



innovations agronomiques

n°109 / Janvier 2026

Ce numéro fait suite au carrefour de l'innovation agronomique dédié aux résultats des projets **DEPHY EXPE 2 - Des systèmes utilisant les pesticides en ultime recours : résultats et enseignements de 6 ans d'expérimentations** le 13 mars 2025 co-organisé par INRAE, Agreenium, la cellule d'Animation Nationale du réseau DEPHY Ecophyto et le lycée agricole du Valentin.

Sont présentés les résultats des projets DEPHY EXPE 2 arrivant à leur terme en décembre 2024 pour diffuser les connaissances des principaux enseignements de ces essais « systèmes » qui ont éprouvé pendant 6 ans des combinaisons de leviers alternatifs à la lutte chimique pour maîtriser les bioagresseurs des cultures : diversification de l'agroécosystème, méthodes de contrôle biologique, choix de matériel végétal, stratégie d'évitement, prophylaxie... Les modalités de mises en œuvre des alternatives testées, leurs conditions de réussite et de diffusion et leurs impacts sur les performances techniques, économiques et environnementales de systèmes ont été discutées.



/// Crédits photos : Louise MALOT • Matthieu HIRSCHY • CABIOSOL





Innovations Agronomiques

Volume 109 – Janvier 2026

Dephy Expe 2

Ce numéro fait suite au carrefour de l'innovation agronomique dédié aux résultats des projets DEPHY EXPE 2 - Des systèmes utilisant les pesticides en ultime recours : résultats et enseignements de 6 ans d'expérimentations le 13 mars 2025 co-organisé par INRAE, Agreeum, la cellule d'Animation Nationale du réseau DEPHY Ecophyto et le lycée agricole du Valentin. Sont présentés, les résultats des projets DEPHY EXPE 2 arrivant à leur terme en décembre 2024 pour diffuser les connaissances des principaux enseignements de ces essais « systèmes » qui ont éprouvé pendant 6 ans des combinaisons de leviers alternatifs à la lutte chimique pour maîtriser les bioagresseurs des cultures : diversification de l'agroécosystème, méthodes de contrôle biologique, choix de matériel végétal, stratégie d'évitement, prophylaxie... Les modalités de mises en œuvre des alternatives testées, leurs conditions de réussite et de diffusion et leurs impacts sur les performances techniques, économiques et environnementales de systèmes ont été discutées.

Directeur de la publication : Philippe Mauguin, Président directeur Général INRAE

Rédaction en chef : Christian Huyghe, Chargé de mission à la Direction Scientifique Agriculture INRAE, et Isabelle Litrico, Directrice Scientifique Agriculture INRAE

Coordination éditoriale : Aurélie Gaugury, Responsable des Carrefours de l'Innovation INRAE

Comité scientifique : Claire Rogel-Gaillard, Sophie Thoyer et Christian Lannou, Directrices et directeur scientifiques Agriculture adjoints ; Sophie Nicklaus, Directrice scientifique Alimentation et bioéconomie adjointe ; Alban Thomas et Pierre Renault, Directeurs scientifiques Environnement adjoints, INRAE ; Nathalie Munier-Jolain, Directrice générale déléguée à la science et à l'innovation adjointe, INRAE ; Isabelle Pion, Chargée de mission agroécologie et transition des systèmes agricoles, Direction de l'Appui aux Politiques Publiques, INRAE ; Marianne Sellam, Directrice scientifique et technique, ACTA, Luc Mounier, Enseignant-chercheur, VetAgro Sup ; Nicolas Brault, Directeur adjoint de l'unité de recherche Interact, Institut Polytechnique UniLaSalle ; Alessia Lefébure, Directrice, Sciences Po Aix.

Coordination scientifique du numéro : Virginie Brun, Chambres d'agriculture France ; Jordan Le Bars, Chambres d'agriculture France ; Matthieu Hirschy, ACTA ; Emeric Emonet, ACTA ; Romario Jacques, ACTA ; Louise Malot, ACTA

Initiée en 2007, la revue de transfert Innovations agronomiques a pour ambition de diffuser les savoirs et de favoriser les échanges entre les acteurs de la recherche et les professionnels de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement, et de faciliter leur appropriation par les acteurs de la chaîne de valeur agri-alimentaire (professionnels du secteur, chercheurs, conseillers, R&D, agriculteurs, enseignants et apprenants, décideurs publics, société civile, etc.). Elle complète la démarche générale de transfert des Carrefours de l'Innovation INRAE (<https://ciag.hub.inrae.fr/>) qui réunissent ces acteurs impliqués dans les travaux au cœur des défis mondiaux et sociétaux de notre siècle : production et performance économique, santé, changement climatique, raréfaction des ressources non renouvelables, préservation de la biodiversité, des ressources naturelles et de l'environnement, qualité de vie et des emplois...

La revue est une propriété d'INRAE, intégralement financée sur des fonds publics.

Revue en accès libre diamant, publiée par INRAE. Les articles sont relus et validés par des experts scientifiques et opérationnels.



Site de la revue : <https://ciag.hub.inrae.fr/revue-innovations-agronomiques>

Contact : innovations-agronomiques@inrae.fr

Adresse : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement – 147 rue de l'Université – 75338 Paris Cedex 07

ISSN : 1958-5853 (édition électronique)

ISBN (PDF) : 978-2-7380-1491-7

ISBN (ePub) : 978-2-7380-1492-4

DOI : <https://doi.org/10.17180/innovagro-2026-vol109>

Pour citer ce numéro : Collectif. Innovations Agronomiques. Dephy Expe 2, 2026, 109.
<https://doi.org/10.17180/innovagro-2026-vol109>

Photo de couverture : Louise MALOT, Matthieu HIRSCHY, CABIOSOL

Licence : CC BY-NC-ND 4.0



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations agronomiques* et son DOI, la date de publication.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE

Sommaire

Chloé GASPARI, François WARLOP, Maxime JACQUOT, Mathilde VEIS BARCELLI, Jeanne DELHOMMEL, Julia FREZEL, Julien RONZON & Maxime CATALOGNA, 2026 - **Évaluation de la Multi-Performance en Systèmes Agroforestiers de type verger-maraîcher.**
Innovations Agronomiques 109, 1-14
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art01>

Kevin MOREL, Suzanne PELOIS, Andrea ADAMKO-SEVESTRE, Victoire BARILLET & Clémentine FAYOL, 2026 - **Concilier fertilité, autonomie et travail en maraîchage biologique : expérimentation de systèmes de cultures innovants - projet PERSYST.**
Innovations Agronomiques 109, 15-29
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art02>

Lisa FOLTON, Nathalie CORROYER, Bruno CORROYER & Jean-Louis BENASSI, 2026 - **SYDRA : conception et évaluation de systèmes de culture cidricoles agroécologiques.**
Innovations Agronomiques 109, 30-43
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art03>



Bruno PARIS, Roxane CALVAIRE, Léo KERAUDREN, Emilie MAUGIN, Doïna NJIKE, Jacques FILLÂTRE, Isabelle CABEU, Sophie DESCAMPS, Laurent CAMBOURNAC, Solène HENRY, Amandine RUBIN, Bastien FASSI, Elysa FILLALI-AICART, Stephen AMBROGIO & Fabien ROBERT, 2026 - **2.ZERHO : Des combinaisons de leviers et un outil numérique en horticulture pour approcher le**

pilotage	en	zéro	pesticide.
Innovations	Agronomiques	109,	44-57

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art04>

Julien CHETTY, Marion SCHWARTZ, Mathias CHRISTINA & Alizé MANSUY, 2026 - **Réduire les herbicides en cultures de canne à sucre, à quel prix.**

Innovations	Agronomiques	109,	58-71
-------------	--------------	------	-------

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art05>

Laurent BRUN, Christophe CHAMET, Freddy COMBE, Myriam CODINI, Florence FEVRIER, Amandine FLEURY, Valérie GALLIA, Maëlle GUIRAUD, Eric HOLSTALNOU, Capucine JORANT, Marion MICHAUD, Alexandre PERRIN, Claude-Eric PARVEAUD & Julie POISSY, 2026 - **MIRAD - Maîtrise des Intrants et des Résidus phytosanitaires pour des vergers d'Abricotiers Durables.**

Innovations	Agronomiques	109,	72-84
-------------	--------------	------	-------

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art06>

Marie-Laure GREIL, Marie-Hélène RAMES, Rémi SEGARD, Vincent VALLEJO, Malick SOW, Elisa D'ALIBERT, Olivier BEGUE, Quentin HOFFMANN & Dominique MONTY, 2026 - **Favoriser une régulation naturelle des bio-agresseurs par la diversification et multiplication des habitats en vergers de prunier.**

Innovations	Agronomiques	109,	85-97
-------------	--------------	------	-------

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art07>

Enguerrand BUREL, Ambrogio COSTANZO, Alexandre TRICHEUR, Anne-Laure DE CORDOUE, Loïc VIGUIER, Florence LETAILLER, Aloïs ARTAUX, Jean CHAMPION, Clément BARDON, Aurélien DUPONT, Eve-Anna SANNER, Delphine BARBERIS, Clémence ISAC & Florian CELETTE, 2026 - **Made in AB – Maîtrise des ADvEntices en AB.**

Innovations	Agronomiques	109,	98-112
-------------	--------------	------	--------

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art08>

Jérôme LAMBION, Pierre LASNE & Anthony GINEZ avec la collaboration de : Marine BRUNO, Aurélie FERRER, Valérie FONTAINE, Benjamin GARD, Emilien GENETIER, Camille GIRAUDET, Danny LEBRETON & Inès MAHE, 2026 - **Contribution des aménagements agroécologiques à la régulation des ravageurs en cultures maraîchères sous abri : Projet DEPHY COSYNUS 2019-2024.**

Innovations	Agronomiques	109,	113-125
-------------	--------------	------	---------

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art09>

Metty TREBEAU, Dominique BARRY-ETIENNE, Myriam DUCHEMIN, Azimé YOL & Patricia LACLAU, 2026 - **Diversité des Champignons Mycorhiziens à Arbuscules (CMA) dans les sols de Martinique dans un contexte de modèle du jardin créole antillais.**

Innovations	Agronomiques	109,	126-138
-------------	--------------	------	---------

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art10>

Jay Ram LAMICHHANE & Véronique LAUDINOT, 2026 - **Evaluation des risques liés à l'utilisation de semences non traitées sur le rendement et la qualité grainière du blé tendre d'hiver.**

Innovations	Agronomiques	109,	139-150
-------------	--------------	------	---------

<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art11>

Sophie MAILLANT, Clément MUNIER & Nathael LECLECH avec la collaboration de : Camille CHAUVIN, Sarah GUILLOCHEAU, Battle KARIMI, Latounde MOYEDE & Marie-Noëlle PONS, 2026 - **Impacts de systèmes sobres en produits phytosanitaires sur la biologie du sol.**



Innovations Agronomiques 109, 151-164
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art12>

Emilie CASTEIL, Laëtitia BRIACHE, Corentin CHATEAU, Olivier FAVARON, Gwénaëlle LE BIHAN, Ludivine QUINET, Franck VIAL & Vincent FALOYA, 2026 - **Systèmes de culture agroécologiques légumiers incluant la carotte, économiquement viables et économes en produits phytosanitaires.**

Innovations Agronomiques 109, 165-176
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art13>

Bruno POTTIEZ, Samuel ALEXANDRE, Stéphane HERVIEU, Maxime DERBECOURT, Marie BERNARD, Sandrine OSTE, Olivier BARLET, Olivier LEY, Hélène BAUDET, Maryline MAGNIN-ROBERT, Rémi PLATEL, Brice LOUVEL & Ali SIAH, 2026 - **Minimisation de l'utilisation des pesticides en systèmes de grandes cultures et cultures légumières en Hauts-de-France.**

Innovations Agronomiques 109, 177-187
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art14>

Xavier BURGUN, Marion LE BOT, Caroline GOUTTESOULARD, Guillaume DELANOUE, Marc VERGNES, Lionel LEY Olivier KEICHINGER & Marie THIOLLET-SCHOLTUS, 2026 - **Le projet BEE, une démarche de protection agroécologique de la vigne pour intégrer le biocontrôle.**

Innovations Agronomiques 109, 188-200
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art15>

Christophe GAVIGLIO, 2026 - **Le projet NextGenViti un laboratoire pour des solutions innovantes, les apports de la robotique et de la pulvérisation fixe pour la réduction des pesticides en viticulture.**

Innovations Agronomiques 109, 201-212
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art16>

Violette AURELLE, Olivier BONNARD, Yohan CHARBONNIER, Cyril CONDOMINES, Thomas COSTES, Brice GIFFARD, Louis GROSS, Benjamin JOUBARD, Gaëtane LE PROVOST, Nicolas MOKUENKO, Océane RICAU, Sylvie RICHART CERVERA, Adrien RUSCH, Alex STEMMELEN & Pauline TOLLE, 2026 - **Diversifier les paysages viticoles à travers les pratiques agricoles et les habitats semi-naturels pour préserver la biodiversité.**

Innovations Agronomiques 109, 213-222
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art17>

Pierre SCHNEIDER, Louise MALOT, Romario JACQUES, Matthieu HIRSCHY, François BRUN & Emeric EMONET, 2026 - **Dispositif DEPHY EXPE 2 : un jeu de données sur les performances et les leviers agroécologiques de 120 systèmes de culture utilisant les produits phytopharmaceutiques en ultime recours.**

Innovations Agronomiques 109, 223-236
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art18>

Pierre SCHNEIDER, Matthieu HIRSCHY, Romario JACQUES, Louise MALOT & Emeric EMONET, 2026 - **Synthèse du dispositif DEPHY EXPE 2 : proposition méthodologique pour réaliser une synthèse transversale**

Innovations Agronomiques 109, 237-247
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art19>

Pierre SCHNEIDER, Matthieu HIRSCHY, François BRUN, Romario JACQUES, Louise MALOT & Emeric EMONET, 2026 - **DEPHY EXPE 2 : analyse transversale des performances de systèmes de cultures économes en produits phytopharmaceutiques**

Innovations Agronomiques 109, 248-262
<https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art20>



Évaluation de la Multi-Performance en Systèmes Agroforestiers de type verger-maraîcher

Chloé GASPARI¹, François WARLOP¹, Maxime JACQUOT¹, Mathilde VEIS BARCELLI¹,
Jeanne DELHOMMEL², Julia FREZEL³, Julien RONZON³, Maxime CATALOGNA³

¹ GRAB, BP 11283 - 84911 Avignon cedex 9, France

² Bio de Provence, 885 chemin de la forêt - 84140 Avignon, France

³ Ferme de la Durette, chemin des Semailles - 84140 Avignon, France

Correspondance : chloe.gaspari@grab.fr

DOI : <https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art01>

Résumé

Le projet EMPUSA a permis de poursuivre l'évaluation multi-critères (durabilité agronomique, économique, environnementale) de la ferme-pilote de la Durette installée dans le Vaucluse depuis 2013. De nombreux indicateurs ont été mobilisés, outre l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT), depuis 2016 pour caractériser les performances du système agroforestier implanté, associant fruitiers et légumes diversifiés (verger-maraîcher). Ces suivis montrent une réduction effective des IFT en arboriculture et en maraîchage, objectif premier du programme Ecophyto, qui s'accompagne de réductions variables des rendements selon les cultures concernées. Le résultat économique honorable est rendu possible par une gestion de la diversité cultivée au sein d'un collectif de travail. Des suivis fins de la régulation naturelle des ravageurs montrent par ailleurs un effet intermittent positif de l'agroforesterie.

Mots-clés : agroécologie, agroforesterie, services écosystémiques, multi-performance, verger-maraîcher

Abstract: Multi-performance assessment on Durette farm - Results from Empusa project

The EMPUSA project has enabled the multi-criteria assessment (agronomic, economic and environmental sustainability) of the Durette pilot farm set up in the Vaucluse (southern France) since 2013. In addition to the IFT index (related to pesticide use), numerous indicators have been used since 2016 to characterise the performance of the agroforestry system planted, combining fruit trees and diversified vegetables. The monitoring shows an effective reduction in IFTs in fruit trees and market gardening, the primary objective of the Ecophyto programme, accompanied by variable reductions in yields depending on the crops concerned. The honourable economic result is made possible by managing the diversity of crops as part of a working group. Careful monitoring of natural pest control also shows that agroforestry has a positive intermittent effect.

Keywords: agroecology, agroforestry, ecosystemic services, multi-performance, market gardening

1. Introduction

La diversification des systèmes cultivés est désormais reconnue comme un levier majeur de l'agroécologie, pour conférer plus de résilience au système et à l'exploitation agricole (Vialatte et al., 2022). Elle s'accompagne de contraintes d'ordre agronomique, ergonomique (design), ainsi que socio-économiques (compétences diversifiées, temps de travail et compromis...).



En maraîchage diversifié, un nombre croissant d'installations adopte le modèle du verger-maraîcher. Cette orientation permet notamment de valoriser un foncier souvent limité — 50 % des nouveaux installés ne disposent pas de terres propres (Warlop et al., 2017). Elle offre également la possibilité d'élargir la gamme de produits proposés sur les étals et de tirer parti des nombreux services écosystémiques rendus par les arbres présents dans les parcelles : protection contre le vent, création d'ombrage, apport de matière organique, et augmentation de la biodiversité.

De nombreux vergers-maraîchers, installés depuis 15 ans, ont été suivis au sein de plusieurs projets afin de capitaliser sur les pratiques (projets SMART, PEI SAM, Arbratouille, ALMANAC...), les enseignements, et de produire des références.

Parallèlement, deux systèmes ont été co-conçus dans le cadre du projet Dephy Expé VERTiCAL (2012-2018)¹, un sur la plateforme TAB (Drôme), et un sur la **ferme pilote de la Durette** (Vaucluse). Ce dernier a été conçu afin d'**évaluer l'effet de la diversification sur la pression des bioagresseurs et l'IFT**, ainsi que la **possibilité pour des agriculteurs, de vivre des revenus tirés d'un système si diversifié**.

Dans la continuité du projet VERTiCAL (2012–2018), le projet EMPUSA vise à expérimenter des systèmes agroforestiers pluristratifiés, associant des espèces fruitières et des cultures annuelles, conduits en contexte climatique méditerranéen et en agriculture biologique (AB). Ce premier projet avait mis en évidence une diminution marquée de l'IFT par rapport aux références Agreste, 2018 (1,3 IFT pour la pêche) sur la ferme pilote de la Durette (Castel et al., 2019), mais le système alors jeune n'avait pas permis de conclure à une efficacité économique du système. L'objectif principal d'EMPUSA est d'évaluer les performances de ce verger-maraîcher en phase de début de maturité du système avec d'une part l'entrée en production des fruitiers et d'autre part l'installation sur la ferme des agriculteurs. La dimension socio-économique conditionne la performance du système et sera ici traitée simultanément aux performances agronomiques et environnementales. Parallèlement, une expérimentation a été menée pour évaluer la régulation naturelle des ravageurs.

2. Contexte et objectifs

2.1. La ferme pilote de la Durette : un système de culture et d'expérimentation

Ce site original est une ferme à part entière sur laquelle les agriculteurs font partie du système évalué. Il a été lancé en 2010 par le Grab qui a géré les plantations des arbres fruitiers et assuré les investissements de départ. Le foncier a ensuite été sécurisé par Terre de Liens en 2018.

La dimension humaine et socio-économique est centrale et incontournable pour juger de la pertinence de ce système innovant. Elle permet en effet de mieux appréhender la possibilité pour des producteurs de conduire un système si diversifié, d'en dégager les conditions de réussite, et de rendre compte des forces et des limites du système tel qu'il a été conçu.

De 2016 à mi-2020, deux agriculteurs étaient installés sous le statut juridique de couveuse d'entreprise. Cette phase a permis la prise en main du système de production, la création d'outils pour la conduite des cultures, et l'élaboration d'itinéraires techniques adaptés. En 2020, ils se sont constitués en Groupement Agricole d'Exploitation en Commun (GAEC). Une troisième exploitante les a rejoints en 2022, suivie d'une quatrième en milieu d'année 2024.

Chaque exploitant est responsable d'un atelier spécifique au sein de la ferme, ce qui a notamment permis de rendre l'atelier arboriculture plus productif, mais tous interviennent sur la production

¹ <https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-vertical>

maraîchère. Les ateliers maraîchage et arboriculture reposent sur des rythmes de travail différents, et l'arbitrage est souvent orienté pour répondre aux exigences des cultures maraîchères (Thèse R. Paut.).

2.2. Caractéristiques de la ferme pilote de la Durette

La Durette est une ferme agroforestière² située dans la zone péri-urbaine d'Avignon et valorise en circuits courts ses fruits et légumes. Sur une surface de 4,6 ha, ce système comporte 0,95 ha d'infrastructures agroécologiques (IAE) intégrant des haies diversifiées ou mono-espèce, une mare, et des zones refuges pour les animaux (renards, mustélidés, amphibiens, reptiles), 0,39 ha de tunnel dédié au maraîchage, et 2,44 ha de verger-maraîcher associant des doubles rangs d'arbres fruitiers et des bandes maraîchères. Les 0,82 ha restants constituent le réseau de tournières naturellement enherbé de la ferme. Les premiers arbres ont été plantés en 2014.

La partie verger comporte les 6 grandes espèces rosacées (prune, pêche, abricot, cerise, poire, pomme) plantés sur 4 parcelles. Les doubles rangs de fruitiers sont espacés de 6 m, et les espaces entre arbres varient de 5 m pour les fruits à pépins à 6 m pour les fruits à noyaux. Une bande de 2 m est préservée de part et d'autre du rang d'arbre, dédiant une largeur de 10 m à chaque double rang de fruitier. Afin de perturber le déplacement et l'installation des bioagresseurs, les rangs de fruits à pépin sont en alternance avec des fruits à noyaux. Sur 36 rangs de fruitiers, on compte 32 variétés qui s'échelonnent pour proposer des fruits sur l'ensemble de l'année. L'espace dédié au maraîchage est également large de 10 m, permettant l'installation de 6 planches cultivables.

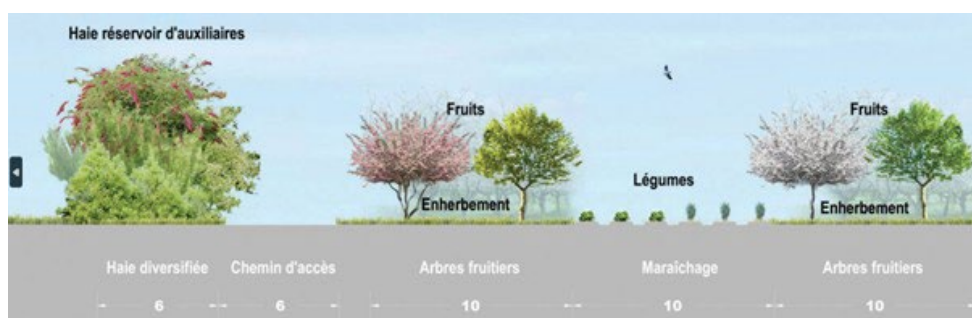


Schéma 1 : Coupe transversale du verger-maraîcher de la ferme pilote de la Durette

2.3. Leviers agroécologiques mobilisés

L'objectif général est de proposer un système de rupture associant des innovations techniques et des pratiques plus traditionnelles, afin de leur conférer une résilience optimale et de réduire à minima les intrants phytosanitaires. Un des principaux services attendus porte sur la meilleure régulation naturelle des ravageurs par un meilleur équilibre écologique des systèmes.

Pour répondre à ces objectifs, de nombreux leviers ont été mobilisés. Ils concernent l'organisation paysagère, des stratégies d'actions sur les populations initiales, d'évitement, d'atténuation, ou encore des solutions de rattrapages (Grab, 2018). Parmi les leviers testés, la vente en circuits courts est centrale. Ce levier concerne l'écosystème « ferme » et permet, en améliorant la rémunération du producteur, d'optimiser la valorisation des productions.

3. Matériel & méthode

Dans la continuité du projet Vertical, un jeu d'indicateurs a été mobilisé pour suivre la multi-performance du système Durette dans ses différentes composantes.

² www.grab.fr/durette



3.1. Évaluation des performances socio-économiques

Différents indicateurs (Tableau 1) permettent de dresser un état des lieux de la performance socio-économique du système. Ils sont comparés aux références produites par le Casdar MMBio (2019-2023)

Tableau 1 : Variables mesurées pour les indicateurs économiques et socio-techniques

Variable mesurée	Source	Indicateurs calculés	Méthode de calcul
Viabilité économique	Bilans comptables	Rémunération des producteurs	Bilan comptable
		Charges pour 1000 m ²	Type de charge / surface développée ramené à 1000m ²
		Produits pour 1000 m ²	Produits par ateliers / surface développée ramené à 1000m ²
		Chiffre d'affaires / UTH	
		Chiffres d'affaires / atelier de production	
Optimisation du système	Rendements commercialisés	Tonnage annuel / culture / atelier	Conversion en poids des productions vendues à l'unité (ex : salade) et addition des rendements
Qualité de la récolte	Enquête clients	Note d'appréciation	Moyenne
Risque financier du système	Fichier de vente	Répartition du risque économique	Chiffre d'affaires des productions principales (> à 5 % du CA)
		Vulnérabilité commerciale	Représentativité du client principal (en %) du CA total
Charge de travail	Temps de travaux annuels	Temps de travail hebdomadaire	
		Nombre de semaine de plus de 50 h	
		Nombre de semaine de vacances	

3.2. Évaluation des performances agronomiques

Des indicateurs permettent d'évaluer la performance agronomique de la ferme (Tableau 2)

Tableau 2 : Variables mesurées pour les indicateurs agronomiques

Variable mesurée	Source	Indicateurs calculés	Méthode de calcul
Maîtrise des bioagresseurs	Observations terrain et retours producteurs	Pression des bioagresseurs de l'atelier arboriculture	Moyennes / variétés / an
	Rendements commercialisés	Tonnage annuel / culture	Conversion en poids de certaines productions vendues à l'unité en poids (ex : salade) et addition des rendements
	Agenda de traitements	IFT des ateliers fruits et légumes	Dose appliquée / dose homologuée x surface traitée / surface de la parcelle



Compte tenu des objectifs précédemment cités, le système ne possède pas de témoin. Les références à dire d'experts qui permettent de situer les résultats de la ferme de la Durette sont détaillés, Tableau 3.

Tableau 3 : Références témoins utilisées pour comparer le système de la Durette

Type de référence	Espèce / thématique	Source
Références IFT	Pomme de terre, pomme, abricot, pêche	Réseau de DEPHY Ferme
	Tomate, poireau, melon, chou, carotte, cerise et prune	Enquêtes sur les pratiques culturales, Agreste 2020a
Références rendements de	Pomme, abricot, et pêche	Réseau de DEPHY Ferme
	Carotte, melon, poireau, pomme de terre, tomate	Guide technique ITAB
	Cerise, poire	L'arboriculture fruitière en AB région PACA - Inosys
	Prune	Référentiel technico-économique en filière fruit d'été, Chambre d'Agriculture de Corse

3.3. Évaluation de la régulation naturelle des ravageurs

Dans cette étude, l'objectif est de comparer le service de prédation sur deux types de proies potentielles (leurs de chenilles et œufs d'insectes) dans 4 types de « systèmes » comparés : fruitiers en culture pure (F), légumes en culture pure (L), fruitiers en verger-maraîcher (F-VM) et légumes en verger-maraîcher (L-VM).

Nous émettons deux hypothèses sur ces systèmes cultivés :

- l'association de l'arboriculture fruitière et du maraîchage permet un meilleur service de prédation que lorsque ces types de cultures sont cultivés indépendamment ;
- dans les vergers-maraîchers, il y a des différences dans les services de prédation réalisés pour les deux types de cultures.

L'évaluation du service de prédation a été réalisée dans la région d'Avignon, un réseau de parcelles en agriculture biologique constitué de 4 vergers-maraîchers (dont la ferme pilote de la Durette), 3 vergers en culture pure et 3 parcelles de maraîchage en culture pure.

De 2019 à 2023, 4 à 5 sessions annuelles de mesures ont été organisées, entre avril et juillet. Des cartes de prédation (avec des œufs d'*Ephestia kuehniella*, teigne de la farine) et des chenilles en pâte à modeler ont été exposées respectivement 2 et 7 jours par session. Des proies sentinelles ont été placées à 5 emplacements voisins dans les cultures pures et à 20 emplacements voisins dans le système verger-maraîcher (5 sous les fruitiers et 15 dans les légumes), avec 3 à 5 proies sentinelles par emplacement.

Après exposition, le taux de prédation a été mesuré sur les cartes et les chenilles en pâte à modeler. Et nous avons distingué le type de prédateur ayant laissé des marques sur les chenilles (arthropodes, oiseaux, mammifères ou prédateurs non identifiés).

Plusieurs indicateurs sont calculés pour le service de prédation :



- (i) intensité et fréquence de la prédation sur les œufs sentinelles ;
- (ii) diversité, fréquence et richesse de la prédation sur les chenilles de pâte à modeler.

L'analyse statistique des différences entre les types de systèmes a été réalisée séparément pour chaque indicateur à l'aide de modèles mixtes linéaires tenant compte de l'année et de l'exploitation. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 4.2.2).

3.4. Évaluation des performances environnementales

Cette catégorie regroupe des indicateurs environnementaux, dont la variable estimée est ici les émissions de gaz à effet de serre.

Deux diagnostics ont été effectués sur la Durette entre les années 2019 et 2023 et permettent de situer le caractère vertueux de la ferme dans le paysage agricole.

L'outil Diag. Climat consiste à analyser les émissions annuelles de Gaz à effet de Serre (GES) liées à l'activité de la ferme, et en parallèle le stockage annuel de carbone sur la ferme (ce stockage compense ou non les émissions de GES émises). Ce parallèle entre émissions et stockage permet d'obtenir un bilan annuel net des émissions (le bilan brut ne concerne que les émissions). Les émissions de GES sont exprimées en tonnes équivalent CO₂, et lissent les émissions de méthane, protoxyde d'azote, ammoniac et autres sur une même unité.

L'outil Diag. énergie consiste à analyser les consommations annuelles d'énergie directes (électricité, gaz, carburant) et indirectes (intrants comme les engrais, les phytos, l'aliment des volailles, l'utilisation de plastique, la présence de bâtiments...) d'une ferme.

4. Résultats et discussion

4.1. Performances socio-économiques

4.1.1. Commercialisation :

Des cultures très diversifiées

La ferme produit une large diversité de fruits et légumes et commercialise chaque année entre 32 et 48 cultures (une culture peut rassembler différents types de légumes : exemple les brocolis et les cabus entrent dans la culture choux).

Entre 5 et 8 cultures dépassent 5 % du poids total produit chaque année sur la ferme. La pomme de terre, la tomate, le chou et la carotte apparaissent presque chaque année dans ces cultures. Entre 5 et 8 cultures dépassent 5 % du chiffre d'affaires annuel total de la ferme. La carotte, le haricot, la pomme de terre et la tomate sont représentés chaque année.

Des débouchés très diversifiés

La commercialisation repose principalement sur la vente de paniers hebdomadaires, approvisionnant en moyenne entre 58 et 85 foyers chaque semaine. En 2023, cela a représenté un total de 4 431 paniers, correspondant à 250 clients. Une part des excédents de production est écoulee via des épiceries bio, ce canal de distribution ayant représenté 11 % du chiffre d'affaires total de la ferme en 2023. Le prix moyen du panier semble évoluer en fonction de la diversité des produits proposés à la commercialisation : l'année 2022 a été la plus diversifiée, et le coût moyen du panier plus élevé.

La vente par panier passe par un site en ligne (Socleo³) qui permet de réaliser des commandes. Chaque client est ainsi en mesure de commander selon ses besoins en diversité et en fréquence.

3 Ferme de la Durette - Actualités



L'analyse des prix pratiqués (com. pers. GRAB, 2023) montre que la plupart des légumes sont vendus à un coût plus bas que la moyenne départementale enregistrée pour des maraîchers diversifiés de circuits courts.

En 2023, le principal client issu du réseau d'épicerie biologiques n'a représenté que 3 % du chiffre d'affaires total, proportion similaire à celle du principal client particulier. Entre 2019 et 2023, la clientèle en épicerie oscille entre 7 et 12 clients. Cet indicateur montre la faible dépendance économique de la ferme à un client unique, et témoigne ainsi de sa bonne résilience économique.

4.1.2. Résultats économiques de la ferme

Chaque année, le GAEC emploie un ouvrier saisonnier pour la période de pleine activité, du printemps à l'automne, ainsi qu'un apprenti dont la rémunération est partiellement couverte par des dispositifs d'aide publique. Les charges liées à ce poste sont plus élevées de 37 % par rapport aux références. Les charges opérationnelles enregistrent - 36,7 % de charges. Elles regroupent les dépenses liées au matériel végétal, animal, et aux activités de commercialisation. Les charges spécifiques sont équivalentes entre la Durette et la référence. Elles incluent les frais de gestion, les coûts de mécanisation, et les dépenses liées aux bâtiments fonciers. C'est sur les charges de structure que la ferme fait des économies : - 89,4 % qui s'expliquent par l'auto-adaptation d'outils achetés d'occasion (épandeur, dents Michel, disques), ou l'auto-production de matériel (porte-outil automateur électrique « chtit-bine », lame souleveuse et autre matériel tracté).

En 2021 et 2022, la ferme comprenait un atelier d'élevage de canes pondeuses. Cet atelier a été relancé fin 2024 avec un élevage de poules pondeuses, les œufs de canes n'ayant pas rencontré le succès escompté. La ferme propose, en plus des fruits et légumes, des produits transformés à partir des fruits abîmés (purées, jus), ou des excédents de légumes récoltés en fin d'hiver (soupes). Ces produits d'appels valorisent davantage les paniers.

Les charges et les produits sont inférieurs aux références avec des écarts respectifs de 1 500 € et 2500 € en moyenne. Toutefois, l'exploitation génère un résultat d'exploitation de 2 000 € pour 1 000 m². Il permet la rémunération de trois exploitants à hauteur de 1 328 € par mois, soit 95 % du SMIC.

4.1.3. Temps de travail

Les exploitants cherchent à concilier performance économique et qualité de vie, et les résultats correspondent à leur prévisionnel. Leur charge de travail moyenne correspond aux références et atteint 2 200 heures par an. Ils parviennent à prendre environ quatre semaines de congés par an. En moyenne, 30 semaines par an sont travaillées entre 30 et 45 heures hebdomadaires, et 16 semaines dépassent les 45 heures.

4.1.4. Discussion des résultats

Un système viable et vivable

La diversification du système permet une autonomie commerciale, et constitue un atout pour attirer la clientèle : ils y trouvent des fruits, des légumes, et des œufs. Elle apporte une agilité au système qui en fait sa robustesse : quand un aléa climatique ou technique affecte la productivité d'une culture, les producteurs ont la possibilité de se retourner vers une autre - un gel sur abricot en 2021 a pu par exemple être compensé par des cultures de légumes d'automne.

Un biais méthodologique peut expliquer l'écart de produits de la ferme de la Durette avec la référence : celle-ci est calculée pour une ferme uniquement en maraîchage, avec une partie tunnel et une partie plein champs considéré dans les 1 000m². Les 1 000m² de la ferme de la Durette comprennent des légumes plein champs, de l'arboriculture à faible densité, et des tunnels en faible proportion.

En 2024, la ferme fait vivre 3 personnes à hauteur d'un SMIC pour 42h de travail hebdomadaire et 4 semaines de congés payés, et embauche un ouvrier saisonnier ainsi qu'un apprenti. Ce résultat est en



adéquation avec les projections des producteurs qui cherchent à allier revenu acceptable et qualité de vie. Basés sur la dimension collective du GAEC ils se répartissent la charge mentale, les astreintes, et s'organisent pour alléger les conditions de travail.

Perspectives des producteurs pour améliorer leur résultat

Avec l'arrivée d'une 4ème productrice, le collectif de producteurs s'organise pour dégager des revenus supplémentaires. Il a pour ambition de rester sur les mêmes volumes de production légumière, et de mieux optimiser le verger. Pour améliorer les rendements à la surface, les rangs de fruitiers de densité faible ont été densifiés par la plantation d'un arbre supplémentaire entre chaque arbre déjà en place. L'amélioration de sa conduite devrait également participer à une évolution positive du chiffre d'affaires.

La réduction des charges en maraîchage est la piste privilégiée. D'autres pistes sont envisagées comme miser sur le gain de fertilité lié aux pratiques d'épandage de matière organique et diminuer le recours à la farine de plume, ou mieux réguler le climat sous abris pour réduire le recours à la lutte bio (insectes sur acariens achetés). Les producteurs continuent d'améliorer et d'optimiser leurs itinéraires pour obtenir de meilleurs rendements à surface équivalente sans augmenter le temps de travail.

Le développement de l'atelier poules pondeuses démarré en 2024 devrait générer un chiffre d'affaires supplémentaire de 18 000€ pour 10 000€ de bénéfices.

4.2. Performances agronomiques

4.2.1. Atelier arboriculture

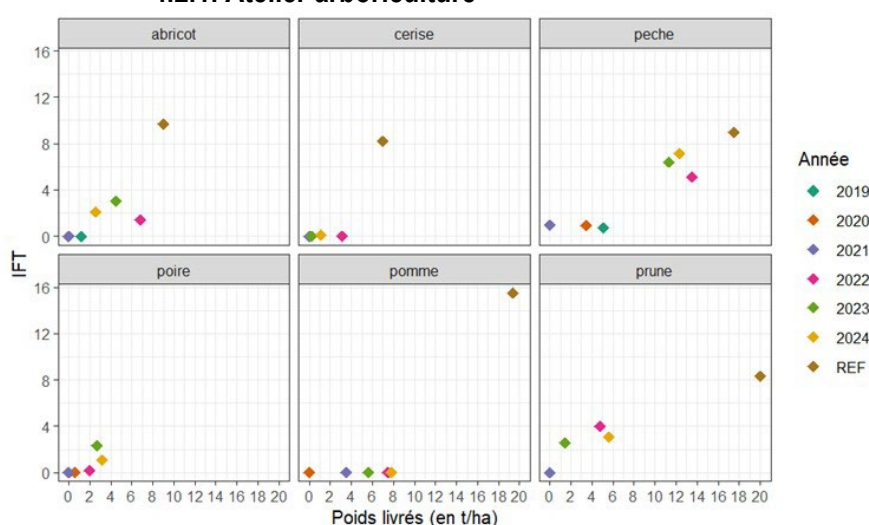


Figure 1 : Rendements (en t/ha) et IFT (en nombre d'interventions tout type de traitement compris) pour les espèces principales de l'atelier arboriculture de la ferme de la Durette.

Une forte réduction d'IFT

Les IFT inscrits sur la figure 1 récapitulent les interventions de biocontrôle et hors

biocontrôle réalisées sur les différentes cultures de l'atelier arboriculture depuis 2019, et les rendements associés. En prenant la moyenne des 3 dernières années, années les plus traitées, nous observons une baisse d'IFT par rapport aux références de 77,43 % en abricot, de 99,57 % en cerise, de 30,73 % en pêche, de 100 % en pomme, et de 63,33 % en prune. Sur poirier, l'hoplocampe constitue le principal ravageur. Concernant le pêcher, la cloque est efficacement maîtrisée à l'aide de bouillie sulfo-calcaïque ; toutefois, la pression exercée par la tordeuse orientale reste problématique, notamment sur les variétés tardives. Pour cette espèce, 17 % des fruits, majoritairement piqués, ont été transformés en 2024. Le monilia sur abricot est actuellement bien contrôlé. La pression de puceron est bien régulée sur la majeure partie des cultures, sauf pour la pêche avec le puceron farineux ou des traitements sont réalisés. La pression de tavelure sur pommier est très faible du fait de la faible densité de plantation. La principale problématique phytosanitaire rencontrée sur la ferme de la Durette concerne le carpocapse, dont la pression demeure élevée malgré l'installation de filets de protection. En 2024, 46 % des fruits ont été orientés vers la transformation, correspondant approximativement à la proportion de fruits piqués.



Des rendements en deçà des standards de production mais satisfaisants en circuit court ?

Le rendement des abricotiers varie avec l'alternance, et les conditions climatiques (notamment le gel). Lors des années favorables (2022), la production a atteint près de 7 t/ha, se rapprochant ainsi de la référence de 9 t/ha. Le rendement des cerisiers demeure faible, un résultat davantage imputable aux conditions de conduite (défaut de pollinisation) qu'à des contraintes sanitaires. La production de pêches semble se stabiliser autour de 12 t/ha, tandis que la référence standard est établie à 16,5 t/ha. Les rendements en poires, prunes et pommes restent globalement bas. Les rendements comptabilisent les fruits piqués envoyés en transformation, aussi l'écart de rendement observé par rapport aux références ne peut être uniquement imputé à la pression des bioagresseurs.

4.2.2. Résultats des observations agronomiques de l'atelier maraîchage

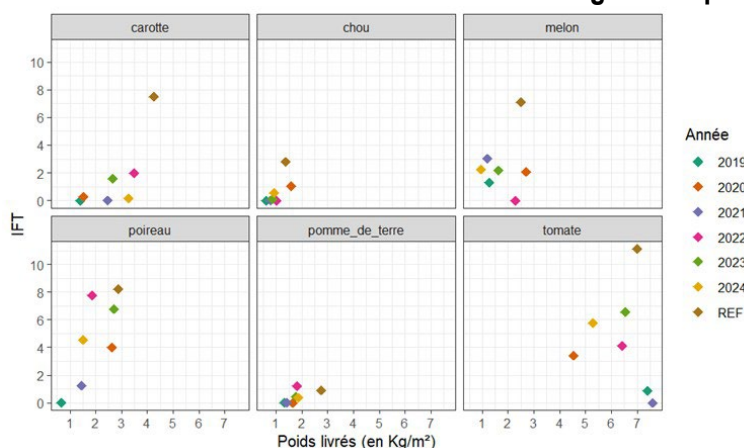


Figure 2 : Rendements (en kg/m²) et IFT (en nombre d'interventions tout type de traitement compris) pour les espèces principales de l'atelier maraîchage plein champ de la ferme de la Durette

Une forte réduction d'IFT

La Figure 2 récapitule les interventions de biocontrôle et hors biocontrôle réalisées sur l'atelier maraîchage, ainsi que les rendements associés depuis 2019. En maraîchage, les interventions ne sont pas systématiques : elles sont déclenchées en fonction de l'évaluation du niveau de pression parasitaire par les producteurs, et donnent une indication sur la pression des bioagresseurs. Figurent sur ce graphique les espèces classiquement traitées. Entre 2019 et 2024, la moyenne des traitements réalisés révèle une réduction d'IFT sur toutes les cultures. - 83,6 % en carotte, - 93,6 % en melon, - 79,3 % en poireau, - 22,3 % en pomme de terre et - 50,7 % en tomate. Sur carotte et melon, l'oïdium constitue la principale problématique sanitaire. Sur chou, la piéride est le ravageur prédominant. Les bioagresseurs majoritairement observés sur poireau sont des lépidoptères. En pomme de terre, les rares traitements recensés ciblent essentiellement le doryphore. Enfin, en tomate, *Tuta absoluta* demeure le bioagresseur le plus difficile à maîtriser.

Des rendements en moyenne en deçà des standards de production

L'analyse des rendements (Figure 2) met en évidence des dynamiques différenciées selon les cultures. En carotte et en poireau, la productivité montre une tendance à l'amélioration, en particulier au cours des trois dernières années, marquées par de meilleurs rendements. En revanche, les rendements du chou et de la pomme de terre demeurent relativement stables d'une année à l'autre, tandis que ceux de la tomate et du melon présentent une variabilité plus marquée entre les années.

En réalisant une moyenne à partir des 3 dernières années de cultures qui représentent davantage les résultats de la ferme, les rendements observés restent inférieurs aux références techniques. Il faut cependant rappeler que les données de la Durette sont exprimées en rendement commercialisé tandis que les références sont exprimées en rendement commercialisable. Dans ce contexte, on observe un écart avec les références de - 26,14 % en carotte, de - 32,67 % en chou, de - 35,14 % en melon, de - 29,5 % en poireau, de - 34 % en pomme de terre, et de - 13 % en tomate.



Des rendements bien valorisés pour des pressions variables de bioagresseurs

La Figure 2 montre également que le nombre d'IFT n'est pas corrélé au rendement. En carotte par exemple, l'année la plus traitée (2022) a donné le meilleur résultat, mais donne en 2024 un rendement quasi similaire à 2022 sans traitement. Les années les plus traitées en melon n'ont pas donné les meilleurs rendements. Par ailleurs, à IFT équivalent, l'année 2020 a été nettement plus productive que l'année 2023. Ces observations sont corroborées par une enquête (com. pers. GRAB, 2024) menée auprès des producteurs, selon laquelle les pertes de rendement dues aux ravageurs sont perçues comme limitées.

4.2.3. Discussion des résultats

Une baisse d'IFT répondant aux attentes

Le recours aux intrants est plus faible que les références en maraîchage et en arboriculture, ce qui valide nos objectifs de réduction initiaux. Cependant, nous ne pouvons pas affirmer que ce taux est dû à une baisse de pression des bioagresseurs. Une forte pression en *Cydia pomonella* et *Drosophila suzukii* a nécessité l'installation de filets sur les fruits à pépins et les cerisiers. La problématique du carpocapse reste majeure dans ce système.

D'autres facteurs peuvent expliquer cette baisse d'IFT comme la vente en circuit court moins exigeante sur la qualité finale des légumes, la possibilité de transformer des fruits et légumes piqués, et la volonté des producteurs de favoriser les régulations naturelles. Nous savons, pour avoir analysé la fidélité de la clientèle de la ferme et l'avoir questionnée (com. pers. enquête GRAB, 2022), que les fruits vendus sont estimés de bonne qualité (82 % des clients sont très satisfaits). L'hypothèse d'une vente de fruits abîmés est donc à exclure.

Une productivité maximisée dans un contexte extensif

L'analyse montre que les rendements sont globalement inférieurs aux rendements de références. Nous savons cependant que le système de références constitue un biais dans notre comparaison (paragraphe 3.2)

L'écart de rendement constaté peut toutefois être en partie expliqué par le système de conduite des cultures. Concernant l'atelier maraîchage, nous constatons (travaux menés dans le projet Almanac) une compétition sur les planches de légumes les plus en proximité avec les rangs de fruitiers. Par ailleurs, la surface développée pouvant atteindre en moyenne 1,8 à 2 rotations dans les références atteint ici 1 à 1,2 rotations : les cultures étant souvent intercalées avec des engrais verts.

Concernant l'atelier arboriculture, la faible densité de plantation peut contribuer à expliquer un rendement inférieur aux références, en accentuant les faibles productions des premières années de culture. Les fruitiers présentent en effet une diminution de densité sur rang de 59 % pour la pêche et la prune, 50 % pour l'abricot, et 70 % pour la pomme et la poire. Une gestion tardive de la vigueur et de la pollinisation, notamment sur cerisier, a pu retarder l'entrée en production. La modification de l'itinéraire technique des pommiers, passant d'une conduite en plein vent à une conduite sous filet, a sans doute des conséquences sur l'efficacité de la conduite des arbres. La conduite de rangs de fruitiers avec une plus grande densité de plantation pourrait permettre d'obtenir plus tôt des rendements significatifs et de conduire les arbres sous forme palissée pour optimiser leur gestion dont la protection par filet. Ce levier densification a d'ailleurs été mis en place à la Durette (paragraphe 4.1.5).

Rappelons qu'il s'agit d'un verger très diversifié (Paragraphe 4.1.1), qui exige plus de maîtrise technique, plus d'opérations étalées dans le temps par rapport à un verger mono-variétal pour lequel sont établies les références disponibles et utilisées ici. C'est par ailleurs un atelier qui est sous le joug de compromis quand le maraîchage, activité économique dominante, mobilise tous les associés.

Des biais méthodologiques peuvent expliquer l'écart de rendement en maraîchage. L'expression de rendements commercialisés à la Durette et de rendement au champ pour la référence est le principal



biais. La pratique des associations de cultures (carotte et radis par exemple) en est un autre : elle double la déclaration des surfaces, biaise le calcul de rendement au m² associé quand dans la réalité la planche est *in fine* bien valorisée. La traçabilité des rendements constitue le dernier biais : pour les séries de légumes qui se chevauchent, nous ne pouvons pas distinguer le rendement provenant des tunnels des rendements provenant du plein champ. Des ratios ont été calculés en fonction des surfaces déclarées sur le logiciel d'assolement (Bringel).

Si les rendements apparaissent plus faibles, il est important de rappeler qu'ils sont maximisés notamment par l'atelier transformation qui permet de valoriser les fruits abîmés, ainsi que les légumes d'automne invendus.

4.3. Évaluation de la régulation naturelle des ravageurs : service de prédation

L'analyse statistique pluriannuelle (Tableau 4) de comparaison des 4 systèmes à faible IFT montre que les vergers maraîchers ne fournissent pas un service de prédation plus élevé que les monocultures. Les analyses effectuées par année (tableau 4) pour l'intensité de prédation des œufs sentinelles montrent quelques preuves d'un avantage de l'agroforesterie : avec en 2020 une prédation plus haute dans les légumes en VM que dans les légumes en culture pure et en 2022 une prédation dans les fruitiers en VM plus haute que dans les fruitiers seuls. Les faibles différences entre systèmes agroforestiers et système de référence en culture pure peuvent s'expliquer par le fait que les vergers et les parcelles de légumes considérés comme cultures pures dans notre étude ont des pratiques très favorables à la régulation naturelle (pas ou très peu de traitements, habitats semi-naturels très présents, etc.)

Tableau 4 : Résumé des analyses statistiques pluriannuelles 2019-2022 (modèles linéaires mixtes) pour 6 indicateurs de service de prédation suivis dans 4 types de système de culture.

Indicateur de prédation	Fruitiers en culture pure				Fruitiers en VM				Légumes en culture pure				Légumes en VM				AIC	R ² du model (R ² du système)
	moy.	±	et	group	moy.	±	et	group	moy.	±	et	group	moy.	±	et	group		
Chenille en pâte à modeler																		
Fréquence	6,07	±	1,65	a	9,22	±	1,61	a	8,17	±	1,68	a	9	±	1,61	a	967	0,43 (0,04)
Intensité par les oiseaux	4,64	±	0,61	ab	3,51	±	0,59	a	6,4	±	0,75	b	5,33	±	0,6	b	1929	0,71 (0,29)
Intensité par les arthropodes	3,62	±	0,83	ab	2,61	±	0,83	a	2,86		0,86	ab	2,83	±	0,83	b	6887	0,97 (0,03)
Richesse	0,91	±	0,38	ab	1,24	±	0,39	a	0,83	±	0,39	ab	0,87	±	0,38	b	916	0,39 (0,02)
Œufs sentinelles																		
Fréquence	0,81	±	0,18	b	0,55	±	0,17	ab	0,52	±	0,17	ab	0,39	±	0,15	a	2047	0,19 (0,02)
Intensité	2,18	±	0,46	b	1,83	±	0,45	b	2,05	±	0,46	ab	1,66	±	0,45	a	2592	0,95 (0,03)

Tableau 5 : Résumé des analyses statistiques annuelles (modèles linéaires mixtes) pour l'intensité de prédation des œufs sentinelles suivis dans 4 types de système de culture.

Année	Fruitiers en culture pure				Fruitiers en VM				Légumes en culture pure				Légumes en VM				AIC	R ² du modèle (R ² du système)
	moy.	±	et	group	moy.	±	et	group	moy.	±	et	group	moy.	±	et	group		



2019	3,52 ± 0,49	a	2,91 ± 0,47	a	4,04 ± 0,65	a	3,13 ± 0,47	a	632	0,86 (0,11)
2020	1,08 ± 0,14	ab	0,99 ± 0,11	a	1,53 ± 0,14	b	0,87 ± 0,66	a	545	0,68 (0,40)
2021	1,73 ± 0,42	ab	1,8 ± 0,4	b	1,61 ± 0,42	ab	1,37 ± 0,4	a	655	0,94 (0,04)
2022	2,09 ± 0,21	b	1,63 ± 0,19	a	1,44 ± 0,21	a	1,49 ± 0,19	a	674	0,78 (0,21)

En ce qui concerne notre hypothèse sur les différences de prédation dans les cultures maraîchères, nos résultats montrent que les services de prédation sur les chenilles en pâte à modeler sont plus importants dans les arbres fruitiers que dans les cultures maraîchères. Inversement, les services de prédation sur les œufs de papillons sentinelles sont plus importants dans les cultures maraîchères que dans les arbres fruitiers. Comme le souligne le R-carré plus élevé du modèle statistique sur l'intensité de prédation des chenilles par les oiseaux, il semble que les oiseaux jouent un rôle important dans la prédation des arbres fruitiers, peut-être sous-estimé dans les vergers mais souligné ici par l'association avec une culture annuelle.

4.4. Performance environnementale : GES

L'empreinte carbone de la ferme est en moyenne de 24,4 t.eq.CO₂, les émissions nettes sont en moyenne à 13,5 t.eq.CO₂ pour un stockage moyen de 11 t.eq.CO₂. Les experts invitent à la prudence quant à des comparaisons des émissions entre fermes car les variations sont très importantes entre sites. Pour donner un ordre de grandeur, l'empreinte carbone moyenne d'un habitant en France en 2021 est de 8,9 t.eq.CO₂.

Actuellement, le premier poste d'influence du bilan carbone est l'apport de matière organique (MO) dû notamment au compostage de déchets verts (66 à 86 % du bilan). Il affecte le bilan climat car il tient compte des émissions liées au processus de fabrication (émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote lors du compostage de la matière et carburant utilisé pour retourner le compost ou pour broyer les déchets verts). Il affecte également le bilan énergie qui tient compte du carburant utilisé pour la manutention et le transport de la MO. Le second poste du bilan climat est le carburant (6 à 25 % du bilan), tandis que celui du bilan énergie est l'électricité.

Le stockage de carbone est très conséquent sur la ferme, il s'explique par la présence du réseau important de haies, du verger et de son enherbement permanent, et de la surface assolée en couverts végétaux. Ces pratiques de stockage viennent compenser en partie les émissions de GES liées aux apports très importants de MO. L'outil de diagnostic a fait un choix méthodologique de calcul qui ne prend pas en compte l'impact positif des apports de broyat de végétaux dans le calcul du stockage du carbone, et les quantités apportées suggèrent un stockage de carbone plus important que celui énoncé.

5. Conclusion

La ferme pilote de la Durette est une exploitation hautement diversifiée avec plus de 40 espèces/types de fruits et légumes commercialisés par an, provenant du verger-maraîcher et de cultures sous abris. Son analyse économique montre qu'il s'agit d'un système viable qui repose sur des produits issus principalement de la vente de légumes (80 %). Il permet la rémunération de 4 exploitants à hauteur du SMIC mensuel pour 42h de travail hebdomadaire en moyenne. L'exploitation de la ferme par un collectif semble être nécessaire pour une gestion optimale des cultures à ce haut niveau de diversification. Dans d'autres vergers-maraîchers, gérés par des personnes seules, les fruitiers sont implantés pour d'autres services que celui de production (micro-climat, biodiversité, paysage, etc.). Les IFT des productions de légumes et fruits du verger-maraîcher sont plus faibles que les références connues. Cependant, la



production commercialisée de légumes est légèrement inférieure aux références et les productions en fruits nettement inférieures. Ce sont les productions en fruits à pépins qui sont les moins performantes avec notamment des densités de plantation trop faibles et une pression forte en carpocapse dans le secteur. Concernant le service de prédation par la biodiversité fonctionnelle, nous constatons des différences ponctuelles par rapport à des systèmes peu diversifiés à niveau d'IFT comparables.

Les évaluations et les retours d'expériences sur le verger-maraîcher de la ferme pilote de Durette permettent d'identifier des voies pour améliorer la performance de ces systèmes agroforestiers, comme la conduite des arbres fruitiers (palissage, densité), le choix des espèces cultivées (porte-greffe, pollinisateur), l'orientation des lignes de cultures.

Les études à l'échelle du système entier (verger-maraîcher et cultures sous-abris) ont démontré leur intérêt pour appréhender ces systèmes pionniers et complexes. Les futurs projets pourront s'intéresser plus finement à des processus au sein de ces systèmes pour optimiser la conception et la conduite de ces modèles agroforestiers à base de fruits et légumes.

Éthique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

ORCID des auteurs

François WARLOP : <https://orcid.org/0000-0002-3574-4339>

Maxime JACQUOT : <https://orcid.org/0000-0002-7093-3688>

Contributions des auteurs

C. Gaspari, F. Warlop, M. Jacquot, J. Delhommel ont contribué à la rédaction de l'article. M. Veis-Barcelli, J. Frezel, J. Ronzon, M. Catalogna ont contribué à la relecture de l'article. Tous les auteurs et autrices ont lu et approuvé le manuscrit final.

Déclaration d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun lien d'intérêt.

Remerciements

Les partenaires du projet remercient le Ministère de l'Agriculture et l'Agence Française de la Biodiversité (AFB) pour le soutien financier alloué, et tout particulièrement Cathy Eckert, Emeric Emonet, Gabrielle Galipaud et Baptiste Labeyrie, membres actifs de la CAN DEPHY pour leur présence, leur soutien et leur accompagnement. Nous remercions les membres du comité scientifique pour leurs précieux conseils. Nous remercions chaleureusement les stagiaires qui ont contribué à l'acquisition des données sur les deux sites, sans oublier les producteurs de la ferme pilote sans lesquels rien ne serait possible : Julien Ronzon, Maxime Catalogna, Julia Frezel et Sara Bosshardt.



Déclaration de soutien financier

Le projet Empusa a reçu le soutien financier du Ministère de l'Agriculture (projet Ecophyto Expé 2018-2024).

Références bibliographiques

Agreste 2020a. Enquêtes sur les pratiques culturales

Castel L., Plessix S., Gaspari C., Warlop F., Fourrié L., Montrognon Y., Ronzon J., Labeyrie B., Ray T., Cadet D., Arlaud C., Paut R., Tchamitchian M., Bouvier JC., Jammes D., Filleron E., Sieffert A. et Fanguède A., 2019 - Concevoir et expérimenter des vergers agroforestiers en Agriculture Biologique (VERTiCAL). *Innovations Agronomiques* 76, 273-289. <https://doi.org/10.15454/5zao4b>

[Grab, 2018, Deux systèmes agroforestiers conçus pour réduire la dépendance aux intrants, https://www.grab.fr/durette/](https://www.grab.fr/durette/)

Jacquot, M., Boiron, L., Warlop, F. (2024). How about biological control in market gardening agroforestry? Proceedings of the 21st International Conference on Organic Fruit-Growing, Filderstadt 2024.02.19-21. Ed. FOEKO e.V. 2024: 128-131

Paut, R., Sabatier, R., Dufils, A., Tchamitchian, M. (2021). How to reconcile short-term and long-term objectives in mixed farms? A dynamic model application to mixed fruit tree - vegetable systems. *Agricultural Systems*, 187

Rey F., Coulombel A., Melliand M.L., Jonis M., Leclerc B., Argouarc'h J., Conseil M., 2017. Guide Technique ITAB Produire des légumes biologiques, 320 pages

Vialatte A., Martinet V., Tibi A. (coord.) et al. (2022) Augmenter la diversité végétale des espaces agricoles pour favoriser la régulation naturelle des bioagresseurs et protéger les cultures. Rapport scientifique d'ESCo – INRAE (France). [DOI : 10.17180/q7wm-q442]

Warlop F., Corroyer N., Denis A., Conseil M., Fourrié L., Duha G., Buchmann C., Lafon A., Servan G., 2017. Associer légumes et arbres fruitiers en agroforesterie : Principes, éléments techniques et points de vigilance pour concevoir et conduire sa parcelle. Projet SMART. 40 pages. Juin 2017.

Projets associés au suivi de la multi-performance

Almanac, 2023-2025, <https://almanac.projet-agroforesterie.net/>

CASDAR MMBIO. https://rd-agri.fr/detail/PROJET/casdar_projet_18aip066

Empusa, 2019 – 2024, <https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-empusa>

SMART, 2013-2015, <https://www.grab.fr/projet-smart/>

Vertical, 2012-2018, <https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-vertical>

Pour citer cet article : Chloé Gaspari, François Warlop, Maxime Jacquot, Mathilde Veis Barcelli, Julia Frezel, et al.. Évaluation de la Multi-Performance en Systèmes Agroforestiers de type verger-maraîcher. *Innovations agronomiques*, 2026, 109, pp.1-14. [10.17180/ciag-2026-vol109-art01](https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art01).



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations agronomiques* et son DOI, la date de publication.



Concilier fertilité, autonomie et travail en maraîchage biologique : expérimentation de systèmes de cultures innovants - projet PERSYST

Kevin MOREL¹, Suzanne PELOIS², Andrea ADAMKO-SEVESTRE³, Victoire BARILLET⁴,
Clémentine FAYOL²

¹ UMR SADAPT, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 22 place de l'agronomie, F-91 120 Palaiseau, France

² FRAB – Fédération Régionale des Agrobiologistes de Bretagne, 29 avenue des peupliers, 35110 Cesson-Sévigné

³ Grab, Plateforme d'expérimentation AwenBio, Lycée Agricole Public de Suscinio, 29600 Morlaix, 29 avenue des peupliers, 35110 Cesson-Sévigné

Correspondance : kevin.morel@inrae.fr

DOI : <https://doi.org/10.17180/ciag-2026-vol109-art02>

Résumé

Nous avons évalué pendant 4 ans des systèmes de culture innovants en maraîchage biologique dans l'Ouest de la France combinant différentes modalités de réduction de travail du sol et d'apports de matières végétales exogènes en complément de couverts végétaux. Nos résultats suggèrent que des apports végétaux exogènes peuvent se substituer aux engrais organiques du commerce ou aux fertilisants d'origine animale pour maintenir ou améliorer la fertilité des sols et assurer des rendements identiques mais peuvent impacter négativement les conditions de travail, en particulier sans équipement adapté. Le travail du sol limité (sans labour) n'a pas d'impact significatif sur la fertilité, le rendement ou le travail. Le travail du sol très limité a des impacts contrastés en fonction des contextes et des conditions initiales.

Mots-clés : Maraîchage ; Agriculture Biologique ; Conservation des sols ; Matière organique ; Temps de travail ; Pénibilité du travail

Abstract: Balancing fertility, autonomy and work in organic market gardening: experimenting with innovative cropping systems – PERSYST project

Over a four-year period, we evaluated innovative cropping systems for diversified organic vegetable production in Western France, combining contrasting approaches to soil tillage reduction and fertilization based on exogenous plant biomass, in addition to cover crops. Our findings demonstrate that exogenous plant biomass can effectively replace conventional organic fertilizers or animal manure to maintain or enhance soil fertility while ensuring comparable yields. However, it may negatively affect labor conditions, particularly when equipment is not properly adapted. Reduced soil tillage (without plowing) had no significant impact on soil fertility, yield, or labor. The effects of no-tillage were context-dependent, varying according to initial conditions and specific contexts.

Keywords: Vegetable production; Organic farming; Soil conservation; Organic Matter; Working time; Labor arduousness

1. Introduction

Le maraîchage, qui se distingue par la production d'une large gamme de légumes en plein champ ou sous abri avec des rotations courtes et une surface relativement restreinte (souvent moins de 10ha), fait néanmoins face à de nombreux défis. Ce type de production nécessite une optimisation des surfaces