#### Gestion des ravageurs ▲

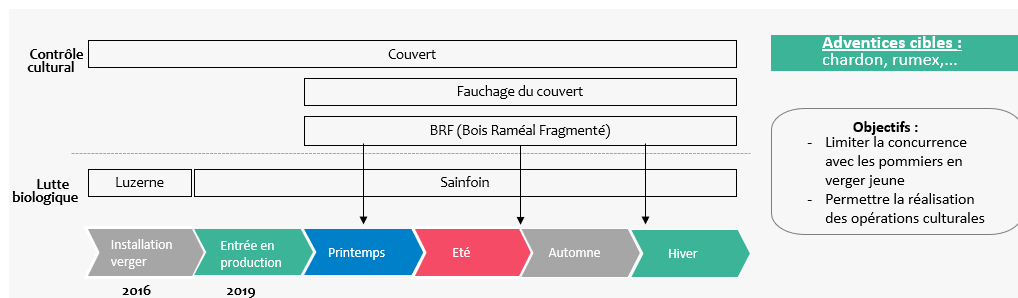




Leviers	Principes d'action	Enseignements
Cultivar de pommier Choupette® Dalinette COV	Faible sensibilité au puceron cendré	Très efficace tant qu'il n'
Fertilisation modérée	Niveau de fertilisation organique modéré ->Puceron cendré	Efficacité partielle
Taille légère	Opérations de taille limitée à l'enlèvement en 5ème feuille* (2020) et 7ème feuille* (2022) de 1 à 2 branches très vigoureuses gênant l'arbre voisin -> Puceron cendré	Efficacité partielle en lim appétence pour le puce
Retirer les pommes au sol	Enlèvement systématique et mise hors de la parcelle des pommes chutées au sol et enlevées à l'éclaircissage manuel -> Carpocapse	Efficacité partielle si les p parcelle
Huile minérale: Oviphyt	L'huile minérale Oviphyt gêne la dissémination du puceron sur l'arbre. Elle est appliquée par aspersion sur les rameaux en 2 fois à la sortie d'hiver, une fois avant et une fois après le débourrement -> Puceron cendré	Sur toutes les années, ui
Confusion sexuelle : Rak® 3 Super	Provoque une confusion sexuelle chez le carpocapse, les empêchant de s'accoupler, ce qui freine le développement de leur population. -> Carpocapse	Efficacité partielle à conj carpocapse (voir ci-dess
Bio insecticide à large spectre à base de Bacillus thuringiensis (Bt): RAPAX	Le Bt une espèce de bactérie utilisée pour ses propriétés insecticides. Ce produit de biocontrôle est utilisé pour remplacer les traitements de carpovirusine en période de fortes chaleurs (juillet et août). Il a été appliqué en 8ème feuille uniquement (2023) après constat d'infestations massives les années précédentes (jusqu'à environ 80% de fruits avec carpocapse en sortie de 3ème génération). -> Carpocapse	Le Rapax est un insectic fortes chaleurs
Carpovirusine : virus de la granulo	Les produits de biocontrôle Carpovirusine 2000 et Carpovirusine Evo2 provoquent une infection virale de la larve de carpocapse. 7 traitements de carpovirusine (alternance '2000' et 'EVO2') ont été utilisés de mi-mai à fin août, en 8ème feuille uniquement (2023), après constat d'infestations massives les années précédentes (jusqu'à environ 80% de fruits avec carpocapse en sortie de 3ème génération) -> Carpocapse	Les produits 2000 et Evo forte chaleur
Modalité agroforestière : AFIR	L'hypothèse testée avec les pommiers en agroforesterie avec les noyers est celle d'un effet de dilution car le carpocapse de la pomme est semblable au carpocapse de la noix L'hypothèse testée avec le contexte agroforestier est qu'il agit sur 1) la vigueur de croissance du pommier le rendant moins appétent, ou appétent moins longtemps, et 2) directement sur les cortèges de ravageurs et prédateurs.	Si les systèmes avaient e exemple d'une centaine grandes différences de r

\* L'expression « en xème feuille » signifie « à la xème année de l'arbre » à partir de sa plantation

Gestion des adventices ▲



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Couvert de luzerne ou sainfoin entre les rangs	Etouffement des adventices. Enherbement sur l'inter-rang, fauchage quand nécessaire Luzerne au début de l'expérimentation, puis sainfoin.	Sainfoin : peu vigoureux et diffi
Paillage au BRF (bois raméal fragmenté) sur le rang	Le paillage permet de cacher la lumière aux adventices pour limiter leur développement. Renouvellement du paillage 3 fois par an. Fauchage sur le rang quand nécessaire	Ce paillage est moyennement de fauchage chaque année

## Maîtrise des bioagresseurs

*Rappel de définitions :*

*Incidence : nombre de pousses infestées*

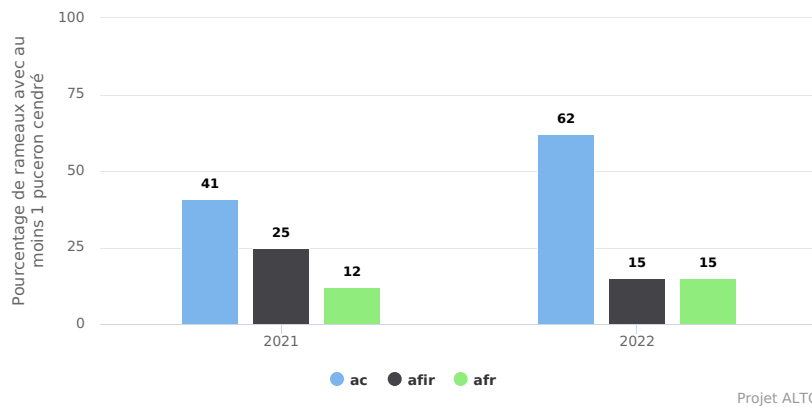
*Sévérité : combien il y a de pucerons sur les pousses infestée*

	Carpocapse		Puceron cendré		Puceron vert		Tavelure		Phytophthora	
2019										
2020										
2021										
2022										
2023										
	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	AFIR

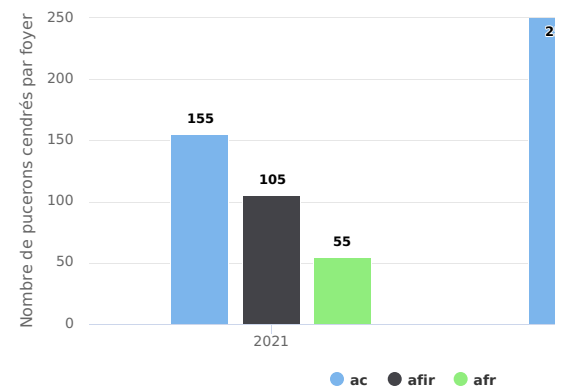
	Absence de bioagresseur
	Présence de bioagresseur, mais maîtrisé
	Bioagresseur non maîtrisé

Dans le tableau précédent, il faudrait mentionner le fait que le puceron vert était présent, mais avec de faibles incidence et sévérité.

Incidence puceron cendré



Sévérité puceron cendré



Il y a deux principaux ravageurs du pommier : le puceron cendré et le carpocapse.

#### Puceron cendré :

A traitements phytosanitaires identiques, la modalité AFR diminue l'infestation par le puceron cendré. D'après les graphiques ci-dessus :

- incidence : -71% en 2021, -76% en 2022

- sévérité : -65% en 2021, -96% en 2022

#### Carpocapse (non illustré car sur des effectifs faibles de fruits) :

- incidence (% d'infrutescences avec au moins un fruit infesté) : - 44 % en 2021 (par rapport au témoin AC)

- sévérité (% de fruits infestés) : - 44 % en 2022 (par rapport au témoin AC)

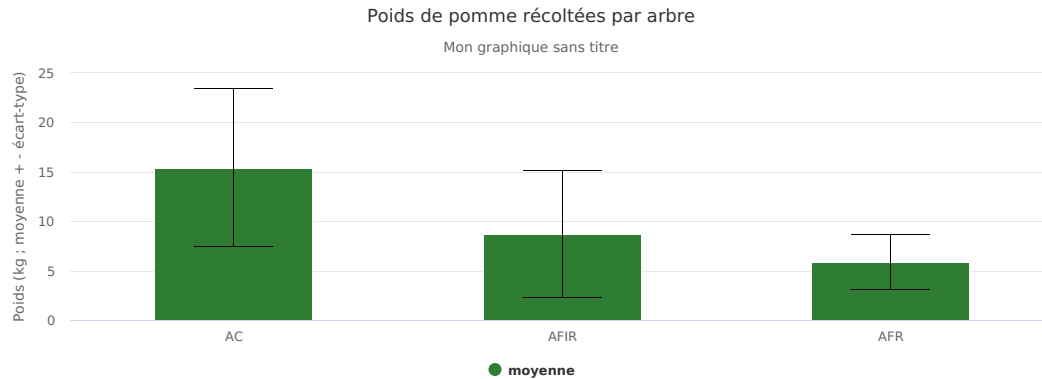
Ces différences sont uniquement visibles en fin de première génération (G1), mais la récolte étant "tardive" (octobre), d'autres générations ont eu le temps de se développer. Ainsi, arrivée à la récolte, les modalités sans différence significative entre elles.

### Performances du système

## Performance agronomique à l'arbre

Rappel de définitions :

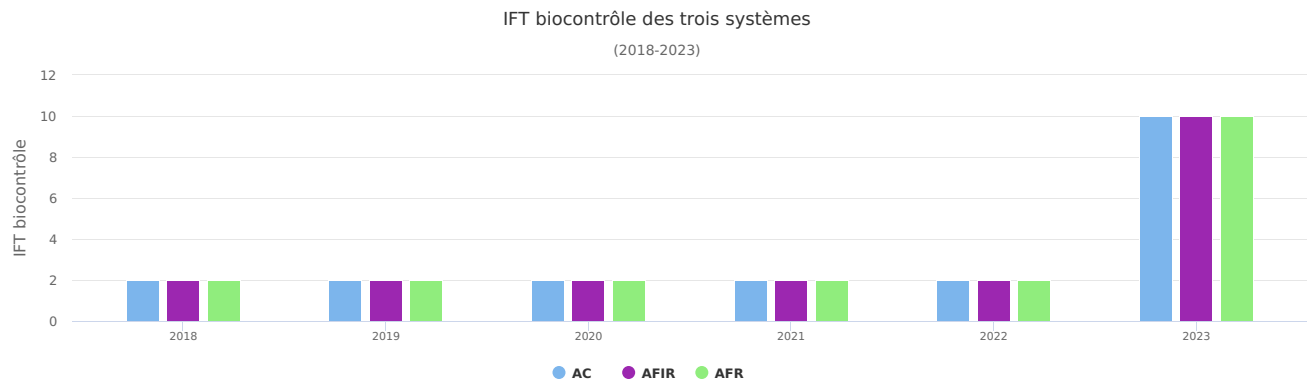
Charge en fruit : c'est le nombre de fruit par centimètre carré de surface de la section du tronc, qui est donc fonction de la vigueur de l'arbre. Cela sert à homogénéiser entre les arbres (ex : un arbre de fruits qu'un arbre plus petit). Cette charge en fruit est un indicateur du potentiel fructifère de l'arbre.



Les infestations récurrentes de carpocapse, sans traitement par le virus de la granulose, n'ont pas permis une évaluation fiable de la récolte des années 2018 à 2022, sur pommiers âgés de 8 ans, a permis une récolte représentative de la productivité des arbres. C'est pourquoi ce graphique ne concerne que la récolte 2023.

On lit sur le graphique, qu'à charge en fruit identique sur les 3 modalités (5 fruits/cm<sup>2</sup> de section de tronc), la réduction de poids de fruits sur les pommiers AFR par rapport aux pommiers témoin AC.

## Performance environnementale :

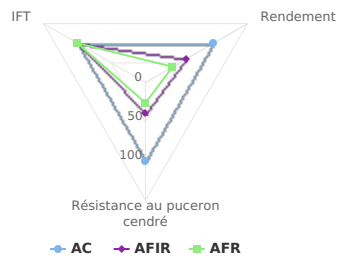


Au cours de l'expérimentation, seuls des produits de biocontrôle ont été utilisés (voir les Stratégies de lutte contre les bioagresseurs plus haut). Dans le graphique ci-dessus, l'IFT biocontrôle est forte couverture contre le carpocapse.

## Evaluation multicritère

### Evaluation multicritère des systèmes AFIR et AFR

En pourcentage de la référence (AC)



Le graphique ci-dessus se lit en pourcentage de la référence. Par exemple, le rendement du système AFIR vaut 60 % de celui de la référence (autrement dit, 40 % de moins).

Pour rappel, le rendement ne concerne que les valeurs de l'année 2023.

Les IFT sont tous identiques car les systèmes ont été protégés de la même façon.

Entre les trois systèmes, il n'y a donc pas de différence, à part l'ombrage. En effet, les pommiers ont un peu moins poussé (rendement légèrement plus faible), mais l'ombre des systèmes AF travailler dans de meilleures conditions, puisque les arbres d'ombrage diminuent la température sous leur canopée (

[Marie Gosme, 2016](#)

).

Si les systèmes avaient été plus éloignés physiquement (par exemple d'une centaine de mètres), peut-être que de plus grandes différences de résultat seraient apparues entre eux.

#### Zoom sur l'intérêt potentiel de cultiver du pommier en agroforesterie ▲

On estime que, au-delà de 40°C, la physiologie du pommier est fortement et négativement impactée par la température, tant au niveau de son fonctionnement foliaire que de la qualité (phénomènes de coup de soleil ('sunburn' en anglais) qui rendent rapidement le fruit impropre à la consommation. On peut observer ces phénomènes dans diverses régions du monde, avec des Cela est particulièrement vrai dans la région méditerranéenne et tend à se répandre dans des régions de plus hautes latitudes en raison du changement climatique. La protection contre ces ex assurée par des filets d'ombrage présentant un coût important pour l'arboriculteur, tant pour l'installation initiale que pour leur remplacement tous les 5 à 10 ans. Dans ce contexte, l'agroforesterie d'ombrage dans les systèmes agricoles, offre une alternative intéressante. Elle combine en effet une contribution à l'atténuation du changement climatique par stockage de carbone dans le sol, u verger et une protection efficace contre les excès de rayonnement solaire pour autant que la densité de plantation et la conduite des 'arbres d'ombrage' soit réfléchi en fonction de l'ombrage sol.

Sur la base de ces premiers résultats, et en vue d'un transfert en exploitation agricole, il y aura lieu de développer une Recherche-Développement permettant de préciser les choix suivants :

- espèces d'arbre d'ombrage à feuilles caduques, tant pour la densité de feuillage que pour la phénologie en visant une réduction maximale de 40% du rayonnement solaire incident,
- cultivars de pommier les plus adaptés physiologiquement à des contextes d'ombrage,
- dispositifs de plantation, au niveau spatial (orientation des rangs est-ouest ou nord-sud ?) et temporel (complantation de l'arbre d'ombrage et du pommier ou plantation échelonnée ?).

#### Transfert en exploitations agricoles ▲

Les travaux d'expérimentation menés sur le dispositif GAFAM indiquent de premières pistes de transfert en exploitations agricoles aux 2 niveaux suivants :

- dans un dispositif en rangs orientés Est-Ouest (le cas de cet essai), la modalité de plantation des pommiers dans l'inter-rang des noyers, à 6,5 m des rangs, est intéressante en protégeant c production proche de rendement à l'arbre obtenu sur un verger de référence 'Dalinette' cultivé en AB dans la région (SudExpé, Marsillargues).
- l'intérêt d'arbres d'ombrage à feuillage caduque et à feuillaison tardive permet une mise à fleur et une nouaison optimale des pommiers au printemps.

#### Pistes d'amélioration, enseignements et perspectives

Cette modalité de pommiers en agroforesterie, en rang orientés E-O, à 6,5 m des rangs de noyers à bois mitoyens, constitue une possibilité intéressante de culture du pommier en agroforesterie (42% de la lumière incidente), limitant ainsi les coups de soleil en cas de rayonnement excessif (en juin 2019, environ 10% de fruits brûlés contre environ 25% sur les pommiers témoins ; Lauri et al., 2022).

Comme pour toute expérimentation, nos résultats sont toutefois contingents aux choix initiaux et aux modalités de gestion : couple cultivar/porte-greffe, plantation de pommiers sur des noyers déjà un ombrage relativement dense à partir de fin juin, production en agriculture biologique très bas intrants (IFT moyen de 1 à 3 selon les années sauf en 2023 où nous avons assuré, avec un carpopapasse permettant une récolte intéressante sur le plan agronomique).

Pour ce qui est des bioagresseurs, GAFAM a été mené en agriculture biologique. Les 2 points saillants sont :

1) aucune maladie constatée sur toute la période.

2) ravageurs :

\* le puceron cendré a été bien maîtrisé avec 2 applications d'huile minérale en pré- et post-débourrement

\* le carpopapasse reste le ravageur critique sur la période d'étude. La seule bonne récolte n'a pu être réalisée qu'à la suite d'un programme complet de carpopovirus alternant, EVO2, 2000, et R 2018 et 2022 a systématiquement conduit à des pertes de récolte estimées à 70 - 80%.

Les perspectives de poursuite de ce premier travail, original sur le plan international, sont de 2 types :

- Exploration de la variabilité génétique du pommier. Il est possible que certains cultivars de pommier soient plus adaptés que d'autres à l'ombre. Des expérimentations futures devraient donc être réalisées. Nous préconisons des porte-greffes de vigueur égale ou supérieure au G202 expérimenté ici. Pour ce qui concerne le choix du cultivar, il serait nécessaire de poursuivre cette expérimentation pour demander de rayonnement lumineux tout au moins pour la bonne coloration et maturation du fruit (ex. 'Granny Smith' serait donc un bon candidat à tester dans cette optique), ou à chercher à diminuer le temps d'ombrage sur le fruit (ex. cultivars à récolte estivale).

- Exploration de la diversité spécifique et de la variabilité génétique de l'arbre d'ombrage et de la conduite de ces arbres. Dans notre cas, si la question posée par le noyer à bois est celui de la croissance ces plantes associées sont souvent mentionnées mais sans résultats probants de façon générale (cf Zubay et al, 2021, par exemple) le décalage temporel entre la floraison du pommier (conditions) et du noyer (environ un mois plus tard) permet une floraison et une nouaison de même qualité que celles des pommiers témoins. D'autres espèces à frondaison plus poreuse et expérimentées. Par ailleurs, dans le cadre de notre expérimentation, nous n'avons que peu taillé les noyers à bois. Une taille modérée maintenant un ombrage identique au cours des années c'est une perspective de toute expérimentation future.

- Design temporel et spatial du dispositif de pommier en agroforesterie : une complantation de noyer et pommier serait à expérimenter, permettant au pommier de se développer au maximum des premières années, avec un arrachage des pommiers dès que leur production décline de façon excessive. Si, comme attendu, la modalité de pommiers sur les rangs de noyers (AFR) réduit de façon significative les monstres l'intérêt potentiel de la modalité AFIR (pommier dans l'inter-rang des noyers). Pour cette modalité, une distance plus importante des rangs de pommiers par rapport aux rangs de noyers permettrait l'ombrage nécessaire à la culture du pommier en contexte méditerranéen en limitant un excès d'ombrage préjudiciable à la croissance et à la fructification du pommier.

#### Références citées :

- Lauri, P.E., Pitchers, B., Simon, S., 2022. Designing a sustainable orchard - Plant diversity as a key and ways to implement it. *Acta Horticulturae* 1346, 19-26.
- Zubay, P., Kunzelmann, J., Ittész, A., Zamborin, É.N., Szabó, K., 2021. Allelopathic effects of leachates of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and juglone on germination of temperate zone plants. *Agroforestry Systems*, 95, 431-442. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00572-9>.

#### Références et mémoires d'étude ▲

##### Références citées :

- Lauri PÉ, Douard S, Chappot de la Chanonie J, Normand F. 2022. Biodiversified agrosystems: do we need more knowledge on plant architecture and functioning? The case of fruit trees. *Acta Horticulturae* 1281: 307-321.
- Lauri PÉ, Gautier A. 2024. *Apple trees in agroforestry - Investigating the plasticity of vegetative and reproductive traits*. *Scientia Horticulturae* (in press).
- Lauri PÉ, Pitchers B, Dufour L, Simon S. 2020. Apple farming systems - Current initiatives and some prospective views on how to improve sustainability. *Acta Horticulturae* 1281: 307-321.
- Lauri PÉ, Pitchers B, Simon S. 2022. Designing a sustainable orchard - Plant diversity as a key and ways to implement it. *Acta Horticulturae* 1346: 19-26.
- Marie Gosme, Lydie Dufour, Hector Daniel Inurreta Aguirre, Christian Dupraz. Microclimatic effect of agroforestry on diurnal temperature cycle. 3. European Agroforestry Conference (EURAF) Agronomie (INRA). UMR Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens (1230), May 2016, Montpellier, France. 466 p. (hal-02744212)
- Pitchers B, Do F, Lauri PÉ. 2019. A neighbourhood analysis to characterise competition in a multi-strata agroforestry system of timber and fruit tree. In Dupraz, C., Gosme, M., Lawson, G. (Eds.) *Congress on Agroforestry. Agroforestry: strengthening links between science, society and policy*. Montpellier, France, 20-23 May 2019. CIRAD, INRA, World Agroforestry. 933 pages. P840.
- Pitchers B, Do FC, Pradal C, Dufour L, Lauri PÉ. 2021. Apple tree adaptation to shade in agroforestry - An architectural approach. *American Journal of Botany* 108(5): 732-743.
- Pitchers B, Dufour L, Lauri PÉ. 2020. Growing Agroforestry systems with Apple in Montpellier-Mediterranean - Preliminary results on the influence of adult walnut trees on growth and branch architecture. *Horticulturae* 1281: 323-330.
- Ricard JM, Lauri PÉ, Michaud M, Alaphilippe A, Borne S, Penvern S, Dufils A, Simon S. 2022. Co-design of agroecological temperate fruit tree systems in France: the ALTO project. *Acta Horticulturae* 1281: 323-330.
- Zubay, P., Kunzelmann, J., Ittész, A., Zamborin, É.N., Szabó, K., 2021. Allelopathic effects of leachates of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and juglone on germination of temperate zone plants. *Agroforestry Systems*, 95, 431-442. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00572-9>.

Mémoires d'étudiants (voir dans les "Production associées", en bas de page) :

- Anna Gautier. 2023. *Le pommier en agroforesterie : analyse des composantes du rendement*. Mémoire de fin d'étude. ISARA.
- Valentine Kuhn. 2022. *LE POMMIER EN AGROFORESTERIE - Une évaluation agronomique par les composantes du rendement*. Master 2 Agrosociétés, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt. Université Paris-Saclay, AgroParisTech.
- Hermine Sarthou. 2022. *Régulations biologiques en verger agroforestier - Suivi du potentiel de régulation et des dynamiques de bio-agresseurs et d'auxiliaires*. Mémoire de fin d'étude. Ingénieur Toulouse.
- Marie Dohen. 2021. *Le pommier en agroforesterie - Bioagresseurs et auxiliaires*. Mémoire de fin d'étude. ESA, Angers.
- Paul Masquin. 2020. *Le pommier en agroforesterie - Dynamique des ravageurs et de leurs ennemis naturels*. Mémoire de fin d'étude. ESA, Angers.
- Pierre Dul. 2019. *Le pommier en agroforesterie - analyse du climat lumineux à partir de scènes 3D acquises par LIDAR terrestre et relations avec le développement du pommier*. M2-Ingénieur Agrocampus.
- Camille Perseval. 2019. *Le pommier en agroforesterie - analyse des bioagresseurs et de leurs ennemis naturels et propositions d'aménagements agroécologiques*. M2-Ingénieur Agrocampus.
- Martin Garau. 2018. *Le pommier en agroforesterie - Couplage entre flux xylémiques et établissement de l'architecture aérienne*. M2-Ingénieur ISA, Lille-ISARA Lyon.
- Benjamin Pitchers. 2017. *Apple tree growth and ramification in an agroforestry system*. Stage de M2-ingénieur agronome, Montpellier SupAgro, spécialité Production Végétale Durable.

## Productions associées à ce système de culture

---



[Thèse\\_ARCHITECTURE AND FRUITING OF APPLE TREE IN AGROFORESTRY\\_by BENJAMIN PTICHERS.pdf](#)



[Mémoire\\_ETUDE DES DYNAMIQUES ANNUELLES DES BIOAGRESSEURS ET DE LEURS ENNEMIS NATURELS EN VERGER \[...\] by MARION DOHEN.pdf](#)



[Mémoire\\_LE POMMIER EN AGROFORESTERIE - DYNAMIQUE DES RAVAGEURS ET DE LEURS ENNEMIS NATURELS\\_by PAUL MASQUIN.pdf](#)



[Mémoire\\_LE POMMIER EN AGROFORESTERIE. ANALYSE DU CLIMAT LUMINEUX A PARTIR DE SCENES LIDAR-T ET RELATION AVEC LE DEVELOPPEMENT DU POMMIER\\_by PIERRE DUL.pdf](#)



[Mémoire\\_PEST INCIDENCE AND BIOLOGICAL REGULATIONS IN AN APPLE TREE-BASED AGROFORESTRY SYSTEM\\_by CAMILLE PERSEVAL.pdf](#)



[Mémoire\\_POMMIERS EN  
SYSTEME AGROFORESTIER.  
ARCHITECTURE, PHENOLOGIE ET  
FLUX DE SEVE\\_by MARTIN  
GARAUX.pdf](#)



[Mémoire\\_REGULATIONS  
BIOLOGIQUES EN VERGER  
AGROFORESTIER\\_by HERMINE  
SARTHOU.pdf](#)

#### Contact



**Pierre-Eric LAURI**

Pilote d'expérimentation - INRAE

✉ [pierre-eric.lauri@inrae.fr](mailto:pierre-eric.lauri@inrae.fr)



[ACCUEIL](#) > [DEPHY](#) > CONCEVOIR SON SYSTÈME > SITE INRAE UERI GOTHERON - ALTO

### Système Pommiers en agroforesterie sur le rang des noyers (AFR) - Restinclières - ALTO

Conduite de la vigne et du verger

Fertilité et vie des sols

Gestion paysagère

MAE et lutte biologique par conservation

Mesures prophylactiques

Régulation biologique et biocontrôle

Valorisation d

 [PARTAGER](#)

Année de publication 2019 (mis à jour le 11 juin 2025)

#### Carte d'identité du groupe



Structure de l'ingénieur réseau

**Agriculture biologique**

Nom de l'ingénieur réseau

**ALTO**

Date d'entrée dans le réseau

**Restinclières****- 80 % d'IFT**

Objectif de réduction visé

La modalité 'pommiers en AgroForesterie sur le Rang des noyers' (AFR) comprend les pommiers plantés sur le rang des noyers à bois qui ont le rôle de noyers d'ombrage. Les pommiers sont ici e  
baisse de production en 8ème année est de 56% par rapport aux pommiers témoins.

#### Présentation du système

### Conception du système

Dans le cadre de l'essai de pommiers en agroforesterie, ce système a pour objectif d'analyser le comportement architectural et le fonctionnement (croissance, ramification, floraison, fructification) des rangs de noyers à bois plantés en 1995. Cette modalité d'agroforesterie constitue un cas probablement extrême de compétition entre pommiers et noyers.

À cet objectif de recherche s'est conjugué à partir de 2017, dans le cadre DEPHY EXPE, l'intérêt d'étudier également en quoi le contexte agroforestier modifie ou non les interactions pommiers-ainsi que de parasitoïdes.

Le choix du cultivar de pommier s'est porté sur 'Dalinette' C.O.V., résistant tavelure, préconisée en agriculture biologique, greffée sur le porte-greffe G202.

Dans le cadre général de cette expérimentation de recherche, cette modalité consiste à analyser les effets de faibles distances (1,3 m à 4 m en moyenne) entre noyers matures et jeun fonctionnent de ces pommiers. Dans cette configuration, la réduction du rayonnement incident a été en moyenne de 69% par rapport aux pommiers témoins.

Les variables analysées sur le pommier sont l'architecture de l'appareil végétatif et la floraison/fructification.

Les effets possibles de ce contexte agroforestier sur 3 ravageurs du pommier (pucerons verts et cendrés ; carpocapses) et différents prédateurs (coccinelles, syrphes, araignées...) sont également réalisés et sont accessibles sur HAL (voir les "Productions associées" en bas de page). Nous ne présentons ici qu'une synthèse réalisée sur les infestations par le puceron cendré et le carpocapses 7 ans, en 2021 et 2022, respectivement.

#### Mots clés :

*pommier - agroforesterie - noyer à bois - agriculture biologique*

### Caractéristiques du système

Espèce	Variété	Porte-greffe	Mode de conduite	Distance de plantation	Année d'implantation	Valorisation
Pommier	Dalinette	G202	Libre	6,5 X 1,3 (pommier-pommier ou pommier-noyer)	2016	Non

Système d'irrigation : Goutte à goutte

Gestion de la fertilisation : Organique

Infrastructures agro-écologiques : Bandes enherbées

Protection physique : Non



### Objectifs ▲

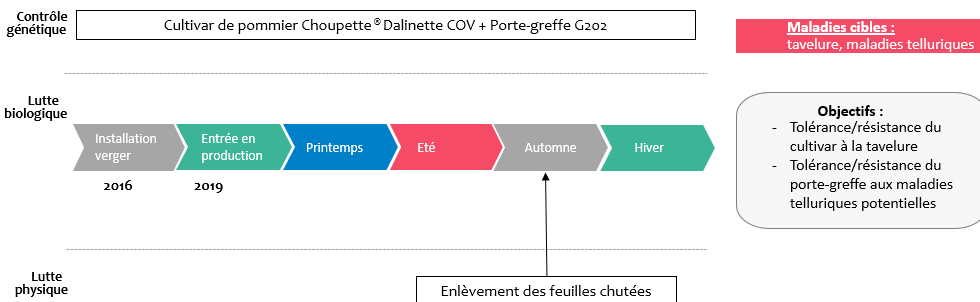
Agronomiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendement : comparaison par rapport aux 'Dalinettes' en agriculture biologique</li> <li>Qualité : non travaillé</li> </ul>
Environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>IFT : 1-3 des années 1 à 7 (couverture du puceron cendré uniquement) ; IFT 12 en année 8 avec couverture supplémentaire complète du carpocapse</li> </ul>
Maîtrise des bioagresseurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maîtrise des adventices : Oui</li> <li>Maîtrise des maladies : Oui</li> <li>Maîtrise ravageurs : Bio-contrôle</li> </ul>
Socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marge brute : Sans objet</li> <li>Temps de travail : Sans objet</li> </ul>

### Le mot de l'expérimentateur

Cette expérimentation ALTO s'est inscrite dans le contexte plus large de l'acquisition de connaissances sur la croissance végétative et la floraison-nouaison du pommier en situation agrofore (pouvant limiter les températures excessives durant l'été) et avec un couvert de légumineuse herbacée en strate basse. Il s'agit ici de fournir de premiers éléments objectifs de l'intérêt d'agroforesterie multistrata en conditions méditerranéennes en explorant ici un cas extrême de compétition entre pommier et noyer à bois (1.3m et 4m entre pommier et noyer).

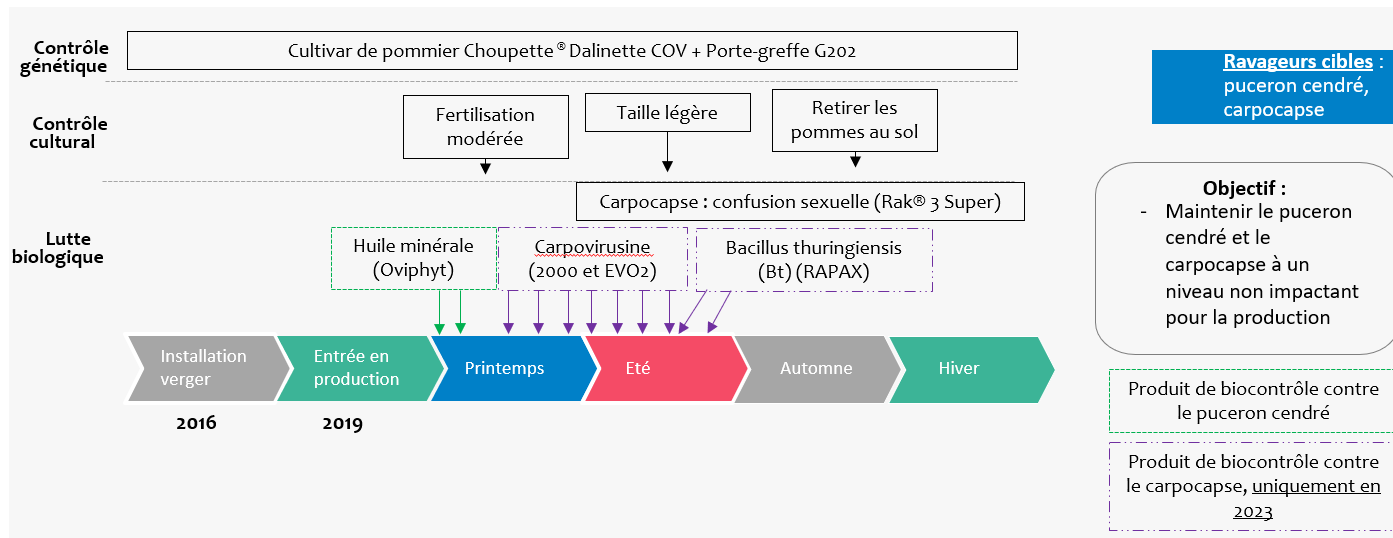
### Stratégies mises en œuvre :

#### Gestion des maladies ▲



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Prophylaxie	Enlèvement des feuilles à l'automne	Conjugué à la résistance du cultivar 'Dalinette' cette pratique est très efficace pendant les 8 ans d'expérimentation
Cultivar de pommier Choupette® Dalinette COV	Variété résistante à la tavelure, tolérante au feu bactérien et à faible sensibilité au puceron cendré	Efficace Il n'y a jamais eu de tavelure sur les pommiers. Aucun contournement n'a été observé lors de cette expérimentation.
Porte-greffe G202	Tolérant aux maladies telluriques à Phytophthora (pourriture du collet) et Erwinia (feu bactérien).	Efficace Aucune infection durant les 8 années de l'expérimentation.

#### Gestion des ravageurs ▲

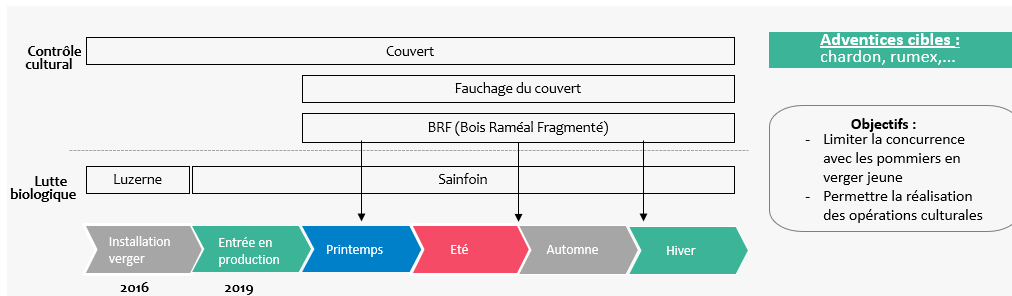


Leviers	Principes d'action	Enseignements
Cultivar de pommier Choupette® Dalinette COV	Faible sensibilité au puceron cendré	Très efficace tant qu'il n'y a pas de pression de sélection

Fertilisation modérée	Niveau de fertilisation organique modéré ->Puceron cendré	Efficacité partielle
Taille légère	Opérations de taille limitée à l'enlèvement en 5ème feuille* (2020) et 7ème feuille* (2022) de 1 à 2 branches très vigoureuses gênant l'arbre voisin -> Puceron cendré	Efficacité partielle en lim appétence pour le puce
Retirer les pommes au sol	Enlèvement systématique et mise hors de la parcelle des pommes chutées au sol et enlevées à l'éclaircissage manuel -> Carpocapse	Efficacité partielle si les p parcelle
Huile minérale: Oviphyt	L'huile minérale Oviphyt gêne la dissémination du puceron sur l'arbre. Elle est appliquée par aspersion sur les rameaux en 2 fois à la sortie d'hiver, une fois avant et une fois après le débourrement -> Puceron cendré	Sur toutes les années, un
Confusion sexuelle : Rak® 3 Super	Provoque une confusion sexuelle chez le carpocapse, les empêchant de s'accoupler, ce qui freine le développement de leur population. -> Carpocapse	Efficacité partielle à conj carpocapse (voir ci-dess
Bio insecticide à large spectre à base de Bacillus thuringiensis (Bt): RAPAX	Le Bt une espèce de bactérie utilisée pour ses propriétés insecticides. Ce produit de biocontrôle est utilisé pour remplacer les traitements de carpovirusine en période de fortes chaleurs (juillet et août). Il a été appliqué en 8ème feuille uniquement (2023) après constat d'infestations massives les années précédentes (jusqu'à environ 80% de fruits avec carpocapse en sortie de 3ème génération). -> Carpocapse	Le Rapax est un insectic fortes chaleurs
Carpovirusine : virus de la granulose	Les produits de biocontrôle Carpovirusine 2000 et Carpovirusine Evo2 provoquent une infection virale de la larve de carpocapse. 7 traitements de carpovirusine (alternance '2000' et 'EVO2') ont été utilisés de mi-mai à fin août, en 8ème feuille uniquement (2023), après constat d'infestations massives les années précédentes (jusqu'à environ 80% de fruits avec carpocapse en sortie de 3ème génération) -> Carpocapse	Les produits 2000 et Evo forte chaleur
Modalité agroforestière : AFR	L'hypothèse testée avec les pommiers en agroforesterie avec les noyers est celle d'un effet de dilution car le carpocapse de la pomme est semblable au carpocapse de la noix L'hypothèse testée avec le contexte agroforestier est qu'il agit sur 1) la vigueur de croissance du pommier le rendant moins appétent, ou appétent moins longtemps, et 2) directement sur les cortèges de ravageurs et prédateurs.	Si les systèmes avaient e exemple d'une centaine grandes différences de r

\* l'expression « en xème feuille » signifie « à la xème année de l'arbre » à partir de sa plantation

#### Gestion des adventices ▲



Leviers	Principes d'action	Enseignements
Couvert de luzerne ou sainfoin entre les rangs	Etouffement des adventices. Enherbement sur l'inter-rang, fauchage quand nécessaire Luzerne au début de l'expérimentation, puis sainfoin.	Sainfoin : peu vigoureux et diffi
Paillage au BRF (bois raméal fragmenté) sur le rang	Le paillage permet de cacher la lumière aux adventices pour limiter leur développement. Renouvellement du paillage 3 fois par an. Fauchage sur le rang quand nécessaire	Ce paillage est moyennement de fauchage chaque année

#### Maîtrise des bioagresseurs

Rappel de définitions :

*Incidence : nombre de pousses infestées*

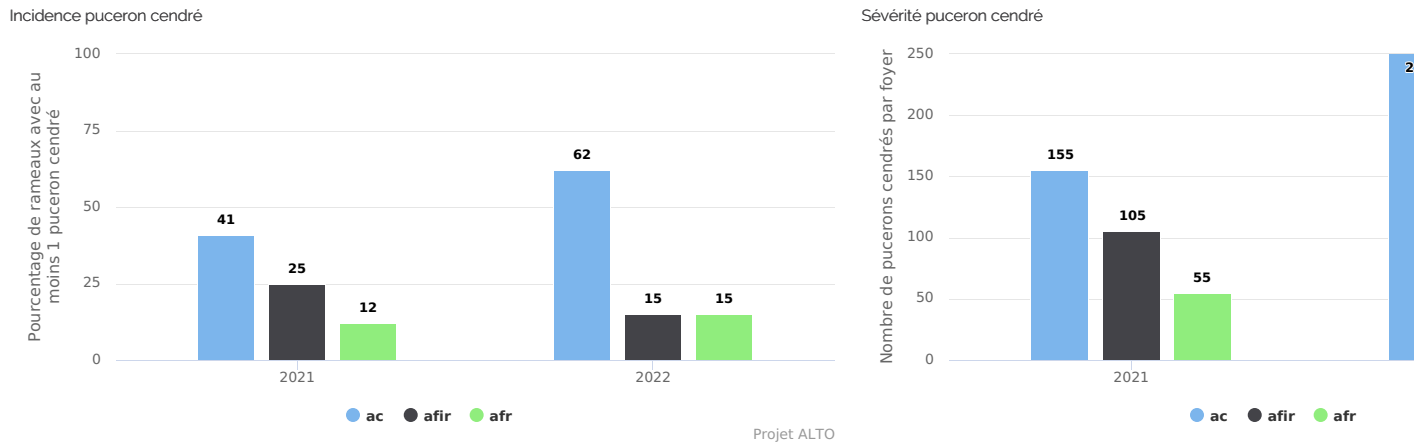
*Sévérité : combien il y a de pucerons sur les pousses infestées*

	Carpocapse	Puceron cendré	Puceron vert	Tavelure	Phytophthora
--	------------	----------------	--------------	----------	--------------

2019										
2020										
2021										
2022										
2023										
	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	AFIR	Témoin (AC)	

	Absence de bioagresseur
	Présence de bioagresseur, mais maîtrisé
	Bioagresseur non maîtrisé

Pour chaque année, le puceron vert était présent, mais avec de faibles incidence et sévérité.



Il y a deux principaux ravageurs du pommier : le puceron cendré et le carpocapse.

Puceron cendré :

A traitements phytosanitaires identiques, la modalité AFR diminue l'infestation par le puceron cendré. D'après les graphiques ci-dessus :

- incidence : -71% en 2021, -76% en 2022
- sévérité : -65% en 2021, -96% en 2022

Carpocapse (non illustré car sur des effectifs faibles de fruits) :

- incidence (% d'infrutescences avec au moins un fruit infesté) : - 44 % en 2021 (par rapport au témoin AC)
- sévérité (% de fruits infestés) : - 44 % en 2022 (par rapport au témoin AC)

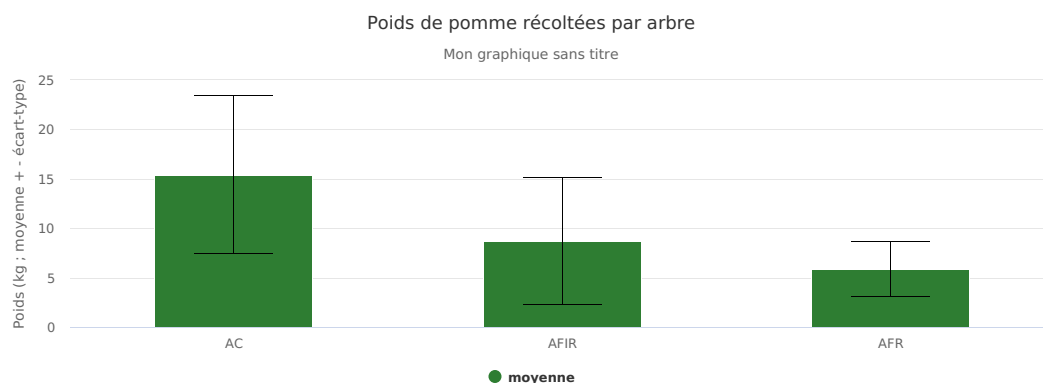
Ces différences sont uniquement visibles en fin de première génération (G1), mais la récolte étant "tardive" (octobre), d'autres générations ont eu le temps de se développer. Ainsi, arrivée à la récolte, les modalités sans différence significative entre elles.

## Performances du système

Performance agronomique à l'arbre

Rappel de définitions :

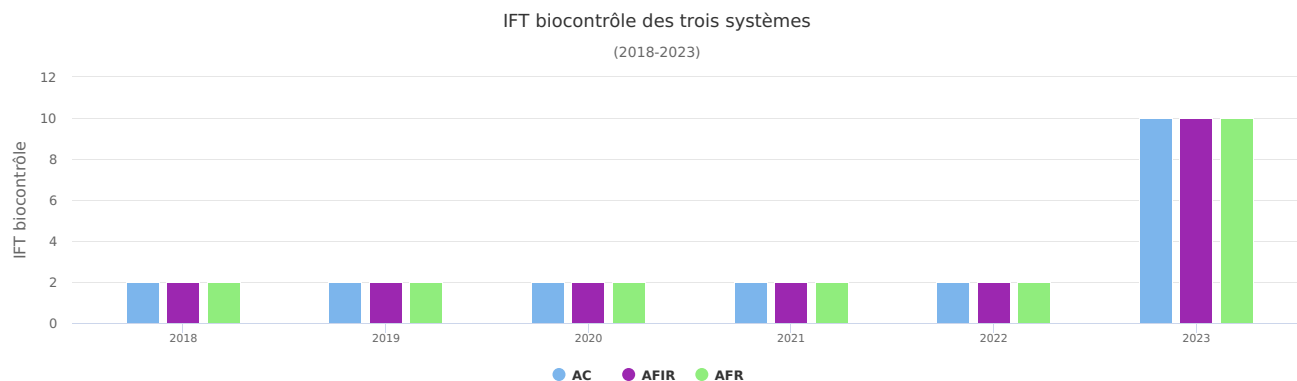
*Charge en fruit : c'est le nombre de fruit par centimètre carré de surface de la section du tronc, qui est donc fonction de la vigueur de l'arbre. Cela sert à homogénéiser entre les arbres (ex : un arbre de fruits qu'un arbre plus petit). Cette charge en fruit est un indicateur du potentiel fructifère de l'arbre.*



Les infestations récurrentes de carpocapse, sans traitement par le virus de la granulose, n'ont pas permis une évaluation fiable de la récolte des années 2018 à 2022, sur pommiers âgés de 8 ans, a permis une récolte représentative de la productivité des arbres. C'est pourquoi ce graphique ne concerne que la récolte 2023.

On lit sur le graphique, qu'à charge en fruit identique sur les 3 modalités (5 fruits/cm<sup>2</sup> de section de tronc), la réduction de poids de fruits sur les pommiers AFR par rapport aux pommiers témo AC.

Performance environnementale ;

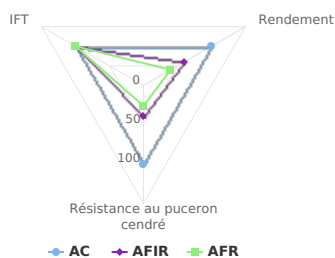


Au cours de l'expérimentation, seuls des produits de biocontrôle ont été utilisés (voir les Stratégies de lutte contre les bioagresseurs plus haut). Dans le graphique ci-dessus, l'IFT biocontrôle : forte couverture contre le carpocapse.

## Evaluation multicritère

### Evaluation multicritère des systèmes AFIR et AFR

En pourcentage de la référence (AC)



Le graphique ci-dessus se lit en pourcentage de la référence. Par exemple, le rendement du système AFIR vaut 60 % de celui de la référence (autrement dit, 40 % de moins).

Pour rappel, le rendement ne concerne que les valeurs de l'année 2023.

Les IFT sont tous identiques car les systèmes ont été protégés de la même façon.

Entre les trois systèmes, il n'y a donc pas de différence, à part l'ombrage. En effet, les pommiers ont un peu moins poussé (rendement légèrement plus faible), mais l'ombre des systèmes AF travailler dans de meilleures conditions, puisque les arbres d'ombrage diminuent la température sous leur canopée (

[Marie Gosme, 2016](#)

).

Si les systèmes avaient été plus éloignés physiquement (par exemple d'une centaine de mètres), peut-être que de plus grandes différences de résultat seraient apparues entre eux.

### Zoom sur l'intérêt potentiel de cultiver du pommier en agroforesterie ▲

On estime que, au-delà de 40°C, la physiologie du pommier est fortement et négativement impactée par la température, tant au niveau de son fonctionnement foliaire que de la qualité du fruit, avec des phénomènes de coup de soleil ('sunburn' en anglais) qui rendent rapidement le fruit impropre à la consommation. On peut observer ces phénomènes dans diverses régions du monde, avec des pics de chaleur particulièrement vifs dans la région méditerranéenne et tend à se répandre dans des régions de plus hautes latitudes en raison du changement climatique. La protection contre ces excès de chaleur est assurée par des filets d'ombrage présentant un coût important pour l'arboriculteur, tant pour l'installation initiale que pour leur remplacement tous les 5 à 10 ans. Dans ce contexte, l'agroforesterie, avec des arbres d'ombrage dans les systèmes agricoles, offre une alternative intéressante. Elle combine en effet une contribution à l'atténuation du changement climatique par stockage de carbone dans le sol, un verger et une protection efficace contre les excès de rayonnement solaire pour autant que la densité de plantation et la conduite des 'arbres d'ombrage' soit réfléchi en fonction de l'ombrage souhaité.

Sur la base de ces premiers résultats, et en vue d'un transfert en exploitation agricole, il y a lieu de développer une Recherche-Développement permettant de préciser les choix suivants :

- espèces d'arbre d'ombrage à feuilles caduques, tant pour la densité de feuillage que pour la phénologie en visant une réduction maximale de 40% du rayonnement solaire incident,
- cultivars de pommier les plus adaptés physiologiquement à des contextes d'ombrage,
- dispositifs de plantation, au niveau spatial (orientation des rangs est-ouest ou nord-sud ?) et temporel (complantation de l'arbre d'ombrage et du pommier ou plantation échelonnée ?).

### Transfert en exploitations agricoles ▲

Les travaux d'expérimentation menés sur le dispositif GAFAM indiquent de premières pistes de transfert en exploitations agricoles aux 2 niveaux suivants :

- Dans un dispositif en rangs orientés Est-Ouest (le cas de cet essai), la modalité de plantation des pommiers dans l'inter-rang des noyers, à 6,5 m des rangs, est intéressante en protégeant des pommiers la production proche de rendement à l'arbre obtenu sur un verger de référence 'Dalinette' cultivé en AB dans la région (SudExpé, Marsillargues).
- NB : la modalité de plantation des pommiers sur le rang des noyers entraîne un ombrage excessif qui pénalise la croissance et la fructification des pommiers.
- L'intérêt d'arbres d'ombrage à feuillage caduque et à feuillaison tardive permet une mise à fleur et une nouaison optimale des pommiers au printemps.

### Pistes d'amélioration, enseignements et perspectives

Cette modalité de pommier en agroforesterie, avec des pommiers implantés sur les rangs des noyers orientés E-O, constitue probablement un cas extrême de compétition entre pommier même si il a permis d'éviter les coups de soleil en situation de rayonnement excessif (juin 2019 : 1% alors que les pommiers témoins ont eu un pourcentage médian de fruits brûlés de l'ordre de : ne permet toutefois pas une production suffisante de pommes. Ce n'est donc pas une modalité de pommier en agroforesterie à retenir.

Comme pour toute expérimentation, nos résultats sont toutefois contingents aux choix initiaux et aux modalités de gestion : couple cultivar/porte-greffe, plantation de pommiers sur des noyers déjà un ombrage relativement dense à partir de fin juin, production en agriculture biologique très bas intrants (IFT moyen de 1 à 3 selon les années sauf en 2023 où nous avons assuré, avec un carpopapose permettant une récolte intéressante sur le plan agronomique).

Pour ce qui est des bioagresseurs, GAFAM a été mené en agriculture biologique. Les 2 points saillants sont

1) aucune maladie constatée sur toute la période.

2) ravageurs :

\* le puceron cendré a été bien maîtrisé avec 2 applications d'huile minérale en pré- et post-débourrement

\* le carpopapose reste le ravageur critique sur la période d'étude. La seule bonne récolte n'a pu être réalisée qu'à la suite d'un programme complet de carpopovirus alternant, EVO2, 2000, et R 2018 et 2022 a systématiquement conduit à des pertes de récolte estimées à 70 - 80%.

Les perspectives de poursuite de ce premier travail, original sur le plan international, sont de 2 types :

- Exploration de la variabilité génétique du pommier. Il est possible que certains cultivars de pommier soient plus adaptés que d'autres à l'ombre. Des expérimentations futures devraient donc être cultivars. Nous préconisons des porte-greffes de vigueur égale ou supérieure au G202 expérimenté ici. Pour ce qui concerne le choix du cultivar, il serait nécessaire de poursuivre cette expérience peu demandeur de rayonnement lumineux tout au moins pour la bonne coloration et maturation du fruit (ex. 'Granny Smith' serait donc un bon candidat à tester dans cette optique), ou à diminuer le temps d'ombrage sur le fruit (ex. cultivars à récolte estivale).

- Exploration de la diversité spécifique et de la variabilité génétique de l'arbre d'ombrage et de la conduite de ces arbres. Dans notre cas, si la question posée par le noyer à bois est celui de la croissance ces plantes associées sont souvent mentionnés mais sans résultats probants de façon générale (cf Zubay et al, 2021, par exemple) le décalage temporel entre la floraison du po conditions) et du noyer (environ un mois plus tard) permet une floraison et une nouaison de même qualité que celles des pommiers témoins. D'autres espèces à frondaison plus poreuse e expérimentées. Par ailleurs, dans le cadre de notre expérimentation, nous n'avons que peu taillé les noyers à bois. Une taille modérée maintenant un ombrage identique au cours des années c toute expérimentation future.

- Design temporel et spatial du dispositif de pommier en agroforesterie : une complantation de noyer et pommier serait à expérimenter, permettant au pommier de se développer au maximum premières années, avec un arrachage des pommiers dès que leur production décline de façon excessive. Si, comme attendu, la modalité de pommiers sur les rangs de noyers (AFR) réduit de montrons l'intérêt potentiel de la modalité AFIR (pommier dans l'inter-rang des noyers). Pour cette modalité, une distance plus importante des rangs de pommiers par rapport aux rangs de n l'ombrage nécessaire à la culture du pommier en contexte méditerranéen en limitant un excès d'ombrage préjudiciable à la croissance et à la fructification du pommier.

## Références et mémoires d'étude ▲

Références citées :

- Lauri PÉ, Douard S, Chappot de la Chanonie J, Normand F. 2022. Biodiversified agrosystems: do we need more knowledge on plant architecture and functioning? The case of fruit trees. *Acta Horticulturae* 1281: 307-321.
- Lauri PÉ, Gautier A. 2024. *Apple trees in agroforestry - Investigating the plasticity of vegetative and reproductive traits*. *Scientia Horticulturae* (In press).
- Lauri PÉ, Pitchers B, Dufour L, Simon S. 2020. Apple farming systems - Current initiatives and some prospective views on how to improve sustainability. *Acta Horticulturae* 1281: 307-321.
- Lauri PÉ, Pitchers B, Simon S. 2022. Designing a sustainable orchard - Plant diversity as a key and ways to implement it. *Acta Horticulturae* 1346: 19-26.
- Marie Gosme, Lydie Dufour, Hector Daniel Inureta Aguirre, Christian Dupraz. Microclimatic effect of agroforestry on diurnal temperature cycle. 3. *European Agroforestry Conference (EURA) Agronomie (INRA) UMR Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens (1230)*. May 2016. Montpellier, France. 466 p. (hal-02744212)
- Pitchers B, Do F, Lauri PÉ. 2019. A neighbourhood analysis to characterise competition in a multi-strata agroforestry system of timber and fruit tree. In Dupraz, C., Gosme, M., Lawson, G. (Eds) *Congress on Agroforestry: strengthening links between science, society and policy*. Montpellier, France, 20-23 May 2019. CIRAD, INRA, World Agroforestry. 933 pages. P840.
- Pitchers B, Do FC, Pradal C, Dufour L, Lauri PÉ. 2021. Apple tree adaptation to shade in agroforestry - An architectural approach. *American Journal of Botany* 108(5): 732-743.
- Pitchers B, Dufour L, Lauri PÉ. 2020. Growing AgroForestry systems with Apple in Montpellier-Mediterranean - Preliminary results on the influence of adult walnut trees on growth and branch architecture. *Acta Horticulturae* 1281: 323-330.
- Ricard JM, Lauri PÉ, Michaud M, Alaphilippe A, Borne S, Penvern S, Dufils A, Simon S. 2022. Co-design of agroecological temperate fruit tree systems in France: the ALTO project. *Acta Horticulturae* 1346: 19-26.
- Zubay P, Kunzelmann J, Itzès A, Zamborinè EN, Szabó K. 2021. Allelopathic effects of leachates of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and *juglone* on germination of temperate zone *Quercus* spp. *Agroforestry Systems*. 95, 431-442.

Mémoires d'étudiants (voir dans les 'Production associées', en bas de page) :

- Anna Gautier. 2023. *Le pommier en agroforesterie : analyse des composantes du rendement*. Mémoire de fin d'étude. ISARA.
- Valentine Kuhn. 2022. *LE POMMIER EN AGROFORESTERIE - Une évaluation agronomique par les composantes du rendement*. Master 2 Agrosociétés, Environnement, Territoires, Paysages. Université Paris-Saclay, AgroParisTech.
- Hermine Sarthou. 2022. *Régulations biologiques en verger agroforestier - Suivi du potentiel de régulation et des dynamiques de bio-agresseurs et d'auxiliaires*. Mémoire de fin d'étude. Ingt Toulouse.
- Marie Dohen. 2021. *Le pommier en agroforesterie - Bioagresseurs et auxiliaires*. Mémoire de fin d'étude. ESA, Angers.
- Paul Masquin. 2020. *Le pommier en agroforesterie : Dynamique des ravageurs et de leurs ennemis naturels*. Mémoire de fin d'étude. ESA, Angers.
- Pierre Dul. 2019. *Le pommier en agroforesterie - analyse du climat lumineux à partir de scènes 3D acquises par LIDAR terrestre et relations avec le développement du pommier*. M2-Ingénieur.
- Camille Perseval. 2019. *Le pommier en agroforesterie - analyse des bioagresseurs et de leurs ennemis naturels et propositions d'aménagements agroécologiques*. M2-Ingénieur Agrocampus.
- Martin Garau. 2018. *Le pommier en agroforesterie - Couplage entre flux xylémiques et établissement de l'architecture aérienne*. M2-Ingénieur ISA, Lille-ISARA Lyon.
- Benjamin Pitchers. 2017. *Apple tree growth and ramification in an agroforestry system*. Stage de M2-ingénieur agronome, Montpellier SupAgro, spécialité Production Végétale Durable.



## Productions associées à ce système de culture

---



[Thèse\\_ARCHITECTURE AND FRUITING OF APPLE TREE IN AGROFORESTRY\\_by BENJAMIN PTICHERS.pdf](#)



[Mémoire\\_REGULATIONS BIOLOGIQUES EN VERGER AGROFORESTIER\\_by HERMINE SARTHOU.pdf](#)



[Mémoire\\_POMMIERS EN SYSTEME AGROFORESTIER, ARCHITECTURE, PHENOLOGIE ET FLUX DE SEVE\\_by MARTIN GARAUX.pdf](#)



[Mémoire\\_PEST INCIDENCE AND BIOLOGICAL REGULATIONS IN AN APPLE TREE-BASED AGROFORESTRY SYSTEM\\_by CAMILLE PERSEVAL.pdf](#)



[Mémoire\\_LE POMMIER EN AGROFORESTERIE, ANALYSE DU CLIMAT LUMINEUX A PARTIR DE SCENES LIDAR-T ET RELATION AVEC LE DEVELOPPEMENT DU POMMIER\\_by PIERRE DUL.pdf](#)



[Mémoire\\_LE POMMIER EN AGROFORESTERIE - DYNAMIQUE DES RAVAGEURS ET DE LEURS ENNEMIS NATURELS\\_by PAUL MASQUIN.pdf](#)



[Mémoire\\_ETUDE DES DYNAMIQUES ANNUELLES DES BIOAGRESSEURS ET DE LEURS ENNEMIS NATURELS EN VERGER \[...\]\\_by MARION DOHEN.pdf](#)



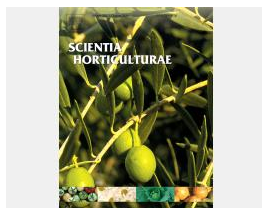
[Mémoire\\_POMMIERS EN AGROFORESTERIE. ANALYSE DES COMPOSANTES DU RENDEMENT\\_by ANNA GAUTIER.pdf](#)



[Mémoire\\_LE POMMIER EN AGROFORESTERIE. UNE EVALUATION AGRONOMIQUE PAR LES COMPOSANTES DU RENDEMENT\\_by VALENTINE KUHN.pdf](#)



[Mémoire\\_APPLE TREE GROWTH AND RAMIFICATION IN AN AGROFORESTRY SYSTEM\\_by BENJAMIN PTICHERS.pdf](#)



[Recherche Apple trees in agroforestry – Investigating the plasticity of vegetative and reproductive traits PE Lauri\\_A Gautier.pdf](#)

#### Contact



**Pierre-Eric LAURI**

Pilote d'expérimentation - INRAE

✉ [pierre-eric.lauri@inrae.fr](mailto:pierre-eric.lauri@inrae.fr)