



HAL
open science

Évaluation des performances agro-environnementales et technico-économiques de vergers de pêche nectarine économes en intrants phytosanitaires de synthèse

Ludovic Alex

► **To cite this version:**

Ludovic Alex. Évaluation des performances agro-environnementales et technico-économiques de vergers de pêche nectarine économes en intrants phytosanitaires de synthèse. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-04033943

HAL Id: dumas-04033943

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04033943>

Submitted on 17 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome
Option Production Végétale Durable

Evaluation des performances agro-environnementales et technico-économiques de vergers de pêche nectarine économes en intrants phytosanitaires de synthèse.



Présenté par Ludovic ALEX

Année de soutenance : 2022

Organisme d'accueil : Sica Centrex

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome
Option Production Végétale Durable

Evaluation des performances agro-environnementales et technico-économiques de vergers de nectarines économes en intrants phytosanitaires de synthèse.



Présenté par Ludovic ALEX
Année de soutenance : 2022

Tuteur pédagogique de stage :
Brigitte BRUNEL

Maîtres de stage :
Aude LUSETTI
Myriam CODINI

Organisme d'accueil :
SICA Centrex, Centre Expérimental des
Fruits & Légumes du Roussillon. Mas Pierre
Favre, 66440 Torreilles

Soutenu le : 13 septembre 2022

Devant le jury composé par :
Aurélié METAY (Présidente de jury)
Nathalie SMITS (Rapporteuse)
Brigitte BRUNEL (Tutrice)

Résumé

Titre : Evaluation des performances agro-environnementales et technico-économiques de vergers de nectarines économes en intrants phytosanitaires de synthèse.

Conçus à l'issue du programme Ecopêche I (2013 – 2018), les systèmes de nectarines ont été plantés en 2019 dans le cadre d'une expérimentation multisite de combinaisons de leviers innovants permettant de réduire l'usage de produits phytosanitaires de synthèse. Cette étude présente l'évaluation annuelle des 4 systèmes mis en place au sein de la Sica Centrex, dont certains font l'objet d'aménagements agroécologiques tels que des bandes fleuries pour l'attraction d'auxiliaires ou un paillage plastique pour limiter les adventices. Les performances agronomiques (liées à la croissance, la productivité des arbres, la pression des bioagresseurs et indices de fréquences de traitements (IFT)), environnementales (l'interaction entre la bande fleurie, les auxiliaires et les bioagresseurs) et économiques (incluant les coûts et amortissements liés aux aménagements) permettent de dresser un bilan comparatif de ces systèmes. A l'issue de la saison, la réduction de l'IFT de synthèse est de 100% en ECO, 88% en AB et 33% en ZR par rapport à la conduite de référence. Par rapport au rendement commercialisable de référence, ECO enregistre une perte de 44%, AB de 48%, et ZR de 8%. Les modalités ayant une fertilisation organique et/ou une protection alternative accumulent un retard de croissance et une baisse de rendement par rapport à une conduite conventionnelle. La substitution de certains produits de synthèse par des produits de biocontrôle permet la baisse des IFT de synthèse, mais ne permet pas d'atteindre une protection égale.

Semées il y a 3 ans et envahies pour plus de moitié par les adventices, seules quatre espèces de la bande fleurie réussissent à maintenir de bonnes surfaces, il s'agit des espèces les plus rustiques du mélange (l'alysson maritime, le souci, l'œil de bœuf et l'achylée millefeuille). Il y a une corrélation positive entre la perte de diversification de la bande fleurie et le taux d'envahissement par les adventices de celle-ci ; l'attraction par la bande fleurie est principalement liée à la surface florale disponible occupée. Les bandes fleuries ont attiré et favorisé l'action d'auxiliaires dans la lutte contre le puceron, pour une gestion efficace mais tardive, qui ne permet pas d'éviter les dégâts. Cette infrastructure représente un levier d'autant plus important dans la lutte contre le puceron qu'il n'existe à présent aucune solution alternative réellement efficace. L'observation de l'action des syrphes au-delà de notre expérimentation indique une surperformance, il est possible d'envisager une réduction de la surface allouée aux bandes fleuries, d'autant qu'elles étaient déjà envahies à plus de moitié. Ces bandes offrent plus de niches écologiques et améliorent la diversification des populations d'araignées par rapport à un enherbement, favorisant la consommation d'insectes nuisibles. Le paillage plastique permet de réduire le travail du rang, mais le salissement par les adventices peut fortement augmenter les coûts d'entretien et réduire la durée d'utilisation.

Les systèmes faisant appel à une protection conventionnelle raisonnée et une fertilisation minérale affichent les meilleurs résultats en termes de rentabilité économique, bien que la déclinaison en zéro pesticide à la récolte montre déjà un retard de croissance et ainsi de rendement par rapport à la référence. Cependant, dans la dynamique d'une réduction des produits phytosanitaires de synthèse, il existe des itinéraires qui permettent de maintenir une durabilité agroéconomique, aidés par les services écosystémiques des bandes fleuries. Le système respectant le cahier des charges de l'agriculture biologique bénéficie d'un prix avantageux, permettant de compenser les coûts et pertes supplémentaires. La fertilisation minérale permet à ECO de produire plus de volume qu'AB, cependant la moins bonne valorisation des fruits ne permet pas d'atteindre une bonne rentabilité économique.

Mots-clés : *Prunus persica* var. *nucipersica*, réduction d'intrants phytosanitaires, évaluation agro-écosystémique, bande fleurie, lutte biologique, durabilité économique

Abstract

Title : Agro-environmental and technical-economic evaluation of low chemical phytosanitary input nectarine orchards.

Designed during Ecopeche I (2013 – 2018) program, nectarine systems have been planted in 2019 as part of a multi-site experimentation of innovating combinations of levers which allow to reduce synthetic phytosanitary products use. This study presents annual evaluation of the 4 systems set up at Sica Centrex, some of which contain agro-ecological infrastructures such as flower strips to attract auxiliaries or plastic sheeting to manage weeds. Agronomic indicators (related to growth, tree productivity, pest pressure and treatment frequency indices (TFI)), environmental performance (about interactions between flower strip, auxiliaries and pests) and economic results (including costs and amortizations) are gathered to draw up a comparative assessment of these systems. At the end of this season 2022, pesticide reduction reached 100% in ECO, 88% in AB and 33% in ZR compared to reference conduct. Compared to reference marketable yield, ECO had a loss of 44%, AB of 48%, and ZR of 8%. Alternative systems with organic amendment and/or alternative protection have accumulated stunted growths for lower yields compared to conventional conduct. Substitution of chemical pesticides by biopesticides induces synthetic TFI drops, but does not reach equal protection.

Flower strips had been sown 3 years ago and are invaded for more than half by weeds. Only four species (*Lobularia maritima*, *Calendula officinalis*, *Anthemis tinctoria* and *Achylea millefolium*) remain to maintain good surfaces, qualified as the hardiest species of the mixture. There is a positive correlation between diversification loss of flower strips and weed invasion ; flower strip attraction is mainly linked to available floral surface. Flower strips have attracted auxiliaries and promoted biocontrol service of aphid suppression, for effective but late management, and does not prevent from damages. Flower strips offer an action lever against aphid as important as there is currently no fully effective biopesticides. Observations of hoverfly predation all around the field experimentation center indicates an overperformance, we could consider a reduction of area allocated to flower strips, especially because they are more than half invaded by weeds. These strips offer new ecological niches and improve spider populations diversification compared to conventional grass cover populations, encouraging insect consumption. Plastic sheeting reduces row weeding, but weeds invasion can greatly increase weeding costs and reduce his useful life.

Systems with conventional crop protection and mineral fertilization have the best economic results, although conventionnal system conducted for free pesticide residues at harvest shows growth retardation and slight yield decrease. However, in a chemical pesticide reduction approach, there are conducts that still maintain agro-economic sustainability, assisted by flower strips ecosystem services. Organic production system gets an advantageous price, compensating for additional costs and losses. Mineral fertilization makes ECO yelder than AB, but normal selling price generates economic sustainability weaker than organic farming.

Key-words : *Prunus persica* var. *nucipersica*, low pesticide inputs, agroecosystem evaluation, flower strips, integrated biological control, economic sustainability

Remerciements

Je remercie mes maîtres de stage, Mme Lusetti et Mme Codini, pour l'intégration au sein de l'équipe, la confiance accordée, les visites chez des producteurs innovants, l'encadrement et l'accompagnement tout au long de la saison.

Je remercie ma tutrice de stage Mme Brunel pour l'encadrement, tous les échanges et commentaires qui ont permis d'éclaircir la construction de ce mémoire.

Merci à toute l'équipe de la Sica Centrex qui m'a accompagné et guidé tout au long de la saison, merci à Emma et Pauline pour la conservation et les tests de qualité. Merci à Emilien pour les visites et sorties sur les parcelles et à Lisandra avec qui nous avons pu partager et échanger sur des problématiques communes à nos sujets. Je remercie également tout le reste de l'équipe, Agnès, Bernadette, Nathalie, Valérie, Tom, Tobias, Cédric, Camille, José et les saisonniers qui ont appuyé le projet.

Je remercie toute l'équipe enseignante pour cette année enrichissante, formatrice et pleine d'expériences, ponctuée de sorties terrain. Je remercie tous mes camarades de PVD/Agrodesign pour l'ambiance de classe marrante, studieuse et bienveillante.

Table des matières

Liste des figures.....	9
Liste des tableaux.....	9
Liste des annexes.....	10
I. Introduction.....	11
II. Contexte et état de l'art.....	12
A. La filière pêche et nectarine.....	12
1. Le pêcher.....	12
2. En France.....	12
3. Dans les Pyrénées-Orientales.....	13
B. La SICA Centrex et le projet Ecopêche.....	13
1. Activités du centre expérimental.....	13
2. Contexte pédoclimatique.....	13
3. Le projet Ecopêche I (2013 – 2018).....	14
4. Le projet Ecopêche II (2019 – 2024).....	15
5. Résultats de la saison 2021.....	15
C. Les principaux bioagresseurs retrouvés.....	16
1. Les ravageurs.....	16
2. Les maladies.....	16
3. Maladie de conservation : la moniliose.....	17
D. Stratégies de protection et lutte biologique en vergers intégrés.....	17
1. Caractérisation des stratégies de protection.....	17
2. Intensification de la lutte biologique en verger.....	17
3. Les auxiliaires de lutte.....	18
III. Problématique et démarche.....	18
IV. Matériel et méthode.....	19
A. Parcelle cultivée avec la variété Luciana.....	19
B. Les systèmes étudiés.....	20
C. Protocoles de collecte des données.....	20
1. Suivi des bioagresseurs sur feuilles.....	20
2. Suivi des fruits.....	21
3. Suivi de la biodiversité fonctionnelle.....	22
4. Déroulé des comptages.....	22
D. Traitement des données.....	23
V. Résultats.....	25
A. Evaluation des performances agro-environnementales.....	25
1. Gestion du puceron : moyens de lutte combinés.....	25
(1) Traitements et suivi fonctionnel des populations.....	25
(2) Modélisation statistique des pucerons sur AB et ECO.....	27
(3) Suivi des repiquages sporadiques.....	29
(4) Bilan de la dynamique de lutte contre le puceron.....	29
2. Dégâts sur fruits avant éclaircissage.....	30
(1) Dégâts abiotiques.....	30
(2) Dégâts de pucerons.....	30
(3) Gestion et dégâts de thrips.....	31
3. Gestion des maladies fongiques.....	32
4. Gestion des autres ravageurs.....	34
5. Diverses gestions des adventices.....	34
6. Stratégies de fertilisation et croissance des arbres.....	35

(1) Fertilisation et suivi des nitrates	35
(2) Vigueur des arbres.....	36
B. Evaluation de la biodiversité environnementale fonctionnelle	37
1. Etats de la bande-fleurie	37
2. Représentation des bandes fleuries et auxiliaires aériens.....	38
3. Etude des peuplements d’arachnides	39
4. Bilan des effets de la bande fleurie sur la biodiversité fonctionnelle	41
C. Evaluation technico-économique.....	41
1. Rendement récolté.....	41
2. Qualification des déchets de la récolte	43
3. Analyses de la récolte.....	44
4. Critères qualitatifs post-récolte	44
5. Bilan économique.....	44
(1) Les intrants	44
(2) Temps de travaux et amortissements	45
(3) Amortissement des aménagements	45
(4) Commercialisation de la récolte.....	45
D. Synthèse des résultats.....	46
VI. Discussion.....	46
A. Comparaison à la saison 2021 de la Sica Centrex	46
B. Comparaison aux systèmes du projet Ecopêche I (2013 – 2018)	47
C. Utilisation de produits phytosanitaires et.....	47
1. Performances agronomiques	47
2. Rentabilité économique	47
3. Objectifs environnementaux.....	47
D. Infrastructures agroécologiques et services agro-écosystémiques	48
1. Paillage plastique et gestion des adventices.....	48
2. Bandes fleuries et biodiversité	48
E. Limites de l’étude	48
F. Perspectives.....	49
G. Proposition d’aménagements supplémentaires	49
VII. Conclusion	50
Annexes	53

Liste des figures

Figure 1 : Evolution des cotations (Nectarine jaune, catégorie 1, calibre A), France AgriMer	12
Figure 2 : Températures journalières à Torreilles (66) : saison 2021/2022 (SudAgroMétéo)	13
Figure 3 : Pluviométrie journalière et cumulée (mm) 2021/2022 à Torreilles (SudAgroMétéo)	14
Figure 4 : Classification des indicateurs et relations entre les composants du système	19
Figure 5 : Plan de collecte des mesures de biodiversité fonctionnelle	22
Figure 6 : Calendrier des comptages	22
Figure 7 : Temporalité de la gestion des pucerons, des suivis de populations par comptage direct sur feuilles, des traitements associés et températures	25
Figure 8 : Suivi de la dynamique pucerons/auxiliaires sur AB	26
Figure 9 : Suivi de la dynamique pucerons/auxiliaires sur ECO	26
Figure 10 : MZIP1 [Partie comptage] du 6 avril : Modélisation des pucerons sur AB & ECO	28
Figure 11 : Suivi de la couverture des auxiliaires suite au repiquage (arbre AB hors échantillon)	29
Figure 12 : Boxplot des parts de fruits grêlés et test de Tukey	30
Figure 13 : Boxplot des parts de fruits piqués avant éclaircissage et test de Dunn	30
Figure 14 : Boxplot des parts de fruits boisés avant éclaircissage	31
Figure 15 : Boxplot du nombre de feuilles cloquées sur AB & ECO entre le 13 et le 24 avril	32
Figure 16 : Suivi des test nitrates au Nitratecheck (25 premiers cm)	35
Figure 17 : Boxplot des circonférences de l'ensemble des arbres selon la modalité	36
Figure 18 : Etat de la bande fleurie et surfaces occupées par la flore [18 avril]	37
Figure 19 : Entropie et diversité des fleurs semées dans les bandes fleuries	38
Figure 20 : Graphique des individus projetés dans le plan construit par l'AFM	38
Figure 21 : Cercle des corrélations entre les variables utilisées dans l'AFM	38
Figure 22 : Nombre moyen d'araignées par pot par famille	39
Figure 23 : Boxplot des nombres d'araignées piégées par pot	40
Figure 24 : Entropie et diversité des araignées piégées par modalité	40
Figure 25 : Modèle prédit et valeurs observées du rendement par arbre selon la circonférence	42
Figure 26 : Taux de fruits défectueux	43
Figure 27 : Qualification des déchets	43
Figure 28 : Répartition en % des calibres des fruits issus de la récolte selon les modalités	44
Figure 29 : Critères qualitatifs (Pimprenelle)	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs sélectionnés pour l'évaluation des systèmes du projet Ecopêche II	11
Tableau 2 : Caractéristiques générales des variétés de pêcheurs (Hilaire & Giauque, 2003)	12
Tableau 3 : Production européenne de pêches et nectarines, France AgriMer	12
Tableau 4 : Productions régionales françaises de pêches et nectarines, France AgriMer	13
Tableau 5 : Résumé des résultats obtenus lors de la saison 2021	15
Tableau 6 : Caractéristiques des systèmes du verger Ecopêche II de la Centrex	20
Tableau 7 : Composition du mélange floral fourni par le CIVAM BIO 66	20
Tableau 8 : Paramètres mesurés par Pimprenelle	21
Tableau 9 : Résumé des données collectées	23
Tableau 10 : Plan de traitements statistiques	23
Tableau 11 : Plan de traitement des données de biodiversité	24
Tableau 12 : Données utilisées en représentation (AFM) de la bande-fleurie	24
Tableau 13 : IFTs issus de la protection pucerons et thrips	25
Tableau 14 : Résumé des comptages pucerons et auxiliaires	26
Tableau 15 : Résultats de comptage des pucerons	26

Tableau 16 : Description des modèles et variables utilisés par comptage	27
Tableau 17 : Résultats des tests de comparaison entre les modèles par comptage	27
Tableau 18 : Résumé du MZIP1 sans interaction du comptage puceron du 6 avril.....	28
Tableau 19 : Intervalle de confiance à 95% des coefficients à l'échelle naturelle du MZIP1	28
Tableau 20 : IFT issus de la protection thrips.....	31
Tableau 21 : Part de dégâts de thrips à la récolte par rapport au rendement total récolté	31
Tableau 22 : IFT issus de la protection cloque	32
Tableau 23 : IFT issus de la protection contre l'oïdium	33
Tableau 24 : IFT issus de la protection contre les maladies de conservation (monilia)	33
Tableau 25 : Part de fruits pourris et monilia durant la conservation.....	33
Tableau 26 : IFT issu de la protection forficules	34
Tableau 27 : Part de dégâts de forficules et gastéropodes par rapport au rendement total récolté ..	34
Tableau 28 : IFT issu de la gestion adventice.....	34
Tableau 29 : Temps de gestion des adventices et nombre de passages	35
Tableau 30 : Plan de fertilisation et doses apportées (exprimées en uN/ha)	35
Tableau 31 : Moyennes des circonférences des troncs de la parcelle (2022)	36
Tableau 32 : Ecart à PFI et évolution des circonférences du tronc (en cm) 2020/2021/2022.....	36
Tableau 33 : Etat des bandes fleuries	37
Tableau 34 : Richesse spécifique des araignées piégées	39
Tableau 35 : Résumé des caractères des communautés d'araignées retrouvées (CTIFL, 2013)	40
Tableau 36 : Circonférence des troncs et rendement en fruits réalisé sur les blocs.....	41
Tableau 37 : Coefficients issus du modèle linéaire sans interaction du rendement	41
Tableau 38 : Prédiction du modèle linéaire aux circonférences moyennes de la parcelle.....	43
Tableau 39 : Coût des intrants et nombre de passages par modalité	44
Tableau 40 : Coûts de gestion et d'entretien et détails en passages ou temps de travaux	45
Tableau 41 : Amortissement annuel des infrastructures selon la durée d'utilisation.....	45
Tableau 42 : Rendement commercialisable et bilan économique.....	45
Tableau 43 : Bilan des IFTs et dégâts relatifs	46
Tableau 44 : Indicateurs agroéconomiques et performances environnementales.....	46

Liste des annexes

Annexe 1 : Pression d'arrachage et évolution des contaminations sharka en Occitanie (DRAAF).....	53
Annexe 2 : Systèmes implantés sur les différents sites du projet Ecopêche I (Plénet & al., 2019)	53
Annexe 3 : Vue aérienne des parcelles expérimentales	54
Annexe 4 : Répartition des rameaux observés par longueur (comptage puceron).....	54
Annexe 5 : Résultats des essais Curatio sur pêcher au sein de la Sica Centrex (Lusetti, 2022).....	55
Annexe 6 : Familles d'araignées et niches écologiques occupées en verger (CTIFL, 2013)	55
Annexe 7 : Répartition des circonférences de la parcelle (en cm)	56
Annexe 8 : Résultats des analyses de fruits liégeux (Auréo).....	56
Annexe 9 : Suivi de conservation des fruits après récolte	56
Annexe 10 : IFTs de la saison 2022 (Ecopêche II, Centrex) et bilan des IFTs d'Ecopêche I.....	57
Annexe 11 : Rendements commercialisables à la Centrex en 2022 (à droite) et rendements moyens d'Ecopêche I (à gauche) exprimés par rapport à la référence (PFI ou REF)	57
Annexe 12 : Proposition d'intensification du paillage plastique et bandes fleuries.....	57

I. Introduction

Action du plan Ecophyto, le projet Ecopêche II (2019 - 2023) a pour objectif de poursuivre l'évaluation des performances multicritères de vergers de pêche nectarine économes en produits phytopharmaceutiques, conçus dans le cadre du projet Ecopêche 1 (2013 - 2018).

Les systèmes de production qui sont mis en place doivent permettre de réduire les IFTs chimiques de synthèse jusqu'à 100 % par rapport au mode de production de référence (conduit en Protection Fruitière Intégrée).

Les partenaires du projet : le CTIFL, Bellegarde (30), la SEFRA, Etoile-sur-Rhône (26), la SICA CENTREX, Torreilles (66), la station Sud Expé, Saint Gilles (30), l'INRAE PSH Avignon (84), et l'INRAE Gotheron (26) évaluent, sur des vergers dédiés spécifiquement au projet, des combinaisons de leviers menant à des itinéraires techniques économes en intrants phytosanitaires de synthèse.

Sur le site de la SICA Centrex, quatre systèmes de nectarines sont expérimentés : une conduite en Protection Fruitière Intégrée (PFI) ; une conduite en zéro résidu de pesticides (ZR) ; une conduite selon le cahier des charges Agriculture Biologique (AB) ; et un système ECO visant à exclure tous traitements phytosanitaires de synthèse. Les aménagements innovants utilisés sont l'implantation d'une bande fleurie le long de chaque rang en AB et ECO dans le but d'attirer des auxiliaires de lutte et l'utilisation d'un paillage plastique en ECO ou un désherbage mécanique pour la gestion des adventices en remplacement de l'utilisation d'herbicides.

Ces systèmes seront évalués sur leurs **performances agronomiques, environnementales et technico-économiques**. Les indicateurs associés sont résumés dans le Tableau 1 :

Tableau 1 : Indicateurs sélectionnés pour l'évaluation des systèmes du projet Ecopêche II

Agronomiques	Environnementales	Technico-économiques
Suivi des bioagresseurs Indices Fréquence Traitement Suivi du nitrate disponible Croissance et vigueur Circonférence du tronc Rendement Fruits défectueux Dégâts biotiques et abiotiques Qualité Calibre, taux de sucre, fermeté, acidité, pH, jutosité Conservation	Suivi de la bande fleurie Envahissement par les adventices, diversité, fleurissement Suivi des auxiliaires Au stade ailé et larvaire sur bande fleurie et arbre Comptage des araignées Richesse spécifique et diversité en bande fleurie et enherbement	Temps de travaux Intrants Phytosanitaires, fertilisation, semis de la bande fleurie, paillage plastique, irrigation Amortissements Récolte commercialisable Chiffre d'affaires Marge

Le projet doit permettre de déterminer la faisabilité des stratégies de protection avec une forte réduction des produits phytosanitaires et d'évaluer l'intérêt des différents leviers en conditions réelles de production.

II. Contexte et état de l'art

A. La filière pêche et nectarine

1. Le pêcher

Le pêcher commun (*Prunus persica*) est un arbre auto fertile de la famille des Rosacées originaire d'Extrême-Orient. Il appartient au genre *Prunus*, comme les abricotiers, les cerisiers et les pruniers. Le pêcher est un arbre à écorce lisse, au port étalé ou érigé dont la taille varie entre 2 et 7 mètres.

Il existe plus de 200 variétés de pêchers, qui permettent aux arboriculteurs de couvrir la saison estivale en produisant ces fruits de fin mai à fin septembre. Les fruits du pêcher sont des drupes climactériques. On peut les classer en quatre groupes principaux (variétés au sens strict), en se basant sur deux caractères : peau duveteuse ou lisse, noyau adhérent à la chair ou se détachant librement (Tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques générales des variétés de pêchers (Hilaire & Giauque, 2003)

	Pêche	Pavie	Nectarine	Brugnon
Peau	Duveteuse		Lisse	
Noyau	Semi-libre ou libre	Adhérent	Semi-libre ou libre	Adhérent
Fruit	De table	D'industrie	De table	
Chair	Blanche, jaune, sanguine ou non, colorée ou non autour du noyau			
Fleur	Rosacée ou campanulée			

2. En France

En Europe, la France est le quatrième producteur de pêches et nectarines, derrière l'Espagne, l'Italie et la Grèce. La production française et européenne est en baisse ces dernières années (Tableau 3).

Tableau 3 : Production européenne de pêches et nectarines, France AgriMer

	2019	2020	2021
Espagne	1 545 610	1 306 020	933 274
Italie	1 224 950	1 015 380	667 116
Grèce	926 620	1 002 100	160 000
France	202 820	180 940	115 827
Total (en tonnes)	3 900 000	3 504 440	1 876 217

La filière pêche-nectarine est la deuxième production fruitière française derrière la pomme, couvrant une surface stable de 9 300 hectares (Agreste, 2021). Cependant, la production est en baisse depuis ces trois dernières années, qui s'explique par des périodes de gelées récurrentes depuis 2019. Nous observons en conséquence une augmentation des prix de vente sur le marché national (Figure 1)

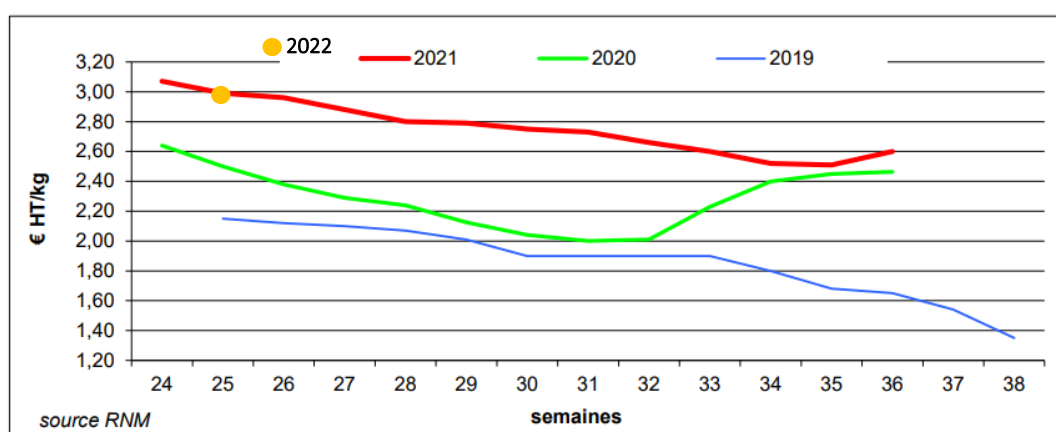


Figure 1 : Evolution des cotations (Nectarine jaune, catégorie 1, calibre A), France AgriMer

La production européenne de pêches en 2022 est de 15% supérieure à la saison 2021, mais 19% inférieure à la période 2016/2020 (Lévêque, 2022). L'Espagne a été particulièrement touchée par le gel, divisant par deux le potentiel de récolte (0,7 Mt contre 1,4 Mt initialement attendu). Les prix de vente de cette année sont de nouveaux très élevés par rapport aux dernières années.

3. Dans les Pyrénées-Orientales

La région Occitanie (dont font parties les Pyrénées-Orientales) concentre une majorité de la production française, représentant la moitié du tonnage en 2021 (Tableau 4).

Tableau 4 : Productions régionales françaises de pêches et nectarines, France AgriMer

	2019	2020	2021
Occitanie	94 893	77 054	58 044
Provence-Alpes-Côte d'Azur	58 734	54 724	32 151
Auvergne-Rhône-Alpes	30 966	27 636	14 551
autres origines France	12 520	16 397	11 091
Total France (en tonnes)	197 113	175 811	115 837

La baisse de production observée en Occitanie s'explique par les événements de gel de printemps survenus chaque année depuis 2019 (Agreste, 2021), ainsi que par la propagation du virus de la sharka transmis par le puceron, entraînant un arrachage obligatoire des arbres atteints et des parcelles si touchées à plus de 10%. On note ainsi une reprise des contaminations régionales en 2020 (+18.7 % par rapport à 2019), principalement sur les Pyrénées-Orientales (Annexe 1, DRAAF Occitanie).

B. La SICA Centrex et le projet Ecopêche

1. Activités du centre expérimental

Le centre expérimental des Fruits et légumes du Roussillon existe depuis 1975. Il se situe à Torrelles dans les Pyrénées Orientales et s'étend sur 26 ha. Il est spécialisé dans les fruits (dont l'abricot, les pêches et nectarines) et les légumes. Ses missions variées concernent la recherche et le développement à travers de nombreux essais de variétés, de protection phytosanitaire, de suivi de la qualité des fruits, de systèmes et d'itinéraires techniques innovants et durables. Plusieurs projets croisent Ecopêche 2 : le projet MIRAD (Maîtrise des intrants et des résidus phytosanitaires en vergers d'abricotiers durables) expérimente des systèmes économes en PPs (produits phytosanitaires) de synthèse, des essais sont menés sur l'efficacité de PPs de biocontrôle contre la cloque ou le puceron, et le projet Mappêche Bio dont l'objectif est d'établir des liens entre pratiques culturales et infestation de pucerons sur les parcelles de producteurs AB de la région.

2. Contexte pédoclimatique

Le climat de la zone est méditerranéen (Figure 2). Les Pyrénées Orientales sont très exposées au vent et en particulier la Tramontane, dont les rafales sont fortes et asséchantes.

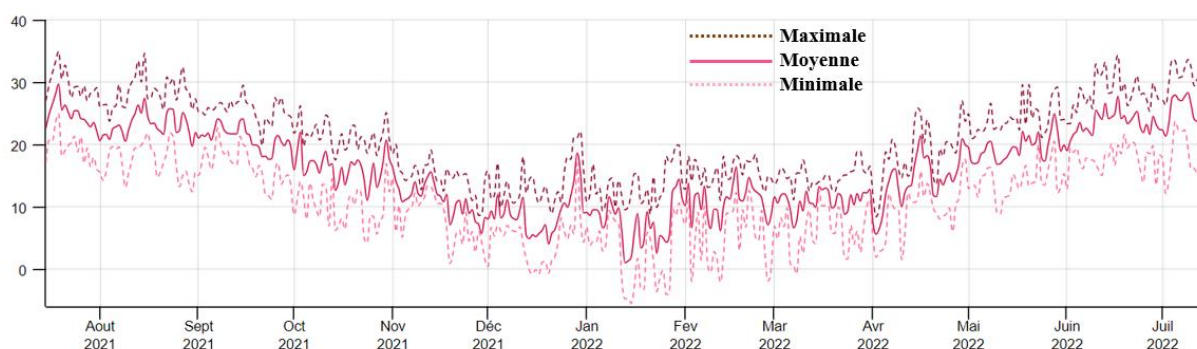


Figure 2 : Températures journalières à Torrelles (66) : saison 2021/2022 (SudAgroMétéo)

Le débourrement a eu lieu le 2 février. Il y a pu avoir un impact lié au froid et un arrêt de sève durant le mois de mars lorsque les fruits étaient déjà en place, à la suite duquel nous avons observé quelques fruits à la croissance coupée (avec un noyau brun, signe probable d'un coup de froid).

Les précipitations automnales et printanières sont importantes, pour une pluviométrie annuelle de 620 mm (Figure 3). Une pluie intense a été enregistrée le 12 mars 2022, où il est tombé plus de 175 mm sur la station en quelques heures.

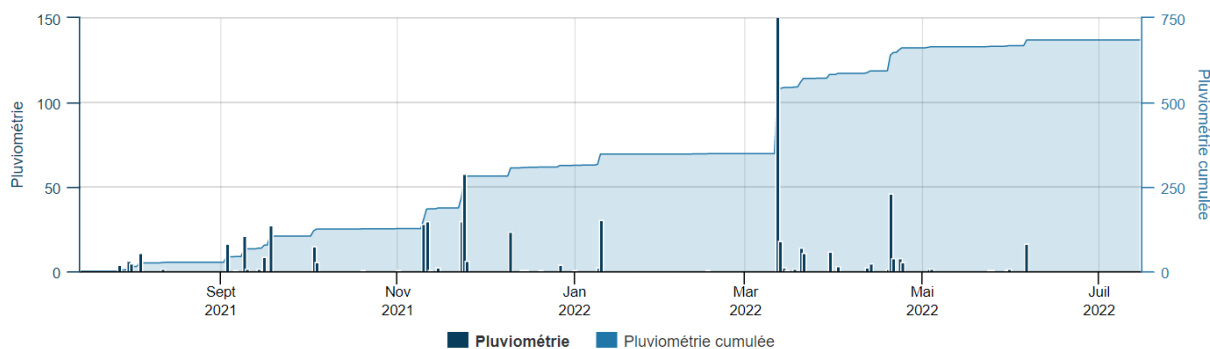


Figure 3 : Pluviométrie journalière et cumulée (mm) 2021/2022 à Torreilles (SudAgroMétéo)

D'autres perturbations anormales ont été enregistrées avec un évènement de grêle le 23 avril, impactant les fruits et des températures anormalement élevées cette saison, entraînant une accélération de la croissance et une date de récolte avancée d'une semaine.

Nous sommes sur des limons sablo-argileux, contrairement aux autres sols littoraux de la région qui sont sableux. Le pH est de 8.4, et le taux de matière organique est de 1,5%. Le sol est sujet à la croûte de battance, qui est limité par la présence de l'enherbement.

3. Le projet Ecopêche I (2013 – 2018)

Dispositif expérimentale du réseau DEPHY, le projet Ecopêche I visait à concevoir et évaluer des systèmes de conduites de pêcher innovants permettant une réduction des IFTs de 50% en maintenant le résultat technico-économique du verger et la qualité commerciale des fruits.

Le projet a mobilisé une démarche de conception de novo (Plénet et al., 2019) essentiellement basée sur de l'expertise scientifique et technique lors des choix stratégiques réalisés au moment de l'implantation des dispositifs expérimentaux. En début de chaque campagne, une démarche de conception incrémentale a été mise en œuvre pour adapter progressivement les règles de gestion des itinéraires techniques selon des orientations stratégiques prédéterminées. Cette imbrication des deux démarches de conception est nécessaire car :

1. Les expérimentateurs apprennent « chemin faisant » sur les manières de piloter des systèmes à faibles niveaux d'intrants.
2. La gestion annuelle des vergers est très fortement conditionnée par les effets cumulatifs des années précédentes.
3. L'apparition de nouvelles méthodes alternatives, en particulier les produits de biocontrôle, nécessite de réviser les règles de protection si on ne veut pas évaluer des systèmes trop en décalage avec l'innovation technique.

Plusieurs combinaisons de leviers ont été expérimentées sur différentes variétés de pêchers et nectarines (les systèmes sont présentés en Annexe 2), donnant 3 grandes lignes de conduites : celle de référence, une conduite en AB et une conduite en ECO (avec objectif de réduction de 50% de l'IFT chimique). Certains systèmes comportaient des infrastructures agroécologiques (IAE), dont des haies composites, bandes fleuries et enherbées. Le système ECO d'Ecopêche I de la Centrex avait réussi une baisse de 75% de l'IFT chimique par rapport à sa référence.

4. Le projet Ecopêche II (2019 – 2024)

La prospection d'itinéraires techniques innovants durant Ecopêche I a permis d'aboutir à une reconception des systèmes, expérimentés au cours d'Ecopêche II. Sur le site de la Sica Centrex, quatre systèmes de nectarines ont été plantés en 2019 :

- Production Fruitière Intégrée (PFI) qui est la conduite de référence
- Agriculture Biologique (AB) mené selon le respect du cahier des charges AB.
- Zéro Résidus (ZR/0Res) imposant 0 résidus de pesticides dans les fruits à la récolte.
- Une modalité ECO avec pour objectif une réduction de 100 % de l'IFT chimique.

Les stratégies utilisées mobilisent différentes méthodes d'action (Ecophytopic, 2019) :

- **Prophylaxie** : suppression des organes végétaux touchés.
- **Structure du verger** : bâches tissées au sol pour s'affranchir du désherbage chimique et mécanique ; irrigation en goutte à goutte pour réduire l'humidité dans la parcelle.
- **Barrières physiques** : glu contre les forficules, argile contre les pucerons
- **Biodiversité fonctionnelle** : la régulation naturelle des ravageurs sera stimulée par la mise en place d'infrastructures agroécologiques (haies composites, bandes fleuries...)
- **Substitution** des intrants phytosanitaires « chimiques » par des produits biocontrôles chaque fois qu'une alternative suffisamment efficace est disponible (dont les pièges et la confusion) avec le choix de substances actives ayant le minimum d'effets sur les auxiliaires.
- **Prise de risque** accrue : impasses de traitement, tolérance plus forte des dégâts.

5. Résultats de la saison 2021

Le Tableau 5 (Verdeil et al., 2021) donne les résultats obtenus lors de la saison 2021, en vert sont les indicateurs relativement favorables, en rouge ceux qui sont défavorable. En début de production, les arbres ont été impactés par un épisode sévère de gel donnant des rendements inférieurs à une demie tonne par hectare. La réduction de l'IFT de synthèse a été de 100% sur ECO, 85% sur AB et 14% sur ZR. Il y a un retard de croissance entre les modalités, les arbres en AB ont un développement plus faible, ZR a un retard de croissance par rapport à PFI. Aucun des systèmes n'a pu générer de marge, cependant le système ECO est celui qui a causé la plus grosse dette.

Tableau 5 : Résumé des résultats obtenus lors de la saison 2021

	AB	ECO	PFI	ZR (0Res)
Rendement commercialisable (t/ha)	0,54	0,41	0,46	0,50
Ecart de rendement commercialisable	+ 17 %	- 11 %	-	+ 8 %
Calibre A	21 %	41 %	54 %	52 %
Chiffre d'affaires (€)	2 244	922	1 073	1 144
Coût de production	+20 %	+26 %	-	-
Dette créée sur l'année (€)	- 3 335	- 4 961	- 3 597	- 3 513
Thrips sur fruit	8,7 %	8,9 %	3,7 %	3 %
IFT chimique	1,3	0	8,7	7,5
Réduction de l'IFT chimique	- 85 %	- 100 %	-	- 14 %
IFT biocontrôle	9,1	10,3	4,3	6,1
Utilisation du biocontrôle	212 %	240 %	100 %	142 %
Fertilisation	Organique	Minérale		
Circonférence moyenne du tronc (cm) [ANOVA : p < 0.05]	18,2 (a)	18,7 (ab)	21,3 (c)	19,9 (b)
Faune auxiliaire (Syrphes et coccinelles)	Fortement présente et diversifiée		Peu présente, peu diversifiée	
Araignées dans l'enherbement	280 Diversifié	60 Peu diversifié	160 Diversifié	

C. Les principaux bioagresseurs retrouvés

Dans cette dynamique de réduction de l'usage de produits phytosanitaires de synthèse, les bioagresseurs constituent la principale menace pouvant entraîner une baisse de rendement et de qualité par rapport à une conduite conventionnelle.

1. Les ravageurs

Les pucerons : Le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) et le puceron noir du pêcher (*Brachycaudus persicae*), ainsi que le puceron brun (*Pterochloroides persicae*) arrivant plus tardivement, sont des hémiptères dont la lutte aux moyens des seuls produits de biocontrôle s'avère difficile. Les œufs passent l'hiver sur les rameaux, éclosent au printemps donnant les fondatrices, qui rapidement se multiplient par parthénogenèse. Périodiquement, des individus ailés apparaissent et se dispersent, propageant les virus et formant de nouvelles colonies. On retrouve ces pucerons ailés la majeure partie du temps dans l'enherbement. Les pucerons engendrent des dégâts via le prélèvement de sève (sur feuilles et fruits) et l'injection de toxines provoquant des réactions allergiques.

La fertilisation azotée, et notamment l'excès d'azote (qui favorise la croissance de tissus tendres) entraîne une plus forte pression de pucerons (Rousselin & al., 2017).

Les pucerons et les fourmis ont une relation mutualiste : les fourmis se nourrissent du miellat excrété par les pucerons, offrant en retour une protection et un assainissement des colonies (Bonnemain, 2010). Les fourmis limitent ainsi l'action des prédateurs des pucerons.

Les thrips : Le *Thrips medirionalis* hiverne dans les litières de feuilles mortes et les écorces, on le retrouve dans l'enherbement. Il remonte aux arbres dès la mi-février, et se nourrit en piquant les organes floraux. Les larves se développent dans la fleur : leurs piqûres sur étamines provoquent la coulure des fleurs tandis que les piqûres sur jeunes fruits entraînent la formation de zones nécrosées qui s'élargissent avec la croissance. On retrouve plus tard le thrips californien (*Frankliniella occidentalis*), qui cause des séries de piqûres et décoloration sur fruits.

Les lépidoptères : La tordeuse orientale du pêcher (*Grapholita molesta*) et la petite mineuse du pêcher (*Anarsia lineatella*) sont des lépidoptères dont les larves creusent des galeries dans les rameaux et les fruits. Le premier outil de lutte relève de la confusion sexuelle.

Le forficule (*Forficula auricularia*) occasionne des dégâts sur fruits, on peut limiter sa montée dans les arbres grâce à la pose d'une glu autour du tronc.

La cicadelle verte (*Cicadella viridis*) est un piqueur-suceur, vrillant les jeunes pousses.

La mouche des fruits (*Ceratitis capitata*) pond ses larves dans les fruits ; la lutte se fait au moyen de pièges contenant un attractif alimentaire et un insecticide.

La punaise diabolique a fait son apparition dans le verger, la piqûre cause une déformation du fruit.

Les escargots et limaces peuvent s'attaquer aux fruits, la glue limite l'accès aux arbres.

On relève aussi la présence de **campagnols**, pouvant ronger les fruits et racines des arbres.

2. Les maladies

La cloque est une maladie provoquée par un champignon (*Taphrina deformans*) qui se développe en conditions humides. Il entraîne la déformation et la décoloration des organes attaqués : feuilles plus épaisses et déformées (réduction de la photosynthèse), fruits boursoufflés. Les feuilles malades sont plus sensibles aux attaques d'oidium et aux pucerons. La sensibilité à la cloque se situe entre le débourrement et le stade premières feuilles étalées (+ 3 semaines après débourrement).

L'oidium (*Podosphaera pannosa*) est un champignon qui se développe en conditions réchauffées, humides et ensoleillées. Il développe son mycélium à la surface des feuilles et parasite les cellules épidermiques. La reproduction est assurée par la production de conidies dispersées par le vent.

3. Maladie de conservation : la moniliose

On peut rencontrer le champignon **Monilia** sur fleurs et rameaux, le plus problématique est celui retrouvé sur les fruits. La particularité de cette maladie de conservation est qu'elle peut se déclarer pendant l'entreposage des fruits alors qu'ils paraissaient sains à la récolte. Le mycélium passe d'un fruit à un autre lorsque ceux-ci sont en contact direct. La pénétration du mycélium dans les fruits est favorisée par une blessure liée à la grêle ou à des insectes.

D. Stratégies de protection et lutte biologique en vergers intégrés

1. Caractérisation des stratégies de protection

Quatre grandes stratégies de protection ont été identifiées (Penvers et al., 2007), dans le cas de la lutte contre les pucerons en vergers de pêchers dans le Sud-Est de la France :

- **Stratégie 1** : Une protection chimique intensive et systématique
Elle se caractérise par l'usage de moyens « chimiques », dont les pesticides à large spectre.
- **Stratégie 2** : Une protection chimique raisonnée et curative
La stratégie 2 tend vers une meilleure efficacité des intrants.
- **Stratégie 3** : Une protection intégrée
Dans une démarche de reconception, avec une gestion globale de l'agroécosystème par la combinaison de méthodes alternatives et culturales pour maîtriser l'ensemble des bioagresseurs.
- **Stratégie 4** : Une protection alternative intensive
Il y a substitution par des méthodes alternatives et l'usage quasi-exclusif de biopesticides.

On peut ainsi déjà placer nos systèmes par rapport à ces stratégies de protection :

- Le plan de protection appliqué en PFI et ZR relève de la stratégie 2.
- Celui appliqué en AB est de la stratégie 3, et peut faire appel à des biopesticides.
- La protection appliquée à ECO est restreinte à la stratégie 4.

Les stratégies 1 et 2 sont les plus efficaces en termes de régulation des infestations de pucerons. En revanche les stratégies 3 et 4 sont plus respectueuses de la faune auxiliaire (Penvers et al., 2007).

2. Intensification de la lutte biologique en verger

Les bandes fleuries pérennes augmentent la présence de prédateurs de ravageurs en vergers (Cahenzli et al., 2019). L'intégration d'une bande fleurie sur les modalités ECO et AB a pour objectif d'attirer et de favoriser des auxiliaires de lutte.

Il a été montré en vergers de pommes que l'Alysson maritime présente la meilleure attractivité (parmi un mélange de Souci, Sarrasin, Cosmos, Moutarde, Zinnia et Alysson) pour les Syrphidés, et que la suppression des pucerons sur arbre était plus rapide lorsqu'ils étaient à proximité de plants d'Alysson. Une plus grande densité de prédateurs est retrouvée à proximité de l'Alysson (Gontijo et al., 2013).

Une expérimentation au Brésil de lutte biologique contre les ravageurs du chou (Ribeiro et al., 2017), avec l'installation de bande d'Alysson maritime en inter-rang a montré que sa présence permet d'améliorer la richesse spécifique en prédateurs généralistes, qui se traduit par une réduction des ravageurs retrouvés, les pucerons en particulier. Les principaux auxiliaires attirés par les bandes fleuries ont été les araignées, les coccinelles, les syrphes et *Orius sp.* (une punaise prédatrice).

L'étude d'une haie expérimentale conçue pour optimiser la protection en verger de poiriers a par ailleurs permis de valider les principes de base d'une introduction raisonnée de diversité végétale dans l'environnement du verger : existence d'une succession de ressources pour les auxiliaires actifs sur les ravageurs-clés de la culture, innocuité pour les cultures (absence de bioagresseurs communs). Ces travaux suggèrent que la manipulation de l'environnement végétal du verger modifie l'entomocénose (les communautés d'insectes). En revanche, le bénéfice potentiel en verger se limite au contrôle des ravageurs tolérés à des niveaux de population élevés (Simon et al., 2009).

3. Les auxiliaires de lutte

L'intégration de bandes fleuries en systèmes alternatifs visent à attirer des auxiliaires de lutte. La non-utilisation de produits phytosanitaires de synthèse crée un environnement favorable au développement, à la colonisation et à l'action de ces auxiliaires en verger (Simon et al., 2015).

L'étude des effets des pesticides sur la biodiversité d'insectes (mesurée par la quantité de formicidés et carabidés) en vergers de pêchers (conventionnels, à bas intrants et en agriculture biologique) a montré que les herbicides semblent plus néfastes que les insecticides (Sonoda et al., 2011).

La présence et la quantité de prédateurs présents dans les vergers régulent directement la pression des ravageurs. Cependant, dans le cas des pucerons, une plus grande diversité d'espèces prédatrices ne semble pas augmenter la suppression des pucerons (Penvers et al., 2010).

La reprise d'activité des auxiliaires se fait progressivement avec l'installation du printemps et des températures favorables. De nombreuses espèces prédatrices sont présentes naturellement sur la parcelle étudiée, elles ont déjà été observées dans les bandes-fleuries (Verdeil et al., 2021).

Les coccinelles : Plusieurs espèces de coccinelles sont naturellement présentes dans le verger (*Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata*, *Adalia bipunctata*) dont les larves sont très voraces de pucerons (Cabral et al., 2009). L'adulte se nourrit de pucerons mais aussi de nectar. La coccinelle passe l'hiver dans des tas de bois ou d'herbes sèches.

Les syrphes : De nombreuses espèces de syrphes sont présentes sur la parcelle (*Toxomerus marginatus*, *Sphaerophoria scripta*, *Eupeodes corollae*, *Episyrphus balteatus*, *Syrphus ribesii*). Les syrphes hivernent sur les tiges, tas de bois et les cavités d'arbres creux. Les œufs d'*Episyrphus balteatus* éclosent en 4 jours à 23°C (Faheem et al., 2019), les larves consomment entre 400 et 700 pucerons durant 10 à 15 jours. La durée au stade pupe est de 8 jours. Nous retrouvons ensuite les adultes volants se nourrissant de pollen et de nectar ; la femelle syrphe pond alors plusieurs milliers d'œufs dans les foyers de pucerons ou à proximité durant 20 à 25 jours. La température favorise le développement ; l'incubation des œufs et la pupation sont chacun 2 jours plus rapides à 33°C qu'à 23°C.

Certains producteurs de la région procèdent à des lâchers de syrphes, en positionnant des pupes de syrphes dans des abris au sein de la parcelle, en complément d'une bande fleurie, mais bien que lâchés précocement, l'activité des syrphes est limitée par les températures froides de mars.

Les micro-hyménoptères parasitoïdes d'arthropodes mais aussi de pucerons à l'intérieur duquel ils pondent leurs œufs. Ils se nourrissent de nectar et sont présents sur la parcelle.

Les araignées, qui chassent à l'affût (*Lycosidae*, *Thomisidae*, *Salticidae*, *Clubionidae*) ou au moyen de toiles (*Linyphiidae*, *Theridiidae*, *Agelenidae*) sont des prédatrices généralistes d'arthropodes.

Les chrysopes n'ont pas encore été observés sur la parcelle. Ces névroptères pondent à proximité des foyers de ravageurs, leurs larves se nourrissent de pucerons mais aussi de thrips.

III. Problématique et démarche

Avec la réduction de l'usage de produits phytosanitaires chimiques de synthèse et la substitution par des produits de biocontrôle, d'un côté il est à prévoir une gestion plus délicate des bioagresseurs, de l'autre nous disposons d'un levier plus efficace grâce à la mise en place d'infrastructures agroécologiques innovantes, visant une action favorisée des auxiliaires de lutte.

Quelles sont les performances agroenvironnementales et technico-économiques des différents systèmes ? Dans quelles mesures la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse en vergers de pêchers permet-elle une durabilité économique et écologique ? Quels sont les services écosystémiques apportés par les aménagements agroécologiques ?

L'objectif est d'aboutir à une évaluation des différents systèmes, présentant leurs comportements face aux bioagresseurs, leurs biodiversités fonctionnelles associées, leurs productivités, ainsi que leurs besoins et coûts associés. Afin de répondre à ces questions, nous avons établi des indicateurs qui nous permettent de quantifier les performances de l'agroécosystème, schématisées en **Figure 4**.

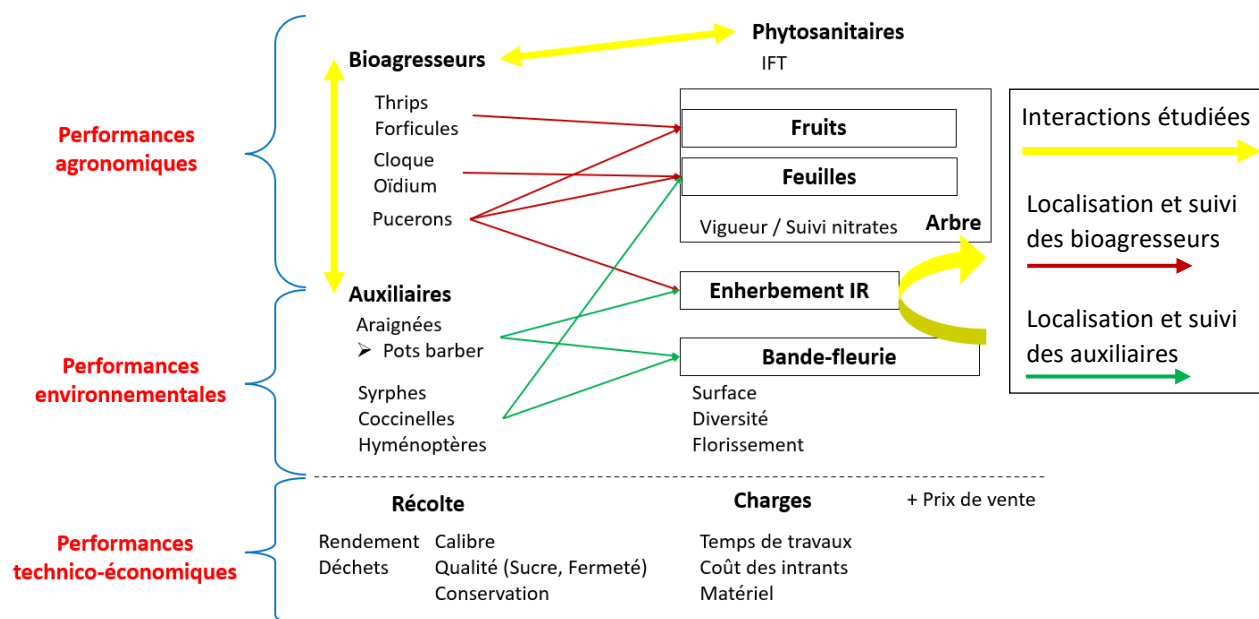


Figure 4 : Classification des indicateurs et relations entre les composants du système

Des indicateurs sur les performances agronomiques sont mesurés : développement et vigueur des arbres, suivi du nitrate dans le sol, quantification des dégâts abiotiques et ceux causés par les différents bioagresseurs (sur feuilles et fruits) en lien avec la protection phytosanitaire (comptabilisée en IFT). En parallèle, nous suivons au cours de la saison les services écosystémiques offerts par les structures agroécologiques mises en place : les bandes-fleuries (taux de recouvrement, richesse, diversité) en lien avec la quantité d'auxiliaires observés et leurs actions sur les populations de pucerons.

Les indicateurs de faisabilité technique et de rentabilité économique comprennent le rendement récolté, le rendement commercialisable, la qualité gustative des fruits et la durée de conservation. Les temps de travaux, coût des intrants, amortissements du matériel et le prix de vente obtenu à la récolte permet de dresser le bilan économique de ces systèmes.

IV. Matériel et méthode

A. Parcelle cultivée avec la variété Luciana

La surface allouée au projet Ecopêche est de 3 360 m². Les parcelles ont été plantées en février 2019 suite à un précédent abricotier, avec une variété de nectarine jaune *Luciana cov*, greffée sur un porte-greffe vigoureux (GF 677) résistant à la chlorose en sols calcaires. La plantation est en 6x3.5 m pour une densité de plantation de 480 arbres/ha (les vergers de pêchers peuvent aller de 360 à 1500 arbres/ha). La taille est effectuée en gobelet. Il s'agit d'une variété à débourrement précoce, avec un fort potentiel calibre et rendement (35 à 40 tonnes/ha en Pyrénées-Orientales en pleine production), au goût apprécié par les producteurs du Roussillon. L'avantage du débourrement précoce est que l'étalement des feuilles survient plus tôt dans la saison, permettant d'éviter en partie la cloque.

Le rendement potentiel estimé à 3 ans est de 18 t/ha en conventionnel, et d'environ 9 t/ha en AB. Luciana est une variété assez difficile à cultiver, avec un développement relativement long et une forte sensibilité au monilia et autres maladies de conservation. Le choix d'une variété sensible a pour objectif d'observer rapidement des écarts significatifs entre les conduites.

B. Les systèmes étudiés

La parcelle du verger Ecopêche II (Annexe 3) de la Sica Centrex est divisée en 4 modalités permettant l'expérimentation de 4 systèmes plein champ pour comparaisons. Chaque système comprend 4 rangées de nectariniers, les caractéristiques et objectifs orientant l'itinéraire technique sont résumés dans le Tableau 6 :

Tableau 6 : Caractéristiques des systèmes du verger Ecopêche II de la Centrex

Caractéristiques	AB	ECO	PFI	ZR (ORES)
Objectifs	IFT hors biocontrôle < 4	Réduction de 100 % de l'IFT chimique	Conduite conventionnelle de référence	Pas de résidu de pesticide à la récolte
Surface (en m ²)	840	924	840	924
Densité plantation	6x3.5 m – 476 arbres/ha			
Arbres plantés	10x4	11x4	10x4	11x4
Arbres restants	37	38	38	40
Fertilisation	Organique	Minérale		
Gestion ravageurs et maladies	Produits homologués + 4 bandes fleuries	Produits de biocontrôle en priorité + 4 bandes fleuries	Produits phytosanitaires chimiques + produits de biocontrôle	
Gestion rang	Mécanique	Paillage tissée	Mécanique + 1 intervention chimique	
Gestion inter-rang	Tonte + girobroyage			
Gestion irrigation	Goutte-à-goutte + sondes Watermark			

Le mélange semé pour les bandes fleuries est fourni par le CIVAM BIO 66 et comporte 8 espèces mellifères offrant une bonne présence et attractivité (Tableau 7).

Tableau 7 : Composition du mélange floral fourni par le CIVAM BIO 66

Durée de floraison	NOM COMMUN	ESPECE - GENRE
Mars-Août	Pâquerette	BELLIS PERENNIS
Mars-Novembre	Alysson maritime	LOBULARIA MARITIMA
Mars-Août	Trèfle blanc	TRIFOLIUM REPENS
Mars-Août	Achillée millefeuille	ACHILLEA MILLEFOLIUM FORME SAUVAGE
Avril-Août	Œil de bœuf	ANTHEMIS TINCTORIA
Mars-Novembre	Souci	CALENDULA OFFICINALIS
Avril-Août	Bleuet	CENTAUREA CYANUS
Avril-Novembre	Mélilot officinal	MELILOTUS OFFICINALIS

La sélection des 8 espèces est issu d'un essai sur 3 ans en 2012, comportant initialement 30 espèces de fleurs, qui a permis de sélectionner les mieux adaptées aux conditions pédoclimatiques de la région. La bande-fleurie est renouvelée tous les 3 ans, avec un semis à l'automne prévu cette année.

C. Protocoles de collecte des données

1. Suivi des bioagresseurs sur feuilles
 - (a) Echantillonnage de rameaux

Lorsque la pression de bioagresseurs permet l'observation régulière d'au moins un individu par rameau, nous travaillons sur des rameaux sélectionnés au préalable :

Nous choisissons 10 arbres, localisés dans les 2 rangs du milieu (en excluant les arbres morts et sous-développés) et bien répartis dans l'espace du système considéré. Sur chaque arbre, avant l'installation des bioagresseurs, nous marquons 8 rameaux de différentes tailles, avec 2 rameaux dans le tiers inférieur, 3 rameaux dans le tiers du milieu, et 3 rameaux dans le tiers supérieur de l'arbre. Enfin, nous relevons la taille du rameau avec son nombre de pousses.

Nous avons ainsi un échantillon de 80 rameaux de différentes tailles (pour un total d'environ 2400 pousses) par modalité, qui sera utilisé pour mesurer les fortes pressions de pucerons avec précision en un temps imparti d'une journée. La répartition des rameaux est donnée en Annexe 4.

(b) Echantillonnage d'arbres

Lorsqu'une faible pression de bioagresseurs permet un comptage sur plusieurs arbres entièrement, nous travaillons avec un échantillon d'arbres au développement équivalent :

Nous choisissons 8 arbres bien répartis dans les 2 rangs du milieu, ayant un développement moyen d'environ 60 rameaux par arbre. Nous avons ainsi un échantillon de 8 arbres par modalité, que nous utiliserons lorsqu'il sera possible de réaliser les comptages sur tout l'arbre, comme c'est le cas pour la cloque, les auxiliaires et les pucerons en faible pression (en début de saison).

2. Suivi des fruits

(a) Estimation des dégâts sur fruits

Les dégâts sur fruit avant éclaircissage sont estimés à partir de l'observation d'au moins 120 fruits par arbre si possible, sur 8 arbres au développement moyen situés dans les rangs du milieu.

(b) Rendement et déchets

Pour la mesure du rendement lors de la récolte qui débute le 1 juillet en AB, et le 4 juillet pour les autres modalités, nous délimitons pour chaque modalité un bloc de 12 à 14 arbres au milieu des deux rangs du milieu, en excluant les bordures et les arbres trop peu représentatifs. Nous pesons le poids de fruits sains et de déchets pour chaque arbre du bloc, et mesurons la circonférence du tronc à l'aide d'un mètre ruban, à 30 cm de hauteur. Nous effectuons 2 passages de récolte en AB (charge fruitière plus faible), et 3 passages sur les autres modalités tous les 3 jours.

A chaque passage, les fruits sains sont rassemblés par bloc, de même des défectueux. Le taux et la qualification des déchets nous permet d'obtenir l'impact sur fruit des différents bioagresseurs (thrips, pucerons, forficules, monilia, punaise diabolique, mouche des fruits, escargots, oiseaux et rongeurs). La grêle n'est pas comptabilisée en déchets, car il y a eu cicatrisation, de plus cela permet d'avoir un rendement sans cet aléa climatique. Les données de tous les passages sont ensuite compilées.

(c) Calibre et qualité

A partir des fruits sains récoltés de notre bloc, nous récupérons au hasard et pesons 100 fruits pour avoir le poids moyen d'un fruit. Les fruits sains du bloc récolté sont ensuite classés par calibre, et pesés. Pour la qualité, 20 fruits du calibre dominant sont envoyés à l'outil Pimprenelle qui réalise des analyses physico-chimiques précises sur les fruits, données dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Paramètres mesurés par Pimprenelle

Critères de qualité	Unité
Taux de sucre	° Brix
La fermeté	Kg/cm ²
L'acidité	Acide malique en g/l de jus
La jutosité	Masse totale en jus du lot de fruit

(d) Conservation

Les fruits mis en conservation ne doivent avoir aucune lésion de l'épiderme. Nous utilisons un plateau (une cagette en bois neuve) sur lequel nous plaçons un support de forme en plastique, adapté aux calibres des fruits. Nous plaçons 15 fruits par plateau, et faisons 3 plateaux par modalité. Ces plateaux sont placés 48h dans une chambre froide, puis 2 semaines dans une chambre réfrigérée à 28°C et à une humidité maintenue à 80%. L'observation du développement de maladies est faite 3 fois par semaine à partir de la première semaine, les fruits atteints sont retirés et comptés.

3. Suivi de la biodiversité fonctionnelle

La Figure 5 schématise spatialement les zones de collecte choisies, le choix des mesures s'est porté sur des comptages non-destructifs des auxiliaires volants, avec des observations en matinée sur l'ensemble des bandes fleuries du milieu. La mesure des araignées est effectuée à l'aide de 6 pots barber par modalité, ouverts durant 6 jours. Ces pots sont placés dans les bandes fleuries, ou à défaut dans l'enherbement, afin d'approcher l'impact de cet aménagement sur les communautés d'araignées.

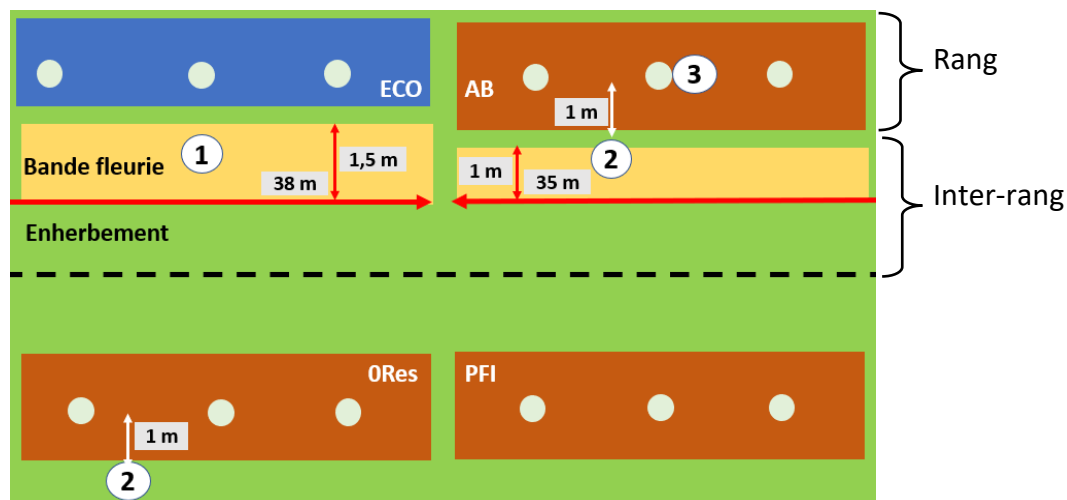


Figure 5 : Plan de collecte des mesures de biodiversité fonctionnelle

1. Observations non-destructives des bandes fleuries et auxiliaires volants (AB, ECO)
2. Pots barber pour les araignées, dans les bandes fleuries (AB, ECO) ou enherbement (PFI, ZR).
3. Observation des auxiliaires en activité contre le puceron sur les arbres (AB, ECO)

4. Déroulé des comptages

La Figure 6 présente le calendrier des différentes mesures et observations au cours de la saison sur les arbres et infrastructures avant récolte.

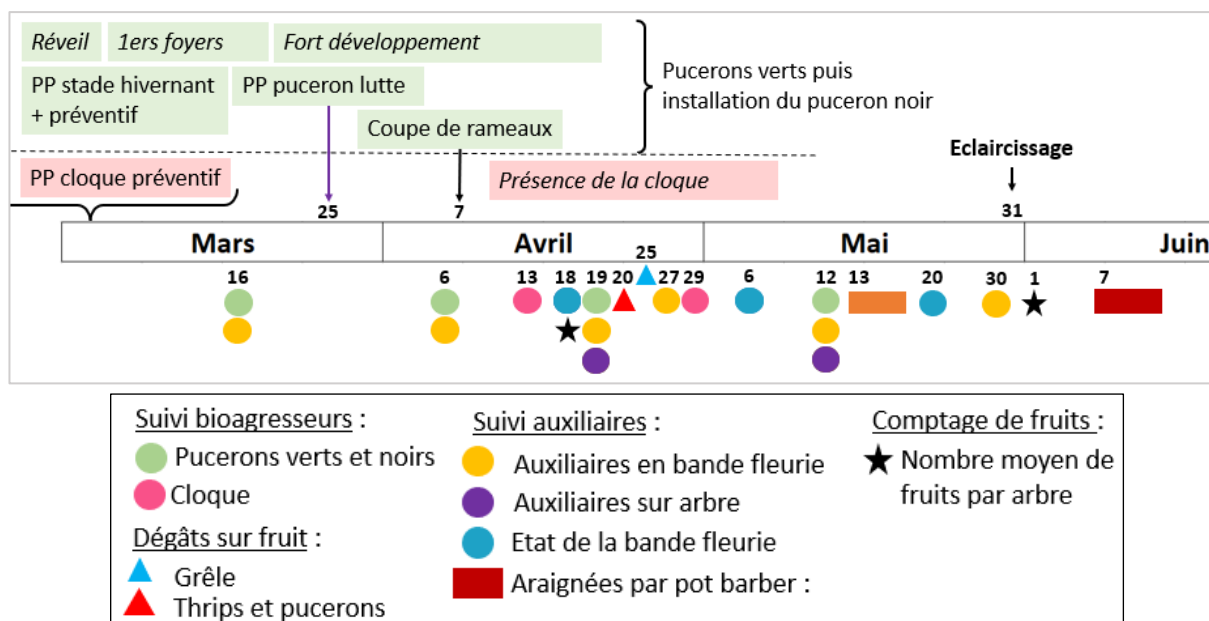


Figure 6 : Calendrier des comptages

Le reste des mesures est progressivement obtenu jusqu'à la fin de saison : le bilan des IFTs, la circonférence des arbres de tout le système (après arrêt de la croissance), les temps de travaux, les coûts des intrants, le matériel et amortissement.

D. Traitement des données

(a) Résumé de la collecte de données

Le Tableau 9 indique pour chaque type de comptage et d'analyses, l'échantillon étudié et les variables mesurées, pour chaque modalité.

Tableau 9 : Résumé des données collectées

Comptage	Echantillon/modalité	Variables mesurées
Pucerons <i>Forte pression</i>	10 arbres * 8 rameaux	Nombre de pucerons par espèce Nombre de pousses
Pucerons <i>Faible pression</i>	8 arbres moyens (60 rameaux/arbre)	Nombre de rameaux touchés par classe
Auxiliaires sur arbre		Nombre d'auxiliaires par espèce
Cloque		Nombre de feuilles cloquées
Thrips sur fruits Dégâts de grêle Pucerons sur fruits	120 fruits sur 8 arbres aléatoires	Pourcentage de dégâts par arbre
Araignées	6 pots Barber	Nombre d'araignées par espèce par pot
Auxiliaires sur bandes fleuries	2 bandes	Nombre d'auxiliaires par bande par espèce
Rendement récolté	1 bloc de 12 à 14 arbres	Quantité récoltée par arbre Circonférence du tronc
Déchets Calibre	12 à 14 arbres pour 1 bloc	Proportion de l'ensemble des déchets Calibre de l'ensemble de la récolte
Qualité	20 fruits	Taux de sucre, fermeté, jutosité, acidité
Conservation	3 plateaux * 17 fruits	Nombre de fruits atteints dans le temps

(b) Plan de traitements statistiques

Le Tableau 10 donne la démarche des traitements statistiques, dont l'objectif est de mettre en évidence, s'il y a, un effet significatif de la modalité sur la variable à expliquer.

Tableau 10 : Plan de traitements statistiques

Comptage	Individu	Variables utilisées	Modèle statistique	Tests statistiques
Pucerons <i>Forte pression</i>	Rameau	Nombre de pucerons Nombre de pousses	Zero-inflated poisson	Test de Vuong
Rendement récolté	Arbre	Quantité Circonférence	Modèle linéaire	ANCOVA (Analyse de la covariance)
Auxiliaires sur arbres	Arbre	Nombre d'auxiliaires	Modèle linéaire	Si homogénéité des variances, normalité et indépendance des résidus : ANOVA et Tukey en post-hoc (ou test de Student pour deux modalités). Sinon : Kruskal-Wallis puis Dunn en post-hoc (ou test de Wilcoxon pour deux modalités).
Cloque	Arbre	Nombre de feuilles cloquées		
Conservation	Plateau	Nombre de fruits pourris par type		
Dégâts sur fruits	Arbre	Pourcentage de dégâts par type		
Araignées (pots barber)	Pot	Nombre moyen d'araignées		

Nous utilisons le test de Levene pour vérifier l'homogénéité des variances, le test de Shapiro-Wilk pour la normalité des résidus, et le test de Durbin-Watson pour l'indépendance des résidus.

Les données de comptage de pucerons en forte pression sont traitées dans un premier temps grâce à un modèle sous une distribution de poisson : nous testons l'effet de la modalité grâce au test du χ^2 de Pearson, au critère d'information d'Akaike (AIC) et au coefficient de dispersion. Le modèle favorisé est celui qui valide le test du χ^2 , minimise le critère AIC avec un coefficient de dispersion proche de 1.

Cependant, ces données présentent de nombreux zéros, nous devons donc nous attendre à une surdispersion (i.e. une variance bien supérieure à la moyenne). Cela contredit l'hypothèse de départ d'utilisation de poisson pour laquelle la variance doit égaler la moyenne. Plutôt que d'utiliser un modèle de quasi-poisson ou binomial négatif pour traiter cette surdispersion, nous utilisons un modèle de poisson avec zéros inflatés (ZIP : Zero-inflated poisson) qui permet de gérer des données de comptage comportant un excès de zéros, causant une surdispersion.

Ce modèle alternatif part du principe qu'il y a deux types d'individus :

- Ceux qui ont 0 avec une probabilité de 1 ('Always-0 group' i.e. les zéros structurels)
- Ceux dont le comptage est prédit par une loi de Poisson classique (Not always-0 group).

Ainsi, le modèle ZIP mixe deux processus : l'un génère les zéros structurels, l'autre est régi par une distribution de poisson générant des résultats de comptage (pouvant intégrer des 0).

Nous utilisons le test de Vuong afin de comparer la pertinence de ce modèle par rapport à un modèle de poisson classique. Ce test utilise le critère de Kullback-Leibler pour mesurer la proximité d'un modèle à la réalité, grâce au test de rapport de vraisemblance (LR Test : Likelihood Ratio Test) entre deux modèles non emboîtés, donnant le modèle qui approche le mieux nos données. (Vuong, 1989) L'hypothèse nulle (les deux modèles ont une distance équivalente à nos données mesurées) est opposée à l'hypothèse alternative (Un modèle est plus proche).

Enfin, nous cherchons à identifier un effet de la modalité sur le nombre de pucerons comptés grâce à un LR Test entre un modèle ZIP avec le facteur modalité, et son modèle ZIP emboîté sans ce facteur.

(c) Calcul des données de biodiversité et représentation

Le plan de traitements des données de biodiversité est donné en [Tableau 11](#), nous calculons les entropies et les diversités de Hill ; dans le cas de Shannon et de Simpson (les espèces rares ont un effet négligeable ce dernier). L'entropie d'un peuplement augmente avec la probabilité de tirer deux individus différents dans ce peuplement. La diversité au sens de Hill correspond au nombre d'espèces (ou de familles d'espèces) équiprobable nécessaire pour former une communauté avec la même entropie que les données (Marcon, 2022).

Tableau 11 : Plan de traitement des données de biodiversité

Comptage	Individus	Variables	Traitement et calcul
Bande fleurie	2 bandes du milieu	Surfaces et parts des différentes espèces semées	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Richesse spécifique ➤ Calcul de l'entropie de Shannon et de Simpson ➤ Calcul de la diversité de Hill Shannon et Hill Simpson
Araignées (pots barber)	6 pots	Nombres d'araignées par famille par pot par modalité	

Nous utilisons enfin une Analyse Factorielle Multiple en mettant en supplémentaires les variables à expliquer (Modalité & Bande) afin de représenter la diversité des bandes fleuries en relation avec le taux d'envahissement par les adventices, et les auxiliaires observés ([Tableau 12](#)).

Tableau 12 : Données utilisées en représentation (AFM) de la bande-fleurie

Modalités	Individus	Bande-fleurie	Auxiliaires
AB & ECO	Bande 1 & bande 2	Part restante de fleurs semées Part d'adventices Richesse spécifique Entropie et diversité	Nombre d'auxiliaires (Syrphes & Coccinelles) par m ² de bande fleurie

V. Résultats

A. Evaluation des performances agro-environnementales

1. Gestion du puceron : moyens de lutte combinés

(1) Traitements et suivi fonctionnel des populations

Les premiers traitements débutent le 3 février au stade hivernant des ravageurs, ils ciblent l'éclosion des œufs de pucerons à l'origine des fondatrices. Une barrière physique à base de talc est appliquée en préventive en AB et ECO. Les traitements pulvérisés contre les œufs, les fondatrices et les foyers permettent aussi de contrôler le thrips. Les produits conventionnels ont un large spectre d'action. Les différents PPs utilisés sont données en [Tableau 13](#) avec leurs IFTs associés. En vert sont les produits de biocontrôle à IFT vert, en bleu les produits de biocontrôle sans IFT, en noir les PPs de synthèse avec IFT de synthèse. PFI et ZR nécessitent 2 IFTs de synthèse et 2 IFTs de biocontrôle, il faut 5.4 IFT de biocontrôle en AB, et 5 IFT de biocontrôle en ECO contre le puceron.

Tableau 13 : IFTs issus de la protection pucerons et thrips

Date	Produit	Substance	Unité	Cible	Dose	AB	ECO	PFI/ZR
03.02	Ovipron	Huile de vaseline	L/ha	Œufs et fondatrices	10	1		1
09.02					20	2	2	
09.02					10			1
09.02	Teppeki	Flonicamide	Kg/ha	Œufs et fondatrices	0,14			1
16.02	Ovipron	Huile de vaseline	L/ha		10	1	1	
16.02	Invelop	Talc	Kg/ha	Barrière physique	25	X	X	
23.02						X	X	
25.03	Lovell	Huile de paraffine	L/ha	Action curative sur les foyers par contact	20	0.7		
	Flipper	Sels potassiques			10		1	
11.04	Teppeki	Flonicamide	Kg/ha		0,14			1
13.04	Lovell	Huile de paraffine	L/ha		20	0.7		
	Flipper	Sels potassiques		10		1		
Total IFT						0	0	2
Total IFT Biocontrôle						5.4	5	2

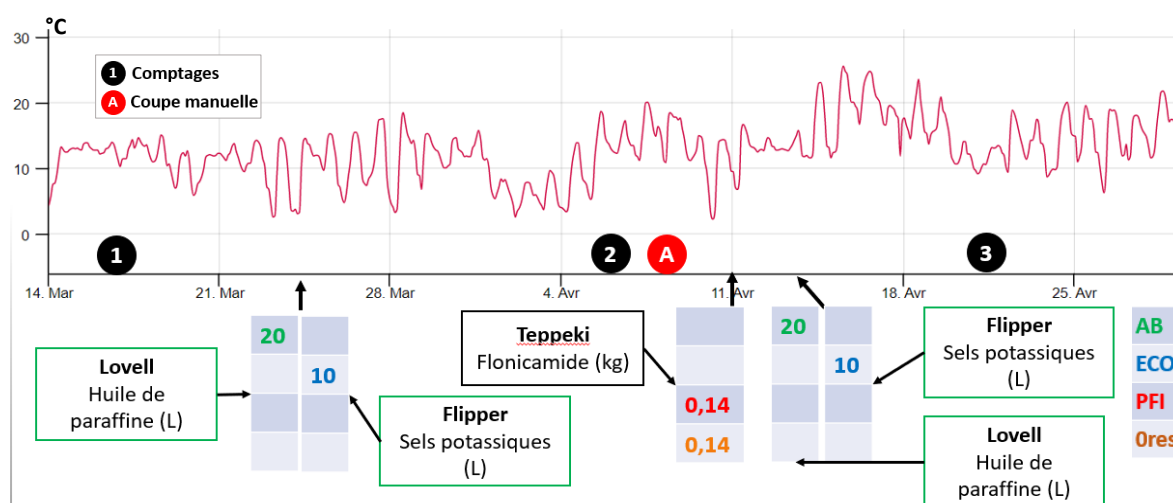


Figure 7 : Temporalité de la gestion des pucerons, des suivis de populations par comptage direct sur feuilles, des traitements associés et températures

On relève en [Figure 7](#) un rehaussement de la température durant le passage au mois d'avril. Les deux premiers comptages sont effectués de façon à isoler les traitements en AB (Lovell) et ECO (Flipper). Le 7 avril, nous procédons à des coupes ciblées (A) de rameaux non essentiels les plus infestés en tant que moyen de lutte, ôtant en moyenne 6,7 % des rameaux sur AB et 8,3 % sur ECO. Les derniers traitements sont réalisés le 13 avril, cet arrêt précoce permet de préserver l'activité des auxiliaires.

Le Tableau 14 donne les caractéristiques des comptages de populations par modalité. Le Tableau 15 donne les résultats de comptage des pucerons. L'ensemble de la dynamique proie/prédateur est présenté en Figure 8 pour AB et en Figure 9 pour ECO. Les pressions sur PFI et ZR restent très faibles et attestent de l'efficacité du programme de protection chimique. On retrouve la même quantité de pucerons en AB et ECO au premier comptage, au deuxième comptage on en retrouve 2 fois plus sur ECO, enfin au troisième comptage nous constatons une chute brutale de la pression de pucerons.

Tableau 14 : Résumé des comptages pucerons et auxiliaires

Comptage	Date	Pucerons	Auxiliaires sur arbre	Auxiliaires sur BF
1	18.03	80 rameaux	-	2 bandes fleuries
2	06.04			
3	19.04	8 arbres (480 rameaux)	8 arbres	

Tableau 15 : Résultats de comptage des pucerons

Comptage	AB	ECO	PFI/ZR	AB	ECO	PFI/ZR
	Foyers/100 pousses			Pucerons/pousse		
1	7,7	6,3	< 0,5	0,43	0,45	< 0,01
2	7	14,3	< 0,5	0,67	1,71	< 0,05
3	Foyers/ 100 rameaux			Observation de larves de syrpe et de coccinelles à proximité des foyers.		
	4	5	< 0,5			

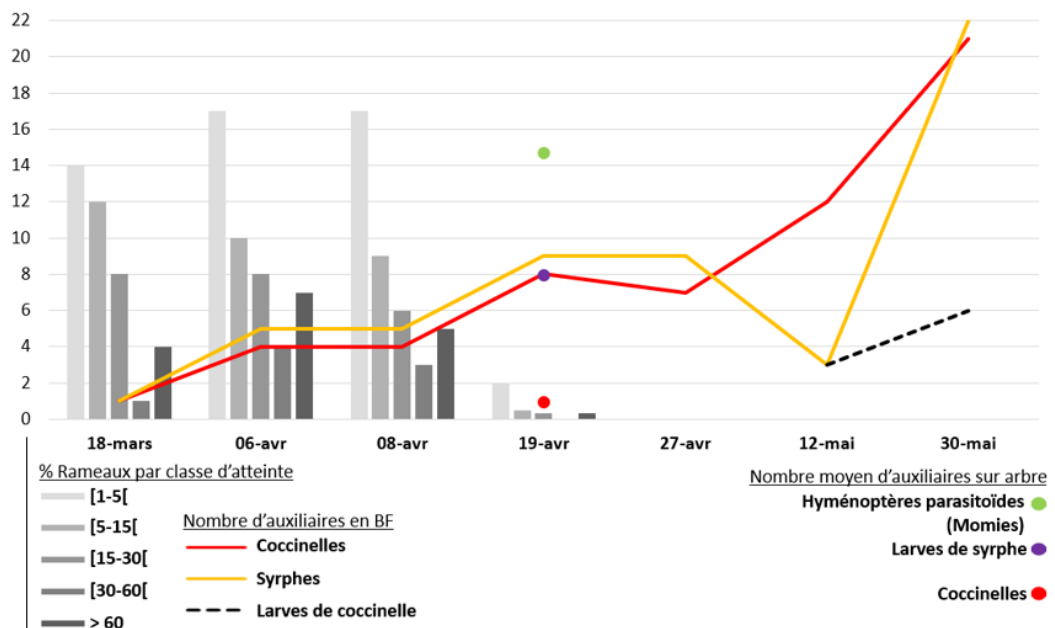


Figure 8 : Suivi de la dynamique pucerons/auxiliaires sur AB

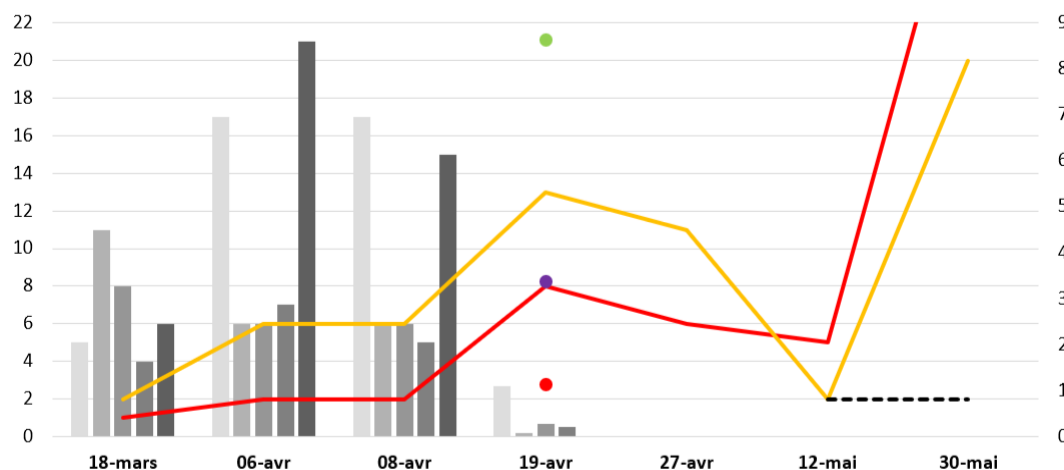


Figure 9 : Suivi de la dynamique pucerons/auxiliaires sur ECO

Le comptage du 18 mars atteste de l'efficacité du programme de protection chimique en PFI et ZR. Les modalités AB et ECO présentent déjà de nombreux foyers, peu denses pour la plupart. Le comptage du 6 avril confirme le développement des foyers à un rythme soutenu. Nous observons une augmentation de la présence d'auxiliaires, en corrélation avec l'augmentation des températures d'avril et l'ouverture progressive des fleurs semées (alyssons et soucis). Le comptage du 19 avril en revanche constate une nette diminution de la pression puceron, en lien avec l'augmentation de la présence des auxiliaires sur les arbres. A ce stade, les auxiliaires observés ayant une activité de prédation sont les larves de syrphes, retrouvées en nombre, les coccinelles dans une moindre mesure, et les hyménoptères dont les momies témoignent de leur activité parasitoïde. Il n'y a pas encore de larve de coccinelles sur les arbres.

Le 12 mai, nous observons peu d'auxiliaires, cela est dû à un biais issu du comptage qui a été réalisé un jour nuageux et venteux. Lors de ce comptage nous observons aussi pour la première fois en bande-flourie des larves de coccinelles actives sur des adventices (blettes sauvages) colonisés par le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*), inoffensif pour le pêcheur.

(2) Modélisation statistique des pucerons sur AB et ECO

Le jeu de données permet d'avoir le nombre de pucerons du rameau, sa longueur et sa modalité. La pression de pucerons sur PFI et ZR n'étant pas assez forte pour une comparaison intermodalité, nous cherchons s'il y a une différence significative entre les modalités AB et ECO pour les pucerons comptés le 18 mars et le 6 avril. Le premier comptage permet de fixer l'état entre AB et ECO, et le deuxième nous indique l'évolution durant la période. Les modèles de traitements des comptages et résultats des tests sont donnés en [Tableau 16](#).

Tableau 16 : Description des modèles et variables utilisés par comptage

Nom	Variables Modèle utilisé	A expliquer <i>Quantitative</i> Nombre de pucerons	Explicative <i>Quantitative</i> Longueur	Explicative <i>Qualitative</i> Modalité
MZIPO	Zero Inflated Poisson	X	X	
MZIP1		X	X	X
MPO	Poisson	X	X	
MP1		X	X	X

Tableau 17 : Résultats des tests de comparaison entre les modèles par comptage

Tests utilisés	Test du χ^2 AIC	Test de Vuong	Test du LR	Conclusion
Modèles comparés	MP1 > MPO	MZIP1 > MP1	MZIP1 > MZIPO	
Comptage 1 18 mars	NS AIC non réduite Surdispersion	***	NS	Pas d'effet significatif de la modalité
Comptage 2 6 avril	*** AIC réduite Surdispersion	***	***	Effet significatif de la modalité sans interaction

Les résultats des tests statistiques entre les modèles indiquent que le MZIP est meilleur que le MP ([Tableau 17](#)). A priori, il ne doit pas avoir d'interaction entre la modalité et la longueur (nombre de pousses) du rameau qui est arbitraire, autrement cela indiquerait un biais d'échantillonnage. Nous vérifions cela avec une étape intermédiaire : nous comparons le MZIP1 sans interaction à un modèle MZIP1 avec interaction, l'interaction est démontrée nulle. Enfin, nous comparons le MZIPO sans effet de la modalité au MZIP1 avec effet, le MZIP1 est meilleur. Nous retenons le MZIP1, qui tient compte de la longueur du rameau, et indique une différence significative de pucerons retrouvés entre AB et ECO le 6 avril. Ce modèle est présenté en [Tableau 18](#) et ses coefficients sont donnés en [Tableau 19](#).

Tableau 18 : Résumé du MZIP1 sans interaction du comptage puceron du 6 avril

Count model coefficients (poisson with log link):				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	2.737990	0.044238	61.89	<2e-16 ***
Nb_pousses	0.024685	0.001089	22.68	<2e-16 ***
ModalitéECO	0.752971	0.029982	25.11	<2e-16 ***

Effet significatif de la longueur et de la modalité

zero-inflation model coefficients (binomial with logit link):				
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.3023	0.2262	-1.337	0.1814
ModalitéECO	-0.6053	0.3349	-1.807	0.0707 .

La modalité a un effet sur l'apparition des zéros structurels (à 7% d'erreur)

 signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

La partie ZIP du modèle de comptage s'écrit :

$$\ln(\text{Nombre de pucerons}(\text{Longueur})_i) = \alpha + \beta * \text{Longueur} + \text{Modalité } i + \varepsilon_i$$

D'où :
$$\text{Nombre de pucerons}(\text{Longueur})_i = e^{\alpha} * e^{\beta * \text{Longueur}} * e^{\text{Modalité } i} * e^{\varepsilon_i}$$

Tableau 19 : Intervalle de confiance à 95% des coefficients à l'échelle naturelle du MZIP1

```
> exp(confint(mzip1))
```

	2.5 %	97.5 %	
count_(Intercept)	14.1722285	16.855807	e^{α}
count_Nb_pousses	1.0228075	1.027181	e^{β}
count_ModalitéECO	2.0021225	2.251808	$e^{\text{Modalité ECO}}$
zero_(Intercept)	0.4744698	1.151420	
zero_ModalitéECO	0.2831688	1.052491	

Partie issu du traitement des zéros structurels

Le 6 avril, un rameau une pousse plus grand a un nombre de pucerons multiplié par e^{β} , ce nombre est bien strictement supérieur à 1 : plus un rameau est grand, plus il a de pucerons. Pour un rameau de la modalité ECO, le nombre de pucerons est multiplié par $e^{\text{Modalité ECO}}$, on retrouve deux fois plus de pucerons sur ECO, selon les données de la partie comptage de notre modèle tracé en [Figure 10](#).

Concernant la partie des zéros structurels, les chances pour un rameau de la modalité ECO d'être un zéro (i.e. d'être sain) sont comprises entre 28,3% et 105%, par rapport à la modalité AB qui a pour référence 100%. La chance d'être sain pour un rameau en ECO est donc réduite jusqu'à 71,7% par rapport à AB.

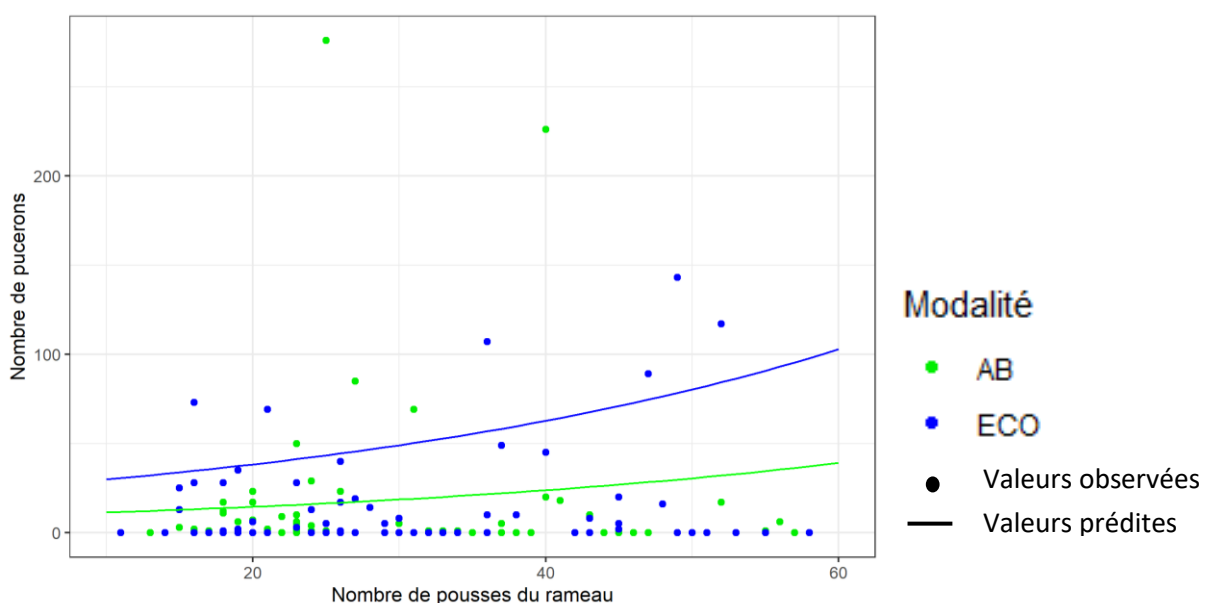


Figure 10 : MZIP1 [Partie comptage] du 6 avril : Modélisation des pucerons sur AB & ECO

(3) Suivi des repiquages sporadiques

Nous observons un repiquage des pucerons à partir de début mai, touchant les arbres de façon sporadique, sur l'ensemble des modalités. Cela se traduit par une concentration des foyers sur les rameaux du tiers inférieur, et une remontée progressive. L'échantillon n'est plus représentatif, notamment par la faible couverture de rameaux sélectionnés dans le tiers inférieur (20/80 par modalité). Afin de poursuivre le suivi de la dynamique puceron/auxiliaire, nous sélectionnons un arbre hors échantillon (AB en bordure) fortement infesté par les pucerons et les fourmis qui s'y associent afin d'observer la recolonisation par les auxiliaires, lors de la rapide expansion des pucerons (majoritairement noirs) le 5 mai. Un dernier comptage est donc effectué le 30 mai (Figure 11).

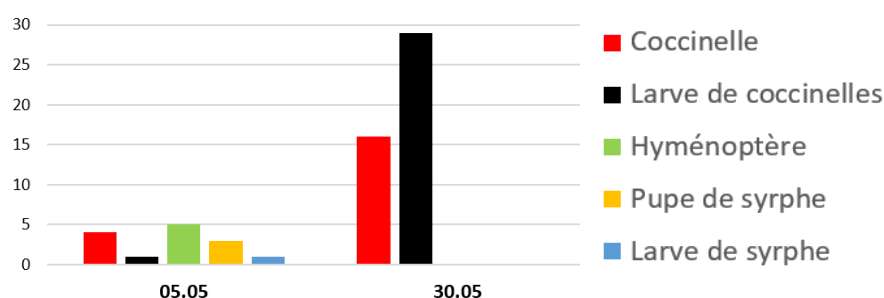


Figure 11 : Suivi de la couverture des auxiliaires suite au repiquage (arbre AB hors échantillon)

Une nouvelle dynamique de prédation des pucerons est constatée, avec une explosion de la présence de larves de coccinelles (et d'adultes) sur l'arbre. Il semble que les larves de coccinelles arrivent dans un deuxième temps sur les arbres, et qu'elles soient plus aptes que les larves de syrphes à consommer les pucerons noirs, plus robustes que les verts. L'activité de prédation des larves de coccinelles durant le mois de mai a lieu en même temps que le départ progressif des pucerons ailés pour des hôtes secondaires, sur lesquels les nouvelles colonies de pucerons passent l'été.

(4) Bilan de la dynamique de lutte contre le puceron

Comme ce fût le cas l'année dernière à faible intensité, nous constatons d'abord le puceron vert dès février, puis le puceron noir qui progressivement s'installe en mars et prédomine à partir d'avril.

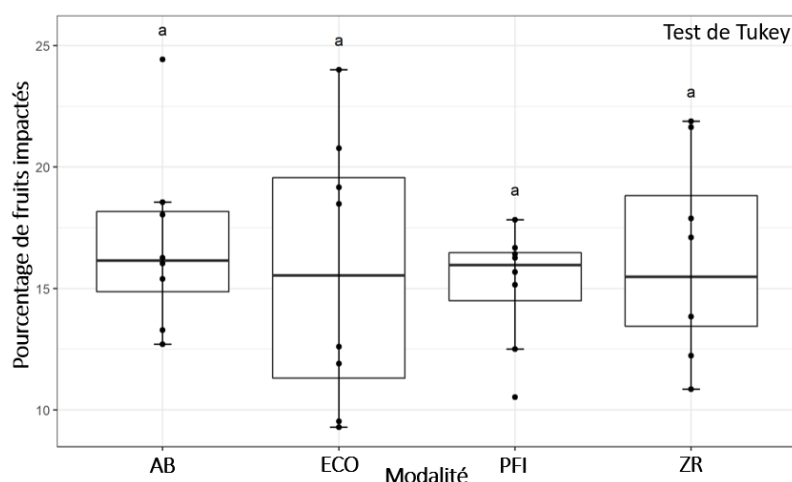
Le programme de lutte chimique en PFI et ZR permet une bonne gestion du puceron. Cependant, les dommages sont importants sur AB et ECO, avec une forte pression entraînant la coupe de rameaux.

Nous retrouvons une quantité quasi-équivalente de pucerons sur AB et ECO le 18 mars, puis une différence significative le 6 avril, montrant une plus forte pression en ECO. Cependant, il y a une nette augmentation de la pression sur ces deux modalités (+56% de pucerons sur AB, +280% sur ECO). Nous pouvons émettre l'hypothèse que le produit curatif utilisé en AB soit d'une meilleure efficacité que le produit curatif de biocontrôle sur ECO. Il est aussi possible que la fertilisation minérale soit responsable de cet écart en favorisant la croissance de tissus tendres (Rousselin, 2017).

Les traitements préventifs et curatifs utilisés sur AB et ECO montrent des effets limités sur la suppression des pucerons, mais il est à souligner les impasses de traitement, permettant de préserver les auxiliaires et réaliser une baisse d'IFT. Nous déduisons qu'aux quantités de produits appliquées, il ne semble pas y avoir de contre-indication au développement d'une présence suffisante d'auxiliaires, car nous avons obtenu une couverture efficace mais discontinue. Le premier nettoyage début avril a été permis par les larves de syrphes, permettant de faire chuter la pression. Le repiquage sporadique constaté au mois de mai, a été régulé grâce à la prédation par les larves de coccinelles en peuplements denses, à l'installation plus tardive mais qui permettent néanmoins de réduire la quantité de pucerons quittant la parcelle avant l'été, pour revenir à l'automne pondre les œufs à l'origine des futures fondatrices de la prochaine saison.

2. Dégâts sur fruits avant éclaircissage

(1) Dégâts abiotiques



Moyennes de fruits impactés :

Grêlés	AB	ECO	PFI	ZR
%	16,8	15,9	15,1	16,1

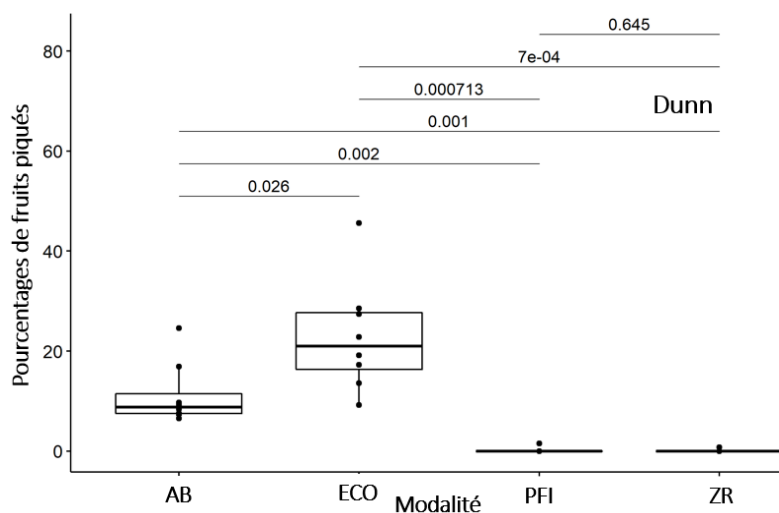
ANOVA : $p = 0.864$

On rejette l'effet des modalités.

Figure 12 : Boxplot des parts de fruits grêlés et test de Tukey

Il y a eu des impacts de grêle le 23 avril sur environ 16 % des fruits avant éclaircissage cette année sur l'ensemble des modalités (Figure 12). L'ANOVA indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de fruits impactés. L'ensemble des fruits touchés par la grêle n'est pas perdu, et les fruits qui auront pu cicatriser seront comptés comme sain à la récolte. Les impacts cicatrisés forment des abris propices au développement des escargots et forficules qui s'y logent. A ces dégâts s'ajoutent ceux liés à l'impact de froid de mars.

(2) Dégâts de pucerons



Moyennes des fruits piqués :

Piqués	AB	ECO	PFI	ZR
%	11,2	22,1	0,2	0,1

Kruskal-Wallis : $p < 0.05$. Il y a une différence significative entre les modalités.

Figure 13 : Boxplot des parts de fruits piqués avant éclaircissage et test de Dunn

La Figure 13 montre que PFI et ZR n'ont quasiment pas de dégâts de pucerons. On retrouve deux fois plus de fruits piqués en ECO (22,1%) qu'en AB (11,2%). Le test de Kruskal-Wallis indique qu'il y a bien un effet de la modalité. Le test de Dunn compare les modalités deux à deux et montre une différence significative entre toutes les modalités, excepté entre PFI et ZR qui ont très peu de dégâts observés.

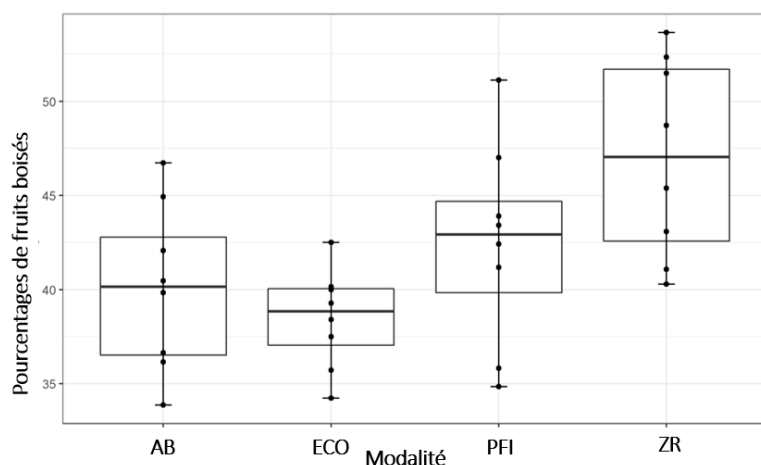
Nous retrouvons deux fois plus de fruits piqués sur ECO qu'en AB, cela est en accord avec les résultats obtenus avec le modèle ZIP1 sur les pucerons du 6 avril.

(3) Gestion et dégâts de thrips

Les produits utilisés dans la lutte contre le puceron visent aussi le thrips meridionalis, retrouvé tôt en début de saison (le Karaté Zéon et l'Invelop lorsqu'on retrouve celui-ci à la fleur). La barrière physique à base de talc en AB et ECO (repris dans le bilan de l'IFTs puceron) cible en particulier le thrips. Les produits du Tableau 20 traitent le thrips meridionalis et le thrips californien, observé plus tardivement.

Tableau 20 : IFT issus de la protection thrips

Date	Produit	Substance	Unité	Dose	AB	ECO	PFI	ZR
16.02	Invelop	Talc	Kg/ha	25	X	X		
23.02					X	X		
03.03	Karaté	Lambda-cyhalothrine	Kg/ha	0,14			1.27	1.27
22.06	Success 4	Spinosad	L/ha	0,2	1		1	1
29.06	Essen'ciel	Huile essentielle d'orange		6	1			1
Total IFT					1		2.27	2.27
Total IFT Biocontrôle					1			1



Moyennes de fruits boisés :

Boisés	AB	ECO	PFI	ZR
%	40,2	38,3	42,5	46,9

ANOVA : p = 0.3919

On conclut l'absence d'effet significatif des modalités.

Figure 14 : Boxplot des parts de fruits boisés avant éclaircissage

Les résultats en Figure 14 concernent le thrips meridionalis et montrent un fort taux de boisage sur toutes les modalités avant éclaircissage. Ces résultats comprennent les frottements contre les branches. L'ANOVA indique qu'il n'y a pas d'effet significatif de la modalité sur le taux de boisage. Une majeure partie des fruits comptés comme boisés ne l'est que faiblement (griffures fines sans déformation du fruit) et ne dépasse pas la norme de tolérance à la récolte, malgré le grossissement du fruit. Il est toléré une surface boisée sur fruit à la récolte jusqu'à celle d'une pièce de 2€ en AB.

On retrouve plus tardivement le thrips californien qui s'abrite entre les feuilles et les fruits et cause des séries de piqûres, entraînant une décoloration de la zone touchée.

Tableau 21 : Part de dégâts de thrips à la récolte par rapport au rendement total récolté

Part des fruits touchés	AB	ECO	PFI	ZR
Thrips meridionalis	4,8 %	7 %	4,3 %	4,7 %
Thrips californien	0,25 %	0,21 %	0 %	0,6 %

Les parts de fruits touchés par le thrips parmi l'ensemble récolté lors de la récolte sont en Tableau 21. L'estimation des dégâts de thrips à la récolte via les fruits déformés ou boisés excédant la norme permet d'approcher les dégâts de thrips meridionalis, mais inclue aussi les frottements liés au vent. Les dégâts de thrips meridionalis sont plus élevés en ECO, nous retrouvons peu de thrips californien, bien que ce soit un problème qui semble émerger en ZR qui est situé face au sens du vent.

3. Gestion des maladies fongiques (a) Cloque

La gestion de ce champignon se fait par l'utilisation de PPs en préventif, lors de périodes humides à risque. Différentes combinaisons à différentes doses de ces produits sont essayées (Tableau 22). L'utilisation de produits de synthèse pour un total de 4,5 IFT de synthèse en PFI et ZR amène une protection totale : nous n'observons pas de feuilles cloquées sur ces modalités. Le sulfate de cuivre est autorisé en AB et apporte 0.9 IFT chimique, nous ne l'utilisons pas en ECO.

Tableau 22 : IFT issus de la protection cloque

Date	Produit	Substance	Dose	Unité	AB	ECO	PFI & ZR
24.01	RSR disperss	Bouillie bordelaise (Sulfate de cuivre)	6.25	Kg/ha	0.5		0.5
04.02			5		0.4		
03.02	BNA Pro	Lait de chaux	100	L/ha		1	
03.02	Carbazinc flash	Zirame	2.5	Kg/ha			1
10.02	Curatio	Bouillie sulfocalcique	16	L/ha		1	
16.02	Merpan 80	Captane	3	Kg/ha			1
18.02	Curatio	Bouillie sulfocalcique	10	L/ha	0.63	0.63	
03.03					0.63	0.63	
03.03	Syllit Max	Dodine (L/ha)	1.65	L/ha			1
16.03			1.65				1
16.03	Curatio	Bouillie sulfocalcique	10	L/ha	0.63	0.63	
Total IFT					0.9	0	4.5
Total IFT Biocontrôle					1.9	3.9	

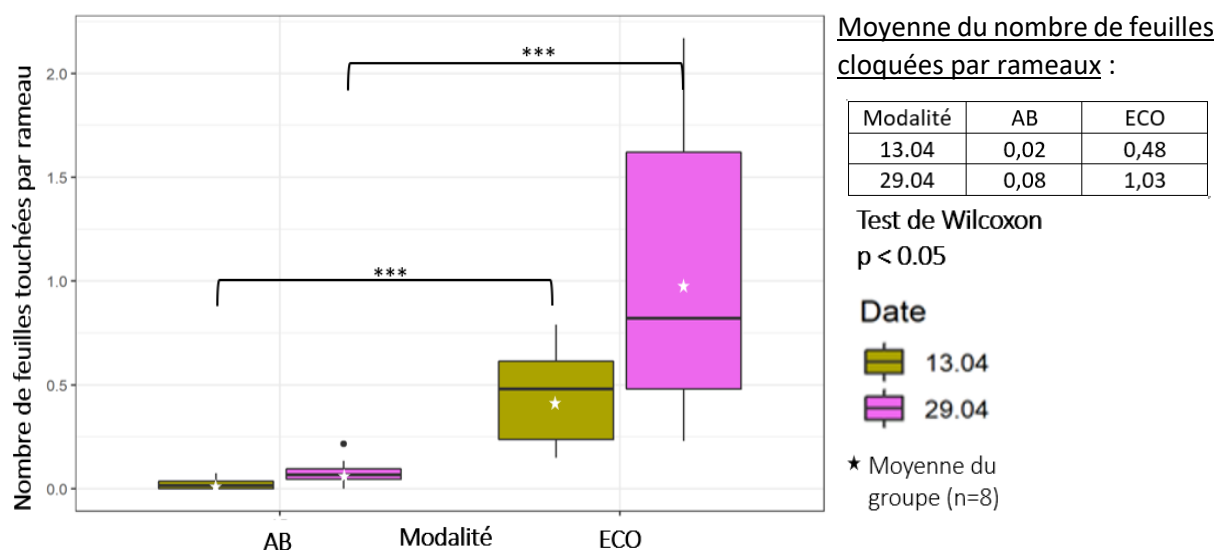


Figure 15 : Boxplot du nombre de feuilles cloquées sur AB & ECO entre le 13 et le 24 avril

Suite à ces traitements, les premiers dégâts de cloque sur feuilles s'observent durant la première décade d'avril sur les modalités AB et ECO. Les pressions restent basses, mais l'on retrouve environ 13 fois plus de feuilles cloquées sur ECO que sur AB aux deux dates. Le test de Wilcoxon montre qu'il y a une différence significative dès le premier comptage le 13 avril (Figure 15), bien que les pressions soient encore faibles. Cette différence est probablement expliquée par la non-utilisation de sulfate de cuivre sur la modalité ECO. De plus, il a été montré cette année lors d'essais sur l'efficacité du Curatio à différentes doses [8, 12 et 16 L/ha] contre la cloque (Annexe 5) que la dose d'application 8L/ha présente une efficacité moindre par rapport aux doses 12 et 16L/ha (Lusetti, 2022). Il y a donc possibilité que la dose de 10L/ha appliquée sur AB et ECO n'ait pas été optimale.

(b) Oïdium

Tableau 23 : IFT issus de la protection contre l'oïdium

Date	Produit	Substance	Dose	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
06.04	Nimrod	Bupirimate	0.6	Kg/ha			1	1
08.04	Microthiol SD	Soufre micronisé	7.5		1	1		
22.04					1	1		
22.04	Sercadis	Fluxapyroxad	0.15	L/ha			1	1
03.05	Microthiol SD	Soufre micronisé	7.5	Kg/ha	1	1		1
04.05	Signum	Pyraclostrobin + boscalid	0.6				1	
20.05	Microthiol SD	Soufre micronisé	7.5		1	1		1
20.05	Nimrod	Bupirimate	0.6	L/ha			1	
Total IFT							4	2
Total IFT Biocontrôle					4	4	0	3

Le programme de protection en Tableau 23 a permis de maintenir l'oïdium à faible pression. A partir de mai, il y a substitution en ZR des PP de synthèse pour des PP de biocontrôle, par rapport à la PFI.

(c) Monilia

Tableau 24 : IFT issus de la protection contre les maladies de conservation (monilia)

Date	Produit	Substance	Dose	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
22.06	Signum	Pyraclostrobin + boscalid	0.75	Kg/ha			1.25	
22.06	Vitisan	Hydrogénocarbonate de potassium	5			1		
22.06	Armicarb				1		1	
29.06	Vitisan	Hydrogénocarbonate de potassium	5	Kg/ha		1		
29.06	Luna exp	Tebuconazole fluopyram	0.5	L/ha			1	
Total IFT							2.25	
Total IFT Biocontrôle					3	2		3

De même pour les maladies de conservation (Tableau 24), il y a substitution des PP de synthèse par des produits de biocontrôle en ZR. L'estimation des dégâts de cette maladie est effectuée d'une part sur les fruits classés en déchet sur lesquels nous identifions des pourritures typiques du monilia, et d'autre part à la conservation en identifiant le développement de champignons sur fruit identifié comme sain à la récolte. Les dommages sont aggravés par l'atteinte de l'intégrité de l'épicarpe, causée notamment par les forficules et les escargots, pouvant se loger dans les creux causés par la grêle.

Tableau 25 : Part de fruits pourris et monilia durant la conservation

t = 7 jours	AB	ECO	PFI	ZR
Fruits pourris (%)	93,1	78,1	46,3	38,8
Dont Monilia (%)	87,5	75	29,4	29,4

L'observation après récolte de fruits pourris en conservation (Tableau 25) montre que AB est particulièrement touché suivi d'ECO. Le principal pathogène responsable du pourrissement en AB et ECO est le monilia.

4. Gestion des autres ravageurs

(a) Forficules et escargots

Tableau 26 : IFT issu de la protection forficules

Date	Produit	Substance	Dose	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
29.06	Decis protech	Deltaméthrine	0.83	Kg/hl			1	
16.05	Glu	Rampastop	12.5	Kg/ha			X	X
16.05		Marbella	20	Kg/ha	X	X		

Nous avons appliqué de la glu (Tableau 26) autour des troncs afin de limiter la montée dans les arbres des forficules et escargots. La glu bio a une tenue moins longue (1 mois) que la glu classique, nous n'avons cependant pas posé une deuxième couche. Les glus agressent les jeunes troncs et provoquent de la gommose, plus abondante avec la glu conventionnelle. Les dégâts sur fruits observés à la récolte (Tableau 27) sont plus importants en AB pour le forficule, PFI n'est pas la modalité la moins touchée comme l'on aurait pu s'attendre avec l'usage d'un produit de synthèse. Nous retrouvons plus de dégâts de limaces et escargots en ECO, ce qui est certainement lié à l'utilisation du paillage plastique.

Tableau 27 : Part de dégâts de forficules et gastéropodes par rapport au rendement total récolté

Part de fruit touché	AB	ECO	PFI	ZR
Forficule	8,5 %	5,5 %	4,6 %	2,7 %
Escargot/limace	2,3 %	4,2 %	1,1 %	2,3 %

D'autres voies permettent l'accès aux arbres, il a été observé :

- Après la pose de glu bio sur l'arbre sujet du repiquage en AB, les fourmis ont dès le lendemain modifié leur trajet du sol aux arbres, en passant par les piquets en bois supportant les goutteurs. La pose de colle sur le piquet en bois a été essayé, cependant elle ne permet d'arrêter le passage des fourmis que durant 5 jours avant de s'estomper.
- Il y a eu une forte croissance des adventices sur toutes les modalités, créant des ponts vers les arbres durant le mois de juin.

(b) Tordeuses et mineuses

La pose de confusion sexuelle début avril dans le centre a une densité de 1000 diffuseurs par hectare (2/arbre) pour **1 IFTB** a été efficace, il a été constaté de légers cas de rameaux minés.

(c) Mouche méditerranéenne des fruits

La gestion de la cératite a été fait au moyen de la pose de pièges contenant un attractif alimentaire et de l'insecticide à une densité de 30 pièges par hectare pour **0.3 IFTB**, en bordure des parcelles expérimentales. Quelques mouches ont été observées dans les pièges, ne posant pas de problème.

(d) Cicadelles vertes

Une vague de cicadelles survient au moment de la récolte début juillet, piquant l'extrémité de certains rameaux, ce qui a pour effet un blocage temporaire de la croissance. Nous observons la formation de nouvelles pousses saines dans la deuxième décade de juillet. Le Decis protech utilisé contre le forficule qui est un insecticide généraliste, a aussi permis la lutte contre les cicadelles.

5. Diverses gestions des adventices

Tableau 28 : IFT issu de la gestion adventice

Date	Produit	Substance	Dose	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
22.04	Astéroïde	Glyphosate 360	4	L/ha			0.33	0.33

La lutte chimique contre les adventices (Tableau 28) se limite à une seule intervention sur 1/3 de la parcelle en PFI et ZR, pour un résultat efficace mais de courte durée.

Tableau 29 : Temps de gestion des adventices et nombre de passages

Heures/ha (Passages)		AB	ECO	PFI	ZR
Grobroyeur	IR	6 (4)			
Tonte		2 (2)			
Intercep		24 (4)	-	12 (3)	
Débroussailleuse		12 (2)	24 (3)	12 (1)	
Manuel		10 (1)	12 (1)	-	
Passage herbicide		-	-	3 (1)	
Heures/ha		54	44	35	
Nombre de passages		13	10	11	

La gestion de l'IR est la même sur toutes les modalités (Tableau 29). Pour l'entretien du rang, AB compte le nombre de passages d'intercep le plus élevé, permettant l'enfouissement de l'engrais organique et des adventices. Le paillage plastique en ECO permet de s'affranchir du travail du sol, cependant l'envahissement par les adventices demande plus d'entretien avec de l'outillage léger.

6. Stratégies de fertilisation et croissance des arbres

(1) Fertilisation et suivi des nitrates

Tableau 30 : Plan de fertilisation et doses apportées (exprimées en uN/ha)

Date	Fertilisation	Type	Dose	AB	ECO	PFI	ZR
10.02	Orgalix (7,3,11)	Organique	715	50			
04.03	Blaukorn (15,3,20)	Minérale	360		54	54	54
12.04	Orgalix (7,3,11)	Organique	800	56			
27.04	Blaukorn (15,3,20)	Minérale	300		45	45	45
01.06	Orgalix (7,3,11)	Organique	475	33			
15.06	Potasse (13,0,46)	Minérale	150		20	20	20
05.08	Orgalix (7,3,11)	Organique	480	34			
Total uN/ha				173	119	119	119

Le plan de fertilisation est donné en Tableau 30. Le paillage plastique utilisé en ECO ne permet pas l'utilisation d'amendement organique, l'engrais minérale (identique à PFI et ZR) est posé sur le paillage plastique dans la zone des goutteurs.

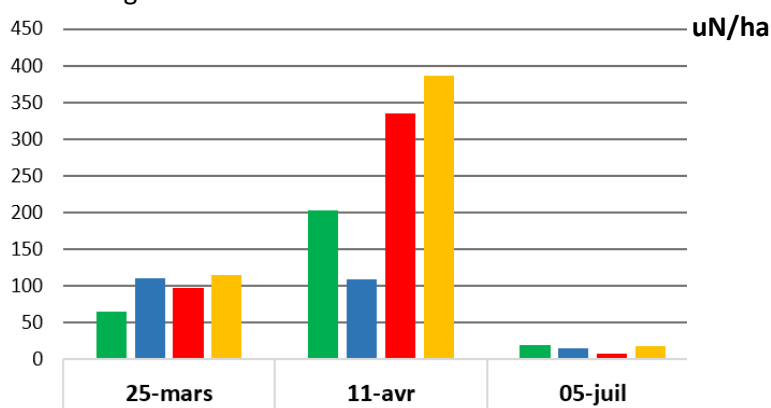


Figure 16 : Suivi des test nitrates au Nitrameck (25 premiers cm)

Bien que l'échelle de suivi ne soit pas réaliste, les mesures de nitrates dans le sol (Figure 16) montrent une bonne ressource minérale disponible durant la nouaison et le grossissement des fruits. Cependant, la mesure au moment de la récolte montre un épuisement de la ressource disponible, il y a possiblement eu un déficit en nitrates disponibles en fin de grossissement. La mesure sur ECO est faite sous le paillage plastique, ce qui peut affecter la mesure. Il y a eu une irrigation intense et une forte compétition par les adventices, ainsi qu'un détournement des nitrates par la bande fleurie qui a fait état d'une forte biomasse en AB et ECO.

(2) Vigueur des arbres

La [Figure 17](#) donne les circonférences du tronc mesurées (à 25 cm de hauteur) sur chaque modalité le 10 août. Le Test de Kruskal-Wallis indique qu'il y a une bien une différence entre certaines modalités. La répartition des circonférences par modalité est donnée en histogramme en [Annexe 6](#).

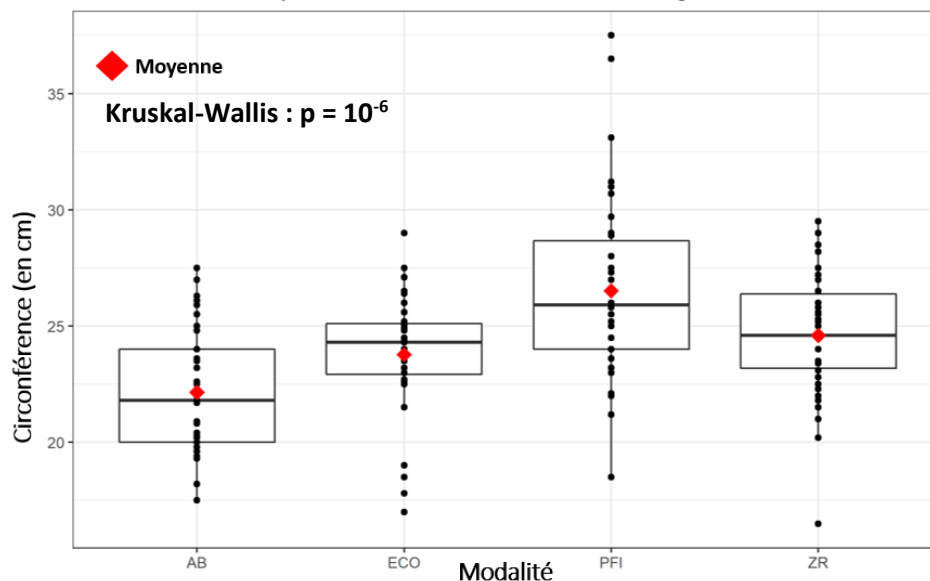


Figure 17 : Boxplot des circonférences de l'ensemble des arbres selon la modalité

Tableau 31 : Moyennes des circonférences des troncs de la parcelle (2022)

Modalité	AB	ECO	PFI	ZR
Circonférence (cm)	22,16 (a)	23,78 (b)	26,52 (c)	24,6 (bc)
Ecart à PFI	-16 %	-10 %	-	-7 %

L'écart de circonférence ([Tableau 31](#)) est de 16% en AB, 10% en ECO et 7% en ZR. Le test de Dunn donne les différents groupes de vigueur. La modalité AB présente un retard de croissance significatif par rapport aux autres modalités. ECO présente une différence avec PFI, mais pas avec ZR. Il n'y a pas de différence significative entre ZR et PFI. Le [Tableau 32](#) donne les circonférences mesurées en 2021 et 2022, l'évolution des écarts par rapport à PFI, et les croissances annuelles de chaque modalité.

Tableau 32 : Ecart à PFI et évolution des circonférences du tronc (en cm) 2020/2021/2022

Année	Vigueur	AB	ECO	PFI	ZR
2021	Circonférence	18,2 (a)	18,7 (ab)	21,3 (c)	19,9 (b)
	Ecart à PFI	-14,5 %	-12,2 %	-	-6,5 %
Gain de croissance 20/21		+39 %	+53 %	+48 %	+42 %
2022	Circonférence	22,16 (a)	23,78 (b)	26,65 (c)	24,6 (bc)
	Ecart à PFI	-16 %	-10 %	-	-7 %
Gain de croissance 21/22		+18 %	+21,4 %	+20 %	+19,1 %

AB et ECO n'étaient pas significativement différents en 2021. Entre 2020 et 2021, le gain de croissance a été le plus fort sur les systèmes avec fertilisation minérale, en particulier sur ECO.

Nous observons un changement des groupes de croissance entre 2021 et 2022 : ECO s'éloigne d'AB pour approcher uniquement ZR. Le gain de croissance qui permet à ECO de rattraper son 'retard' est dû au passage à une fertilisation minérale : ECO a débuté avec une fertilisation organique avant un passage en minérale avec l'installation de la bâche en 2020.

Les écarts de croissance par rapport à la référence se creusent pour AB et ZR, seul ECO permet de combler le retard grâce au changement de fertilisation. Les meilleures circonférences sont obtenues en PFI, puis en ZR, puis en ECO et enfin en AB.

B. Evaluation de la biodiversité environnementale fonctionnelle

1. Etats de la bande-fleurie

(a) Surfaces d'occupation et richesse spécifique

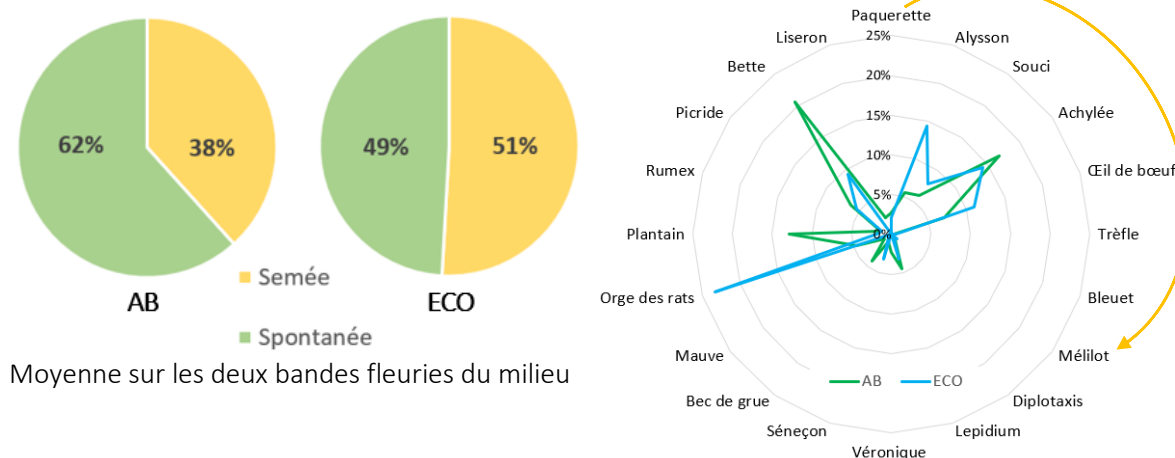


Figure 18 : Etat de la bande fleurie et surfaces occupées par la flore [18 avril]

Semée en 2019, la bande fleurie est envahie d'adventices pour plus de moitié (Figure 18). L'utilisation du paillage plastique en ECO permet de gagner de la superficie (1,2 à 1,5 m de largeur) contre 1 m en AB : le travail du rang à la fraise grignote la surface de la bande et le passage de roue dans la bande écrase la flore semée, où reprennent les adventices. En ECO, la formation d'humus sur le paillage permet un développement de la bande, les adventices sont arrachées, laissant place aux fleurs semées.

Certaines espèces sont absentes, c'est le cas du trèfle et du bleuet. On retrouve la pâquerette et le mélilot en très faibles proportions. La flore semée dominante est constituée de l'alysson, l'achylée, l'œil de bœuf et le souci. L'ouverture florale de l'alysson, le souci et la pâquerette se fait avant le 15 mars. Le début d'ouverture de l'œil de bœuf et de l'achylée se fait le 6 mai. L'alysson et le souci ont donc fourni suffisamment de ressources pour attirer et alimenter les syrphes durant avril.

On constate une hétérogénéité dans la répartition des fleurs du mélange semé et des adventices entre les modalités (Tableau 33). Cette hétérogénéité est aussi constatée pour une modalité entre 2 bandes.

Tableau 33 : Etat des bandes fleuries

Modalité	Bande	% Adventices	Richesse spécifique de la flore semée	Adventices majoritaires
AB	1	56,4	6	Bette/picride
AB	2	66,7	5	Puis liseron
ECO	1	46,9	7	Orge des rats/bette
ECO	2	51,0	6	Puis liseron

ECO a un peu moins d'adventices et plus d'espèces semées. La bande 2 située en AB fait état de la plus forte invasion par les adventices, on y retrouve moins d'espèces semées.

(b) Entropie et diversité

Nous calculons les entropies et diversités des populations de fleurs semées (Figure 19), dans les cas de Shannon et de Simpson (dans lequel les espèces rares ont un effet négligeable). L'entropie d'un peuplement homogène est nulle, et augmente avec la probabilité de tirer deux individus différents dans le peuplement. La diversité au sens de Hill correspond au nombre d'espèces équiprobable nécessaire pour former une communauté avec la même entropie que les données.

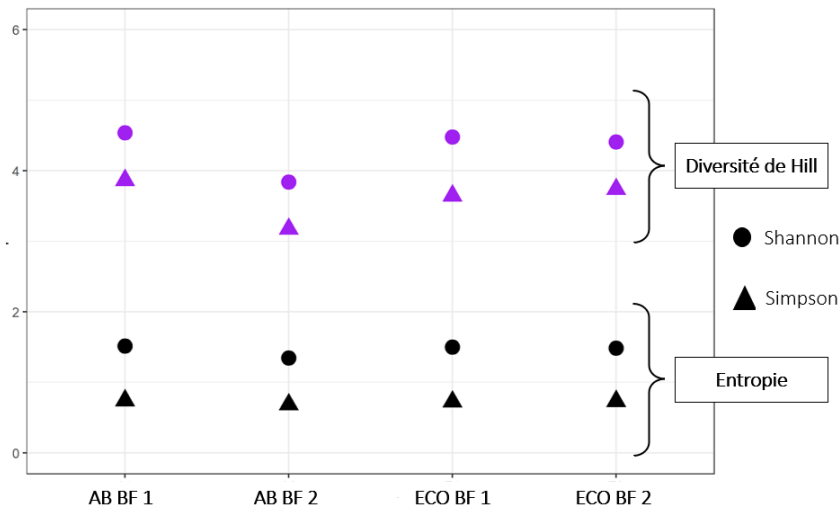


Figure 19 : Entropie et diversité des fleurs semées dans les bandes fleuries

Nous constatons une entropie et une diversité de la flore semée plus faibles pour la bande 2 située en AB. On en déduit un lien probable entre le taux d'envahissement de la bande fleurie par les adventices et la perte de diversité du mélange de fleurs semées.

2. Représentation des bandes fleuries et auxiliaires aériens

Nous mettons en lien les données issues du Tableau 12 concernant l'état de la bande fleurie en relation avec la densité d'auxiliaires retrouvées, avec la bande et la modalité en variables supplémentaires.

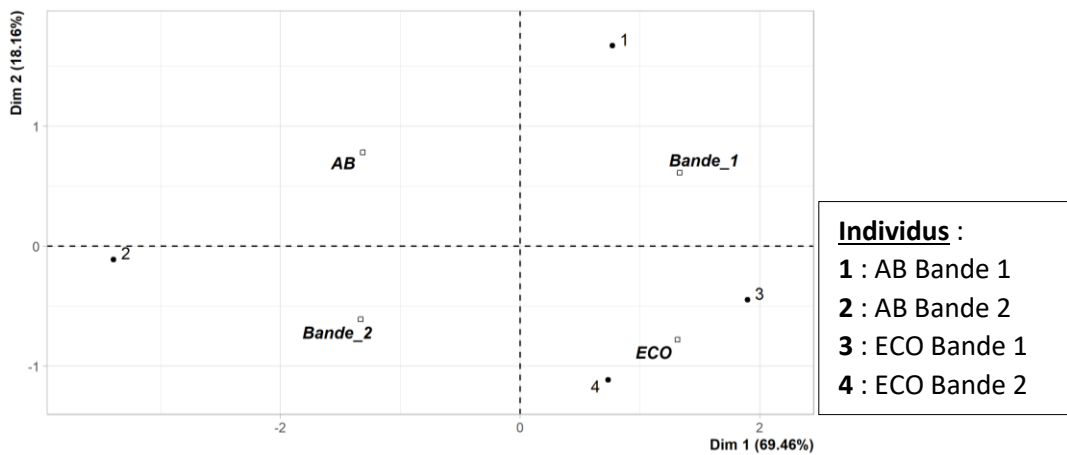


Figure 20 : Graphique des individus projetés dans le plan construit par l'AFM

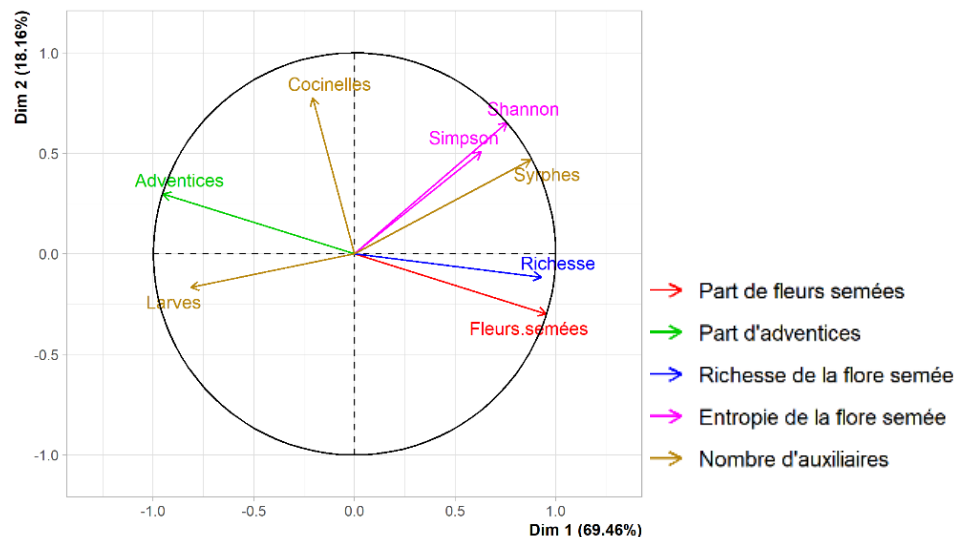


Figure 21 : Cercle des corrélations entre les variables utilisées dans l'AFM

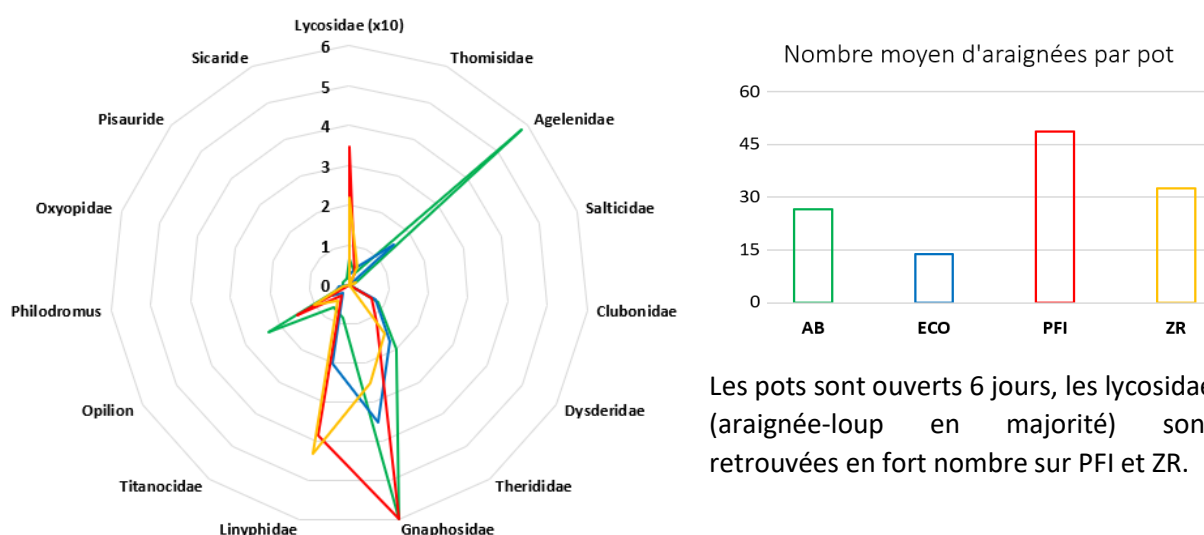
Le graphique des individus (Figure 20) issu de l'AFM permet de projeter nos 4 demies-bandes sur un plan, dont les axes expliquent plus de 85 % de la variabilité. Le cercle des corrélations (Figure 21) montre qu'il y a une corrélation positive entre la part de fleurs semées restantes dans la bande fleurie et la richesse spécifique de la communauté formée par ces fleurs. La présence de syrphes est corrélée à l'entropie des fleurs semées en place. Les coccinelles et larves ont un lien avec les adventices.

ECO et AB s'écartent selon l'axe porté par la part d'adventices et de fleurs semées restantes. AB est corrélée à plus d'adventices dans sa bande fleurie, ECO a une meilleure part de fleurs semées restantes et une meilleure richesse spécifique. L'entropie de la bande fleurie est corrélée à une plus forte présence de syrphes, ce qui est plutôt le cas de la bande 1. On retrouve plus de coccinelles en AB bande 1, et plus de larves de coccinelles en AB bande 2 qui fait état du plus fort envahissement par les adventices, dont certaines (picrides et bettes) sont attractives lorsqu'elles hébergent des foyers de pucerons noirs de la fève.

La plus grande part de fleurs restantes dans la bande fleurie en ECO indique une meilleure performance en fourniture alimentaire, réalisée grâce au paillage plastique. Il n'empêche pas à AB d'être attractive pour les auxiliaires, attirant les syrphes - dans la même logique qu'ECO - lorsqu'elle a une bonne part de surface florale, et les coccinelles et larves lorsque celle-ci contient des adventices attractives.

3. Etude des peuplements d'araignées

(a) Quantité et familles d'araignées



Les pots sont ouverts 6 jours, les lycosidae (araignée-loup en majorité) sont retrouvées en fort nombre sur PFI et ZR.

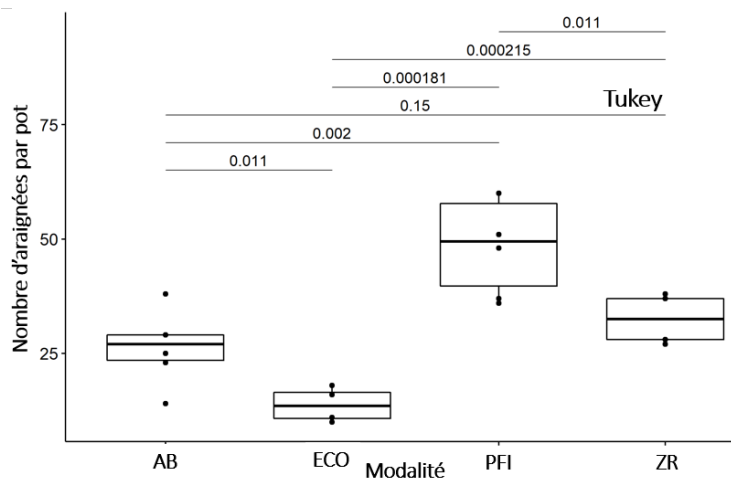
Figure 22 : Nombre moyen d'araignées par pot par famille

La Figure 22 montre une différence en nombre moyen d'individus retrouvés par pot et une hétérogénéité entre les populations. On retrouve plus d'araignées sur les modalités PFI et ZR (45 et 35 araignées par pot), grâce à la présence massive de *Lycosidae* (>70% des araignées). On retrouve *Agelenidae* uniquement dans les bandes fleuries. Il y a un plus grand nombre de famille (appelé richesse spécifique) d'araignées en AB, et plus généralement dans les bandes fleuries (Tableau 34).

Tableau 34 : Richesse spécifique des araignées piégées

Localisation	Bande fleurie		Enherbement	
Modalité	AB	ECO	PFI	ZR
Richesse spécifique	13	10	8	9

L'ANOVA montre qu'il y a bien une différence significative entre les nombres d'araignées retrouvées par pot (Figure 23). Le test de Tukey montre une différence des quantités d'araignées retrouvées entre presque toutes les modalités sauf entre AB et ZR. En prenant en compte les richesses spécifiques et familles retrouvées, les populations d'araignées semblent toutes différentes.



ANOVA : $p < 0.05$.

Il y a bien une différence significative entre des modalités.

Le test de Tukey indique les différences intermodales.

Figure 23 : Boxplot des nombres d'araignées piégées par pot

(b) Entropie et diversité des peuplements

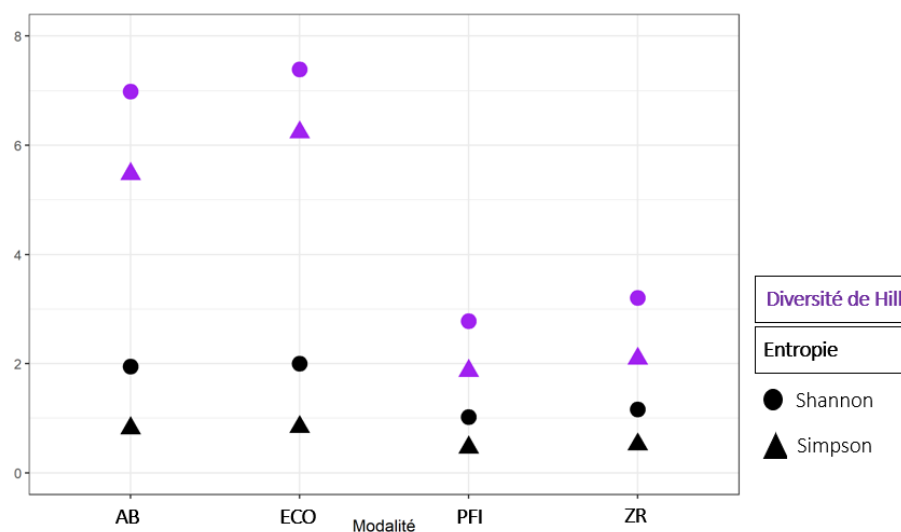


Figure 24 : Entropie et diversité des araignées piégées par modalité

Les peuplements d'araignées dans les bandes fleuries forment une population bien plus diversifiée par rapport aux peuplements de l'enherbement (Figure 24). La diversité de Hill de l'enherbement en PFI et ZR ne dépasse pas celle d'un mélange équiprobable de 3 espèces, alors qu'il faut plus de 6 espèces pour égaler la diversité en bande fleurie.

(c) Fonctionnalité des communautés d'araignées

Tableau 35 : Résumé des caractères des communautés d'araignées retrouvées (CTIFL, 2013)

Strate occupée	Type de chasse	Familles	Proies
Arbustive	Toile	<i>Linyphidae, Theridiidae</i>	Pucerons ailés, coléoptères...
	Errance ou affût	<i>Thomisidae, Clubionidae, Salticidae, Gnaphosidae</i>	Pucerons, lépidoptères, cicadelles...
Herbacée	Toile	<i>Agelenidae, Linyphidae, Theridiidae</i>	Orthoptères, cicadelles...
	Errance ou affût	<i>Lycosidae, Gnaphosidae, Thomisidae, Dysderidae</i>	Larves d'insectes, pucerons, lépidoptères, coléoptères...

L'utilisation de pots Barber afin d'estimer la diversité présente un biais, en effet nous pouvons présumer que cette technique de piégeage favorise les araignées de la strate herbacée se déplaçant au sol (errance et/ou chasse à l'affût). Les familles d'araignées retrouvées permettent de couvrir un large éventail d'habitats (Annexe 6), variant les proies et techniques de chasse (Tableau 35).

Les *lycosidae* ne chassent ni les pucerons, ni les lépidoptères, ni les cicadelles, et sont retrouvées en nombre écrasant dans l'enherbement en PFI et ZR.

Il existe une communication pour certaines familles (*Thomisidae*, *Linyphidae*, *Theridiidae*) entre la bande fleurie et les arbres. La glu qui empêche les ravageurs (forficules, fourmis) de monter aux arbres constitue aussi un frein au passage des araignées entre la bande fleurie et les arbres, bien qu'il soit régulièrement observé des araignées dans les arbres.

4. Bilan des effets de la bande fleurie sur la biodiversité fonctionnelle

Les bandes fleuries ont permis d'attirer suffisamment d'auxiliaires aériens pour une action curative complète contre les pucerons début avril. On remarque que la baisse de diversité des fleurs semées en place est directement liée à l'envahissement de la bande par les adventices, et à une observation moindre de syrphes. Cette tendance est plus forte en AB, cependant, certains adventices constituent une niche écologique pour les coccinelles et larves, en hébergeant un réservoir de pucerons.

On retrouve moins d'araignées dans les bandes fleuries en AB et ECO que dans les enherbements en PFI et ZR, cependant les familles retrouvées en bandes fleuries forment des populations bien plus diversifiées, apportant une meilleure biodiversité fonctionnelle. L'intérêt de cette diversification est de partager la ressource en insectes, de varier les espèces prédatées et d'occuper plus de niches écologiques. Elle a en plus l'avantage de limiter les compétitions intraspécifiques, rendant les espèces plus résilientes aux fluctuations de ressources alimentaires.

C. Evaluation technico-économique

1. Rendement récolté

(a) Récolte du bloc

Le premier passage concerne uniquement AB afin de récolter les premiers fruits avec 3 jours d'avance. Le [Tableau 36](#) donne le rendement total récolté des fruits rapportés à l'hectare et la circonférence moyenne des arbres du bloc.

Tableau 36 : Circonférence des troncs et rendement en fruits réalisé sur les blocs

Modalité	Objet	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
Circonférence moyenne du tronc	Bloc	cm	24,45	23,3	28,05	25,4
Masse de fruits totale rapportée à l'ha	Bloc	t/ha	5,6	5,7	9,6	8,8

(b) Modèle linéaire sans interaction

Grâce aux données récoltées sur chaque arbre du bloc, nous faisons un modèle linéaire pour expliquer le rendement selon la circonférence et la modalité.

Modèle linéaire : Rendement ~ Circonférence + Modalité

Interaction entre circonférence et modalité : La probabilité de faire erreur en rejetant l'hypothèse nulle (absence d'interaction) est de 78,6 %. Nous rejetons l'interaction et effectuons une ANCOVA entre un modèle avec et sans effet de la modalité sur le rendement, et obtenons une p-value significative pour l'effet de la modalité.

Tableau 37 : Coefficients issus du modèle linéaire sans interaction du rendement

	Estimate	2.5 %	97.5 %	std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.3677	-7.8309928	5.0955600	3.2145	-0.425	0.672
ModalitéZR	0.1167	-1.8219188	2.0553874	0.9642	0.121	0.904
ModalitéAB	-5.5189	-7.5823991	-3.4555008	1.0263	-5.378	2.20e-06 ***
ModalitéECO	-4.4562	-6.5648569	-2.3475618	1.0487	-4.249	9.82e-05 ***
Circonference	0.7345	0.5013849	0.9677062	0.1160	6.334	7.72e-08 ***

En observant les coefficients donnés dans le [Tableau 37](#), nous constatons qu'il y a bien une différence significative entre la PFI et les modalités AB et ECO. Le modèle donne une baisse de rendement de 3,5 à 7,6 kg par arbre en AB par rapport à la PFI, et une baisse de 2,3 à 6,6 kg par arbre en ECO.

(c) Modèle linéaire avec interactions

Nous avons précédemment rejeté la présence d'une interaction entre circonférence et modalité. Or nous savons qu'il existe bien une interaction entre croissance du tronc et modalité, nous gardons à présent cet interaction afin d'avoir les pentes individuelles liées aux dynamiques de croissance et de production. La représentation graphique est donnée en [Figure 25](#), avec les observations réelles.

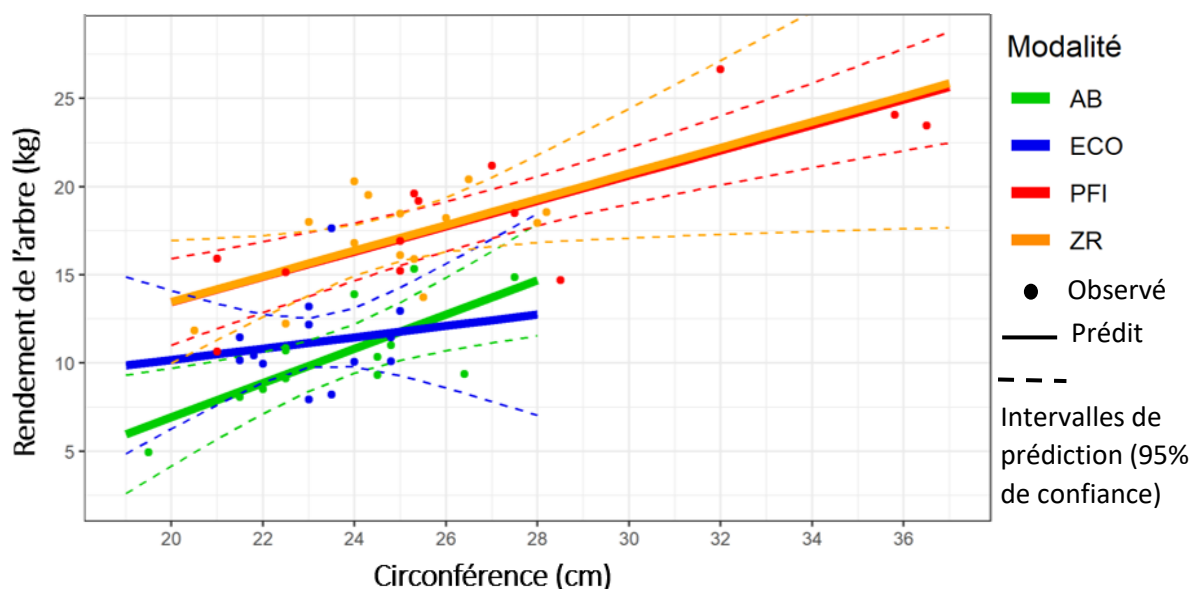


Figure 25 : Modèle prédit et valeurs observées du rendement par arbre selon la circonférence

La prise en compte d'une interaction entre modalité et circonférence permet d'avoir une indication sur les pentes et donc l'augmentation du rendement selon la circonférence selon les modalités.

A vigueurs égales, PFI et ZR ont la même productivité par arbre, la différence de rendement récolté cette année est donc uniquement due au retard de croissance accumulé en ZR.

Nous distinguons deux cas de productivité entre AB et ECO : avant 25 cm de circonférence, ECO a une meilleure productivité. Cependant la prise de vigueur augmente plus fortement le rendement en AB qu'en ECO, ainsi après 25 cm de circonférence, AB a une meilleure productivité. Nous pouvons essayer d'interpréter ces dynamiques sur AB et ECO en relation avec les programmes de fertilisation et de protection phytosanitaire :

Cas < 25 cm : La fertilisation minérale sur ECO permet aux arbres ayant quand même une 'petite' circonférence d'atteindre un meilleur rendement qu'en AB.

Cas > 25 cm : L'augmentation de la vigueur en AB permet un meilleur gain de rendement. Autrement dit, l'augmentation du rendement sur ECO selon la croissance est 'plafonnée' par rapport à AB. Cela peut être lié au programme phytosanitaire moins efficace en ECO.

Dans le cas d'une parcelle représentée par les arbres du bloc, il est possible qu'il soit observé une meilleure productivité avec le gain de croissance pour les arbres en AB qu'en ECO.

(d) Modèle linéaire appliqué à l'ensemble de la parcelle

Grâce à notre modèle avec interaction sur les arbres du bloc de récolte, nous pouvons appliquer les coefficients aux circonférences moyennes mesurées sur l'ensemble de chaque modalité. Nous obtenons un rendement prédit pour l'arbre de circonférence moyenne, donné dans le [Tableau 38](#).

Tableau 38 : Prédiction du modèle linéaire aux circonférences moyennes de la parcelle

	Objet	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
Circonférence moyenne	Parcelle	cm	22,16	23,78	26,54	24,6
Prédiction arbre moyen	Parcelle	kg/arbre	9,04	11,4	18,14	16,82
Rendement prédit à l'ha	Parcelle	t/ha	4,4	5,5	8,7	8,1
Circonférence moyenne	Bloc	cm	24,45	23,3	28,05	25,4
Rendement rapporté à l'ha	Bloc	t/ha	5,6	5,7	9,6	8,8

Les arbres du bloc donnent un meilleur rendement que celui prédit sur l'ensemble de la parcelle, car les circonférences du bloc surestiment celles de la parcelle pour AB, PFI et ZR. Le bloc étant pris au milieu des parcelles, excluant de rares arbres présentant un accident ou blocage de croissance, cela permet de limiter ces impacts et les effets de bordures. Nous gardons le rendement du bloc rapporté à l'hectare simulant une parcelle idéale, dans laquelle il n'y a par exemple pas d'arbre dont les racines ont été rongées par les campagnols, aux effets de bordure dilués. Les prédictions du modèle appliquées à la parcelle approchent mieux les écarts entre les modalités.

2. Qualification des déchets de la récolte

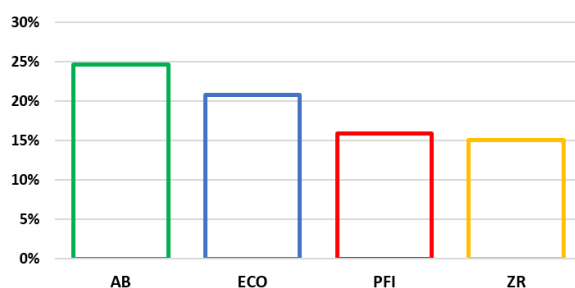


Figure 26 : Taux de fruits défectueux

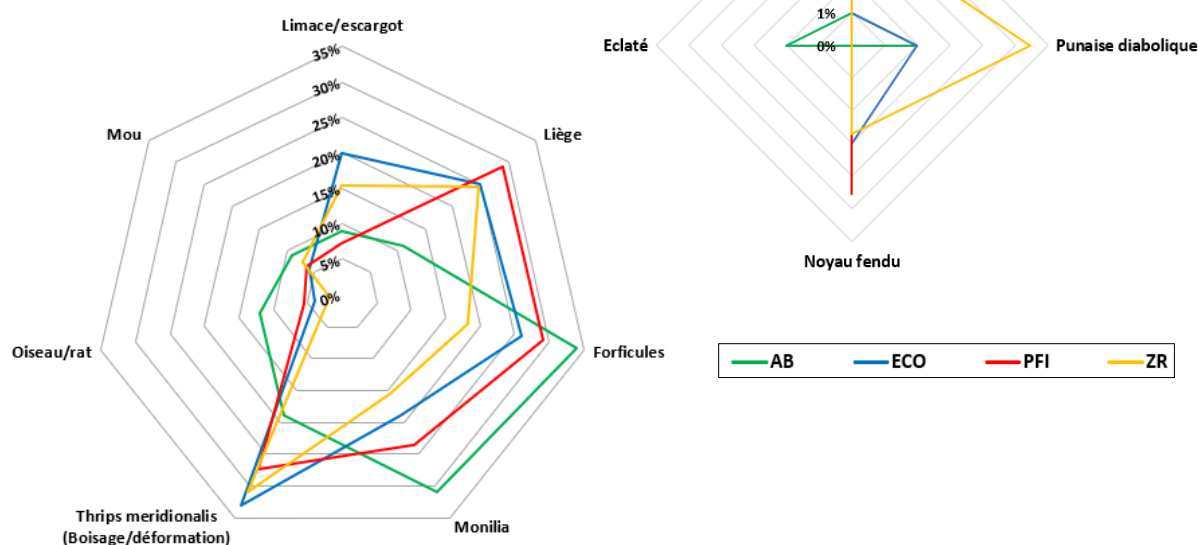


Figure 27 : Qualification des déchets

La [Figure 26](#) donne des taux de déchets les plus hauts en AB ; PFI et ZR ont les plus bas, ECO se situe à mi-chemin. Il a été constaté jusqu'à 20 à 25 % de déchets sur certaines récoltes chez des producteurs AB de la région. La [Figure 27](#) donne les parts et qualifications des déchets, AB se distingue des autres modalités, avec plus de monilia déjà visible et de forficules. La présence de liège sur les fruits (nécrose et assèchement d'une zone du mésocarpe) est plus fréquente sur les modalités ECO, PFI et ZR, cela peut être lié au type de fertilisation qui diffère. On retrouve plus de dégâts de thrips meridionalis (part surestimée) sur ECO, PFI et ZR alors que le thrips californien et la punaise diabolique se voient plutôt sur les fruits en ZR (face au sens du vent). Le symptôme de noyaux fendus concerne les modalités ayant une fertilisation minérale.

3. Analyses de la récolte

La recherche de résidus sur la modalité ZR est négative, et n'a pas été réalisée sur les autres modalités. Les fruits liégeux sont envoyés pour analyses, dans la recherche de carences en oligo-éléments. Les résultats indiquent une teneur en dessous de la normale en calcium (Annexe 8).

4. Critères qualitatifs post-récolte

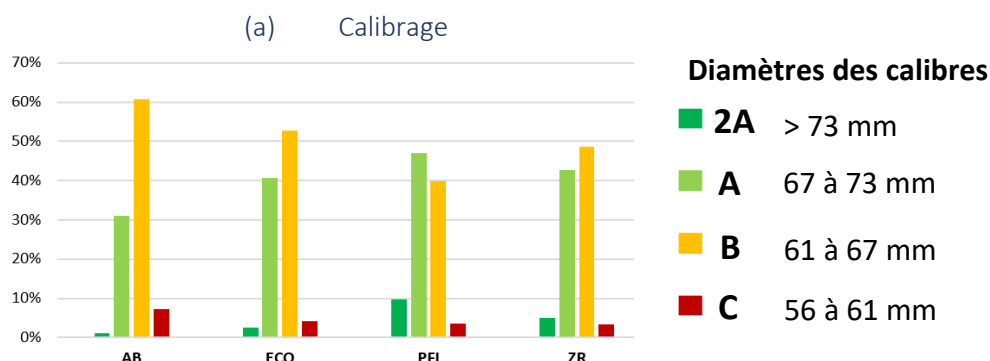


Figure 28 : Répartition en % des calibres des fruits issus de la récolte selon les modalités

Le calibre le plus fréquent est le B (48 à 60%) sauf en PFI (40%) (Figure 28). Les calibre A et 2A sont commercialisés ensemble, de même que B et C. Ainsi, de meilleurs calibres (2A et A) sont obtenus sur les modalités bénéficiant d'une fertilisation minérale, avec 50 à 60% en PFI et ZR, 43% en ECO ; pour 32% en AB qui a une fertilisation organique, et qui de plus a eu un léger raccourcissement du cycle.

(b) Critères qualitatifs

Les mesures de critères qualitatifs sont satisfaisantes et indiquent une plus grande fermeté et un taux de sucre plus élevé en AB et ECO (Figure 29). Le rapport du taux de sucre sur le volume de jus est meilleur en AB puis en ECO, enfin sur PFI et ZR, ce qui donne des fruits plus sucrés sur AB et ECO.

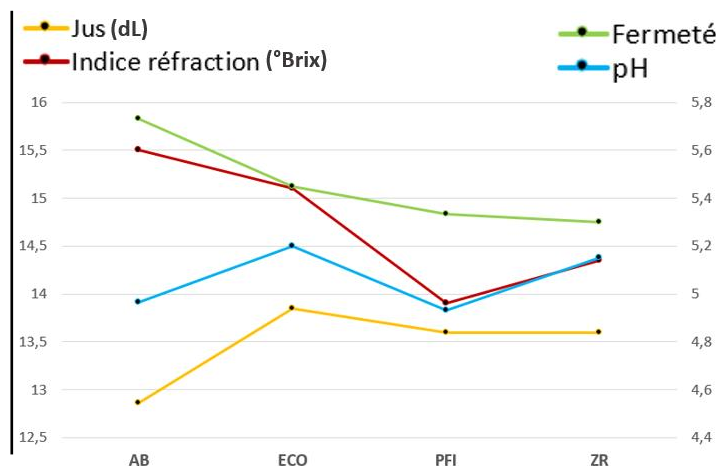


Figure 29 : Critères qualitatifs (Pimprenelle)

5. Bilan économique

(1) Les intrants

Tableau 39 : Coût des intrants et nombre de passages par modalité

Coûts (€/ha)	AB	ECO	PFI	ZR
Fertilisation	2 594	723	723	723
Phytoprotecteurs	1 344	996	1 012	1 187
Passages	18	17	19	19

La fertilisation organique entraîne un coût très élevé en AB (Tableau 39), qui tient compte de l'augmentation tarifaire. Les PP homologués et utilisés en AB représente un coût aussi plus élevé.

(2) Temps de travaux et amortissements

Tableau 40 : Coûts de gestion et d'entretien et détails en passages ou temps de travaux

Gestion et entretien	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
Gestion IR	€/ha	243	243	243	243
Gestion rang		876	450	601	601
Intercep	Nombre de passages	4	-	3	3
Débroussaileuse		1	2	1	1
Manuel		1	1,5	-	-
Passage herbicide		-	-	1	1
Entretien	€/ha	2 465	2 345	3 090	3 090
Tailles (h)	Heures	64	76	86	86
Eclaircissage (h)		50	50	70	70
Récolte (h)		50	50	80	80
Epannage (h)		15	12	12	12
Passage PP		18	17	18	18
Poses		Glu, confusion sexuelle, piège			

Les coûts des travaux (incluant l'amortissement du matériel) donnés dans le Tableau 40 sont plus important pour la gestion du rang en AB, expliqué par l'utilisation de l'intercep. Les coûts d'entretien de la culture sont plus élevés en PFI et ZR car les arbres ont une meilleure croissance et productivité.

(3) Amortissement des aménagements

Tableau 41 : Amortissement annuel des infrastructures selon la durée d'utilisation

Coûts (€/ha/an)	Durée d'usage	AB	ECO	PFI	ZR
Paillage	10	-	525	-	-
Bande fleurie	3	102	102	-	-
Total (avec amortissement du verger)		1 230	1 755	1 128	1 128

Les frais d'amortissements (Tableau 41) sont plus élevés en ECO et l'installation du paillage plastique.

(4) Commercialisation de la récolte

Le rendement utilisé pour le bilan économique est issu de notre bloc et rapporté à l'hectare. Le Tableau 42 indique une meilleure rentabilité pour les systèmes conventionnelles PFI et ZR. Bien que le système AB ait un moins bon rendement qu'ECO, les prix très favorables de cette année ont permis aux fruits vendus sous label AB d'être mieux valorisés, compensant mieux les pertes de rendement.

Tableau 42 : Rendement commercialisable et bilan économique

Commercialisé	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
Rendement	t/ha	4,2 t/ha	4,5 t/ha	8,1 t/ha	7,5 t/ha
	Ecart à PFI	- 48%	- 45 %	-	- 7 %
Calibre A+	%	32 %	43 %	57 %	48 %
Prix de vente	Par calibre	A : 3,35 €/kg	A : 2,3 €/kg		
		B : 3,21 €/kg	B : 2 €/kg		
Chiffre d'affaires	€/ha	13 694 €	9 671 €	17 579 €	16 105 €
Coûts production	€/ha	7 109 €	5 360 €	6 326 €	6 501 €
	Ecart à PFI	+ 12 %	- 15 %	-	- 3 %
Marge Brute	€/ha	6 585 €	4 312 €	11 253 €	9 604 €
	Taux de MB	(48%)	(45%)	(64%)	(60%)
Amortissement	€/ha	1 230 €	1 755 €	1 128 €	1 128 €
Marge Nette	€/ha	5 355 €	2 557 €	9 775 €	8 126 €
	Ecart à PFI	- 45 %	- 74 %	-	- 17 %
Taux de MN	%	39 %	26 %	56 %	50 %

D. Synthèse des résultats

Tableau 43 : Bilan des IFTs et dégâts relatifs

IFT et dégâts relatifs	AB			ECO			PFI			ZR		
	IFT	IFTB	-	IFT	IFTB	-	IFT	IFTB	-	IFT	IFTB	-
Puceron		5.4	1		5	2	2	2	0	2	2	0
Thrips	1		1			2	2.3		2	2.3		2
Cloque	0.9	1.9	1		3.9	12	4.5		0	4.5		0
Oïdium		4	0		4	0	4		0	2	3	0
Monilia		3	3		2	2	2.3		1		1	1
Forficule			2			1.5			1.5			1
Cicadelle			~			~	1		~			~
Lépidoptère		1	0		1	0		1	0		1	0
Cératite		0.3	0		0.3	0		0.3	0		0.3	0
Adventices			2			1	0.3		2	0.3		2
Total IFT/B	1.9	15.6	-	0	16.2	-	16.4	3.3	-	11.1	7.3	-

L'utilisation de PPs de synthèse est plus efficace dans la lutte contre les bioagresseurs (Tableau 43). Le Tableau 44 montre que l'utilisation de PPs de synthèse amène une meilleure performance économique. La meilleure rentabilité économique (marge nette) est obtenue en PFI, avec une baisse de 17% en ZR, 45% en AB et 74% en ECO. Les impasses et substitutions successives réalisées en fin de saison sur ZR, pour une diminution de 33,3% de l'IFT, causent déjà une réduction de croissance et de rendement. Parmi les conduites alternatives, nous constatons une meilleure vigueur et un meilleur rendement en ECO, grâce à l'utilisation d'une fertilisation minérale. Cependant, le bilan économique est plus favorable en AB, grâce à une meilleure valorisation, pour une réduction de 88,5% de l'IFT de synthèse. L'efficacité d'utilisation des PPs de synthèse (IFT utilisé pour produire une tonne commercialisée) est 'idéale' en ECO, meilleure en AB, puis en ZR et PFI. L'efficacité incluant le biocontrôle est meilleure en PFI et ZR, AB est le moins efficace.

Tableau 44 : Indicateurs agroéconomiques et performances environnementales

Indicateur	Unité	AB	ECO	PFI	ZR
Vigueur	cm	22,16	23,78	26,65	24,6
Rendement commercialisé	t/ha	4,2 t/ha	4,5 t/ha	8,1 t/ha	7,5 t/ha
IFT synthèse	Par rapport	- 88,5 %	- 100 %	-	- 33,3 %
IFT Biocontrôle	à PFI	+ 373 %	+ 390 %	-	+ 120 %
Efficacité	IFT/tonne	0.45	0	2	1.5
Efficacité biocontrôle	IFT B/tonne	3.75	3.6	0.4	1
Efficacité globale	IFT+B/tonne	4.2	3.6	2.4	2.5
Chiffre d'affaires	€/ha	13 694	9 671	17 579	16 105
Marge nette	€/ha	5 355 €	2 557 €	9 775 €	8 126 €
	Ecart à PFI	- 45 %	- 74 %	-	- 17 %
Taux de Marge Nette	%	39 %	26 %	56 %	50 %

VI. Discussion

A. Comparaison à la saison 2021 de la Sica Centrex

Les meilleurs développements des arbres obtenus en PFI et ZR et la nouvelle dynamique de croissance d'ECO confirment l'importance de la nutrition azotée sur la croissance du verger dont les effets s'accumulent, une fertilisation minérale permettant un développement plus rapide (Bussi et al., 1992). Nous avons eu une récolte permettant une étude relative entre les systèmes, cependant les rendements n'atteignent que la moitié des rendements potentiels calculés : 9,6 pour 18 t/ha en PFI et 5,6 pour 10 t/ha en AB. L'usage de PPs est ainsi plus important du fait d'une saison plus fructueuse mais la logique de réduction reste la même. Il est constaté de nouveaux bioagresseurs avec l'apparition

de la punaise diabolique. L'entrée de la punaise diabolique et du thrips californien de préférence sur ZR coïncide avec le positionnement de ce système, situé face au vent.

Les auxiliaires ont été relevés en nombre et ont démontré un potentiel de prédation malgré l'envahissement accru des bandes par les adventices. La mesure d'araignées en bande fleurie donne les meilleures biodiversités fonctionnelles.

B. Comparaison aux systèmes du projet Ecopêche I (2013 – 2018)

Le bilan des IFTs chimiques et biocontrôles issus de la saison 2022 à la Centrex est donné en comparaison ([Annexe 10](#)) des bilans moyens (entre l'entrée en production et 2019) des IFTs appliqués sur les sites d'Ecopêche I (Plénet et al., 2019). PFI est un système relativement économe par rapport aux références d'Ecopêche I et réalise une baisse de l'utilisation d'insecticide et d'herbicide par rapport à la conduite de référence de la Centrex durant Ecopêche I. Il y a entière substitution des PPs de synthèse sur ECO par rapport à PFI, contre une baisse de 52% en moyenne pour ECO d'Ecopêche I. AB réalise une baisse de 88,5% de l'IFT de synthèse par rapport à PFI ; la baisse sur AB d'Ecopêche I était de 77%. ZR a une baisse de 33% de l'IFT de synthèse, il représente ainsi un intermédiaire économe conventionnel entre AB et PFI, ressemblant aux systèmes ECO d'Ecopêche I.

Les écarts de rendement à la conduite de référence de la saison 2022 à la Centrex sont donnés en comparaison ([Annexe 11](#)) des écarts obtenus entre les rendements moyens (de l'entrée en production à 2019) sur tous les sites d'Ecopêche I. Il y a une perte de rendement commercialisable sur AB de 48 % par rapport à PFI, l'écart est relativement moindre qu'entre AB d'Ecopêche I (-64%) et sa référence. L'arrêt total des PPs de synthèse sur ECO de la Centrex donne une perte de 44 %, ce qui est le double qu'entre ECO I et sa référence (-20%). ZR affiche une perte de 8 % par rapport à PFI.

C. Utilisation de produits phytosanitaires et

1. Performances agronomiques

Les dégâts de bioagresseurs constatés sur feuilles montrent que l'utilisation de PPs de biocontrôle ne permet pas d'atteindre la protection offerte par une lutte conventionnelle raisonnée. L'utilisation du cuivre en combinaison avec la bouillie sulfocalcique en AB est un bon compromis d'efficacité contre la cloque. L'utilisation de savon potassique associée à une fertilisation minérale peut expliquer la plus grande quantité de pucerons retrouvés en ECO, ce qui confirme les conclusions obtenues lors de l'étude des effets des pratiques culturales sur les pucerons en vergers (Rousselin, 2017). On retrouve deux fois plus de monilia sur fruits en conservation sur AB et ECO que PFI et ZR. Les dégâts thrips à la récolte sont plus élevés en ECO, ceux de gastéropodes sont deux fois plus élevés en AB et ECO. La gestion du rang en PFI et ZR à l'aide d'un herbicide a permis une action efficace mais de courte durée. ZR a un retard de croissance par rapport à la PFI. L'étude du rendement récolté a montré que les arbres de ZR ont eu la même productivité que ceux de PFI à vigueurs égales, et donc que la différence de rendement observée est uniquement due au retard de croissance. Ces modalités ayant pourtant eu la même fertilisation, l'accumulation des effets des impasses et substitutions réalisées chaque fin de saison engendre ce retard de développement et donc de rendement.

2. Rentabilité économique

La perte de marge nette par rapport à PFI est de 17% en ZR, 45% en AB et 74% en ECO. Les modalités associant fertilisation minérale et protection chimique (PFI et ZR) ont les meilleures performances agroéconomiques. ZR a une rentabilité amoindrie par rapport à PFI. La fertilisation minérale permet à ECO d'atteindre un meilleur rendement et calibre des fruits qu'en AB. Mais bien qu'AB ait des coûts de production plus élevés, la meilleure valorisation des fruits donne une meilleure rentabilité qu'ECO.

3. Objectifs environnementaux

L'objectif de réduction de 100% de l'IFT de synthèse est bien atteint sur ECO, il est de 88,5% en AB par rapport à PFI. Les substitutions et impasses réalisées en fin de saison en ZR entraîne une baisse de 33%. En prenant en compte l'IFT nécessaire pour produire une tonne de fruits commercialisables, il a été

idéal en ECO (0), il est de 0.45 en AB, par rapport auquel il a fallu 3 fois plus (1.48) en ZR et 4 fois plus en PFI (2). L'utilisation de produits de biocontrôle a cependant été intensive en protection alternative, avec une efficacité globale meilleure en protection conventionnelle, puis en ECO et en AB.

Les PPs utilisés en AB et ECO n'ont pas empêché le développement d'auxiliaires dans les bandes fleuries, menant à une biodiversité fonctionnelle plus performante, visible dans le cas du puceron. Les bandes fleuries ont montré une biodiversité fonctionnelle pratique et bénéficient d'un environnement favorisé par la réduction des produits de synthèse et la non-utilisation d'herbicide.

D. Infrastructures agroécologiques et services agro-écosystémiques

1. Paillage plastique et gestion des adventices

Le paillage plastique en ECO a permis d'économiser un herbicide et réduire les coûts d'entretien du rang. Cependant il a été envahi par les adventices formant des ponts malgré les désherbages effectués, et demande donc de l'entretien supplémentaire. La bâche favorise l'installation de campagnols, qui ont causé de probables dégâts. La durée de vie du paillage ne sera probablement pas de 10 ans.

2. Bandes fleuries et biodiversité

Les communautés de familles d'araignées retrouvées en bande fleurie montrent une intense diversification par rapport à l'enherbement qui comporte majoritairement des *Lycosidae* (non fonctionnelles). Les bandes fleuries offrent des habitats diversifiés, dans lesquels une plus grande diversité d'araignées permet de couvrir différentes techniques de chasse et nuisibles consommés.

A l'issue de la troisième saison, les fleurs semées occupent plus d'espace dans les bandes fleuries en ECO (51%) qu'en AB (38%). Or, plus une bande a de surface florale, plus elle est diversifiée et plus elle est attractive pour les syrphes. Les 4 espèces dominantes retrouvées à 3 ans d'utilisation (l'Alysson maritime, le souci, l'œil de bœuf et l'achillée millefeuille) sont les plus rustiques et permettent la présence d'une bonne charge florale durant toute la saison. Les auxiliaires aériens entrent en activité après l'installation des foyers de pucerons, il y a une action complémentaire entre syrphes et coccinelles mais discontinue. Les bandes-fleuries remplissent leur rôle en améliorant et intensifiant la biodiversité fonctionnelle, elles représentent un intérêt certain dans la lutte contre le puceron, d'autant qu'il n'existe pas de solutions efficaces en protection alternative.

E. Limites de l'étude

De nombreux aléas climatiques ont eu lieu cette saison 2022, avec un impact de froid, un épisode pluvieux intense, un épisode de grêle, des canicules et sécheresses. Les parcelles sont exposées au vent, et la tramontane a été particulièrement forte, ce qui a pu causer plus de boisage sur les fruits.

La variété Luciana est délicate à mener notamment car elle est sensible aux maladies (monilioses). Ainsi, elle permet d'observer rapidement des écarts entre les différentes conduites. Le rendement obtenu cette année sur la modalité de référence n'atteint que la moitié de son potentiel, ce qui se traduit par de petits volumes réalisés. La densité de plantation choisie (476 arbres/ha) est relativement faible par rapport à une densité de production et représente un levier important pour améliorer la rentabilité économique. L'extrapolation des rendements et résultats économiques à partir des blocs permet une étude relative, mais n'approche pas les résultats obtenus par les producteurs.

La baisse de l'offre cette année a de nouveau entraîné une bonne valorisation des fruits récoltés, équivalente à 2021 durant laquelle le gel avait impacté la production européenne. Nos résultats économiques sont conditionnés par les prix favorables de cette année. AB bénéficie d'un prix très attractif ; ECO et ZR sont commercialisés comme PFI en conventionnel à un prix intéressant, mais les baisses d'IFTs ne sont pas valorisées. Les coûts de fertilisation et l'augmentation du salaire horaire ont été actualisés, cependant le bilan ne tient pas compte de l'augmentation du gazole non routier.

Les petites surfaces expérimentales (920 m²) et le faible nombre d'individus en milieu de modalité (14) permettent peu de répétitions. Nous pouvons supposer que la proximité des parcelles qui se jouxtent permet l'échange d'insectes volants ou des contaminations entre les modalités. De plus, l'observation

des auxiliaires est fortement dépendante des conditions météorologiques, sur des bandes fleuries continues entre les modalités et relativement proches, il est donc délicat de dissocier les effets des modalités seules sur ces insectes. Nous pouvons affirmer que les PPs de biocontrôle n'ont pas empêché la prolifération des auxiliaires, mais nous ne concluons pas de leur inoffensivité.

La sélection de 80 rameaux par modalité, avec finalement 160 rameaux étudiés sur deux modalités pour les pressions de pucerons est assez faible. L'effet de la modalité est significatif mais les coefficients obtenus peuvent être influencés par la faible répétition de rameaux au sein des blocs.

F. Perspectives

Il est habituellement constaté une baisse de rendement de 30 à 40% entre une conduite de système nectarine AB et conventionnel (Fratantuono et al., 2019). Le barème d'indemnisation des calamités agricoles prend en coefficients une perte de rendement de 33% de l'AB par rapport à une conduite conventionnelle (Département des Pyrénées-Orientales, 2018). L'écart de rendement constaté cette saison 2022 entre PFI et AB (-48%) est donc supérieur à celui observé en conditions de production.

Il faudrait une augmentation du prix de commercialisation de 10% des fruits de ZR pour égaler les marges économiques réalisées sur PFI. Le collectif Nouveaux Champs qui gère le label ZRP (Zéro Résidu de Pesticides) vise un objectif de +30% (selon les PPs utilisés).

Bien que le rendement de cette année soit meilleur en ECO qu'en AB, nous émettons des doutes sur la durabilité agroéconomique d'ECO. Par rapport à AB, la prise de vigueur améliore moins efficacement la productivité des arbres. La fertilisation minérale qui permet à ECO une meilleure prise de vigueur empêche une valorisation sous label AB. Il faudrait une augmentation du prix de commercialisation en ECO de 30% pour égaler la marge nette réalisée en AB. Ce prix doit être augmenté de 75 % (+1,6€/kg) pour égaler la marge nette réalisée sur PFI. Le système ECO d'Ecopêche I (réduction de 50% de l'IFT) nécessitait une survalorisation de 0,15€/kg (Plénet et al., 2019).

Les dégâts abiotiques récurrents ainsi que l'arrivée cette année de nouveaux bioagresseurs (la punaise diabolique) nous amènent à envisager l'installation d'une infrastructure anti-grêle avec filets insect-proof. Cela permettrait de lutter contre la grêle (16% des fruits) et les insectes (punaises, cicadelles...). L'infrastructure permet notamment de gagner jusqu'à 0.5°C, pour une meilleure protection contre le froid et un environnement plus favorable à une activité précoce des auxiliaires. Cependant, l'installation de bâches et filets nécessite le choix de variétés résistantes, en effet ces infrastructures peuvent entraîner une plus grande sensibilité aux maladies car le taux d'humidité y est plus élevé.

Nous avons fait face cette année à un fort taux de fruits liégeux sur les modalités avec fertilisation minérale, qui ont été classés en déchets. Cela est dû à un déséquilibre des rapports entre calcium et azote ou phosphore, aggravé par une irrigation plus soutenue.

Les bandes fleuries sont uniquement présentes sur l'expérimentation Ecopêche. Or, une parcelle voisine faisant l'objet d'essais de différents hydrolats contre les pucerons a aussi été couverte par l'action des syrphes mi-avril. La fourniture des bandes fleuries, envahies à plus de moitié par les adventices, a donc été plus que suffisante. La surface de bande fleurie surestime celle nécessaire, nous pouvons ainsi envisager de réduire cette surface, ce qui permettrait de réduire les coûts. Cependant, la surface expérimentée chez les producteurs est plus faible que celle choisie ici.

Il serait intéressant d'envisager la mise en place un OAD (Outil d'Aide à la Décision) afin de prévoir la date d'activité effective des syrphes selon la somme des températures.

Une haie composite a été plantée en bout de rang en début d'année et remplace une ancienne rangée d'arbres coupe-vent. L'entrée en service permettra d'assurer cette fonction et d'offrir plus d'habitats et d'abris aux différents auxiliaires pour l'hiver.

G. Proposition d'aménagements supplémentaires

Une bande fleurie est d'autant plus performante qu'elle est saine d'adventice. Nous pouvons proposer d'associer un paillage plastique dans lequel serait planté une bande fleurie : l'assurance d'avoir une

bande performante sans adventice permet de réduire les surfaces florales nécessaires. Parmi les systèmes ayant une bande fleurie, la rentabilité économique est liée à la possibilité de valoriser les fruits sous label AB, or le paillage plastique n'autorise qu'une fertilisation minérale. Nous pouvons alors proposer d'installer les bâches plastiques des deux côtés du rang, permettant d'avoir une ouverture en milieu de rang, recouvert d'un épais paillage végétal sur lequel nous pouvons rabattre les bâches, qui permet la lutte contre les adventices et l'ajout d'un amendement organique (Annexe 12). Certaines de ces bâches feraient l'objet d'un semis annuel de fleurs. Cet aménagement demande la pose de bâches des deux côtés du rang, un approvisionnement régulier en paillage végétal du rang, et la replantation annuelle de la flore. Cependant, il permet de contrôler la surface florale semée, d'en semer moins et d'isoler le rang du reste de l'enherbement par les bâches. Si les adventices du rang sont bien étouffées sous le paillage végétal, que l'inter-rang est tondu régulièrement avant montée à graines, et que le paillage plastique installé est indemne d'adventices, nous pouvons supposer qu'à cet instant la pression adventice soit maîtrisée durablement. Ce dispositif diminue la largeur de l'inter-rang et ainsi le nombre de passages nécessaires à sa gestion.

VII. Conclusion

Les objectifs de réduction de l'usage de PPs de synthèse ont été atteints, avec une diminution de l'IFT chimique de 100% pour ECO, de 88,5% en AB et de 33,3% en ZR par rapport à PFI. Par rapport aux systèmes du précédent projet Ecopêche I, PFI est l'une des références les plus économes et le système conduit en AB est plus économe en PPs de synthèse et atteint un meilleur rendement par rapport à sa référence. ECO affiche 44% de rendement commercialisable en moins, pour une réduction de 100% de l'IFT chimique, alors que le système ECO d'Ecopêche I affiche 20% en moins par rapport à la conduite de référence, pour une réduction de 50%. ZR a une diminution de rendement de 8% par rapport à la PFI pour une économie de 33,3%. L'efficacité d'utilisation de l'IFT chimique a été 'idéale' en ECO (0 IFT/tonne), AB a la meilleure efficacité (0.45), ZR (1.45) l'est 3 fois moins qu'AB et PFI (2) l'est 4 fois moins. Cette performance des systèmes de protection alternative est permise par l'usage intensif de PPs de biocontrôle : l'efficacité globale est meilleure en conduites conventionnelles, puis en ECO.

Les conduites conventionnelles assurent de meilleures performances agroéconomiques avec la production d'un plus grand volume grâce à l'usage de PPs de synthèse et une fertilisation minérale. La baisse d'utilisation de PPs de synthèse entraîne une baisse de rendement. La différence est d'ailleurs visible dès les premières années entre PFI et ZR : les substitutions accumulées sur ZR entraînent déjà des pertes de calibre, un retard de croissance et de rendement. Néanmoins, une valorisation augmentée de 10% des fruits en ZR permettrait d'égaliser la performance économique réalisée sur PFI.

Parmi les conduites en protection alternative, le bilan économique est avant tout lié à la différence de valorisation. Le label AB implique plus de contraintes onéreuses, mais la valorisation permet de rentabiliser les coûts supplémentaires et aménagements, contrairement à ECO qui montre plus de difficultés à atteindre une rentabilité. ECO montre de meilleurs rendements cette année par rapport à AB, grâce à une meilleure vigueur. Cependant, la prise de vigueur avec le temps en AB projette une meilleure amélioration de la productivité qu'en ECO.

Le paillage plastique a permis de limiter la compétition par les adventices sans empêcher la formation de ponts. Il permet de réduire les coûts de gestion des adventices, mais empêche la gestion des galeries de campagnols et peut être plus onéreux en entretien et remplacement que prévu.

Les PPs de biocontrôle ont été moins efficaces dans l'ensemble, cependant ils ont permis l'association avec une bande fleurie. L'attraction d'auxiliaires aériens a été quantitative, permettant une lutte efficace mais discontinue contre le puceron. La réduction de la surface allouée aux bandes fleuries peut être envisagée sur l'expérimentation.

Les araignées relevées en bande fleurie constituent des populations bien plus diversifiées que celles retrouvées dans l'enherbement. Cette diversification permise par l'apport de nouveaux habitats permet de varier les strates occupées, les techniques de chasse et les insectes consommés.

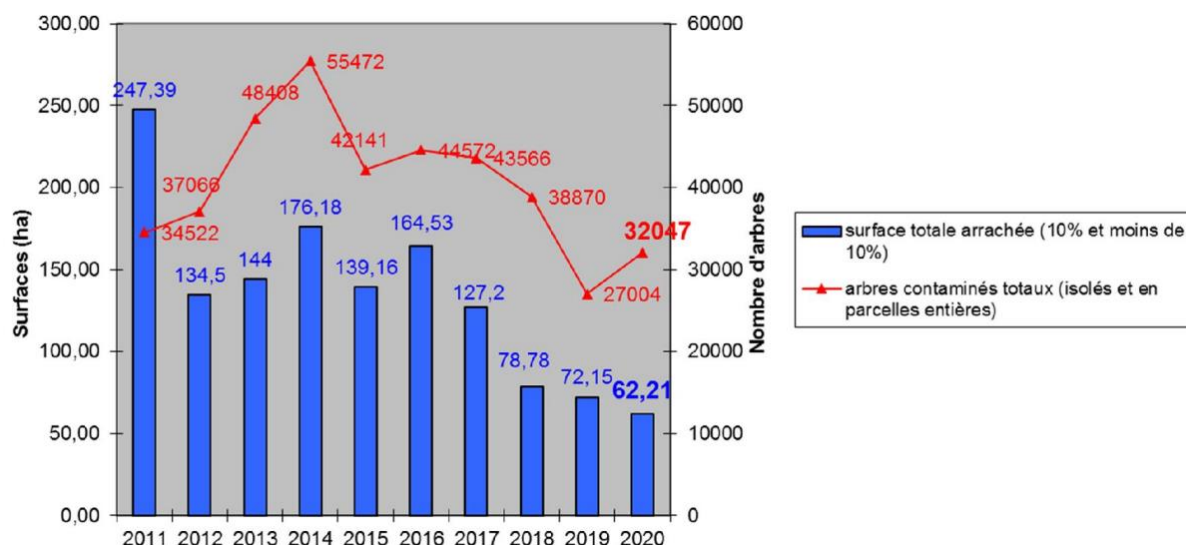
Bibliographie

- Agreste (2021). En 2021, le gel d'avril impacte la production de pêches. Conjoncture – Infos Rapides Fruits N°2021-054. <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/IraFru21054/detail/>
- Bonnemain J-L. (2010). Les pucerons : modèles biologiques et ravageurs des cultures. Comptes Rendus Biologies, Elsevier, 333, 461 – 463. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.04.002>
- Bussi C., Huguet J.G., Besset J., Defrance H. (1992). Incidences des techniques culturales sur la croissance et la fructification du pêcher en système d'irrigation localisée. Effets des facteurs mode d'entretien du sol, fertilisation azotée et densité de plantation. Fruits - Vol. 47, n°4, 485 – 494. <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/view/35324/35406>
- Cabral S., Soares AO, Garcia P. (2009). Prédation de *Myzus persicae* Sulzer (Homoptère : Aphididae) par *Coccinella undecimpunctata* L. (Coléoptère : Coccinellidae) : Effets de la densité de proies. Biological Control, 50, 25 – 29. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.020>
- Cahenzli F., Sigsgaard L., Daniel C., Herz A. et al (2019). Bandes fleuries pérennes pour la gestion d'insectes ravageurs en vergers de pommiers – Une étude paneuropéenne. Agriculture, Ecosystème & Environnement, 78, 43 – 53. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.03.011>
- CIVAM BIO 66 (2017). [Fiche technique](#) Diversité : Amélioration de la biodiversité fonctionnelle. Guide d'informations et d'utilisation de bandes fleuries en maraîchage biologique.
- CTIFL (2013). Le point sur les araignées en verger. N°35, septembre 2013.
- Département des Pyrénées-Orientales (2018). Barème de fixation des produits bruts et des frais de récolte non engagés. Note d'information, calamité agricole.
- DRAAF Occitanie, SRAL (2021). [Evolution](#) sharka en région Occitanie / Années 2011 à 2020.
- Ecophytopic (2019). [Projet Ecopêche 2 \(2019 – 2024\)](#) : Conception et évaluation multisite de vergers de pêche-nectarine très économes en produits phytosanitaires.
- Faheem M., Saeed S., Sajjad A. et al. (2019). Paramètres biologiques de deux syrphidés *Ischiodon scutellaris* (Fabricius) et *Episyrphus balteatus* (DeGeer) et leurs potentiels de prédation du puceron vert des graminées *Schizaphis graminum* (Rondani) à différentes températures. Egypt J Biol Pest Control, 29, 2. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0105-0>
- France AgriMer, Réseau des nouvelles des marchés (2022). [Bilan de campagne](#) : La pêche et la nectarine en 2021.
- Fratantuono M. (2019). Une pêche saine dans un milieu préservé. Ecophytopic, [Réseau Dephy](#).
- Gontijo L.M., Beers E.H., Snyder W.E (2013). Les fleurs favorisent la suppression de pucerons en vergers de pommiers. Biological control, vol. 66, 1, 8 – 15. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.007>
- Hilaire C., Giauque. P (2003). Monographie du pêcher. CTIFL.
- Lévêque O. (2022). Une production européenne de pêches nectarines de 2,2 Mt pour 2022. [Médiafel](#), l'Arboriculture fruitière & culture légumière.
- Lusetti A., Guiot L. (2022). Essai analytique pour tester l'efficacité du Curatio en application foliaire contre la cloque sur pêcher en comparaison d'un programme conventionnel. SICA Centrex.
- Marcon E. (2022). Mesures de la Biodiversité. [Github](#), chapitre 3 – 4.

- Penvers S. (2007). Caractérisation et évaluation des stratégies de protection vis-à-vis des pucerons en vergers de pêcher, dans le Sud-est de la France. *Sciences du Vivant*. <https://hal.inrae.fr/hal-02819029>
- Penvers S., Bellon S., Fauriel J., Sauphanor B. (2010). Stratégies de protection en vergers de pêchers et communautés de pucerons : Vers une approche d'agroécosystèmes intégrés. *Crop Protection*, vol. 29, 10, 1148 –1156. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.06.010>
- Plénet D., Hilaire C., Blanc P., Borg J., Borne S., et al. (2019). EcoPêche - Conception et évaluation multisite de vergers de pêche – nectarine économes en produits phytopharmaceutiques et en intrants. *Innovations Agronomiques*, INRAE, 76, 291 – 310. <https://hal.inrae.fr/hal-02625136>
- Ribeiro A.L., Gontijo L. (2017). Les fleurs d'alysson favorisent la lutte biologique contre les ravageurs du chou. *Biocontrol*, vol. 62, 185 – 196. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9783-7>
- Rousselin A. (2017). Contribution des pratiques culturales (irrigation et fertilisation azotée) à la gestion des populations de pucerons en verger fruitier : Cas des systèmes pêcher-puceron vert du pêcher (*Prunus Persica* – *Myzus Persica*) et pommier-puceron cendré (*Malus domestica* – *Dysaphis plantaginea*). *Sciences du Vivant [q-bio]*. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. <https://hal.inrae.fr/tel-02801688>
- Simon S., Marliac G., Capowiez Y. (2015). Quelles pratiques agroécologiques pour contrôler les bioagresseurs dans un système pérenne, le verger de pommiers ? *INRAE, Innovations Agronomiques*, 43, 29 – 40. <https://hal.inrae.fr/hal-02637022>
- Simon S., Sauphanor B., Defrance H., Lauri P. (2009). Manipulations des habitats du verger biologique et de son environnement pour le contrôle des bio-agresseurs. Des éléments pour la modulation des relations arbre-ravageurs-auxiliaires. *INRAE, Innovations Agronomiques*, 4, 125 – 134. <https://hal.inrae.fr/hal-02818067/document>
- Sonoda S., Izumi Y., Kohara Y., Yoshida H. (2011). Effets des usages de pesticides sur la biodiversité d'insectes en vergers de pêchers. *Applied Entomology and Zoology*, 46, 335 – 342. <https://doi.org/10.1007/s13355-011-0041-2>
- Verdeil G., Lusetti A. (2021). Évaluation des performances agro-environnementales, sociales et économiques de vergers innovants de pêchers. *Sica Centrex*.
- Vuong Q.H. (1989). Tests du Ratio du Likelihood pour la sélection de modèles et hypothèses non-emboîtées. *Econometrica*, vol. 57, n°2, 307. <https://doi.org/10.2307/1912557>

Annexes

Annexe 1 : Pression d'arrachage et évolution des contaminations sharka en Occitanie (DRAAF)



Annexe 2 : Systèmes implantés sur les différents sites du projet Ecopêche I (Plénet & al., 2019)

Sites - Dispositifs et acronymes	Systèmes	année plantation	Variété	Porte-greffe	Type fruits ¹	Précocité ²	Densité (arbres /ha)	Forme fruitière	Système irrigation ³	IAE ⁴	Commentaires ⁵
1_INRA Avignon InraAvi	REF	2013	Nectarlove	GF 677	NB	saison	571	double Y	microjet	HC - BF	
	ECO1	2013	Nectarlove	GF 677	NB	saison	571	double Y	GàG ent.	HC - BF	
	ECO2	2013	Nectarlove	GF 677	NB	saison	909	Y oblique	GàG ent.	HC - BF	
2_INRA Gotheron InraGot	REF	2011	Surprise	cadaman	PB	saison	533	gobelet	microjet	HC	
	ECO	2011	Elise	cadaman	PB	saison	533	gobelet	GàG ent.	HC	
	BIO	2011	Elise	cadaman	PB	saison	533	gobelet	microjet susp.	HC	
3_INRA Bordeaux-Bourran (InraBor)	REF	2012	Surprise	jaspi	PB	saison	555	gobelet	microjet susp.	HC	Faible productivité
	ECO	2012	Surprise	jaspi	PB	saison	555	gobelet	GàG susp.	HC	
4_CTIFL Balandran Ctifl	REF	2013	Sweet Star	GF 677	PB	tardive	476	double Y	microjet	HC	
	ECO	2013	Sweet Star	GF 677	PB	tardive	1010	Y oblique	microjet susp.	HC - BEN	
	BIO	2013	Sweet Star	GF 677	PB	tardive	1010	Y oblique	GàG ent.	HC - BF	
5_SEFRA Sefra	REF	2012	Nectardream	GF 677	NB	tardive	476	double Y	microjet	HC	arrachage fin 2017
	ECO	2012	Nectardream	GF 677	NB	tardive	555	double Y	GàG ent.	HC - CA	
	BIO	2012	Nectardream	GF 677	NB	tardive	555	double Y	microjet susp.	HC - BEN - CA	grêle 2016-2018
6_SudExpé SERFEL 1 Serfel1	REF	2010	Western Red	Montclar	NJ	tardive	556	double Y	microjet	HC	arrachage 2018
	ECO	2010	Western Red	Montclar	NJ	tardive	556	double Y	GàG ent.	HC	arrachage 2018
	BIO	2010	Western Red	Montclar	NJ	tardive	556	double Y	microjet susp.	HC	arrachage 2016
6_SudExpé SERFEL 2 Serfel2	REF	2013	Sandine	Montclar	NB	tardive	556	double Y	microjet		
	ECO	2013	Sandine	Montclar	NB	tardive	889	double Y palmette	GàG		
7_Sica CENTREX Centrex	REF-D	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG		0 résidus
	ECO-D	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG		ECO
	REF-Enh	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG susp.	HC - BF	REF
	ECO-Enh	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG susp.	HC - BF	ECO+

¹ NB : nectarine blanche ; NJ : nectarine jaune ; PB : pêche blanche

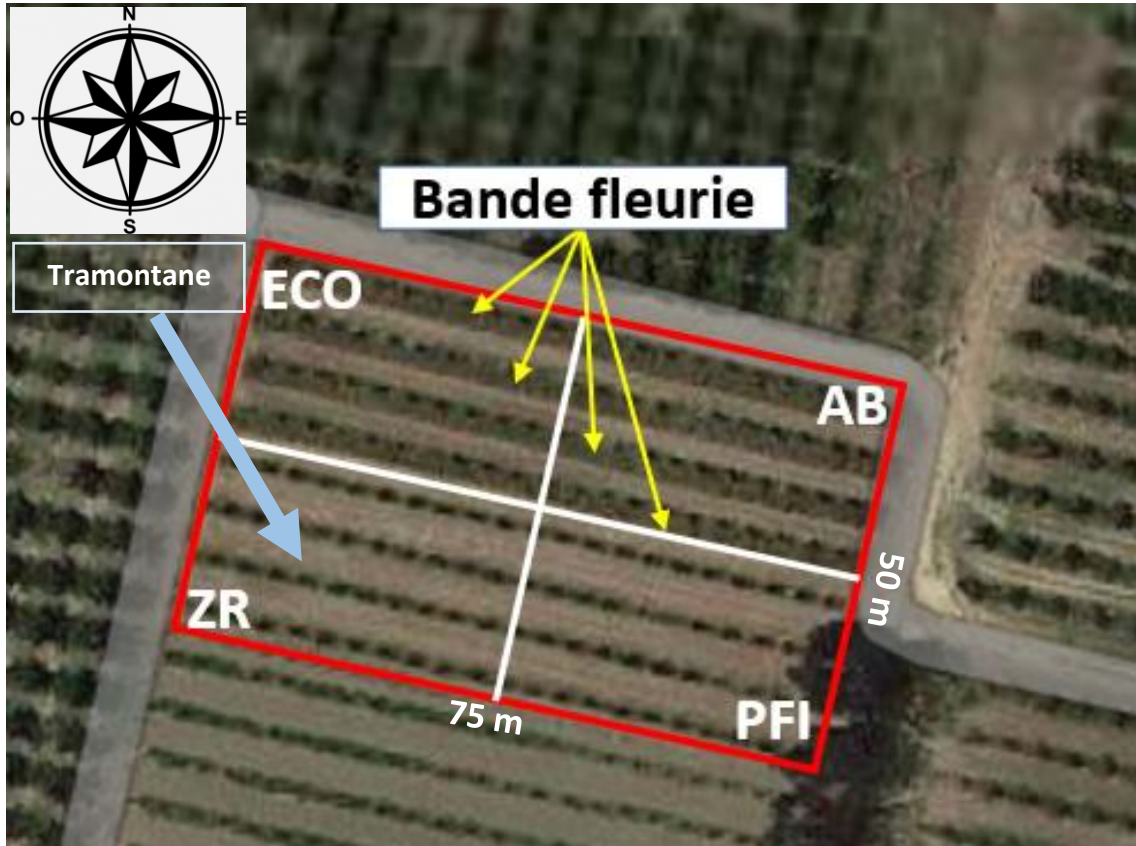
² Groupes de précocité : saison, maturité au mois de juillet ; tardive, maturité en août - début septembre

³ microjet : posé au sol ; microjet susp. : microjet suspendu ; GàG : goutte à goutte de surface ; GàG ent. : enterré ; GàG susp. : suspendu

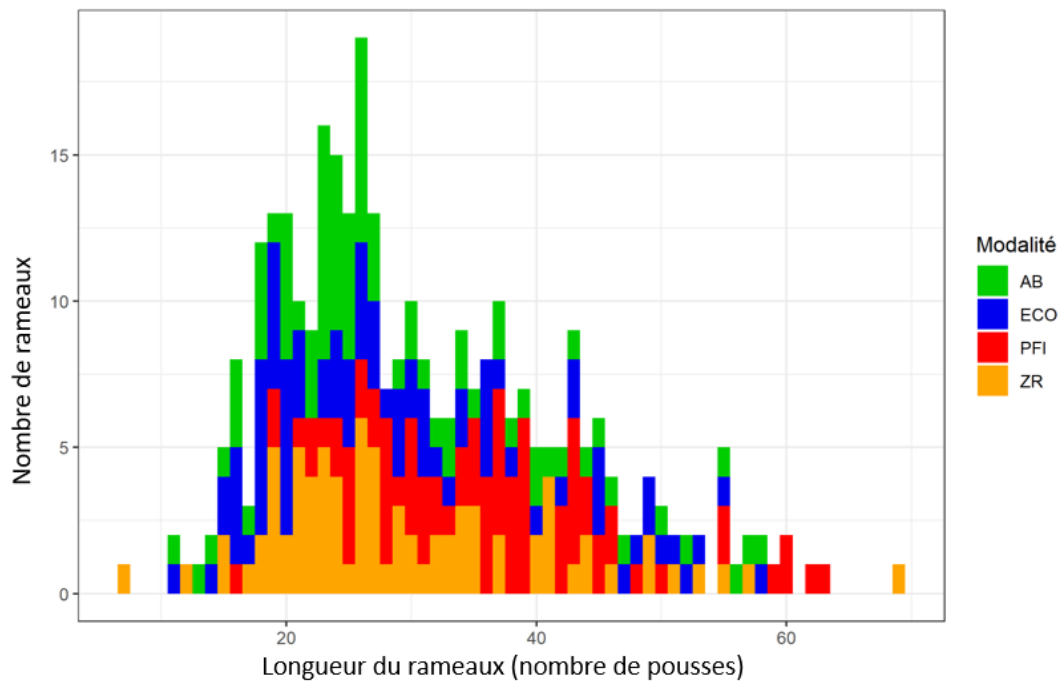
⁴ IAE : infrastructure agroécologique ; HC : haie composite ; BF : Bandes fleuries bord du verger ; BEN : Bandes Enherbées Naturelles ; CA : cultures annuelles

⁵ A la Sica Centrex, il y a eu une évolution des stratégies début 2017 conduisant à une nouvelle codification des systèmes.

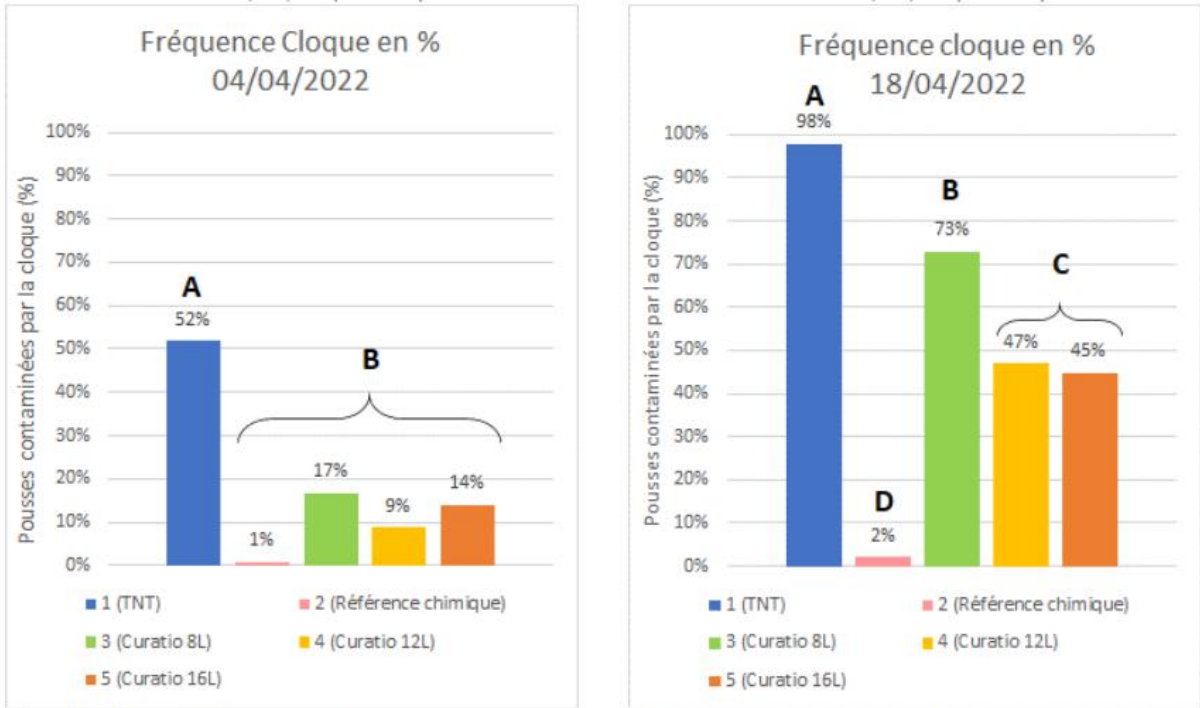
Annexe 3 : Vue aérienne des parcelles expérimentales



Annexe 4 : Répartition des rameaux observés par longueur (comptage puceron)



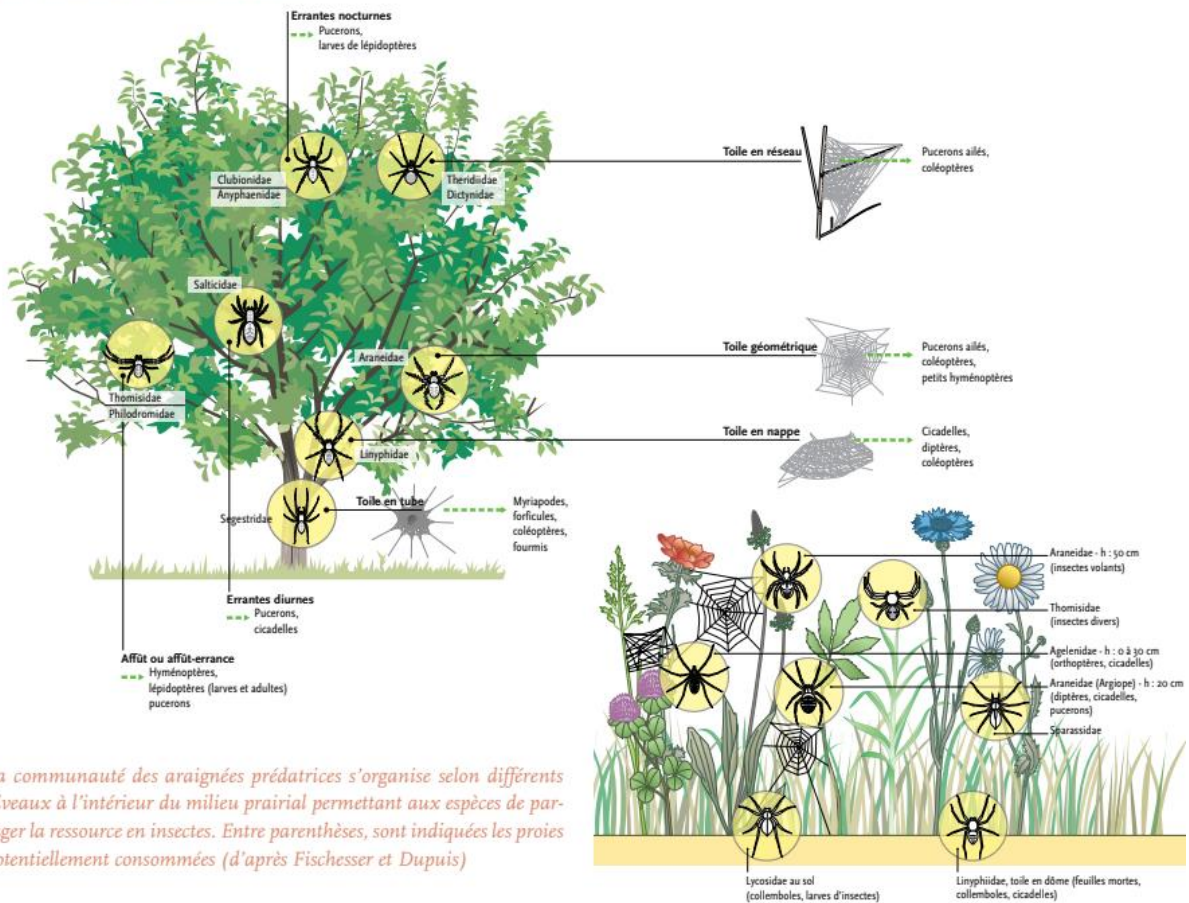
Annexe 5 : Résultats des essais Curatio sur pêcher au sein de la Sica Centrex (Lusetti, 2022)



Nb : les groupes de moyennes homogènes des figures 5 et 6 ont été obtenus par traitement statistique Newmann-Keuls après une analyse de la variance du pourcentage de pousses contaminées ($\alpha=5\%$).

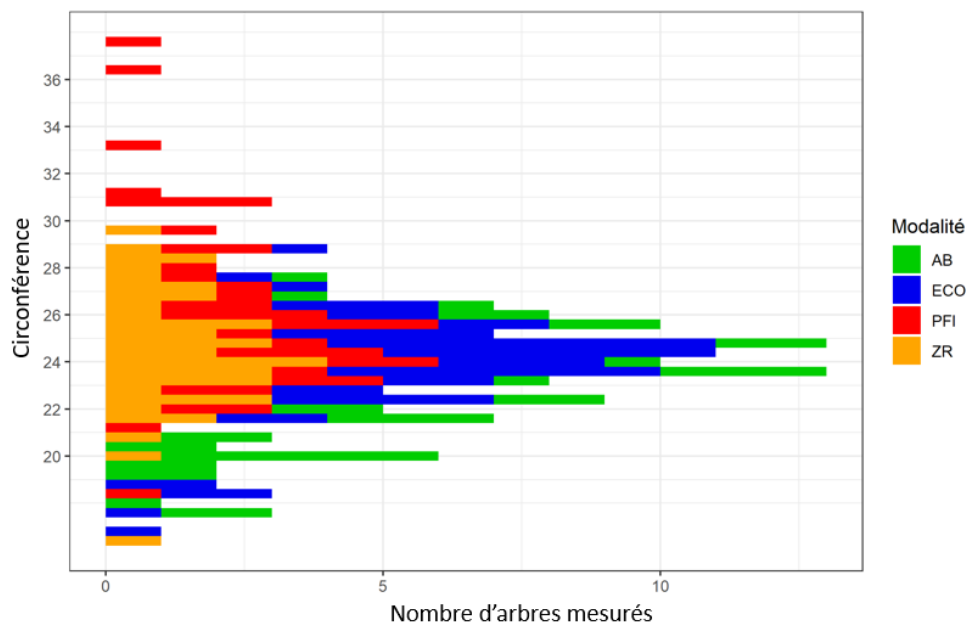
Annexe 6 : Familles d'araignées et niches écologiques occupées en verger (CTIFL, 2013)

Diversité des familles et espèces d'araignées observables sur pommier et prives potentielles (d'après Marc 1999)



La communauté des araignées prédatrices s'organise selon différents niveaux à l'intérieur du milieu prairial permettant aux espèces de partager la ressource en insectes. Entre parenthèses, sont indiquées les proies potentiellement consommées (d'après Fischesser et Dupuis)

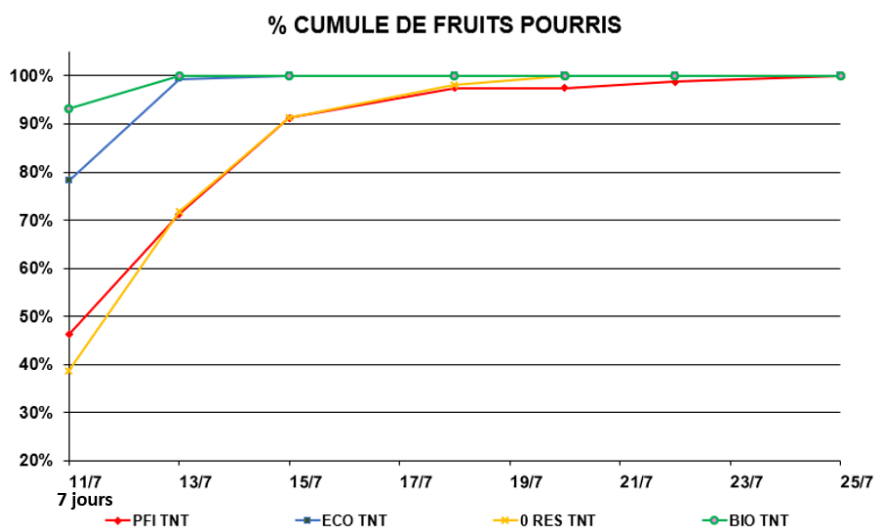
Annexe 7 : Répartition des circonférences de la parcelle (en cm)



Annexe 8 : Résultats des analyses de fruits liégeois (Auréa)

Analyse de FRUITS			Producteur : Parcelle : ECOPECHE LIEGE				
Date : juil. 22			Variété : pêche				
Code de l'échantillon : 13387234			Groupement : CA 66 service FL				
Valeurs de l'échantillon		Référence	Carence	Faible	Normal	Elevé	Excessif
Poids moyen (g)	145,0	155,0	█				
Matière sèche (%)	16,77	11,50	█				
Éléments majeurs (mg/kg M.F.)							
Azote	1559	1350	█				
Phosphore	208	210	█				
Potassium	2547	1950	█				
Calcium	33	40	█				
Magnésium	105	75	█				
Oligo-éléments (mg/kg M.F.)							
Fer	4,22	2,50	█				
Manganèse	0,47	1,00	█				
Zinc	1,02	1,00	█				
Cuivre	1,25	0,50	█				
Bore	3,84	3,50	█				

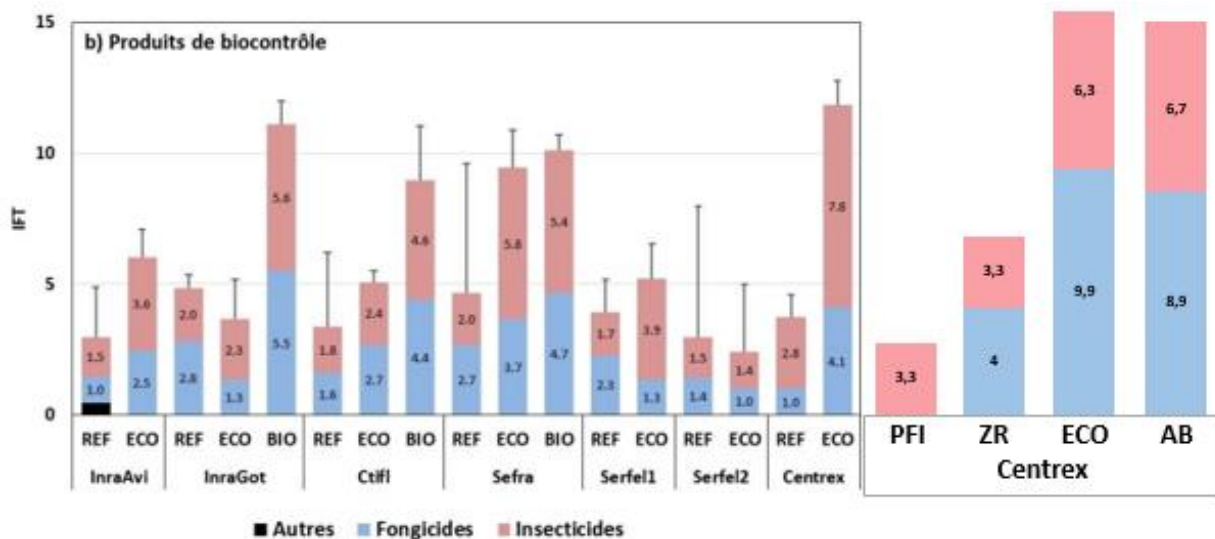
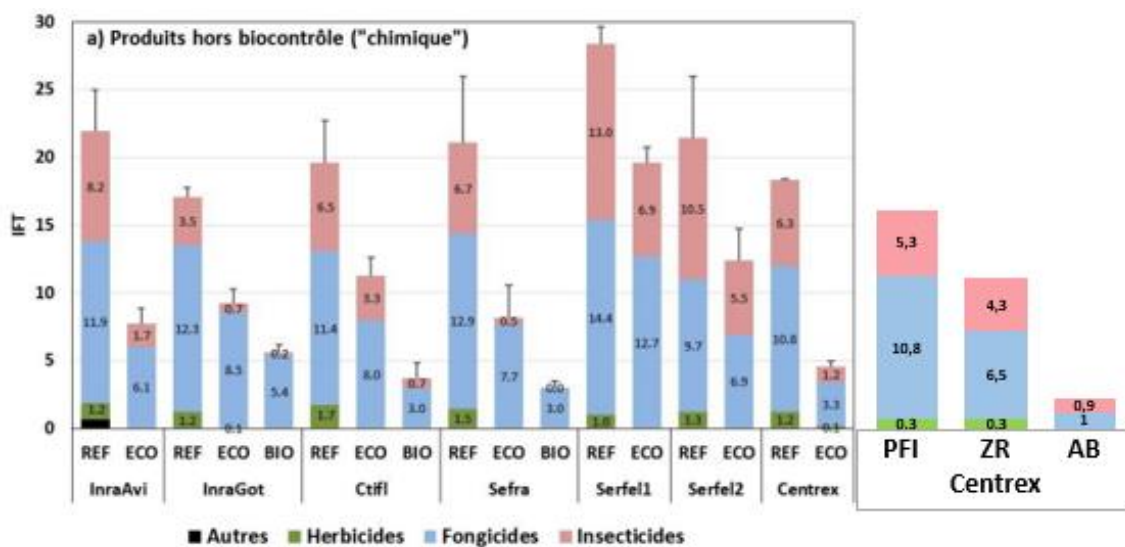
Annexe 9 : Suivi de conservation des fruits après récolte



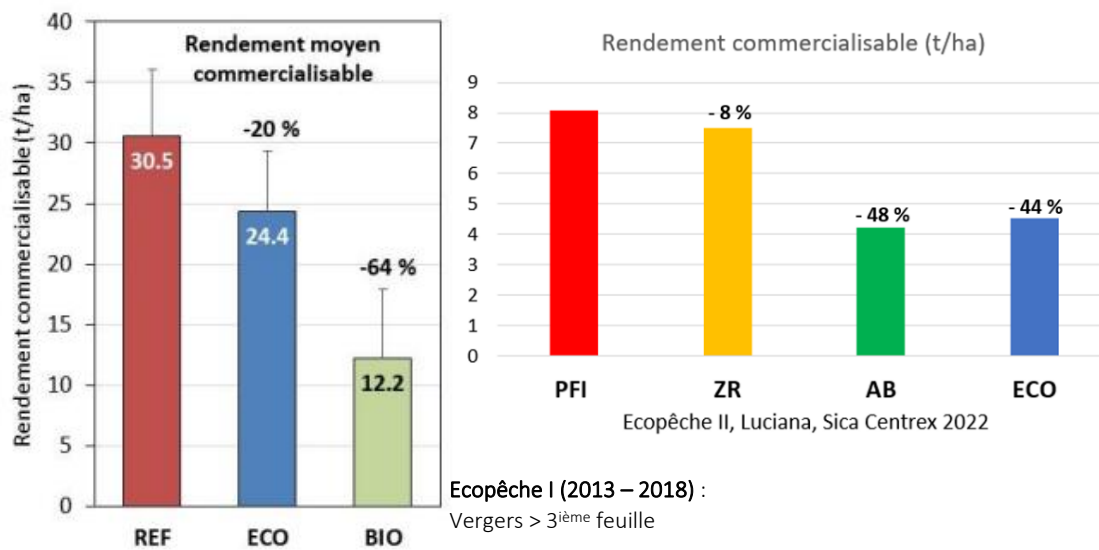
Annexe 10 : IFTs de la saison 2022 (Ecopêche II, Centrex) et bilan des IFTs d'Ecopêche I

Sites - Dispositifs et acronymes	Systèmes	année plantation	Variété	Porte-greffe	Type fruits ¹	Précocité ²	Densité (arbres/ha)	Forme fruitière	Système irrigation ³	IAE ⁴	Commentaires ⁵
7_Sica CENTREX Centrex 2013-2019	REF-D	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG		0 résidus
	ECO-D	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG		ECO
	REF-Enh	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG susp.	HC - BF	REF
	ECO-Enh	2013	Orine	cadaman	NJ	tardive	571	gobelet	GàG susp.	HC - BF	ECO+

Centrex 2022	PFI ZR ECO AB	2019	Luciana	GF 677	NJ	Saison	476	Gobelet	GàG susp	HC - BF HC - BF
---------------------	------------------------	------	---------	--------	----	--------	-----	---------	----------	--------------------



Annexe 11 : Rendements commercialisables à la Centrex en 2022 (à droite) et rendements moyens d'Ecopêche I (à gauche) exprimés par rapport à la référence (PFI ou REF)



Annexe 12 : Proposition d'intensification du paillage plastique et bandes fleuries

