



HAL
open science

Évaluation des performances agronomiques, économiques et écologiques d'un système de verger-maraîcher en climat méditerranéen, sur les trois années de mise en place

Maxime Lapauw

► To cite this version:

Maxime Lapauw. Évaluation des performances agronomiques, économiques et écologiques d'un système de verger-maraîcher en climat méditerranéen, sur les trois années de mise en place. Amélioration des plantes. 2020. dumas-03641678

HAL Id: dumas-03641678

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03641678v1>

Submitted on 14 Apr 2022

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

Évaluation des performances agronomiques, économiques et écologiques d'un système de verger-maraîcher en climat méditerranéen, sur les trois années de mise en place.



Par Maxime LAPAUW

Année de soutenance : 2020

Organisme d'accueil : Sica Centrex

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome

Option : Production Végétale Durable

Évaluation des performances agronomiques, économiques et écologiques d'un système de verger-maraîcher en climat méditerranéen, sur les trois années de mise en place.



Par Maxime LAPAUW

Année de soutenance : 2020

Mémoire préparé sous la direction de :

Hugo FERNANDEZ-MENA

Présenté le : 11/09

Devant le jury :

Brigitte Brunel

Pierre Eric Lauri

Organisme d'accueil :

SICA Centrex

Maître d'apprentissage :

Aude Lusetti

Résumé

L'association d'arbres fruitiers avec des espèces maraîchères présente de nombreux avantages écologiques liés à la diversité d'espèces cultivées (Warlop et al 2017). Elle permet aussi d'augmenter la résilience économique du système de culture en cas d'aléa climatique (grêle, gel...) ou économique (chute des prix) en diversifiant les sources de revenus (Warlop et al 2017). Il existe peu de documentation sur ce type de système de culture et sa mise en place dans des conditions spécifiques, malgré l'intérêt grandissant du domaine agricole pour les vergers-maraîchers. Pour cette raison la Sica Centrex et le CIVAM Bio 66 se sont associés dans le cadre du projet Marforest pour établir un référentiel technique pour la mise en place de ce genre de système en Agriculture Biologique dans les conditions climatiques des Pyrénées Orientales.

Le projet a commencé à la plantation d'un verger de 60 abricotiers et 40 amandiers à la Sica Centrex en janvier 2018. L'objectif de ce mémoire est d'établir un référentiel de données techniques et économiques sur la mise en place de maraîchage durant les années de formation du verger. Pour cela des cultures de courges et de patates douces ont été implantées en été et de brocoli, scarole, fenouil... en hiver. Le temps de travail ainsi que les résultats économiques liés à la présence de maraîchage en verger sont étudiés. De même, des variables agronomiques telles que la vigueur et le rendement du maraîchage, ainsi que le diamètre des troncs des fruitiers et le rendement des amandiers, permettant d'évaluer l'effet des interactions entre ces deux cultures. Enfin l'aspect écologique du projet est abordé à travers l'étude des IFT et de la biodiversité sur la parcelle. Ces variables sont étudiées sur la 2^{ème} et 3^{ème} année suivant la plantation des arbres.

Nos résultats montrent que le maraîchage n'a pas d'effet sur la production fruitière des amandiers. Nous trouvons cependant un effet bénéfique sur la vigueur des amandiers paillés et côtoyant une parcelle de maraîchage ou ceux côtoyant 2 parcelles de maraîchage par rapport à ceux entourés d'herbe. Aucune différence n'a été observée sur les abricotiers. Aucun effet des arbres n'a été observé sur le maraîchage hivernal. Nous observons uniquement une faible tendance pour les lignes de maraîchage positionnées proches du côté Est des arbres à être moins vigoureuses pour les cultures estivales. Un faible IFT ainsi qu'une biodiversité plus importante, en comparaison avec un verger classique, ont été observés sur la parcelle d'agroforesterie. Enfin, une meilleure répartition annuelle du temps de travail ainsi qu'une marge brute positive pour le maraîchage ont été observées lors des cultures de l'année 2019. Le système de verger maraîcher paraît donc plus durable que celui de la monoculture fruitière.

Mots-clés : verger-maraîcher, système de culture, agroforesterie, climat méditerranéen, agroécologie, maraîchage

Abstract

The association of fruit trees with vegetables crops has many ecological benefits thanks to its diversity of cultivated species (Warlop et al, 2017). It also enhances the resilience of the farming system in case of climate (hail, freeze...) or economical (drop in prices) hazards by diversifying the source of income (Warlop et al 2017). However there is little documentation about this type of cropping system and how to create it, even with the growing interest of the agricultural field for vegetable orchards. This is why the Sica Centrex and the CIVAM Bio 66 have associated for the Marforest project in order to establish a technical referential for the implementation of this kind of cropping system using organic farming in Pyrénées Orientales.

The project started with the plantation of 60 apricot trees and 40 almond trees on Sica Centrex's plot in January of 2018. The goal of this document is to establish a referential of technical and economical data for the installation of vegetable gardening in an orchard during its first three years. In order to do so, butternut and sweet potato crops were grown in the summer and broccoli, scarole, fennel... during the winter. Worktime and economical results linked to the vegetable gardening are studied. As well as agronomical variables such as vegetable crops' vigour and yield, as well as fruit trees' trunk diameter and almond trees yield, to evaluate the influence of the interactions between both crops. Finally the environmental aspect of the project is adressed through the study of the TFI and the biodiversity of the plot. In this document the majority of datas are about the second and third year of the fruit trees.

The vegetable gardening did not impact the almond production. However the mulched almond trees siding with 1 vegetable plot on the unmulched ones besides 2 plots of vegetables are more vigorous than the ones next to grass plots. For the apricot trees no difference was shown. The trees did not have an effect on winter vegetables. And only a slight tendency of less vigorous vegetable lines on the East of the trees was observed for the summer crops. A low TFI as well as a higher biodiversity were observed on the agroforestry plot in comparison with a regular orchard. Finally a better worktime repartition throughout the year, along with a positive gross margin for the vegetable gardening was observed on 2019 crops. The vegetable orchard appears to be more sustainable than fruit trees monoculture.

Title : Evaluation of the agronomic, economic and environmental performances of the association of market-gardening between fruit trees, in a Mediterranean climate, during the three first years of the orchard.

Key words : vegetable orchard, cropping system, agroforestry, mediterranean climate, agroecology, sustainable development

Remerciements

Tout d'abord je remercie ma maître d'apprentissage Aude Lusetti, pour ses conseils, son accompagnement et sa confiance pendant mes 2 ans d'apprentissage.

Je remercie aussi mon tuteur Hugo Fernandez-Mena, pour son suivi durant mon apprentissage, et son aide lors de l'écriture de ce mémoire.

Merci à la Sica Centrex et à son équipe pour m'avoir accueilli pendant ces deux ans et participé aux travaux du projet Marforest. Je souhaite notamment remercier Sébastien, ancien technicien de la Centrex qui m'a formé et appris beaucoup pendant mon temps en entreprise. Je souhaite aussi remercier Camille et Alice, stagiaires en 2020 qui m'ont été d'une aide précieuse pour la récolte de données et de photographies.

Je remercie Célia Dayraud du Civam Bio 66 pour ses explications sur l'agriculture AB et sur le projet Marforest. Et Alexandre, stagiaire du CIVAM Bio en 2019, avec qui j'ai passé de bons moments et ai pu discuter de tous les aspects du projet Marforest.

Un énorme merci à Juliette, super coloc, et grande relectrice de ce document.

Je remercie Aurélie Metay et l'équipe pédagogique PVD pour la formation qu'ils ont dispensée pour cette dernière année d'étude.

Enfin je remercie toutes les personnes qui me sont proches et qui m'ont aidé ou soutenu pendant mes études et particulièrement pendant la rédaction de ce mémoire.

Table des matières

RESUME	3
ABSTRACT	4
REMERCIEMENTS	5
TABLE DES MATIERES	6
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES FIGURES	9
LISTE DES ANNEXES	10
LISTE DES ABREVIATIONS	11
INTRODUCTION	12
CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE	13
CONTEXTE GENERAL.....	13
MARFOREST SUR LA SICA CENTREX	14
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	16
ÉTAT DE L'ART	17
AGROECOLOGIE ET AGROFORESTERIE.....	17
AVANTAGES DE L'AGROFORESTERIE.....	18
EXEMPLES DE VERGERS-MARAICHERS	19
MATERIEL ET METHODES	20
LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	20
<i>Les arbres fruitiers</i>	21
<i>Les cultures d'hiver</i>	21
<i>Les cultures d'été</i>	22
FERTILISATION ET IRRIGATION	22
LES VARIABLES MESUREES	23
<i>Diamètre de tronc</i>	23
<i>Rendement arboriculture</i>	23
<i>Rendement maraîchage</i>	23
<i>Raisonnement des traitements phytosanitaires et mesure de l'IFT</i>	26
<i>Pièges jaunes</i>	27
<i>Temps de travail</i>	27
STRATEGIE D'ANALYSE DES DONNEES.....	28
RESULTATS	30
ARBORICULTURE	30
<i>Rendement Amandiers</i>	30
<i>Diamètre de tronc Amandiers</i>	31
<i>Diamètre de tronc Abricotiers</i>	31
MARAICHAGE D'HIVER	32

<i>Rendement Brocoli</i>	33
<i>Rendement Fenouil</i>	34
<i>Rendement Scarole</i>	34
<i>Rendement Radis-noir</i>	35
<i>Rendement Mini-Blette</i>	36
MARAICHAGE D'ETE.....	37
<i>Vigueur Patate Douce</i>	37
<i>Vigueur Courge</i>	37
SUIVI PHYTOSANITAIRE.....	38
<i>Biodiversité</i>	38
<i>IFT</i>	40
SUIVI SOCIO-ECONOMIQUE.....	41
<i>Temps de travail</i>	41
<i>Résultats économiques</i>	42
DISCUSSION	44
EFFET DES ARBRES SUR LE MARAICHAGE.....	44
<i>Absence d'effet sur les cultures hivernales</i>	44
<i>Absence d'effet sur les cultures estivales</i>	44
EFFET DU MARAICHAGE SUR LES ARBRES.....	45
<i>Sur la vigueur et le développement des arbres</i>	45
<i>Sur la production des amandes</i>	45
LE SYSTEME AGROFORESTIER AUGMENTE LA BIODIVERSITE ET LIMITE LES TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES.....	46
<i>Une biodiversité plus importante sur système agroforestiers</i>	46
<i>Une réduction des traitements en verger maraîcher</i>	47
PERFORMANCES ECONOMIQUES ET SOCIALES.....	48
<i>Analyse économique</i>	48
<i>Un système qui permet une meilleure répartition annuelle du temps de travail</i>	49
LE VERGER MARAICHER, PLUS DURABLE QUE LA MONOCULTURE FRUITIERE.....	49
CONCLUSION	51
BIBLIOGRAPHIE	52
ANNEXES	57

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : RECAPITULATIF DES SYSTEMES DE VERGER-MARAICHER EXTRAPOLÉS POUR L'ANALYSE DES IFT	26
TABLEAU 2 : TABLEAU RECAPITULATIF DES PROBLÉMATIQUES AINSI QUE DES VARIABLES SUIVIES ET DES METHODES D'ANALYSES POUR Y REpondre.....	29
TABLEAU 3 : VALEUR D'IFT EN FONCTION DES CULTURES PRESENTES SUR LA PARCELLE	40
TABLEAU 4 : TEMPS DE TRAVAIL MENSUEL EN FONCTION DU SYSTEME DE CULTURE.....	42
TABLEAU 5 : CHIFFRE D'AFFAIRE PAR CULTURE MARAICHERE SUR 1 ANNEE DE CULTURE (ÉTE 2019 - HIVER 2020)	43
TABLEAU 6 : ÉVALUATION DE LA MARGE BRUTE DU MARAICHAGE	43

Liste des figures

FIGURE 1 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE LA VILLE DE PERPIGNAN ETABLI A PARTIR DES DONNEES CLIMATIQUES MOYENNES DE CLIMATE-DATA.ORG ENTRE 1982 ET 2012	15
FIGURE 2 : PLAN DE LA PARCELLE MARFOREST EN HIVER 2019-2020	20
FIGURE 3 : PLAN D'ANALYSE DU MARAICHAGE HIVERNAL (BROCOLI, FENOUIL, SCAROLE)	24
FIGURE 4 : ÉTAPES DU DISPOSITIF DE PIEGEAGE ET D'ANALYSE DE LA BIODIVERSITE : (A) PREPARATION DU PIEGE, (B) PIEGE SUR MARFOREST, (C) PIEGE SUR FAN DE BIO ET (D) ANALYSE A LA LOUPE BINOCULAIRE.	27
FIGURE 5 : REPRESENTATION DU RENDEMENT EN NOMBRE D'AMANDES SAINES (A), POIDS D'AMANDES SAINES (B) ET POIDS TOTAL (C) EN FONCTION DE L'INTER-RANG	30
FIGURE 6: REPRESENTATION DU DIAMETRE DU TRONC DES AMANDIERS AU 6 AOUT 2020 (A GAUCHE) ET DE SON EVOLUTION DEPUIS LE 7 OCTOBRE 2019 (A DROITE) EN FONCTION DE L'INTER-RANG	31
FIGURE 7 : REPRESENTATION DU DIAMETRE DU TRONC (MM) DES ABRICOTIERS AU 6 AOUT 2020 (A GAUCHE) ET DE SON EVOLUTION (MM) DEPUIS LE 7 OCTOBRE 2019 (A DROITE) EN FONCTION DE L'INTER-RANG.....	32
FIGURE 8 : RENDEMENT EVALUE PAR LE POIDS TOTAL RECOLTE (A), LE POIDS MOYEN (B) ET LE RATIO DE LEGUMES COMMERCIALISABLES EN NOMBRE (C) EN FONCTION DE LA LIGNE POUR LA CULTURE DE BROCOLI	33
FIGURE 9 : RENDEMENT EVALUE PAR LE POIDS TOTAL RECOLTE (A), LE POIDS MOYEN (B) ET LE RATIO DE LEGUMES COMMERCIALISABLES EN NOMBRE (C) EN FONCTION DE LA LIGNE POUR LA CULTURE DE FENOUIL	34
FIGURE 10 : RENDEMENT EVALUE PAR LE POIDS TOTAL RECOLTE (A), LE POIDS MOYEN (B) ET LE RATIO DE LEGUMES COMMERCIALISABLES EN NOMBRE (C) EN FONCTION DE LA LIGNE POUR LA CULTURE DE SCAROLE... ..	35
FIGURE 11 : RENDEMENT EVALUE PAR LE POIDS TOTAL RECOLTE (A) ET LE POIDS MOYEN (B) EN FONCTION DE LA LIGNE POUR LA CULTURE DE RADIS NOIR	35
FIGURE 12 : RENDEMENT EVALUE PAR LE POIDS TOTAL RECOLTE (A), LE POIDS MOYEN (B) ET LE RATIO DE LEGUMES COMMERCIALISABLES EN NOMBRE (C) EN FONCTION DE LA LIGNE POUR LA CULTURE DE MINI-BLETTES	36
FIGURE 13 : ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DE LA VIGUEUR DES PLANTS EN FONCTION DE LA LIGNE DE CULTURE POUR LES PATATES DOUCE	37
FIGURE 14 : ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DE LA VIGUEUR DES PLANTS EN FONCTION DE LA LIGNE DE CULTURE POUR LES COURGES.....	38
FIGURE 15 : EVOLUTION DU NOMBRE D'INSECTES AUXILIAIRES DANS LE TEMPS EN FONCTION DU SYSTEME DE CULTURE.....	38
FIGURE 16 : EVOLUTION DANS LE TEMPS DU NOMBRE DE FAMILLE D'INSECTES AUXILIAIRES EN FONCTION DU SYSTEME DE CULTURE	39
FIGURE 17 : EVOLUTION DANS LE TEMPS DU NOMBRE DE PSCOPTERES (A), DIPTERES (B), CICADELIDAE (C) ET D'INSECTES CAPTURES (D) EN FONCTION DU SYSTEME : MARFOREST (VERGER-MARAICHER EN AB) ET FAN DE BIO (VERGER D'ABRICOTIERS EN AB).....	40
FIGURE 18 : ÉVALUATION DE LA DURABILITE D'UN SYSTEME DE MONOCULTURE FRUITIERE ET D'UN SYSTEME DE VERGER MARAICHER SELON 5 CRITERES DE DURABILITE (ANNEXE 11)	49
FIGURE 19 : DESIGN D'UN SYSTEME DE VERGER MARAICHER FONCTIONNEL POUR UNE PRODUCTION MECANISEE EN AB DANS LES PYRENEES ORIENTALES.....	50

Liste des annexes

ANNEXE 1 : ANALYSE DE SOL DE LA PARCELLE MARFOREST	57
ANNEXE 2 : PROTOCOLE TEST NITRATE	59
ANNEXE 3 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE JANVIER-JUIN 2020.....	60
ANNEXE 4 : DONNÉES DE RÉCOLTE DU MARAÎCHAGE HIVERNAL	61
ANNEXE 5 : DONNÉES DE RÉCOLTE DES CULTURES ESTIVALES	64
ANNEXE 6 : RÉCOLTE D'AMANDES	65
ANNEXE 7 : DIAMETRES DE TRONCS ABRICOTIER.....	66
ANNEXE 8 : DIAMETRE DE TRONCS AMANDIERS.....	67
ANNEXE 9 : TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES MARFOREST.....	68
ANNEXE 10 : TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES FAN DE BIO	69
ANNEXE 11 : SUIVIS ENTOMOFAUNE AUXILIAIRE	70
ANNEXE 12 : TABLEAU D'ÉVALUATION DE DURABILITÉ DES SYSTEMES.....	71

Liste des abréviations

AB : Agriculture Biologique

AFAF : Association Française d'AgroForesterie

CA : Chiffre d'Affaire

CA66 : Chambre d'Agriculture des Pyrénées Orientales

CIVAM : Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural

IAE : Infrastructures Agro Ecologiques

IFT : Indice de Fréquence de Traitement

LER : Land Equivalent Ratio

RMT : Réseau Mixte Technologique

SAU : Surface Agricole Utile

SdC : Système de Culture

SMART : Systèmes Mixtes Agroforestiers, création de Références Techniques et économiques

Introduction

L'agriculture française s'est modifiée de manière importante dans la deuxième moitié du 20ème siècle. Suite à la révolution verte, les exploitations agricoles se sont spécialisées, ce qui a entraîné la mise en place de parcelles de taille importante en monoculture. Ce phénomène de réduction du nombre d'agriculteurs et d'augmentation de la surface des exploitations continue aujourd'hui. Entre 2010 et 2016 la taille moyenne des exploitations a augmenté de 12 % (Agreste, 2018). Et si la part du verger diminue dans l'agriculture française, la taille moyenne des vergers augmente considérablement avec +27 % entre 2000 et 2010 (Agreste, 2013). Cette augmentation de la taille des exploitations et diminution du nombre d'agriculteurs montrent un besoin foncier de ces derniers. Une meilleure valorisation de la surface agricole utile (SAU) en augmentant le Land Equivalent Ratio (LER) des activités agricoles pourrait répondre à ce besoin foncier.

En Pyrénées-Orientales le contexte foncier est particulièrement tendu avec 75 000 ha de SAU pour 4100 exploitations en 2016. Ceci entraîne une envie de valoriser l'espace au maximum, d'où l'intérêt pour des systèmes d'association culturale. Notamment dans le cas des vergers qui ont une densité de plantation faible et laissent une partie de l'espace au sol non valorisée, malgré le besoin en entretien de ces inter-rangs. Or ces vergers occupent, en 2015, 4400 ha de la SAU départementale (Observatoire régional de l'agriculture biologique, 2016 ; Chambre d'Agriculture 66, 2017). Le développement d'un système de culture permettant de valoriser cet espace sans nuire à la production fruitière serait donc un pas vers l'augmentation de la productivité surfacique de la culture. Ceci est d'autant plus vrai pour l'agriculture biologique, en plein essor en Pyrénées Orientales avec une augmentation de la SAU de 14% en 2015 ce qui l'amène à 21,9% de la SAU totale du département. Et parmi ces exploitations en AB, 29% ont pour activité principale la production fruitière (Agence Bio, 2014). Ces chiffres ainsi que les essais Ecophyto pêche et abricot mis en place dans le département témoignent d'une avancée vers une agriculture fruitière plus respectueuse de l'environnement et moins dépendante en intrants chimiques. Il est donc nécessaire de trouver un système garantissant les performances agronomiques et économiques de la culture tout en modifiant les pratiques.

Une problématique actuelle de l'arboriculture des fruits à noyaux est la sharka (*Plum Pox Virus*), une virose qui attaque les *Prunus* et impose un arrachage du verger lorsqu'elle est détectée. Cette maladie est un facteur déterminant de l'évolution de l'arboriculture dans les Pyrénées Orientales. En effet 80 % des dégâts causés par ce virus sont localisés en Occitanie dont une majeure partie en Pyrénées Orientales. Les dégâts sont particulièrement importants sur les vergers de pêcheurs (93%) et entraînent un remplacement par des vergers d'abricotiers résistants ou de nouvelles cultures de diversification (Dellaygue et al, 2016). Ce renouvellement forcé entraîne une fragilité économique des exploitations du fait de l'investissement à effectuer pour remplacer les vergers. Il faut compter environ 20 000 euros pour la mise en place d'1 ha de verger de fruits à noyaux en AB (Bernard et al, 2013). De plus, l'absence de revenus sur la parcelle durant les trois premières années, pendant lesquelles la culture est non productive, augmente cette

fragilité économique des exploitations. L'introduction de cultures maraîchères dans l'inter-rang du verger est une solution qui permettrait des apports de revenus complémentaires, à minima avant l'entrée en production du verger, ainsi qu'un retour sur une pratique traditionnelle précédant le mouvement de spécialisation arboricole. De plus la diversification des cultures augmente la résilience économique de l'exploitation en cas d'incident climatique ou de baisse des prix du marché pour une culture (Warlop et al, 2017).

Le travail du projet Marforest porté par la SICA Centrex consiste à évaluer les performances d'un système de verger-maraîcher, à la plantation des arbres et lors de trois premières années. Les trois piliers du développement durable sont utilisés pour évaluer ces performances. En effet le but de ce système innovant est de répondre aux besoins économiques des exploitations tout en prenant en compte les enjeux environnementaux mis en avant dans la recherche actuelle. Et l'aspect social du projet se retrouve dans le changement des pratiques et du paysage qu'entraîne la mise en place d'un système agroforestier. La nécessité de la mise en place d'un système résilient et autonome étant un point d'importance pour le grand public suite à la croissance de l'intérêt pour les pratiques agroécologiques. (Morel et Léger 2016). On exposera en premier lieu le contexte et la problématique de l'étude. Ensuite l'état de l'art introduira les connaissances actuelles sur ces systèmes de culture. Puis, le matériel spécifique au projet sera présenté ainsi que les méthodes de collecte et d'analyse des données. Les résultats seront ensuite présentés puis discutés. Enfin une conclusion viendra exposer les éléments de réponse apportés à la problématique.

Contexte et problématique

Contexte général

L'environnement est devenu un point central des politiques de développement, de plus en plus pris en compte dans l'orientation de l'agriculture et de la recherche. En France, en 2012 Stéphane Le Foll lance le projet agroécologique qui a pour objectif de combiner "performance économique, environnementale et sociale pour l'agriculture française". Le point numéro 12 de ce projet est consacré à l'agroforesterie, qui permettrait de répondre à certains enjeux de la transition agroécologique. Son but est de participer à la mise en place des systèmes de production résilients (Ministère de l'agriculture, 2016). Ce projet s'inscrit aussi dans la prolongation du Réseau Mixte Technologique (RMT) Agroforesteries, projet agréé par le Ministère de l'Agriculture de 2014 à 2018, constitué d'un réseau de partenaires professionnels de la recherche, du développement et de la formation, rassemblés autour de la thématique de l'agroforesterie en France (RMT Agroforesteries, 2020).

Le plan Ecophyto II+ (2019) définit de nouveaux objectifs à atteindre par le secteur agricole. Notamment celui de réduire de 50 % à l'horizon 2025 l'utilisation de produits phytosanitaires

(Chambres d'agriculture, 2019). Le troisième axe de ce plan Ecophyto 2018 est « d'innover dans la conception et la mise au point d'itinéraires techniques et des Systèmes de Culture (SdC) économes en pesticides » (Ripoche, 2009).

Les préoccupations liées à l'environnement, à la santé et à la qualité des biens alimentaires jouent un rôle croissant dans l'opinion publique (Rainelli et al, 2001). Le marché biologique progresse donc et une part de plus en plus importante de la population s'intéresse aux aspects sanitaires environnementaux des produits (Agence Bio 2020). La nécessité de la mise en place d'un système résilient et autonome est devenu un point d'importance pour le grand public suite à la croissance de l'intérêt pour les pratiques agroécologiques et à leur médiatisation grandissante (Morel et Léger 2016).

Marforest sur la SICA Centrex

La Sica CENTREX est un centre expérimental appartenant au réseau des stations régionales d'expérimentation sur les fruits et légumes, dont la mission est d'établir une interface entre la recherche fondamentale et la production agricole. La station, créée en 1975 était spécialisée dans la production d'abricots. Elle a ensuite élargi son activité à partir de 1990 à l'ensemble des productions fruits et légumes du Roussillon. La CENTREX dispose d'un domaine expérimental de 24 Ha situés à Torreilles principalement réservé à l'expérimentation Abricot, Pêche, Artichaut et à la production biologique. Suite à la problématique de la sharka, la CENTREX a décidé de travailler sur un système de culture environnementalement performant et permettant de limiter l'impact économique du renouvellement précoce et imposé des vergers de pêcheurs. Le projet de verger maraîcher monté en conséquence se nomme Marforest. Il a été réalisé en partenariat avec le Civam Bio 66 qui a, pour sa part, travaillé sur un verger d'abricotiers en production géré par l'EPLEFPA Perpignan Roussillon, troisième partenaire sur ce projet. Il est financé par un FEADER, fond européen, à hauteur de 110 000 euros.

Le climat caractérisant les alentours de la ville de Perpignan correspond au climat méditerranéen. Le diagramme ombrothermique ci-dessous indique une sécheresse estivale avec une température moyenne de 23,8°C en juillet pour uniquement 20mm de précipitations. Les précipitations annuelles sont faibles avec 586mm et majoritairement automnales avec 86mm en octobre. Le vent est aussi un point important du contexte climatique des Pyrénées Orientales. Deux principaux types de vent sont présents. La tramontane, un vent violent pouvant dépasser les 100km/h, froid, venant du Nord et pouvant souffler toute l'année. Et le marin, vent doux et humide qui souffle principalement au printemps et vient du Sud-Est, par la Méditerranée. Le sol est de type limono sableux profond, de nature alcaline. Il présente une forte capacité de rétention hydrique et un indice de battance élevée (Annexe 1).

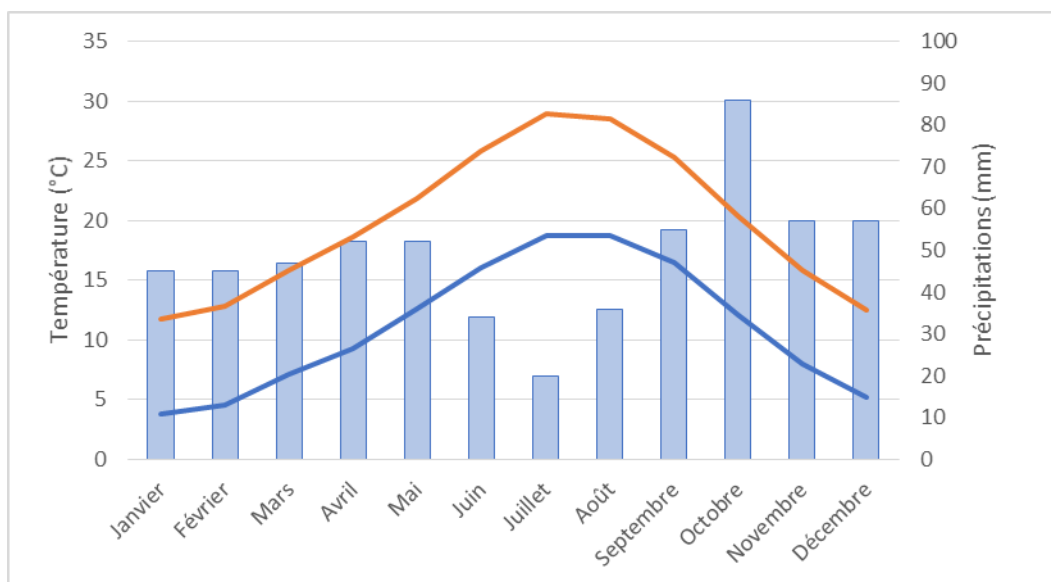


Figure 1 : Diagramme ombrothermique de la ville de Perpignan établi à partir des données climatiques moyennes de CLIMATE-DATA.org entre 1982 et 2012

Le programme de maraîchage agroforestier a fait le choix de 2 espèces fruitières conduites en bio :

- L'abricotier dont la culture biologique représente déjà 30% du verger départemental. Sa culture est donc bien maîtrisée au niveau technique. De plus la demande commerciale ne faiblit pas. Il est pour l'instant peu touché par la sharka avec 0,17 cas/ha prospecté, ce qui en fait une culture intéressante pour remplacer le pêcher (Dellaygue et al, 2016).

- L'amandier qui est une culture en développement grâce à sa rusticité et sa faible exigence en traitements phytosanitaires par rapport aux fruits à noyaux. Cette culture est intéressante dans le contexte des Pyrénées-Orientales pour plusieurs raisons. Tout d'abord l'amandier est sensible à l'asphyxie racinaire, il est donc bien adapté aux sols sableux et limono-sableux que l'on trouve dans la plaine du Roussillon. C'est aussi une culture intéressante comme alternative aux cultures fruitières traditionnelles de la région dans le contexte du changement climatique. En effet ses besoins en froid sont compris entre 200 et 400h sous 7.2°C ce qui est inférieur aux besoins du pêcher et de l'abricotier (Walali et al, 2003).

Pour l'année 2019-2020, les cultures maraîchères étaient les suivantes :

- Cultures d'hiver :

La scarole qui avait déjà été étudiée l'hiver précédent a de nouveau été implantée sur 2 parcelles afin de confirmer les résultats obtenus précédemment. De même pour le fenouil et pour 1 parcelle de mini-blettes. Les deux nouvelles espèces qui ont été mises en place cette année sont les brocolis et le radis noir.

- Cultures d'été :

Les cultures d'été ont été les mêmes durant les trois ans avec une inversion annuelle des parcelles. Il s'agit de la courge et de la patate douce. Ces deux espèces ont été choisies pour leur feuillage rampant, afin que ce dernier limite l'enherbement. La courge est une culture connue dans le département et maîtrisée en AB. De nombreux comptes rendus d'essais et fiches techniques existent sur sa culture dans le pourtour français de la méditerranée. La patate douce est une culture récente en Pyrénées Orientale mais dont la demande en AB est croissante (Schoen et al, 2015 ; Réseau Rural Français, 2018).

Le système de verger maraîcher associe ces cultures sur une même surface en profitant de l'espace non utilisé qu'est l'inter-rang du verger. Dans ce mémoire ce système est étudié sur les 3 années de formation du verger mais le but du projet est d'étudier la possibilité d'une installation permanente des cultures maraîchères. La productivité est ainsi améliorée grâce à une optimisation de l'utilisation de la surface et de la ressource lumineuse. Des interactions bénéfiques telle que l'effet barrière, la création d'un micro-climat par les arbres ou encore le partage des ressources par répartition racinaire différente permet de limiter les intrants. Pour mettre en place ce système complexe, des données techniques et conseils de mise en place sont nécessaires.

Problématique et hypothèses

Dans le contexte de la mise en place d'un nouveau système de culture, comment l'association des arbres fruitiers aux cultures maraîchères sur l'inter-rang à la mise en place d'un verger influence la gestion et les performances de ces deux cultures ?

De cette problématique découle plusieurs sous-questions spécifiques au type d'agroforesterie du projet Marforest, le verger maraîcher :

L'association des cultures maraîchères aux cultures fruitières présente-t-elle des avantages pour l'efficacité des intrants ? Comment les performances agronomiques des cultures sont-elles affectées par l'association ?

La culture fruitière est une activité à fort besoin en main d'œuvre saisonnière en raison d'un pic de travail estival important pour l'éclaircissage, la taille en vert et la récolte. Y a-t-il une meilleure répartition du temps de travail à l'année suite à l'introduction de cultures maraîchères ?

La présence d'une diversité de cultures, et d'installations agroécologiques telles que les haies composites et les bandes fleuries a-t-elle une influence bénéfique sur la biodiversité et l'état sanitaire des cultures ?

Nous faisons l'hypothèse que l'introduction de cultures maraîchères permet à l'agriculteur de dégager des revenus pendant la période de formation du verger. Nous faisons aussi l'hypothèse que l'optimisation de l'espace en inter-rang d'un jeune verger par la culture d'espèces maraîchères permet de favoriser les productions tout en limitant les intrants. L'irrigation et la fertilisation pouvant être utilisées de manière complémentaire par les deux cultures. De plus, nous pouvons supposer que les complémentarités bénéfiques entre espèces arboricoles et maraîchères permettent d'assurer un rendement surfacique supérieur et de mieux préserver l'état sanitaire des arbres et des cultures. La biodiversité fonctionnelle devrait être améliorée par le nombre important d'espèces végétales présentes ainsi que par les aménagements tels que la haie et les bandes fleuries. Enfin, nous faisons aussi l'hypothèse que l'association des cultures maraîchères (notamment hivernales) avec le verger permet de "lisser" le temps de travail sur l'année. En effet, la présence de maraîchage hivernal permet d'augmenter l'activité à cette période où les fruitiers sont en dormance et nécessitent peu de temps de travail. Ainsi une partie de la main d'œuvre saisonnière habituelle pourrait être recrutée de manière permanente.

État de l'art

Agroécologie et agroforesterie

Selon l'INRAE et le gouvernement français, l'agroécologie est un cadre d'innovation qui s'appuie sur les fonctionnalités des écosystèmes pour concevoir des systèmes de production répondant aux problématiques actuelles d'épuisement des ressources, de changement climatique, de sécurité alimentaire... Ainsi elle réintroduit de la diversité dans les parcelles agricoles et le paysage. La diversification des cultures est l'un des leviers de l'agroécologie (Ministère de l'Agriculture, 2020 ; INRAE, 2020). Parmi les techniques mises en avant comme étant agroécologiques on retrouve l'agroforesterie en réponse à plusieurs problématiques précises telles que la gestion de l'érosion, la lixiviation... (Projet Transgal Agroforestries, 2020).

Le terme « agroforesterie » a été employé pour la première fois en 1978 au sein d'un rapport forestier canadien dans lequel John G. Bene recommandait de coordonner au niveau mondial les études en faveur de l'agroforesterie, technique permettant aux pays en voie de développement d'augmenter leurs productions vivrières et de biomasse tout en protégeant l'environnement (Ministère de l'Agriculture, 2015). Même si l'agroforesterie est un terme relativement récent en France, les pratiques associant l'arbre, les cultures et l'élevage sont nombreuses parmi les formes d'agriculture traditionnelle. Et ce jusqu'au début du 20ème siècle, notamment dans le bassin méditerranéen, avant l'intensification des pratiques par la motorisation et l'usage d'intrants chimiques (Forêt-entreprise, 2015 ; Liage et al, 2008).

D'après le plan de développement de l'Agroforesterie élaboré par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt en décembre 2015 : "L'agroforesterie est un système

dynamique de gestion des ressources naturelles reposant sur des fondements écologiques qui intègrent des arbres dans les exploitations agricoles et le paysage rural et permet ainsi de diversifier et de maintenir la production afin d'améliorer les conditions sociales, économiques et environnementales de l'ensemble des utilisateurs de la terre" (Plan de développement de l'Agroforesterie, 2015).

Parmi les systèmes agroforestiers les plus complexes on trouve le verger maraîcher : système associant verger et cultures maraîchères et généralement couplé à des haies diversifiées d'arbres et d'arbustes champêtres (Sieffert 2013). Les vergers maraîchers se distinguent en plusieurs types selon l'écartement entre les lignes d'arbres, et la technique d'arboriculture utilisée. Dans ce document on s'intéressera particulièrement au système de verger maraîcher à faible écartement. C'est-à-dire que le verger est implanté de manière traditionnelle et que le but est de valoriser l'espace disponible de l'inter-rang, notamment sur les premières années (ITAB, 2018).

Avantages de l'agroforesterie

L'agroforesterie présente de nombreux bénéfices économiques, agronomiques et environnementaux. Les aménagements de la parcelle (haies composites, bandes fleuries), qui ne font pas directement partie de l'agroforesterie mais s'y intègrent dans le cadre de notre projet et dans la perspective agroécologique, permettent de mieux contrôler les bioagresseurs en favorisant la biodiversité fonctionnelle (Le Roux et al 2008, Letourneau et al 2009, Veres et al 2012). L'association culturale augmente la biodiversité et améliore la maîtrise des bioagresseurs (Altieri, 1999). En effet la présence d'arbres, de cultures maraîchères, d'inter-rangs enherbés et d'IAE entraîne une grande diversité d'habitats. Ces derniers permettent une meilleure conservation de la biodiversité en limitant l'impact des interventions, en comparaison avec un système en monoculture.

L'association de cultures maraîchères et arboricoles permet d'améliorer l'efficacité des intrants. Le système agroforestier permet aussi de limiter la quantité d'eau apportée par création d'un microclimat plus ombragé et humide. De même l'effet brise-vent des arbres peut augmenter de 5 à 30 % le rendement du maraîchage en agroforesterie (Labant 2009). Il y a aussi un effet d'amélioration du sol en limitant sa compaction et en augmentant l'apport en matière organique. Si les arbres peuvent avoir un effet de compétition en cas de faible présence de la ressource (eau, nutriments, lumière...), ils permettent aussi de limiter les conséquences de leur présence en excès. En effet les arbres permettent de limiter la lixiviation grâce à la présence de racines plus profondes que celles des cultures maraîchères. Il y a aussi une meilleure interception de la lumière en comparaison avec l'agriculture ou l'arboriculture seule. Enfin l'association des arbres aux cultures permet une meilleure productivité surfacique avec un LER généralement compris entre 1,2 et 1,6 (Dupraz, 2002 ; Jose, 2009 ; Ronzon, 2014).

De plus, l'arbre contribue à l'alimentation de la fertilité biologique des sols en recyclant et en rendant disponibles des éléments nutritifs pour les plantes et en participant à la formation de l'humus. En effet, il a été montré que les systèmes agroforestiers favorisent l'augmentation du stockage de carbone organique dans le sol en climats tempérés (Cardinael et al, 2017) ainsi qu'une activité microbienne élevée dans les sols (Loum et al, 2014, Dupraz et al, 2009).

Enfin la diversification des productions offre des avantages économiques. En effet, l'association de productions fruitières et maraîchères permet d'avoir une offre plus diversifiée. De plus, la diversification des productions offre une stabilité économique supplémentaire en cas d'aléas climatiques ou de variations des prix du marché (Warlop et al 2017). Une diversification des espèces cultivées sur l'exploitation peut réduire jusqu'à 77 % la perte en rendement dû à un aléa (Paut et al 2019). Enfin, dans un contexte où l'on s'intéresse de plus en plus aux pratiques agricoles et au respect de l'environnement, la production dans ce type de système peut se valoriser par des labels HVE, AB...

Exemples de vergers-maraîchers

Les vergers maraîchers sont souvent considérés comme des jardins vivriers servant à l'autoconsommation comme le jardin créole... dans les pays tropicaux (Miller and Nair, 2006). En Europe, les vergers maraîchers faisaient également partie de l'agriculture traditionnelle avant de disparaître au profit de la mécanisation et l'utilisation d'intrants chimiques (Herzog, 1998). Plusieurs essais d'implantation de vergers-maraîchers ont déjà été réalisés par des producteurs en France avec des méthodes différentes et recensés dans le projet SMART Agroforesteries. (SMART Agroforesteries, 2020).

Pour ce qui est des études par station d'expérimentation, la ferme de la Durette, suivie par le GRAB, est l'un des rares projets d'études sur les vergers-maraîchers où la diversité cultivée est le point d'importance (Arboriculture Fruitière & Culture Légumière, 2014). Sur cette ferme, 6 espèces fruitières en association avec des cultures maraîchères sont testées. Le système correspond plus à l'intégration d'arbres sur des parcelles de maraîchages. En effet, des parcelles larges de maraîchage diversifié sont entrecoupées par deux rangs d'arbres fruitiers, un rang d'arbres à noyaux et un rang d'arbres à pépin (Grab, 2019).

Les informations techniques sur l'implantation de vergers maraîchers, notamment ceux à faible écartement, sont peu nombreuses. C'est ce qui justifie l'existence du projet Marforest, qui a pour but de confirmer les résultats observés sur d'autres systèmes agroforestiers et d'établir un référentiel technique pour les arboriculteurs des Pyrénées Orientales, et plus généralement du bassin méditerranéen, souhaitant diversifier leurs pratiques et leurs productions.

Matériel et Méthodes

Le dispositif expérimental

Le projet Marforest est mis en place de janvier 2018 à décembre 2020 sur une parcelle de 2550 mètres carrés labellisé AB de la SICA Centrex à Torreilles (Pyrénées Orientales). Les parcelles enherbées et fleuries restent identiques tout au long de l'essai. Les parcelles de maraîchage restent dédiées au maraîchage mais les cultures varient selon la saison et l'année. (Figure 2)

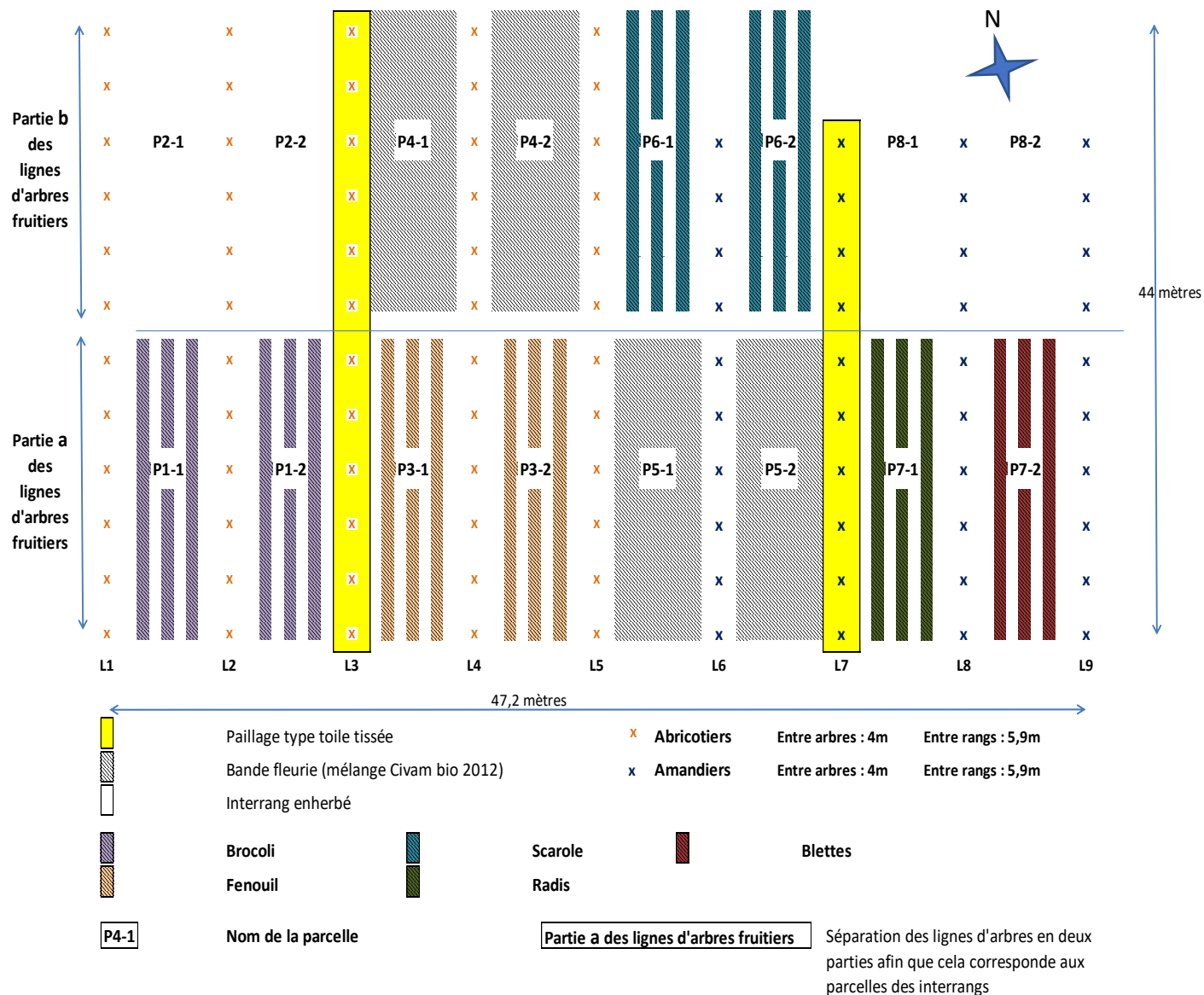


Figure 2 : Plan de la parcelle Marforest en hiver 2019-2020

Les arbres fruitiers

Le matériel végétal utilisé est, pour les arbres, 60 abricotiers de la variété Koolgat, variété au port érigé et à forte vigueur produisant des fruits de gros calibre, mais sujette à l'alternance. D'autre part 40 amandiers de la variété Lauranne, variété auto-fertile à forte production et mise à fruits rapide. Les abricotiers ont été plantés en février 2018 sur 5 rangs (L1-5, Figure 2) de 12 arbres et les amandiers à la même date sur 4 rangs de 10 arbres (L6-9, Figure 2). Les arbres sont plantés à une distance de 4 mètres sur le rang et 5.9 mètres entre les rangs, soit une densité de 420 arbres/ha. Pour chaque espèce une ligne a été plantée avec un paillage tissé. Les abricotiers ont été conduits en gobelet la première année avant de voir que les branches allaient être problématiques pour le passage des engins et la mise en place des cultures maraîchères. En conséquence la taille a été adaptée pour une conduite en haie fruitière.

Les cultures d'hiver

Les cultures d'hiver étudiées sont celles de 2019-2020. Elles ont été plantées sous paillage plastique biodégradable, à l'exception du radis noir, semé avec un semoir manuel EBRA de Terrateck. Elles ont été plantées sur trois rangs espacés d'1,45m et irrigués par goutte à goutte jetable :

- Des brocolis de la variété ThunderDome F1 NT, plantés le 05/09, en quinconce autour du goutte à goutte à une distance de 30 cm. Cette culture a été mise en place sur les parcelles P1-1 et P1-2 (Figure 2).
- Des fenouils de la variété Solaris Bio Enr., plantés le 03/10 sur deux lignes avec une distance de 30cm entre lignes et 15cm entre plants. Cette culture a été mise en place sur les parcelles P3-1 et P3-2 (Figure 2).
- Des scaroles de la variété Performance Bio, plantées le 03/10 sur deux lignes/rang, avec une distance de 30cm entre lignes et 30cm entre plants. Cette culture a été mise en place sur les parcelles P6-1 et P6-2 (Figure 2).
- Des mini-blettes, de la variété Jessica Bio BLT 10, plantées le 05/09 sur deux lignes/rang, avec une distance de 30cm entre lignes et 30cm entre plants. Cette culture a été mise en place sur la parcelle P7-2 (Figure 2).
- Des radis noirs, de la variété Long poids d'horloge, semés le 09/09 sur 3 lignes/rangs, avec une distance de 20cm entre lignes et 15cm entre plants. Cette culture a été mise en place sur la parcelle P7-1 (Figure 2).

Les cultures d'été

Les cultures d'été étudiées sont celles de 2020 :

- Des courges de la variété Havana, plantées sur trois rangs espacés d'1,80m, paillées avec du plastique biodégradable et irriguées par goutte à goutte réutilisable. Il y a une ligne par paillage, sur laquelle les plants sont espacés de 60 cm. Cette culture a été mise en place sur les parcelles P3-1, P3-2, P6-1 et P6-2.

- Des patates douces de la variété Beauregard, plantées sur 4 buttes, paillées avec du paillage polyéthylène, espacées de 30cm entre plants et 80cm entre lignes, et irriguées par goutte à goutte jetable. Cette culture a été mise en place sur les parcelles P1-1, P1-2, P7-1 et P7-2.

Les parcelles P2-1, P2-2, P8-1 et P8-2 sont enherbées et entretenues par fauche. Les parcelles P4-1, P4-2, P5-1 et P5-2 ont été semées avec le mélange de graines pour bandes fleuries du CIVAM Bio 66 mais la germination a été faible. Les bandes fleuries sont entretenues par couchage du couvert.

Fertilisation et irrigation

La fertilisation des arbres se fait en suivant le programme de la Centrex pour ses vergers de jeunes abricots. Sur les jeunes vergers, deux apports de 40 unités d'azote sont effectués en utilisant l'engrais Dynamix (5-14-3). Pour les cultures maraîchères elle est adaptée pour chaque parcelle avec un suivi des reliquats par nitrates. Pour cela un échantillon de terre est récolté à la tarière, de 0 à 30cm de profondeur, de manière randomisée sur chaque parcelle, puis analysé avec un Nitratecheck (Protocole, Annexe 2). Ce reliquat est complété pour atteindre les besoins de la culture majorés de 15%. Ceci permet de compenser un éventuel lessivage en cours de culture car en AB il est compliqué de fertiliser en cours de culture du fait du peu d'engrais solubles disponibles. L'apport se fait par un mélange d'Actimus (4-3-5) et d'Orgaliz (7-5-11).

L'irrigation est gérée spécifiquement selon l'espèce végétale. L'adaptation se fait en prenant en compte l'ETP et l'observation de l'humidité du sol entre 0 et 30cm à la tarière. Les créneaux disponibles pour l'irrigation sur la parcelle sont 10-12h et 16-18h. Des programmeurs permettent de différencier les parcelles de maraîchage par leur premier chiffre (P1-1 et P1-2 reçoivent nécessairement la même irrigation) (Figure 2). Les amandiers et les abricotiers sont irrigués de manière distincte.

Les variables mesurées

Diamètre de tronc

Le diamètre de tronc est mesuré afin d'évaluer la vigueur de l'arbre et son évolution lors des trois premières années. Les mesures ont été effectuées depuis le printemps suivant la plantation. Cependant suite à l'observation d'un dysfonctionnement du pied à coulisse électronique qui a entraîné un doute sur les données obtenues, seuls les diamètres relevés postérieurement à Février 2019 seront pris en compte. Suite à cela, le diamètre a été obtenu à partir de la circonférence mesurée au mètre ruban. La première mesure prise en compte pour l'analyse est celle du 7 octobre 2019. Le diamètre a été observé à hauteur fixe à une fréquence de 2 mesures/an pour suivre régulièrement l'évolution. Une avant la période de croissance au printemps et une à l'entrée en dormance de l'arbre à l'automne.

Les mesures analysées statistiquement le diamètre au 6 août 2020 ainsi que son évolution en millimètres depuis le 7 octobre 2019. Ces mesures ont pour but de vérifier l'hypothèse suivante : La fertilisation et l'eau apportées au maraîchage ainsi que l'effet de limitation de l'enherbement par couverture du rang par les courges et les patates douces favorisent le développement des arbres, ou du moins ne créent pas de compétition pour le développement des arbres.

Rendement arboriculture

Lors de l'été 2020, les arbres sont en 3^{ème} feuille et ne devraient pas produire avant l'été prochain. Cependant les amandiers ont eu une production suffisamment importante pour être analysée. La production des abricotiers a été, comme prévu, trop faible pour en tirer des résultats analysables. Les mesures suivantes ont donc été effectuées sur les amandiers : suivi du poids total de fruits récoltés, du poids d'amandes saines en kilogrammes, ainsi que du nombre d'amandes saines. Les données seront comparées en fonction du type d'inter-rang entourant les arbres, séparés en 3 catégories : maraîchage (L6b, L8a), enherbé (L6a, L8b) et mixte paillé (L7). Les bandes fleuries ont été assimilées à de l'enherbement pour cette partie de l'analyse. En effet le postulat est que leur croissance demande des besoins similaires à ceux du couvert spontané, et entraîne par conséquent la même compétition pour les ressources. De plus toutes ces parcelles n'ont reçu aucun apport en irrigation ou fertilisation tout au long de l'essai.

Rendement maraîchage

Les cultures maraîchères sont réalisées sur 3 planches de cultures de 80 cm de large par parcelle élémentaire, chacune écartée d'1,45m. Les planches font 22 mètres de long et sont paillées avec du paillage biodégradable (Figure 3). À l'exception des patates douces cultivées sur 4 buttes de

75 cm de large par parcelle élémentaire, chacune écartée de 75cm. Les buttes font 22 mètres de long et sont paillées avec du paillage polyéthylène. La densité de plantation varie en fonction de la distance entre plants sur ligne et du nombre de ligne par planche paillée.

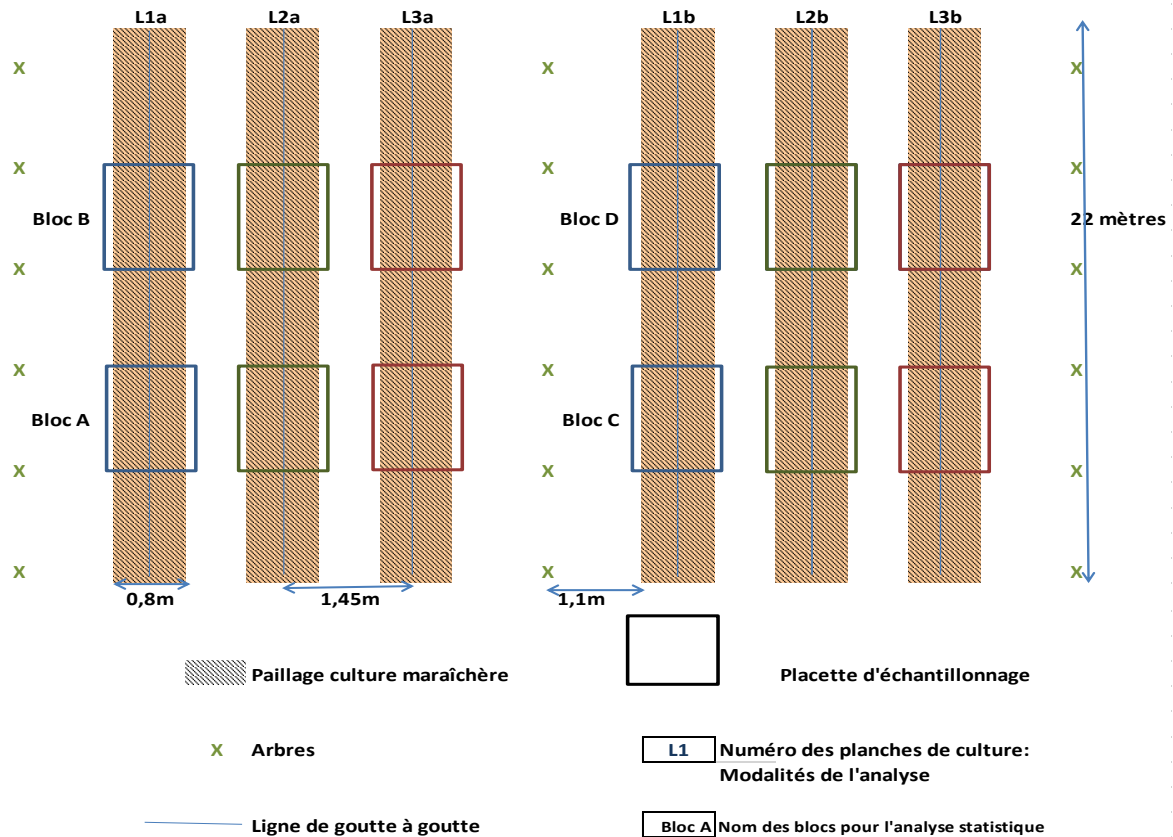


Figure 3 : Plan d'analyse du maraîchage hivernal (Brocoli, Fenouil, Scarole)

Pour le maraîchage, deux types de rendements seront analysés. Tout d'abord, sa variation en fonction de la position de la culture sur l'inter-rang et de son éloignement aux arbres. Le but de cette analyse est d'évaluer si la relation entre les cultures maraîchères et les fruitiers relève plus de la compétition ou de la facilitation. Cet aspect sera évalué sur les cultures d'hiver sur lesquelles l'arbre, en dormance et sans feuilles, ne devrait pas avoir d'influence. Cet aspect sera aussi étudié sur les cultures d'été qui ont lieu pendant la phase de croissance et de production de l'arbre et sur lesquelles les effets de l'interaction devraient être présents et observables.

Pour les cultures d'hiver de la dernière année, afin d'analyser statistiquement l'effet des arbres sur le maraîchage, le rendement par ligne sera étudié. Pour cela 4 placettes de 5 mètres linéaires ont été créées par modalité (Blocs A, B, C et D) pour les cultures sur 2 parcelles (Fenouil, Scarole et Brocoli) (Figures 1 et 3). Pour les cultures sur 1 parcelle (Radis Noir et Mini Blettes) seuls 3 placettes d'échantillonnage ont été créées, toutes sur une même ligne. Les trois modalités sont :

- Ligne 1 : 1^{er} rang à l'Est des arbres, à une distance d'1m50. Ce rang est exposé au soleil plus tôt le matin mais ombragé par les arbres plus tôt dans l'après-midi

- Ligne 2 : Rang du milieu de la parcelle. Ce rang est le plus éloigné des arbres (2m95) c'est donc celui qui devrait être le moins affecté par les conséquences de l'association.

- Ligne 3 : 1^{er} rang à l'Ouest des arbres à une distance d'1m50. Ce rang est ombragé plus longtemps dans la matinée mais exposé au soleil plus longtemps dans l'après-midi.

Les variables utilisées pour étudier ce rendement sont le poids total, le poids moyen des légumes, et la proportion commercialisable en nombre. Ces variables sont choisies suite à certains accidents de culture pendant l'essai entraînant un nombre de plants et une densité variable sur les placettes. Le poids total n'étant donc pas nécessairement représentatif, le poids moyen permet d'analyser la performance agronomique sans se préoccuper du nombre de plants. La proportion commercialisable a pour but d'identifier si l'ombrage causé par les arbres entraîne une sensibilité plus importante aux maladies...

Pour les cultures de l'été 2020 cette étude sur le rendement ne peut pas être intégrée dans ce document car la récolte est trop tardive (fin août pour les courges et fin septembre pour les patates douces). Cependant c'est l'été que l'effet des arbres devrait être présent. Du fait de l'absence de feuilles en hiver l'ombrage est peu important et la dormance des arbres évite le partage des ressources. Afin de pouvoir évaluer cet effet des arbres sur les cultures d'été, la vigueur selon la ligne est observée à trois reprises durant la culture. Cette vigueur est notée sur 10 par un minimum de deux observateurs qui prennent en compte la dimension du plant, sa couleur et la présence de signes visibles de stress, de maladies, ou de dégâts causés par des ravageurs. Ces observations ont lieu à T+20, T+37 et T+71, T étant la date de plantation, le 20/05/2020.

Un deuxième aspect du rendement sera étudié sur les cultures de l'année 2019, le rendement commercialisable par culture sera observé afin de réaliser une analyse sur l'apport économique du maraîchage. Ce rendement sera utilisé comme base pour obtenir le chiffre d'affaire supposé de la parcelle en utilisant un prix par culture issu de la bibliographie. Pour les radis noirs, scaroles, brocolis et fenouil le poids commercialisable a été obtenu en multipliant le nombre commercialisable par le poids moyen de la récolte. Pour les mini-blettes, un pourcentage commercialisable a été déterminé sur un échantillon représentatif de la culture (les blocs utilisés pour l'étude du rendement par ligne, Figure 3). Pour les courges, les poids des individus récoltés verts et des hors calibre ont été retirés. Aucun dégât par ravageur ou maladie n'a été observé sur cette culture. Pour les patates douces un pourcentage de déchets et d'individus hors calibre a été déterminé sur un échantillon représentatif de la culture et a été retiré du poids total récolté. Les prix utilisés pour déterminer les chiffres d'affaires sont ceux de FranceAgriMer prix moyens mensuels de l'année 2019 pour le cours des prix de production. Sauf pour les mini-blettes où le prix utilisé est celui fourni par la CA66 en 2008.

Tout au long des cultures, des comptages de biodiversité ont été effectués afin de raisonner les traitements et d'avoir un suivi régulier sans piégeage de la biodiversité présente. Ces comptages ont eu lieu chaque année du début du printemps (mi-Avril) jusqu'au début de l'automne (fin septembre) pour les arbres. Ils s'effectuaient toutes les 2 semaines. Les cultures d'été étaient suivies aux mêmes moments à partir de leur mise en place. Pour les cultures d'hiver le suivi était moins régulier et avait uniquement lieu sur les parcelles de maraîchage afin de décider des interventions phytosanitaires sur la parcelle.

Tous les traitements ayant lieu sur la parcelle sont enregistrés durant l'essai et servent de base de données pour analyser l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement) du système verger-maraîcher et le comparer avec les valeurs données pour les vergers et les cultures maraîchères biologiques non associés. L'IFT correspond au nombre de traitements à dose pleine sur l'intégralité de la surface cultivée. Les données serviront pour extrapoler l'IFT d'un verger maraîcher sur lequel 1 inter-rang sur deux est occupé par du maraîchage. Ainsi, chaque traitement à dose pleine sur le maraîchage vaudra 0.5 IFT et chaque traitement sur les fruitiers vaudra 1 IFT. Pour les traitements localisés une proportion traitée sera déterminée et servira de coefficient pour l'IFT. Seul l'IFT Biologique est mesuré car cet essai a lieu sur une parcelle labellisée AB par Ecocert. Afin de simplifier l'analyse de ces résultats 20 systèmes de vergers sont extrapolés (Tableau 1). Sur chacun d'entre eux, seule une des espèces étudiées est présente pour la culture d'été, pour la culture d'hiver et pour les arbres fruitiers. Il n'y aura pas d'analyse statistique sur cette variable, uniquement une comparaison numérique.

Tableau 1 : Récapitulatif des systèmes de verger-maraîcher extrapolés pour l'analyse des IFT

Espèce fruitière	Abricotier									
Espèce maraîchère estivale	Courge					Patate Douce				
Espèce maraîchère hivernale	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli
Système n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Espèce fruitière	Amandier									
Espèce maraîchère estivale	Courge					Patate Douce				
Espèce maraîchère hivernale	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli
Système n°	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Pièges jaunes

Durant la dernière année du projet, de début avril à fin juin (06/04/20 – 30/06/20), trois pièges jaunes ont été mis en place sur la parcelle Marforest et 3 autres sur la parcelle d'abricotiers du projet Fan de Bio sur la Centrex. Cette parcelle a été choisie car elle est conduite en AB, les arbres sont plantés à la même date que ceux de Marforest, et certains d'entre eux sont de la variété Koolgat. Les pièges jaunes de 1.2cm sur 7.6cm de côté (4*3 carreaux) sont laissés en place 2 semaines. Les pièges sont mis en place sur 5 périodes. Cependant suite à un passage d'intercepts, les pièges mis en place du 26 mai au 10 juin sur la parcelle Fan de Bio ne sont pas analysables. Les données récoltées sont utilisées pour comparer la biodiversité fonctionnelle des deux systèmes de culture : verger et verger maraîcher, en agriculture biologique. Les données ne seront pas analysées statistiquement en raison de leur faible nombre et leur grande diversité. Des courbes d'évolutions des ravageurs et auxiliaires les plus présents seront présentées, ainsi que des comparaisons de nombres de familles différentes et d'insectes.

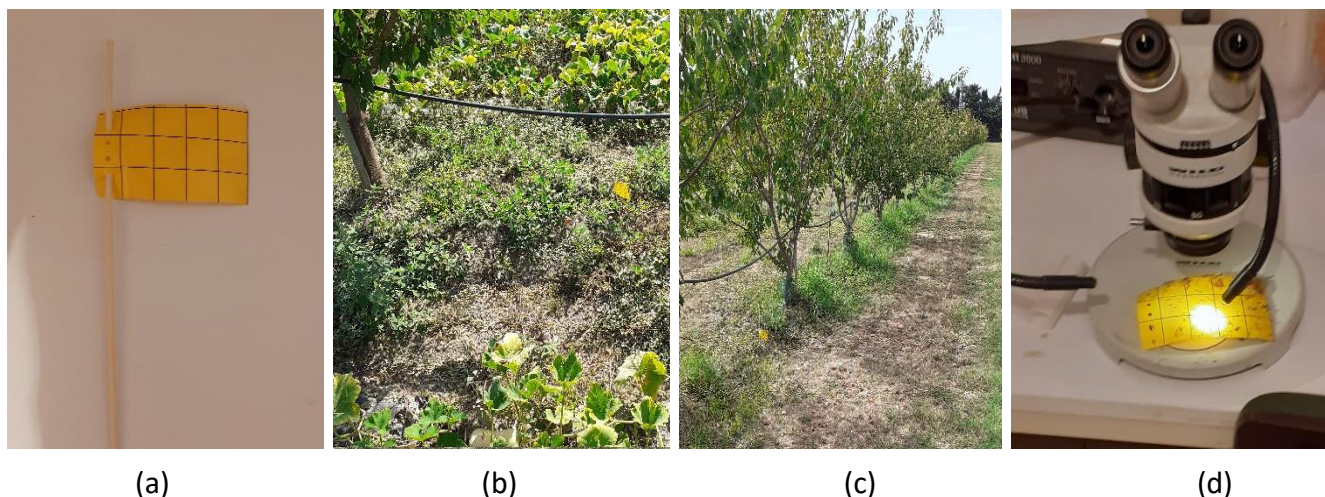


Figure 4 : Étapes du dispositif de piégeage et d'analyse de la biodiversité : (a) Préparation du piège, (b) Piège sur Marforest, (c) Piège sur Fan de Bio et (d) Analyse à la loupe binoculaire.

Temps de travail

Le temps de travail mensuel est mesuré tout du long de l'essai. Il sera ensuite comparé à la bibliographie en heures par mois afin de déterminer si on observe ou non un « lissage » sur l'année, c'est-à-dire des différences plus faibles entre les mois. L'évaluation du temps de travail est effectuée pour l'année 2019 sur Marforest, afin d'observer les données sur une année complète. Tous les temps spécifiques à la gestion de l'essai (observations spécifiques, saisie de données...) ne sont pas comptabilisés. La variable utilisée sera le ratio du temps de travail par mois sur le temps de travail annuel. En effet, nous ne souhaitons pas comparer le temps de travail

brut, car celui observé sur Marforest est en excédent par rapport à la bibliographie (petite taille de la parcelle, disposition expérimentale...), mais sa répartition sur l'année.

Les systèmes comparés sont un verger d'abricotiers en production en culture labéllisée AB auquel le temps de récolte a été retiré afin de pouvoir faire une comparaison avec notre système en deuxième feuille et par conséquent non productif. Ce système est présent pour deux variétés d'abricotiers le Royal Roussillon (RRAB) et le Solédane (SAB). Le troisième système est un verger d'abricotiers en deuxième feuille en culture raisonnée (F2CR). Et le dernier système est le verger maraîcher expérimental, Marforest. Les données pour les systèmes autres que Marforest proviennent de la bibliographie (Africano et al, 2010).

Stratégie d'analyse des données

Les données de suivi économique, d'IFT et de biodiversité sont analysées par comparaisons numériques et graphiques. Pour les rendements maraîchers ainsi que pour la vigueur et la production des arbres, afin de compléter et approfondir les analyses graphiques, des analyses de variances (ANOVA) sont réalisées avec le logiciel R (version 3.6.3). Un risque alpha de 5% a été accepté pour le test des effets des facteurs de l'ANOVA. L'indépendance, l'homoscédasticité et la normalité des résidus ont respectivement été testées via une analyse graphique et le test de Shapiro-Wilk. Si on obtient une différence significative entre les modalités un test de Tukey est réalisé. Lorsque les conditions de réalisation de l'ANOVA ne sont pas réunies ou que cette dernière ne permet pas d'exposer de résultats, un test de Kruskal-Wallis est effectué entre les modalités.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des problématiques ainsi que des variables suivies et des méthodes d'analyses pour y répondre

	Hypothèse	Variabes	Echantillonnage	Fréquence	Méthode d'analyse	Type de comparaison
Performance économique	Le système verger-maraîcher permet de compenser en partie les coûts de mise en place du verger	Chiffre d'affaire par culture et Marge brute en € et €/ha	Coûts matériel et travail Poids commercialisables Prix de la bibliographie	1 sur l'année 2019	Analyse numérique	Marge brute vs Coût de mise en place d'un verger
Performance sociale	Le système verger-maraîcher permet de "lisser" le temps de travail sur l'année	Temps de travail	Activités agricoles sur la parcelle	Tout au long de l'année	Analyse numérique	Marforest vs Référence bibliographique verger
Performance agronomique	Les rendements sont affectés par la distance à l'arbre	Poids total récolté (kg) Poids moyen/ Légume (kg) Proportion commercialisable (%) Vigueur (/10)	3 à 4 placettes de 4 m linéaires selon la modalité	1 culture maraîchère hivernale avec 5 espèces 1 culture estivale avec 2 espèces	Anova et Tukey ou Kruskal-Wallis	Entre lignes en fonction de la distance à l'arbre et du positionnement par rapport à ce dernier (Est ou Ouest)
	La forte diversité cultivée permet de limiter les traitements	IFT global	Comptage des traitements par culture en comptant que l'arboriculture est en place sur 100% de la surface et le maraîchage sur 50%	A chaque traitement sur 1 an de culture	Analyse numérique	Marforest vs Références maraîchage ou arboriculture biologique
	Le développement des arbres est impacté positivement par le maraîchage	Diamètre des troncs (mm)	Tous les arbres de la parcelle Marforest	2 fois par an (sortie d'hiver et sortie d'été)	Anova et Tukey ou Kruskal-Wallis	Modalités avec inter-rang enherbés, mixtes et maraîchers . Modalités paillés et non paillés.
Performance écologique	Le système verger-maraîcher permet d'augmenter la biodiversité fonctionnelle	Nombre d'insectes total et par famille Nombre de familles différentes	3 <u>pièges jaunes</u> pour suivis entomologiques par système de culture.	1 relevé toutes les 2 semaines du 21/04/2020 au 30/06/2020	Analyse graphique	Verger AB (Fan de Bio) vs Verger maraîcher AB (Marforest)

Résultats

Arboriculture

Rendement Amandiers

Pour l'analyse des amandiers, la ligne 9 a été retirée afin de prendre en compte l'effet bordure. Il nous reste sur les lignes restantes trois types d'inter-rang : maraîchage des deux côtés (Ma, ligne 6b et 8a), maraîchage d'un côté et enherbement de l'autre (MiP, ligne 7) et enherbement des deux côtés (He, ligne 6a et 8b) (Figures 2 et 5). Les graphiques montrent que la présence de maraîchage sur l'inter-rang n'a pas d'influence sur le rendement des amandiers, que ce soit pour le poids brut récolté ou pour le nombre ou poids d'amandes saines. La présence de paillage tissé sur le rang ne semble pas non plus avoir d'influence. L'analyse statistique confirme l'absence de différence entre les modalités.

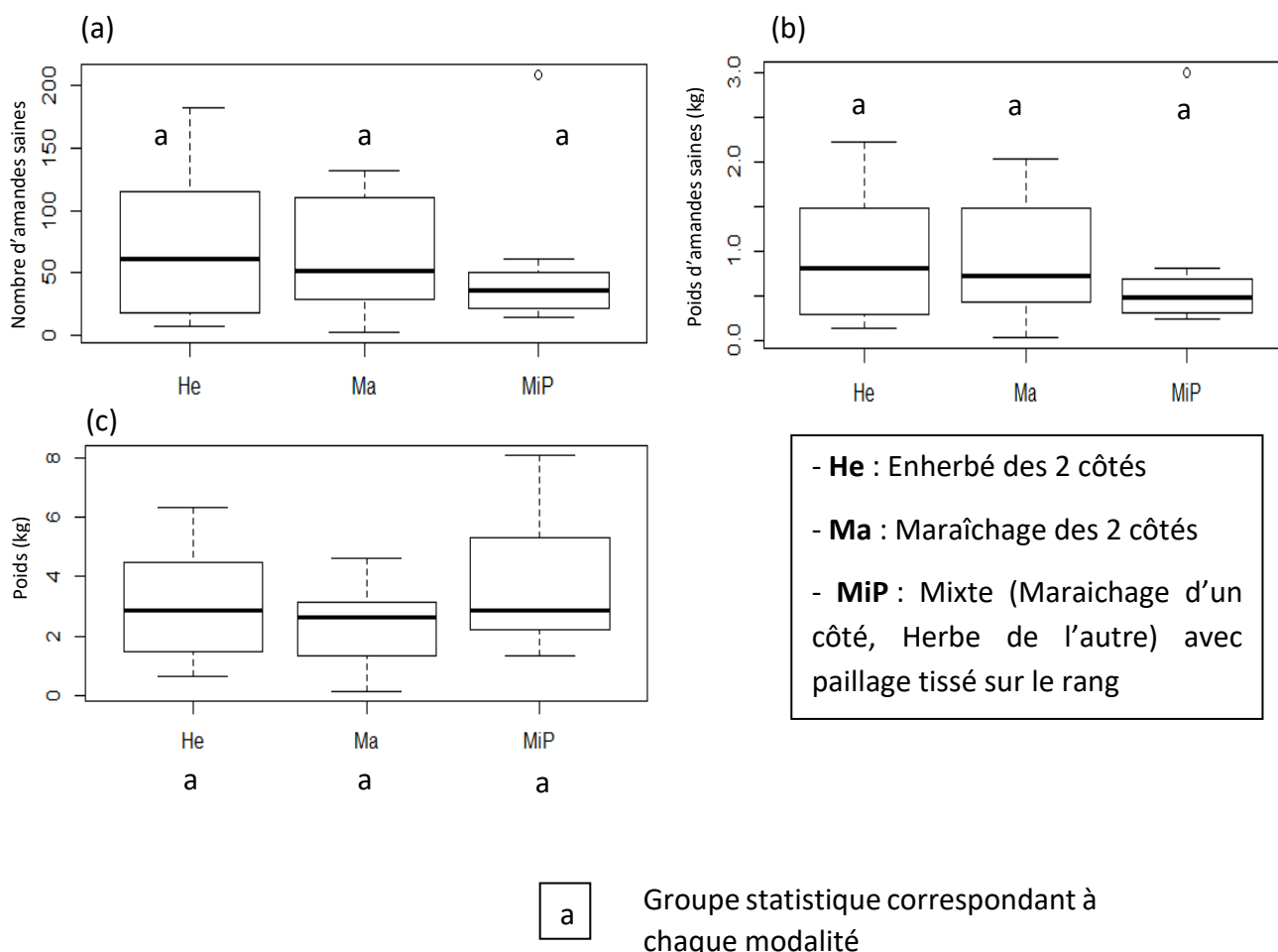


Figure 5 : Représentation du rendement en nombre d'amandes saines (a), poids d'amandes saines (b) et poids total (c) en fonction de l'inter-rang

Diamètre de tronc Amandiers

Le graphique montre que les arbres entourés de maraîchage (Ma) et les arbres paillés entourés des deux types d'inter-rangs (MiP) présentent au 6 août 2020 un diamètre plus important que celui de la modalité enherbée (He) (Figure 6). Afin de négliger la possible différence de taille à la plantation, l'évolution entre le 7 octobre 2019 et le 6 août 2020 est, elle aussi, analysée. Les graphiques obtenus montrent une évolution plus importante pour les modalités Ma et MiP. L'analyse par Anova confirme qu'il y a bien une différence significative entre les modalités (p -value = $7.455e-05$). Le test de Tukey indique que les modalités Ma et MiP appartiennent au même groupe statistique, supérieur en diamètre et en évolution au groupe statistique de He.

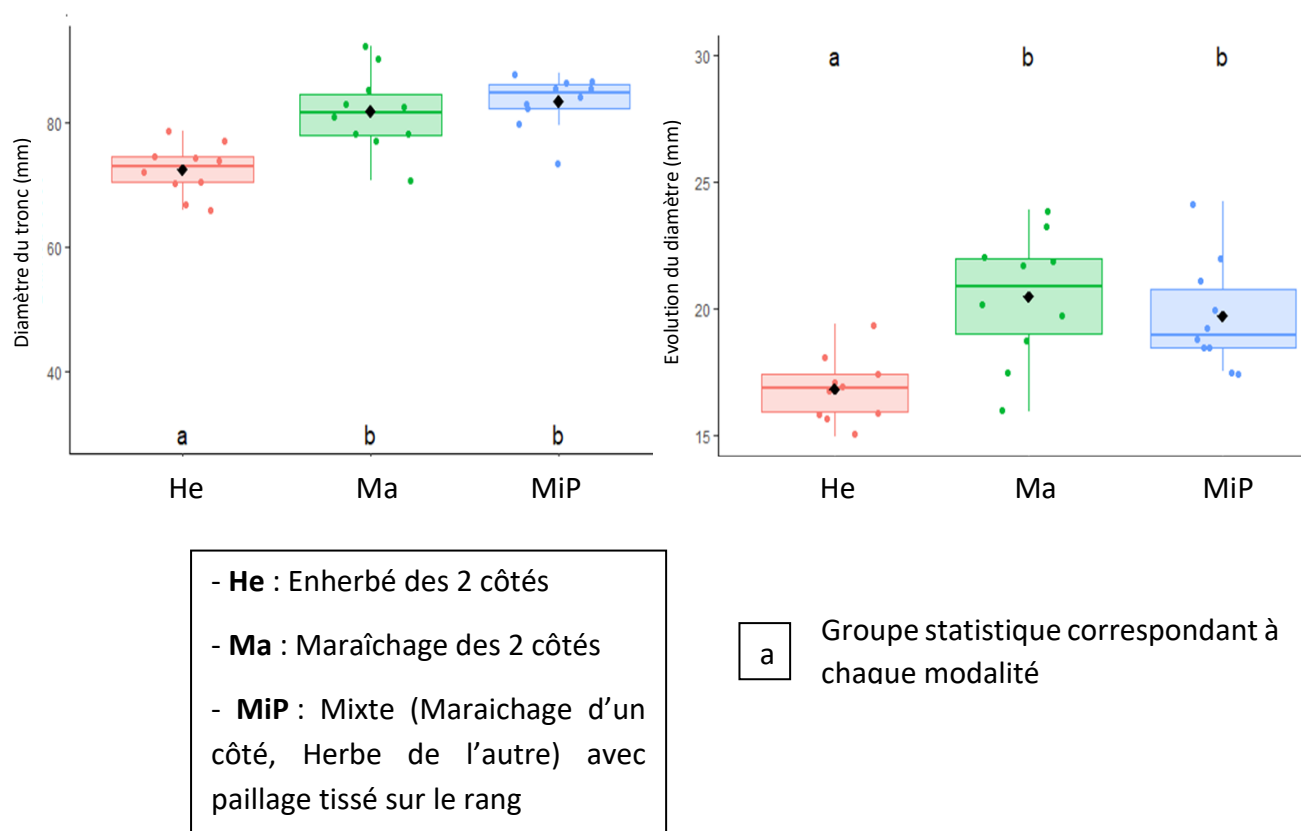


Figure 6: Représentation du diamètre du tronc des amandiers au 6 août 2020 (à gauche) et de son évolution depuis le 7 octobre 2019 (à droite) en fonction de l'inter-rang

Diamètre de tronc Abricotiers

Pour analyser le diamètre des troncs des abricotiers la ligne 1 n'est pas utilisée afin d'éviter l'effet bordure. La 3ème ligne est aussi retirée des données et analysée à part afin d'éviter de prendre

en compte l'effet du paillage et d'avoir le même nombre d'observations pour chaque modalité. Sur les lignes 2, 4 et 5 il nous reste 3 types d'inter-rang à comparer : maraîchage (Ma, lignes 2a et 4a), enherbé (He, lignes 2b et 4b) et mixte (Mi, ligne 5). Le diamètre au 6 août 2020 indique une vigueur équivalente pour Ma et He, et statistiquement supérieure à celle de Mi. Cependant l'analyse de l'évolution du diamètre depuis le 7 octobre 2019 ne montre aucune différence statistique entre les 3 modalités. Des résultats similaires sont observés pour la ligne 3 avec un diamètre statistiquement plus important pour la modalité maraîchage-paillage (MaP, ligne 3a) en comparaison avec la modalité enherbement-paillage (HeP, ligne 3b) au 6 août 2020. Mais avec une évolution équivalente depuis le 7 octobre 2019 (Figure 7).

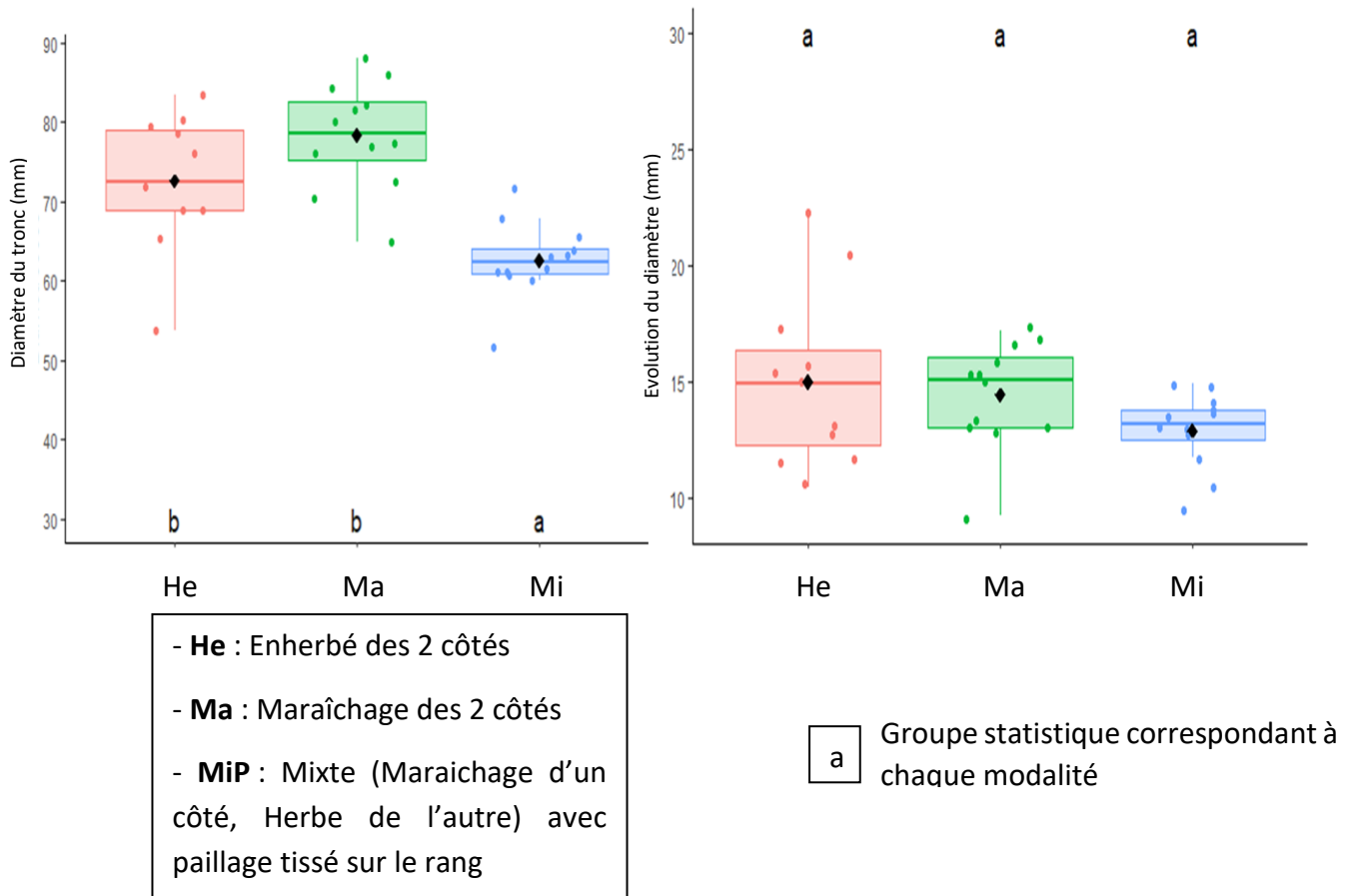


Figure 7 : Représentation du diamètre du tronc (mm) des abricotiers au 6 août 2020 (à gauche) et de son évolution (mm) depuis le 7 octobre 2019 (à droite) en fonction de l'inter-rang

Maraîchage d'hiver

Les rendements par lignes sont analysés pour évaluer l'effet de la compétition des arbres pour les nutriments, l'eau et la lumière sur les cultures maraîchères en inter-rang. Le poids total récolté par placette, le poids moyen et la proportion commercialisable sont analysés. Les conditions pour réaliser un test Anova n'étant pas réunies par les données, ou l'Anova n'indiquant pas de

significativité, un test de Kruskal Wallis est effectué. Afin de faciliter la compréhension des résultats on rappelle que les modalités sont les suivantes :

- Ligne 1 : 1^{er} rang à l'Est des arbres, à une distance d'1m50. Ce rang est exposé au soleil plus tôt le matin mais ombragé par les arbres plus tôt dans l'après-midi

- Ligne 2 : Rang du milieu de la parcelle. Ce rang est le plus éloigné des arbres (2m95) c'est donc celui qui devrait être le moins affecté par les conséquences de l'association.

- Ligne 3 : 1^{er} rang à l'Ouest des arbres à une distance d'1m50. Ce rang est ombragé plus longtemps dans la matinée mais exposé au soleil plus longtemps dans l'après-midi.

Rendement Brocoli

Les brocolis ont été récoltés en 6 sessions, les 16, 19 et 30 décembre ainsi que les 3, 7 et 13 janvier. Comme le montrent les p-value des tests de Kruskal Wallis présentées sur la figure 8, aucune différence significative n'est observée entre les lignes quelle que soit la variable analysée. Peu de différences au niveau du poids, qu'il soit total ou moyen, sont observées sur les graphiques. Une tendance à un ratio de légumes commercialisables plus important pour la ligne 1, de 6% par rapport à la ligne 2 et 3.5% par rapport à la ligne 3, est observée sur le graphique (c) (Données en Annexe 4).

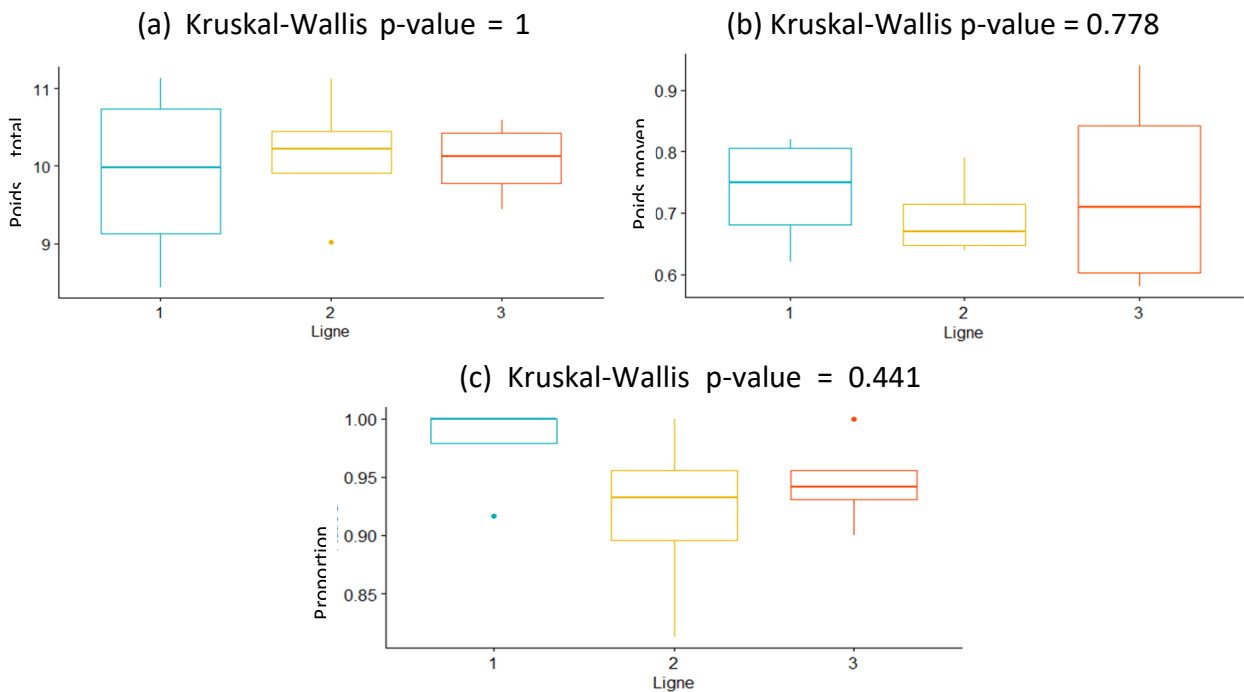


Figure 8 : Rendement évalué par le Poids total récolté (a), le Poids moyen (b) et le ratio de légumes commercialisables en nombre (c) en fonction de la ligne pour la culture de Brocoli

Rendement Fenouil

Les fenouils ont été récoltés le 13 janvier, ainsi que les 4, 17, 21 et 25 février. De nouveau l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les lignes. Cependant on observe une tendance graphique pour le poids total et le poids moyen. En effet le poids total est en moyenne supérieur d'1,5 kg pour la ligne 1 par rapport à la ligne 3, elle-même supérieure de 840g à la ligne 2. En revanche, on observe une tendance d'un poids moyen supérieur sur la ligne 3, de 32% par rapport à la ligne 1 et de 60% par rapport à la ligne 2. Aucune différence n'est observée sur le ratio commercialisable (Données en Annexe 4).

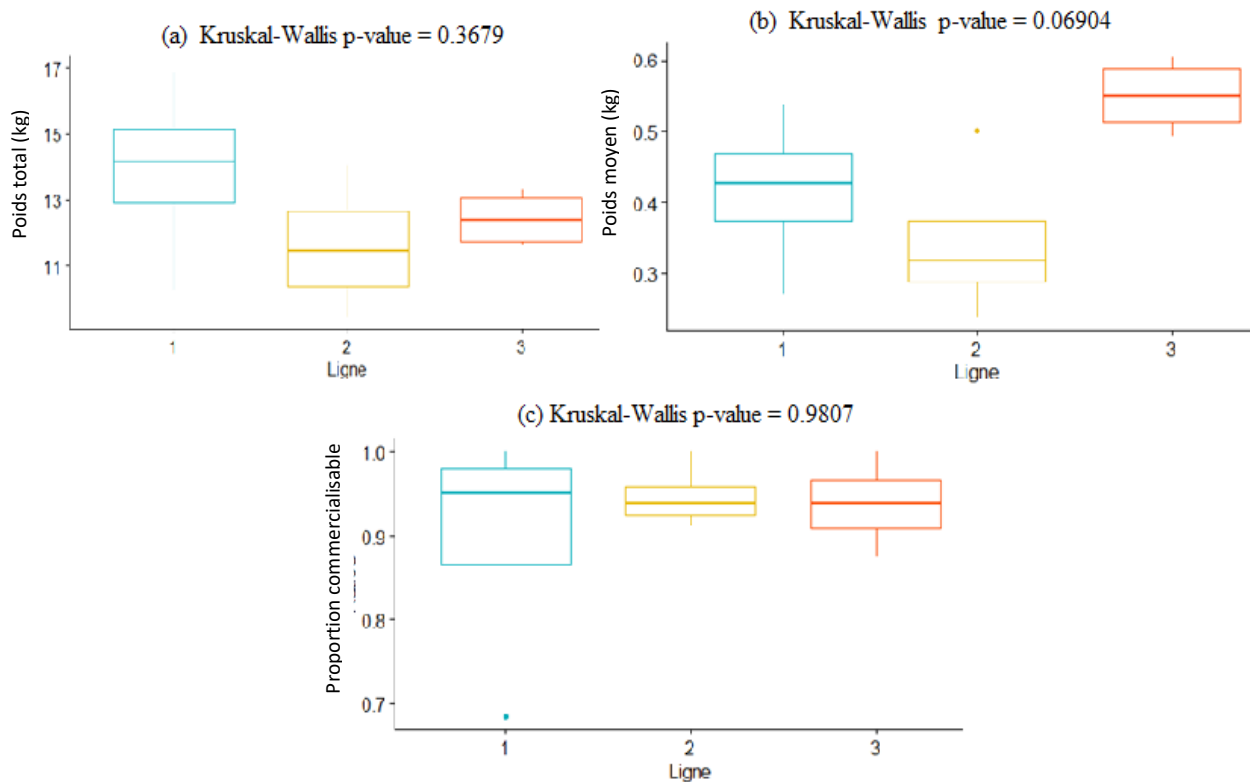


Figure 9 : Rendement évalué par le Poids total récolté (a), le Poids moyen (b) et le ratio de légumes commercialisables en nombre (c) en fonction de la ligne pour la culture de Fenouil

Rendement Scarole

Les scaroles ont été récoltées en 5 sessions, les 4, 17, 21, 24 et 25 février. De nouveau aucune différence statistiquement significative n'est observée entre les lignes. Cependant la ligne 2 présente une tendance à avoir un poids total supérieur en moyenne de 25% à la ligne 1 et 18% à la ligne 3. De même la ligne 2 présente un poids moyen supérieur de 14% à la ligne 1 mais équivalent à celui de la ligne 3 (différence de 3%) (Données en Annexe 4).

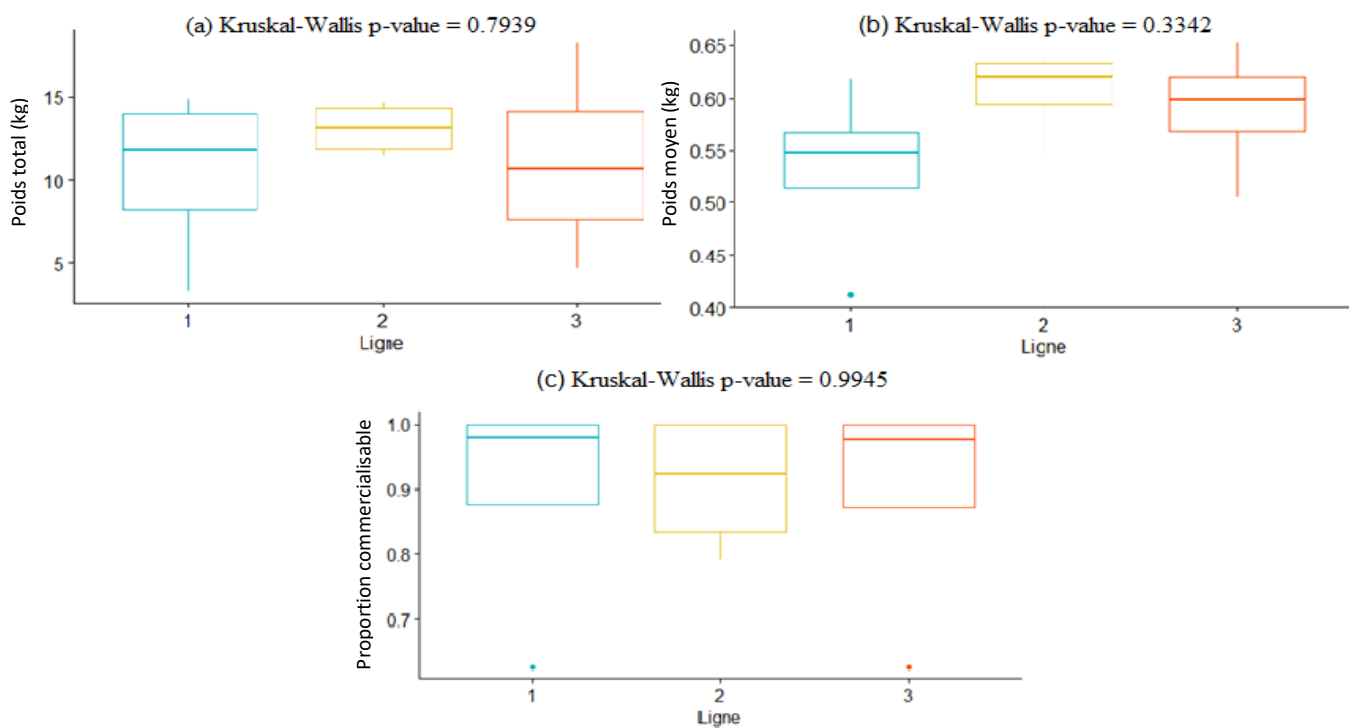


Figure 10 : Rendement évalué par le Poids total récolté (a), le Poids moyen (b) et le ratio de légumes commercialisables en nombre (c) en fonction de la ligne pour la culture de Scarole

Rendement Radis-noir

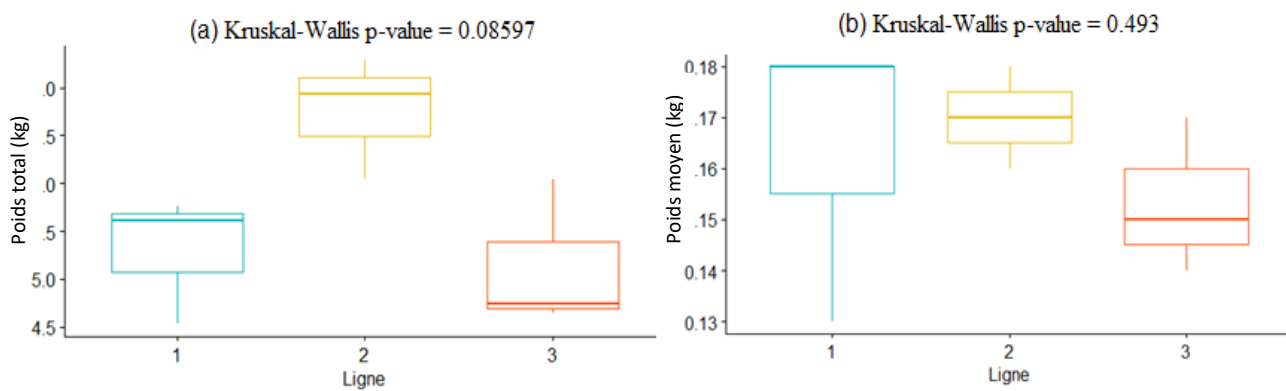


Figure 11 : Rendement évalué par le Poids total récolté (a) et le Poids moyen (b) en fonction de la ligne pour la culture de Radis Noir

La récolte de radis noirs a été effectuée le 2 et le 19 décembre 2019. Aucun déchet n'a été relevé sur cette culture, la proportion commercialisable n'a donc pas été analysée. Le poids total récolté est supérieur d'environ 30% sur la ligne 1 par rapport aux lignes 2 et 3, cette différence n'est cependant pas significative. Pour le poids moyen la différence de 11% avec la ligne 3 et 4% avec la ligne 2 n'est pas non plus significative (Données en Annexe 4).

Rendement Mini-Blette

La récolte des mini-blettes a eu lieu les 6 et 18 novembre ainsi que le 2 décembre. Aucune différence statistiquement significative n'est observée sur les résultats, cependant des tendances ressortent des graphiques. Pour le poids total la ligne 2 présente un rendement légèrement supérieur à la ligne 1 et équivalent à la ligne 3 (respectivement supérieur de 6 et 2%). Le poids moyen est aussi supérieur de 5% sur la ligne 2 par rapport à la ligne 1 et seule une différence de 1% est observée avec la ligne 3. La proportion commercialisable est supérieure sur la ligne 1, de 11% en comparaison avec la ligne 2 et de 8% en comparaison avec la ligne 3.

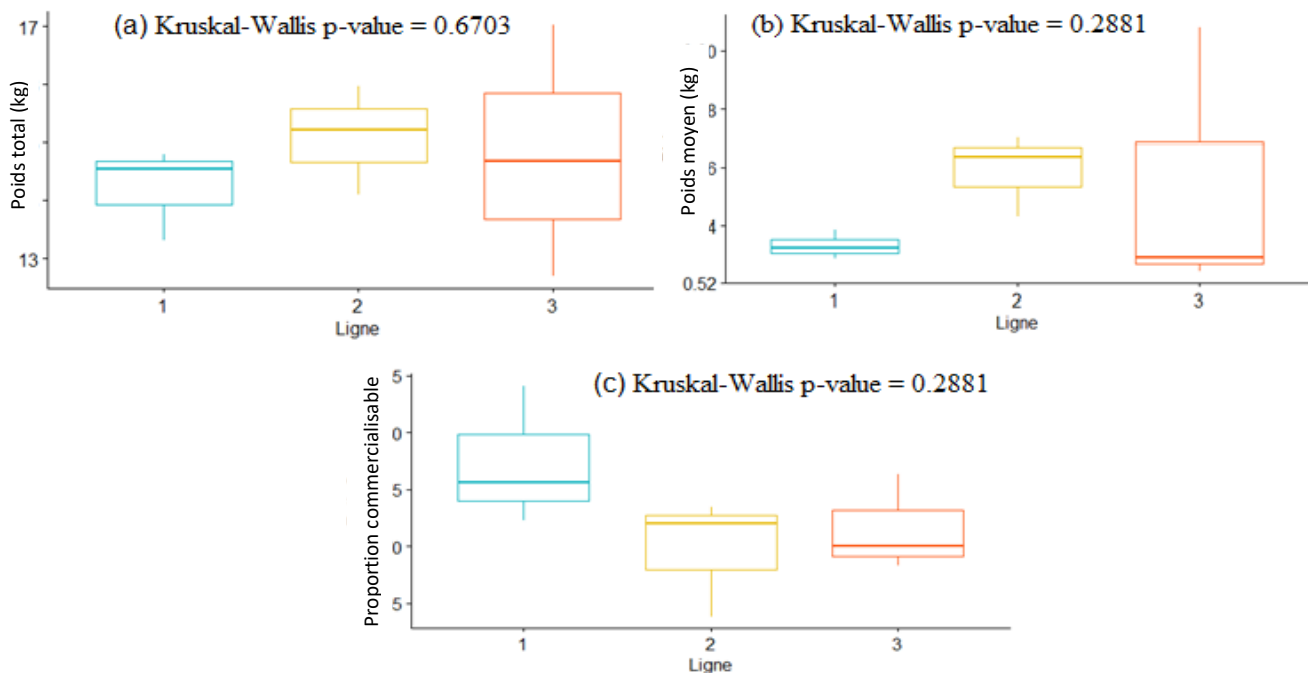


Figure 12 : Rendement évalué par le Poids total récolté (a), le Poids moyen (b) et le ratio de légumes commercialisables en nombre (c) en fonction de la ligne pour la culture de Mini-Blettes

Maraîchage d'été

Pour les cultures d'été, la récolte est trop tardive pour pouvoir intégrer ses données dans ce document. Mais afin d'analyser tout de même l'effet des arbres sur les cultures maraîchères pendant la période d'activité des arbres fruitiers. Pour cela, une note de vigueur sur 10 des plants maraîchers a été attribuée par ligne pour chacune des cultures. Les valeurs présentées dans les graphiques ci-dessous sont les moyennes des quatre parcelles pour chaque ligne. Les observations ont eu lieu le 9 juin, le 26 juin et le 30 juillet. Les modalités pour la culture de courge sont les mêmes que pour les cultures d'hiver. Pour la patate douce il y a 4 lignes mais l'ordre d'attribution est le même avec les lignes 2 et 3 comme lignes centrales.

Vigueur Patate Douce

Pour les patates douces les lignes 2 et 4 ont les mêmes valeurs pour toutes les observations. Ce sont les valeurs les plus élevées à chaque date. La ligne 1 présente elle les valeurs les plus faibles pour toutes les observations. Et la ligne 3 alterne entre ces deux groupes selon les dates. Cependant les différences entre les lignes restent faibles quelle que soit la date. D'ailleurs aucune de ces différences n'est statistiquement significative.

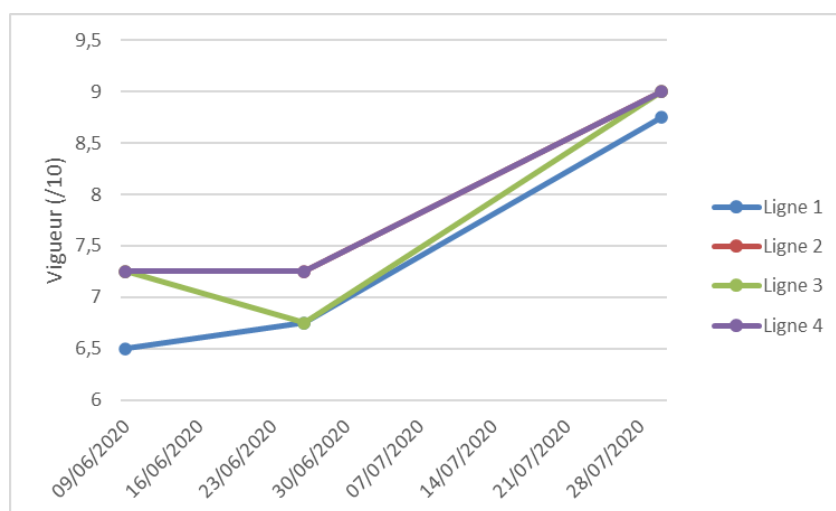


Figure 13 : Évolution dans le temps de la vigueur des plants en fonction de la ligne de culture pour les patates douces

Vigueur Courge

Pour les courges la ligne 1 présente de nouveau les valeurs les plus faibles pour chaque date. Au 9 juin c'est la ligne 3 qui est la plus vigoureuse, elle est rattrapée par la ligne 2 le 26 juin avant de diminuer au niveau de la ligne 1 pour la dernière observation du 30/07. La ligne 2 est la seule

dont la vigueur ne diminue pas tout au long de la culture. Une nouvelle fois aucune différence statistiquement significative n'est observée entre les lignes. En effet les p-value données sont respectivement dans l'ordre chronologique des observations 0.3449, 0.7772 et 1.

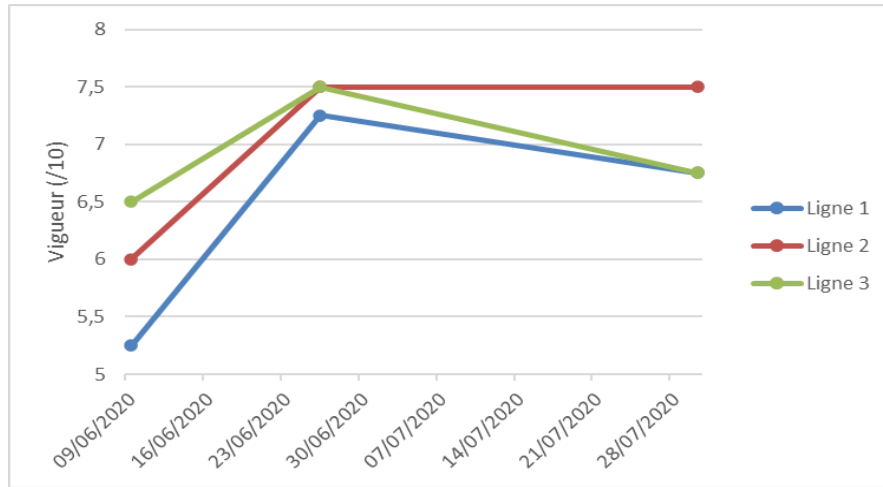


Figure 14 : Évolution dans le temps de la vigueur des plants en fonction de la ligne de culture pour les courges

Suivi phytosanitaire

Biodiversité

Les pièges jaunes analysés à la loupe binoculaire ont permis une identification jusqu'à la famille, et parfois au genre, des insectes présents sur les deux parcelles. A l'aide de la bibliographie trois classes d'analyse ont été établies : les familles auxiliaires, les ravageurs, et les insectes dont l'identification a uniquement pu fournir l'ordre.

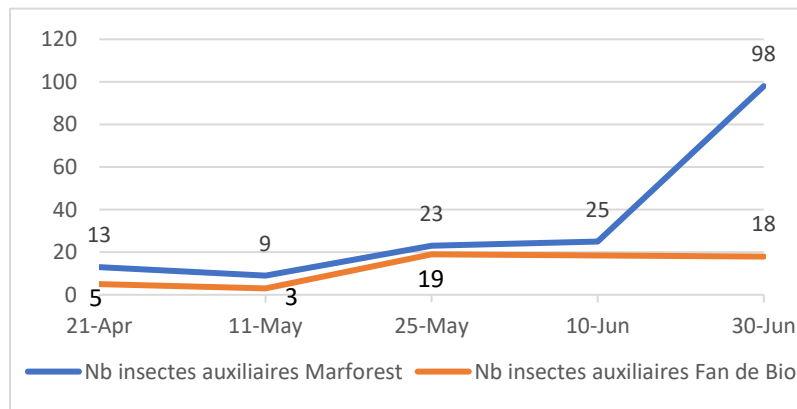


Figure 15 : Evolution du nombre d'insectes auxiliaires dans le temps en fonction du système de culture

Sur le graphique ci-dessus on observe que le nombre d'insectes auxiliaires est systématiquement supérieur sur Marforest en comparaison avec Fan de Bio. Cette différence est particulièrement flagrante pour la dernière date d'observation avec environ 5.5 fois plus d'insectes sur Marforest. Cette augmentation de la différence est due à une augmentation importante du nombre d'insectes sur Marforest entre le 10 et le 30 juin tandis que le nombre présent sur Fan de Bio semble stagner (Figure 15).

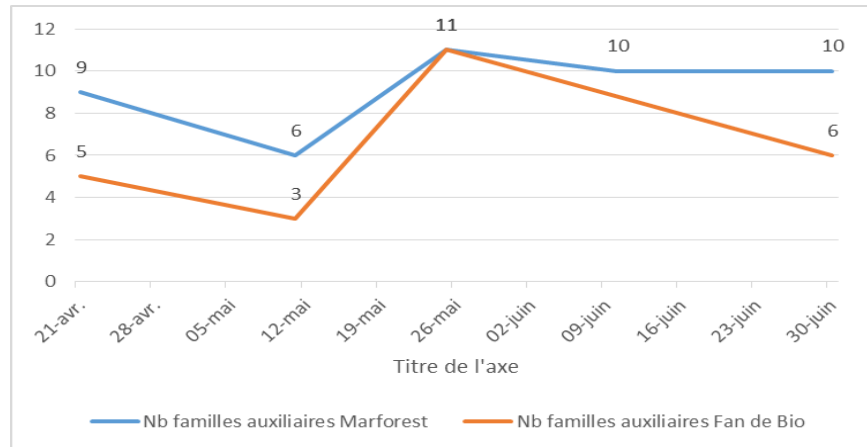


Figure 16 : Evolution dans le temps du nombre de famille d'insectes auxiliaires en fonction du système de culture

Sur ce graphique exposé en Figure 16, on observe que le nombre de familles d'auxiliaires de Marforest est lui aussi toujours supérieur ou égal à celui sur Fan de Bio. La date où le même nombre de familles est relevé correspond à la date de mise en place des cultures estivales maraîchères sur Marforest.

Les 4 graphiques ci-dessous montrent l'évolution générale de l'entomofaune sur les deux parcelles. On observe le même type d'évolution dans le temps, que ce soit pour les psocoptères, les diptères, les cicadelles et même le nombre total d'insectes. Ce qui ressort est le fait que sur les premières dates, jusqu'au début juin, on observe un nombre légèrement inférieur ou équivalent d'insectes sur Marforest. Cependant entre début et fin juin on observe systématiquement une augmentation très importante (jusqu'à +1800 % pour les cicadelles) du nombre d'insectes sur Marforest.

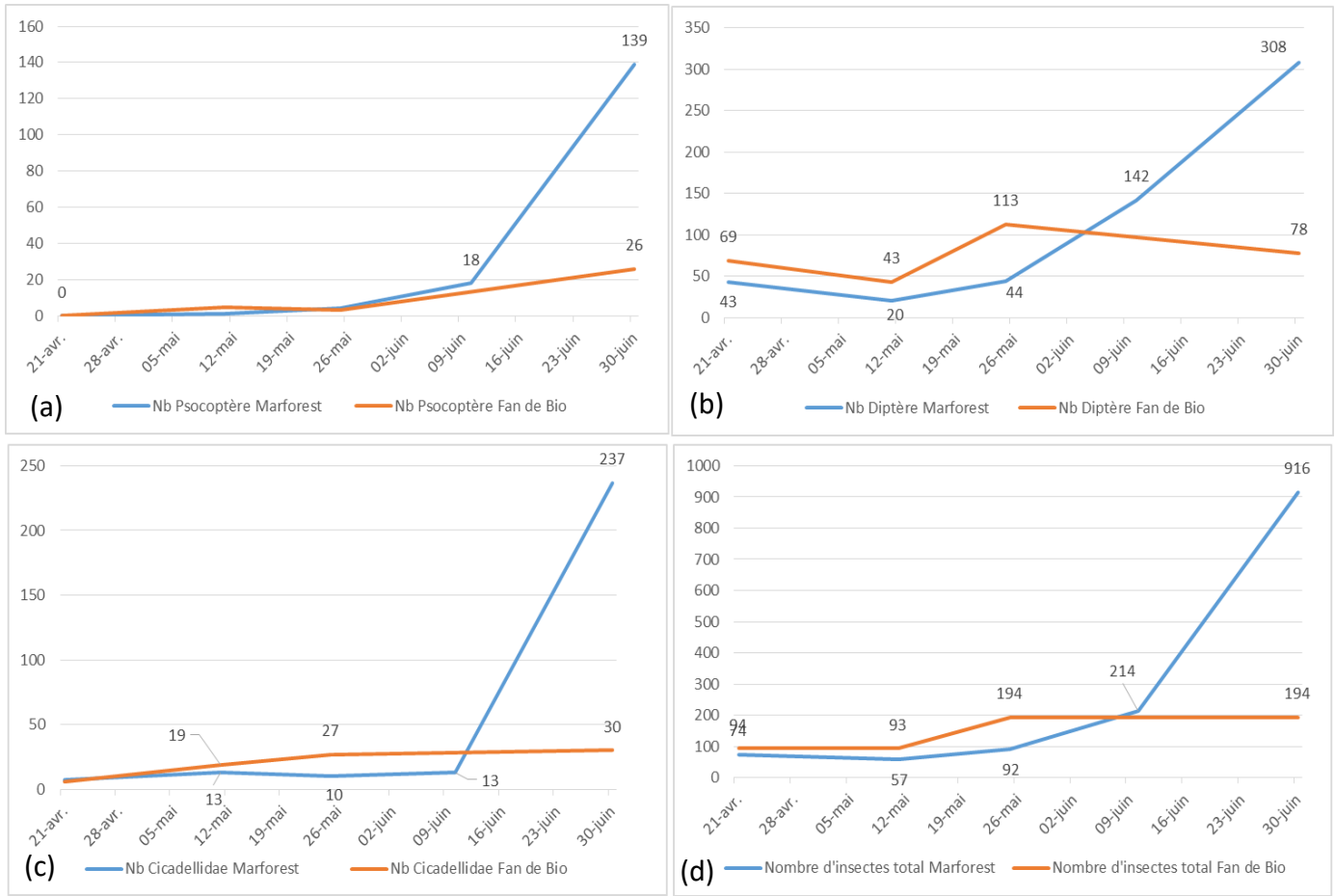


Figure 17 : Evolution dans le temps du nombre de psocoptères (a), diptères (b), cicadelidae (c) et d'insectes capturés (d) en fonction du système : Marforest (verger-maraîcher en AB) et Fan de Bio (verger d'abricotiers en AB)

IFT

Tableau 3 : Valeur d'IFT en fonction des cultures présentes sur la parcelle

Espèce fruitière	Abricotier									
Espèce maraîchère estivale	Courge					Patate Douce				
Espèce maraîchère hivernale	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli
IFT annuel	5,75	6	5,5	7	7,5	5,25	5,5	5	6,5	7

Espèce fruitière	Amandier									
Espèce maraîchère estivale	Courge					Patate Douce				
Espèce maraîchère hivernale	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli	Fenouil	Scarole	Radis Noir	Mini Blette	Brocoli
40 IFT annuel	1,75	2	1,5	3	3,5	1,25	1,5	1	2,5	3

Les IFT extrapolés pour différentes cultures permettent de mettre en évidence quelques différences. Tout d'abord une différence de 3 IFT entre le système avec abricotiers et celui avec amandiers est mise en avant, avec un surplus de traitement pour les abricotiers. Pour les cultures maraîchères estivales la courge présente 0,5 IFT de plus que la Patate Douce et ce quel que soit le précédent cultural. Enfin pour les cultures d'hiver, le radis noir est celui qui a demandé le moins de traitement, suivi de près par le fenouil et la scarole. Les mini-blettes demandent 1,5 IFT de plus que le radis noir et le brocoli 2.

Les cultures les moins traitées sont donc la patate douce et le radis noir avec 0 traitement sur toute la culture. Viennent ensuite le fenouil, la scarole et la courge avec 1 traitement pour le cycle de culture. L'amandier en requiert 2, la mini blette 3, le brocoli 4 et l'abricot 5.

Suivi socio-économique

Temps de travail

Le tableau ci-dessous compare pour chaque mois la proportion du temps de travail par rapport au temps annuel pour un hectare de culture selon le système utilisé. Le but de cette comparaison est de montrer que l'introduction de cultures maraîchères dans un verger permet de mieux répartir le temps de travail à l'année et d'éviter les pics de travail nécessitant l'embauche d'un grand nombre d'ouvriers saisonniers.

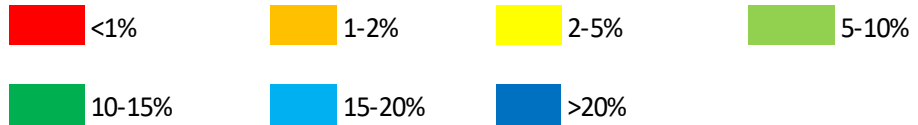
Afin de faciliter la présentation et la discussion de ces données, nous rappelons que les modalités sont les suivantes :

- SAB : Solédane en production en AB, temps de récolte non comptabilisé (CA66, 2010)
- RRAB : Royal Roussillon en production en AB, temps de récolte non comptabilisé (CA66, 2010)
- 2FCR : Verger en deuxième feuille en culture raisonnée (CA66, 2010)
- Marforest : Verger-maraîcher en deuxième feuille en AB

On observe que pour Marforest, 9 mois sont compris entre 5 et 15% du temps de travail. Or ceci n'est le cas que pour 2 mois pour le SAB et 3 pour le RRAB et le F2CR. Des différences importantes sont notamment présentes pour les mois de décembre et janvier où Marforest est respectivement à 10 et 11%, tandis que les trois autres systèmes sans culture maraîchère sont à des taux bien inférieurs. En effet, F2CR est à 0 pour ces deux mois, RRAB à moins de 5% et SAB à moins de 2%. Ces différences se retrouvent pour le mois d'août où Marforest est à 5% alors que les trois autres systèmes sont à plus de 20%. De même pour le mois de septembre où Marforest est à 12% tandis que RRAB et SAB sont supérieurs à 20% et F2CR est inférieur à 2%.

Tableau 4 : Temps de travail mensuel en fonction du système de culture

Variable	Modalité	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Quantité de travail (%/mois du temps total)	SAB	1,95%	1,30%	19,54%	2,61%	9,12%	4,89%	3,26%	20,85%	27,36%	7,17%	1,30%	0,65%
	RRAB	4,17%	2,60%	3,65%	5,21%	16,67%	6,25%	9,38%	23,96%	22,92%	1,04%	2,08%	2,08%
	F2CR	0,00%	6,55%	3,93%	8,30%	23,14%	10,04%	4,80%	37,99%	1,31%	2,18%	1,75%	0,00%
	Marforest	11,00%	7,98%	6,69%	3,60%	17,33%	6,26%	5,90%	5,18%	12,06%	9,92%	4,03%	10,07%



Résultats économiques

Dans le tableau ci-dessous sont exposés les résultats économiques des récoltes pour chaque culture maraîchère. On observe un chiffre d'affaire (CA) similaire pour les cultures d'été et les cultures d'hiver. Il est similaire pour les deux cultures d'été, mais on observe des disparités importantes entre les cultures d'hiver. En effet le radis noir représente 12.5% de la surface maraîchère mais uniquement 4.5% du CA. Et sur la même surface la mini-blette représente 8.5% du CA. Le fenouil représente une part du CA (25.7%) équivalente à son occupation de la surface maraîchère (25%). La scarole et le brocoli présentent les meilleurs résultats avec respectivement 31.7% et 29.5% du CA pour une occupation de 25% de la surface maraîchère.

Tableau 5 : Chiffre d'affaire par culture maraîchère sur 1 année de culture (Été 2019 - Hiver 2020)

Culture	Poids Total (kg)	Poids commercialisable (kg)	Prix	Unité du prix	Chiffre d'affaire (€)	Proportion de surface de la parcelle occupée	Chiffre d'affaire ramené à 50% de la parcelle (€/ha)
Radis Noir	86,51	86,51	1,05	€/kg au mois de décembre	91	6%	2851
Scarole	343,981	542 (*)	1,17	€/pièce au mois de février	632	13%	9924
Brocoli	306,935	294,00	2	€/kg au mois de janvier	588	13%	9228
Fenouil	435,87	394,05	1,3	€/kg au mois de février	512	13%	8039
Mini Blette	231,35	168,53	1	€/kg entre janvier et mars	169	6%	5290
Courge	1340,44	926,84	1,1	€/kg au mois de septembre	1020	25%	8000
Patate Douce	626,9	478,28	2,1	€/kg au mois de septembre	1004	25%	7881

(*) Nombre commercialisable pour les Scaroles afin de correspondre à l'unité du prix.

Tableau 6 : Évaluation de la marge brute du maraîchage

Chiffre d'affaire maraîchage	Coût matériel maraîchage	Coût travail	Marge Brute	Marge brute (€/ha)
4 016 €	1 574 €	214 (h) * 11(€/h) = 2354 €	88 €	345,26

La marge brute obtenue sur la surface de l'essai (environ 2800 m²) est de 88€. Ceci correspond à **345.26€/ha** de marge brute.

Discussion

Les éléments de discussion sont caractérisés par les parcelles, cultivées en 2 et 3èmes feuilles des vergers, et par les conditions climatiques des années 2019 et 2020 (Annexe 3).

Effet des arbres sur le maraîchage

Absence d'effet sur les cultures hivernales

Dans le cadre de cet essai, les graphiques comme les statistiques montrent un rendement équivalent pour les différentes lignes de maraîchage et ce quelle que soit la culture. Ceci indique qu'il n'y a pas d'influence directe par compétition pour les nutriments ou la lumière de l'arbre sur les cultures. Ceci est cohérent avec la bibliographie qui montre que les arbres, en dormance, arrêtent leur croissance pendant l'hiver, et n'ont donc pas besoin de prélever des minéraux (Gracci, 2015). De plus la petite taille de ces jeunes arbres et l'absence de feuilles à cette période rendent la compétition pour le rayonnement lumineux négligeable. Sur les années de formation du verger il est donc possible l'hiver de cultiver sur toute la largeur de l'inter-rang. Avec l'évolution de l'arbre il est possible que ce ne soit plus le cas. En effet les branches, qui prennent une place plus importante au fil du temps, peuvent entraver le passage des tracteurs. Pour cette raison nous avons (à partir du 2^{ème} hiver uniquement) modifié la conduite des abricotiers, en haie fruitière et non en gobelet. Aucun souci n'a été relevé l'été suivant ce changement de conduite de la taille.

Absence d'effet sur les cultures estivales

Pour les cultures estivales aucune différence significative n'est observée entre les différentes lignes de cultures. Cependant la tendance montre une vigueur légèrement plus faible sur la ligne 1, sur la majorité des dates, pour les deux cultures. Ces résultats montrent de nouveau l'absence d'effets délétères de compétition pour les nutriments ou l'eau. Ceci est dû à la fertilisation et l'irrigation adaptée pour les cultures. Ceci est aussi possiblement dû au jeune âge des arbres. La vigueur plus basse uniquement pour la ligne 1 laisse supposer à un effet négatif sur la culture dû à un ombrage l'après-midi, période de la journée où le rayonnement est plus intense. Cet effet devrait s'intensifier avec le temps, les abricotiers créant un écran de plus en plus dense au fil du temps.

Cependant l'effet des arbres n'est, dans cet essai, analysé que par rapport à l'éloignement de la culture par rapport à l'arbre. La création d'un micro-climat agroforestier ainsi que l'amélioration de la fertilité du sol par les arbres ne sont pas pris en compte dans notre analyse. Cet effet de l'agroforesterie, souvent souligné dans la bibliographie (Warlop et al 2017), n'a pas pu être testé du fait de la construction de notre parcelle expérimentale. Pour obtenir de nouveaux résultats

permettant de compléter les données actuelles, il serait intéressant de mettre en place un essai comparant une parcelle maraîchère, et un verger maraîcher afin de comparer les rendements ainsi que des variables telles que la consommation en eau, en intrants...

Effet du maraîchage sur les arbres

Sur la vigueur et le développement des arbres

Pour les abricotiers, bien qu'une différence de diamètre soit observée au 06/08, aucune influence du maraîchage ne peut être affirmée. En effet l'évolution de ce diamètre depuis octobre 2020 n'est pas différente selon les modalités. La différence de diamètre s'est donc simplement conservée depuis la plantation. Ceci est possiblement dû au fait que les apports en fertilisant et en eau apportés sur les rangs d'arbres répondaient entièrement aux besoins de la culture. En effet, selon le programme de fertilisation de la Sica Centrex, 80 unités d'azote sont amenées en 2 apports. Ce qui répond aux besoins des abricotiers en 3^{ème} feuille qui sont de 45 unités auxquels s'ajoutent 1.2 unités par kg produit (CA66, 2014). De plus 52mm d'irrigations ont été apportés depuis début 2020 et 777mm de précipitations entre janvier et juillet 2020, ce qui réponds aux besoins en eau des arbres fruitiers.

Pour les amandiers un effet positif du maraîchage sur la vigueur des arbres est observé. En effet les arbres côtoyant 1 ou 2 inter-rang avec du maraîchage sont statistiquement plus vigoureux que ceux entourés d'herbes. Et ceci pour le diamètre au 6 août 2020 et pour l'évolution de ce diamètre depuis le 7 octobre 2019.

De ces résultats on peut déduire que la compétition pour les ressources en eau et en fertilisation n'a pas d'effet négatif sur la vigueur des abricotiers. Mais que pour les amandiers on observe une amélioration de la vigueur. Ceci est probablement dû aux apports en irrigation et en fertilisation sur les cultures maraîchères qui profitent aux arbres ou limitent la compétition en comparaison avec un inter-rang enherbé non irrigué et non fertilisé.

Sur la production des amandes

Aucun effet de l'inter-rang n'a été observé sur la production d'amandes, que ce soit pour la quantité ou la qualité. En effet aucune différence n'a été observée que ce soit sur le rendement brut et commercial. Ceci est possiblement dû au fait que les apports sur les rangs d'arbre répondaient aux besoins en irrigation et en fertilisation des amandiers. En effet 80 unités d'azote ont été apportées et 36mm d'irrigation en complément des 777mm de précipitations entre janvier en juillet de cette année (historique-météo, 2020). L'irrigation a commencé tardivement cette année suite à des précipitations très importantes pour la région au mois d'avril (>250mm). Les amandiers ayant besoin d'un minimum de 550mm pour produire, la compétition pour l'eau

n'était pas ou peu présente (Walali, 2003). De plus les arbres étaient en 3^{ème} feuille ce qui peut justifier l'hétérogénéité observée au niveau des rendements par arbre (Annexe 6). En effet les amandiers ne sont sensés rentrer en production qu'en 5^{ème} feuille. (CA66, 2017)

Que les cultures maraîchères soient conservées ou non sur le verger, il est intéressant de continuer à suivre la production des arbres afin de déterminer si la présence du maraîchage pendant les années de formation du verger a un effet sur la production des arbres. Un autre point d'étude intéressant serait de diminuer les apports effectués sur les lignes d'arbres afin de déterminer si la fertilisation et l'irrigation destinées au maraîchage permettent bien de limiter ces intrants pour la culture des fruitiers.

Le système agroforestier augmente la biodiversité et limite les traitements phytosanitaires

Une biodiversité plus importante sur système agroforestiers

Le piégeage de l'entomofaune a montré un nombre d'insectes similaire sur Marforest et Fan de Bio jusqu'à début juin. Malgré ce nombre similaire sur cette période, un nombre plus important de familles d'auxiliaires ainsi que d'insectes auxiliaires a pu être observé sur Marforest. La diversité d'habitats des systèmes agroforestiers permettrait donc bien d'augmenter la biodiversité fonctionnelle. De plus quatre familles d'auxiliaires sont présentes uniquement sur Marforest (Annexe 11), ce qui confirme que la présence d'une diversité d'habitats permet d'amener une nouvelle faune sur la parcelle.

Les derniers pièges, en place du 15/06 au 30/06, montrent une croissance très importante du nombre d'insectes total sur Marforest, que ce soit pour des ravageurs ou pour des insectes neutres ou auxiliaires. Cette augmentation survient entre 3 et 5 semaines après la plantation des courges et des patates douces, au moment où leur feuillage commence à être bien développé.

Malgré ce nombre important d'insectes, dont certains ravageurs, peu de dégâts sont observés sur la parcelle. On peut donc supposer que cette augmentation de la biodiversité permet une bonne régulation des ravageurs malgré l'augmentation de ces derniers.

La grande diversité d'espèces cultivées dans les vergers-maraîchers a tendance à enrichir la biodiversité, en effet l'abondance de la faune auxiliaire augmente avec la diversité des espèces cultivées (Warlop et al 2017, Sieffert 2013). La régulation naturelle des ravageurs entraînée par cette faune auxiliaire abondante dans les vergers maraîchers permet la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires (Warlop et al 2017). Cet aspect reste cependant à surveiller, car les ravageurs sont aussi présents abondamment sur la parcelle agroforestière. Et dans certains cas, le verger-maraîcher présente une diversité et une abondance de ravageurs plus élevées que la monoculture de légumes (Imbert et al 2019).

Une réduction des traitements en verger maraîcher

Les abricotiers de notre système nécessitent 5 traitements phytosanitaires à dose pleine. C'est 50% de moins que la médiane des fermes du réseau Dephy Abricot sur les années 2014, 2015 et 2016 et cela répond à l'objectif de diminution de 20% des IFT en 2020 (CA66). Cet IFT du réseau correspond à des vergers en production, qu'ils soient en AB ou en conventionnel. Il est normal qu'il soit plus élevé que celui du verger Marforest qui n'est pas en production. Cependant l'absence d'observation importante de ravageurs ou de dégâts sur Marforest, malgré la présence de quelques fruits cette année, nous confirme l'efficacité actuelle des traitements. En comparaison, la parcelle Fan de Bio de la Sica Centrex a un IFT de 10.5 en 2020.

Les traitements nécessaires sur l'abricotier demandent cependant une adaptation du maraîchage. En effet certaines cultures comme la courge sont tout à fait complémentaires de l'abricotier. Ces deux espèces nécessitent en juillet un traitement au soufre pour lutter contre l'oïdium. Et les suivis au champ ont montré que l'on pouvait le faire au même moment et lutter de manière efficace contre cette maladie. Cependant les traitements d'argile ayant lieu en début février pour prévenir des attaques de psylle obligent à avoir terminé les cultures d'hiver avant cette date. En effet en 2018 l'implantation trop tardive des mini-blettes avait complexifié le traitement avec un besoin de couvrir la culture maraîchère. Pour cette raison une implantation précoce des cultures d'hiver ou le choix de cultures rapides comme le fenouil ou la scarole sont nécessaire (Ecophytopic, 2019).

Pour les amandiers un minimum d'1 traitement du cuivre est recommandé en 2^{ème} et 3^{ème} feuille. N'ayant pas observé de problèmes de *Fusicoccum*, ou de maladies cryptogamiques autres qu'un léger *Coryneum*, nous avons décidé en 2019 de ne pas effectuer de traitements fongicides (1 traitement au cuivre a été effectué en 2020 dû à un début de monilia). Sur Marforest deux traitements au savon noir ont eu lieu afin de lutter contre des pucerons noirs. Ces pucerons avaient été observés sur les cultures de fèves présentes l'hiver précédent. On peut donc supposer que le maraîchage a dans ce cas entraîné la présence d'un ravageur. Cependant les suivis de biodiversité montrent aussi pour cette année la présence importante d'un auxiliaire dans la lutte contre le puceron, *Rhagozycha fulva*. Ceci nous a permis de nous contenter de 2 traitements et de n'observer que peu de dégâts sur le feuillage. Sur les amandes en 2020, seul un traitement de cuivre est réalisé. Cependant des dégâts importants de piqûres ont été observés sur les fruits (Annexe 6). Ces dégâts ont été observés dans tout le département cette année et sont dus à une présence importante de l'*Anarsia* malgré la confusion mise en place dans les vergers (Hostalnou, 2020). Ils ne sont donc pas dus au système expérimental.

On peut donc dire que l'amandier permet une réduction de l'usage de produits phytosanitaires par rapport aux abricotiers et que quelle que soit l'espèce, le besoin en traitement n'est pas supérieur à celui de système de vergers en monoculture (CA66, 2017).

Pour les cultures légumières des différences importantes sont observés entre les cultures. Les cultures estivales ont en général moins besoin de traitement que les cultures d'hiver. Et si la patate douce nécessite un traitement de moins que la courge, des dégâts plus importants sont causés sur la culture. Les ravageurs à l'origine de ces dégâts sont le rat-taupier et le taupin, contre lesquels il est compliqué de lutter en bio. Cela a entraîné 33% de déchets sur la culture de patate douce contre 0 déchets sur les courges ayant pour cause les ravageurs. Ces deux cultures ont été en rotation annuelle sur les 3 ans de l'essai et les besoins phytosanitaires n'ont pour l'instant pas augmentés. Cette rotation semble donc fonctionnelle pour un verger maraîcher aux alentours de Perpignan. Pour les cultures d'hiver les résultats sont bons avec entre 88% et 100% de rendement commercialisable selon la culture pour un maximum de 4 traitements phytosanitaires. A l'exception des mini-blettes qui ne présentent que 72% de rendement commercialisable malgré 3 traitements phytosanitaires.

Performances économiques et sociales

Analyse économique

L'un des buts de ce système de culture agroforestiers est de permettre aux arboriculteurs implantant un nouveau verger de couvrir une partie des coûts avant l'entrée en production des arbres, c'est-à-dire sur les trois premières années. Or l'analyse économique nous montre que sur la période comprenant le deuxième été des arbres fruitiers et l'hiver suivant, le maraîchage a dégagé une marge brute de **345 €** par hectare. Cette marge ne prend pas en compte de nombreux aspects tels que les charges, la mise en place d'un circuit de commercialisation, l'amortissement du gros matériel nécessaire... Cette marge brute est faible et bien inférieure aux coûts en première année d'implantation d'un verger d'abricotier en 6* 4 m qui sont légèrement supérieurs à **10 000 €** (Chambre d'Agriculture Auvergne-Rhone-Alpes, 2018). Cependant il faut prendre en compte le fait que le temps de travail utilisé dans le calcul de cette marge brute est supérieur à celui que l'on pourrait trouver chez un producteur. En effet, si les temps d'observation n'ont pas été comptabilisés, l'aspect expérimental de la parcelle intervient dans le travail. Que ce soit au moment de la récolte avec la nécessité de récolter par placette en identifiant chaque lot, pour la préparation du sol et l'entretien des rangs d'arbres qui se fait sur des demi-longueurs et impose un nombre important de manœuvres... De même la diversité importante de cultures maraîchère en hiver entraîne un nombre important de sessions de récoltes, de traitements... ce qui augmente considérablement le temps de travail. Enfin les résultats montrent une disparité de résultats entre les cultures, si uniquement de la scarole avait été cultivée en hiver, la marge brute à l'hectare serait de **2450 €**. Le fait que la marge brute soit positive dans ces conditions de culture et de calcul laisse supposer que le maraîchage peut avoir un rendement économique intéressant pour le producteur, lui permettant de limiter les dépenses de mise en place du verger.

Un système qui permet une meilleure répartition annuelle du temps de travail

L'analyse du temps de travail montre un temps de travail plus important sur Marforest en comparaison avec les références de la bibliographie. Ceci est dû à la construction expérimentale de la parcelle qui rend les opérations mécaniques compliquées. En effet l'implantation du maraîchage en demi-ligne empêche le passage de la tondeuse ou de l'intercept de manière efficace. De plus la grande diversité d'espèces maraîchères cultivées diminue l'efficacité du temps de travail. Cependant, le système montre une meilleure répartition du temps de travail sur l'année. Cet effet est l'un des bénéfiques recherchés du maraîchage. En effet le temps de travail mieux réparti sur l'année, notamment en évitant l'absence d'activité en hiver en implantant des cultures maraîchères hivernales, permettrait d'employer un salarié annuel et d'être moins dépendants des saisonniers.

Le verger maraîcher, plus durable que la monoculture fruitière

Suite à l'étude de Marforest, une analyse de la durabilité est effectuée sur 5 critères comprenant les variables étudiées. Cette analyse ne se base pas sur une méthode préexistante, mais a pour but d'évaluer la durabilité des deux SdC, le verger et le verger-maraîcher. Les critères d'analyses sont présentés dans le tableau en Annexe 12.

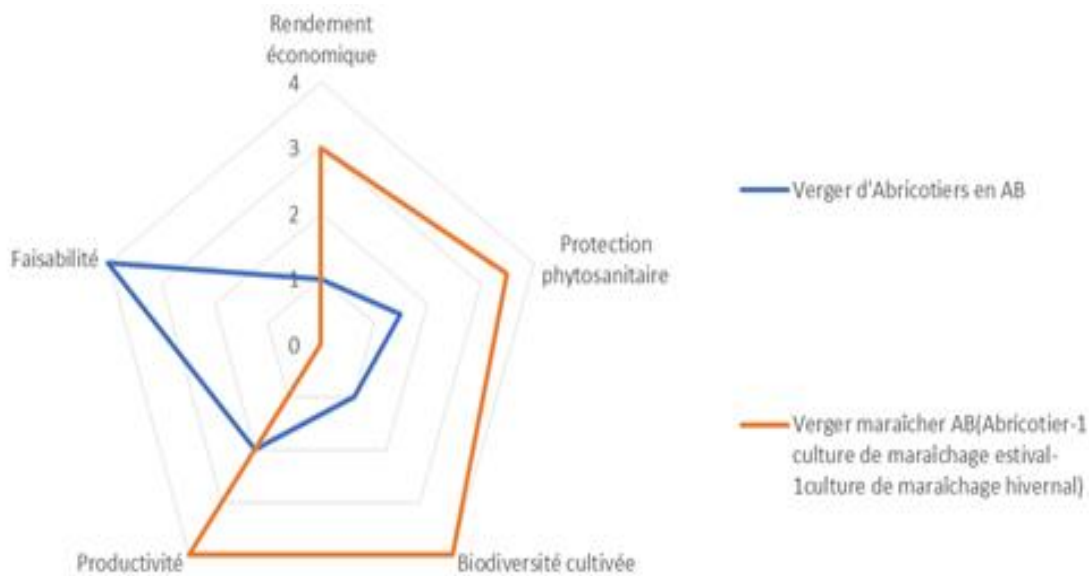


Figure 18 : Évaluation de la durabilité d'un système de monoculture fruitière et d'un système de verger maraîcher selon 5 critères de durabilité (Annexe 12)

D'après cette évaluation le verger maraîcher est plus durable, notamment selon les critères environnementaux. Cependant il est bien inférieur au système de verger sur le critère de faisabilité en raison de la complexité de sa mise en place et de sa gestion. Dans le guide des vergers maraîcher du GRAB, destiné aux maraîchers souhaitant introduire des arbres sur leurs

parcelles, il est dit : « L'arboriculture fruitière ne s'improvise pas ». L'inverse est aussi vrai pour les arboriculteurs souhaitant introduire du maraîchage dans leurs vergers. De nombreuses connaissances ainsi que du matériel spécifique sont nécessaires. Le système de verger maraîcher tel qu'il est présenté est à visée expérimentale. Suite aux trois ans du projet le design d'un verger maraîcher fonctionnel est en cours d'élaboration. Le principe serait celui des systèmes extrapolés pour l'analyse de l'IFT et de la marge brute à l'hectare. Un verger comportant 1 seule espèce fruitière sur lequel les inter-rangs alternent entre parcelle maraîchères et parcelle enherbée/fleurie. La présence de parcelle enherbée permet le passage d'engins tout au long de l'année pour faciliter les interventions sur les arbres (traitement, entretien du rang, récoltes...). Les cultures d'hiver sélectionnées sont celles présentant les meilleurs résultats économiques parmi les cultures testées sur Marforest. Les deux cultures estivales testées ont été conservées pour permettre une rotation. Le fruitier choisi est l'abricotier car l'amandier, bien que présentant des résultats positifs, est plus vigoureux et moins facile à gérer en haie fruitière. Le design de ce verger maraîcher est présenté en figure 19. Dans une démarche d'amélioration continue, il est important de poursuivre l'étude des systèmes de verger maraîchers afin de déterminer les associations les plus bénéfiques, l'adaptation à différents types de conditions pédoclimatiques et la performance sur le long terme.

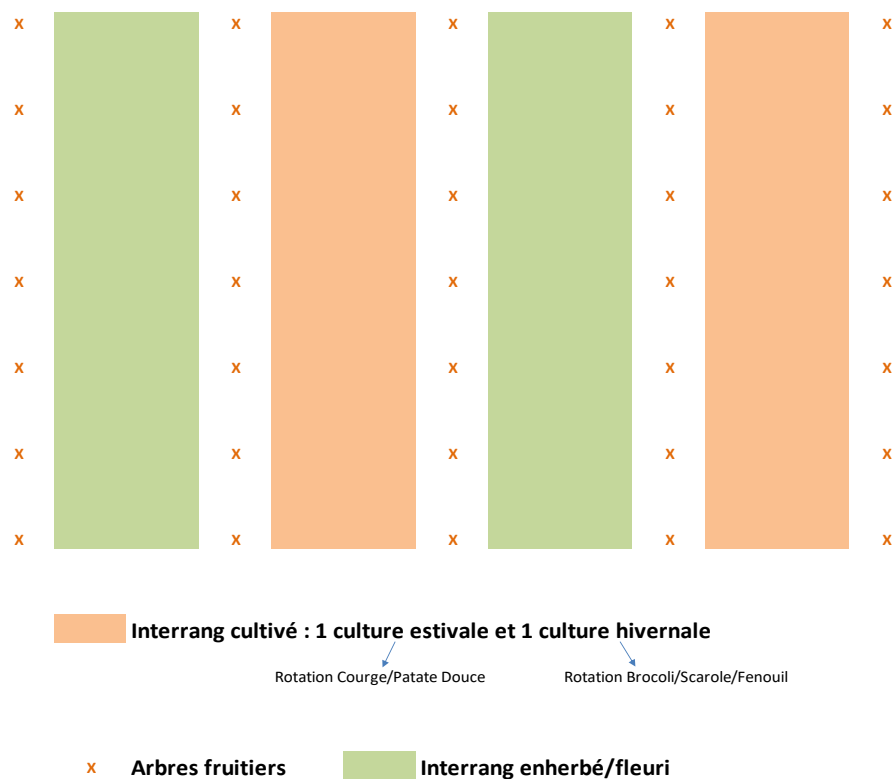


Figure 19 : Design d'un système de verger maraîcher fonctionnel pour une production mécanisée en AB dans les Pyrénées Orientales

Conclusion

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer les performances d'un système de verger maraîcher à l'implantation et ce en climat méditerranéen. En raison du contexte de changement climatique, ce système a été mis en place avec certaines cultures bien maîtrisées dans le département (abricot, scarole, courge...), mais aussi avec certaines cultures telles que l'amandier et la patate douce comme voies de diversification et d'adaptation de l'agriculture des Pyrénées Orientales.

Pour répondre à cette problématique une parcelle agroforestière très diversifiée comprenant des abricotiers, des amandiers, des courges, des patates douces, et de nombreuses cultures maraîchères hivernales (6 sur 3 ans) a été mise en place et suivie. Cette parcelle a été comparée à des valeurs issues de la bibliographie et de la parcelle d'abricotiers du projet Fan de Bio. Certaines variables ont aussi simplement été évaluées afin d'établir un premier référentiel sur le sujet qui est actuellement peu documenté.

L'association culturelle sur les trois premières années du verger n'a eu aucun d'effet négatif significatif sur les cultures. Seule une vigueur légèrement inférieure sur les lignes proches des arbres et à l'Est de ces derniers a été remarquée. Un effet positif du maraîchage a été remarqué sur la vigueur des amandiers. Afin d'avoir une analyse plus complète de cette variable il serait intéressant de réaliser un essai où toutes les cultures mises en place sur la parcelle agroforestière le sont aussi sur une parcelle adjacente en monoculture sur la même surface. Ainsi une comparaison sur le rendement général pourrait être effectuée.

Une diversité entomo-faunistique plus importante est observée sur la parcelle agroforestière en comparaison avec le verger Fan de Bio. Notamment au niveau des familles d'auxiliaire. Un plus grand nombre d'insectes est aussi globalement observé. Surtout lorsque les cultures maraîchères estivales commencent à être bien implantées.

Enfin bien que la parcelle demande un temps de travail bien plus important que celui indiqué dans la bibliographie pour les vergers en monoculture, ce dernier est réparti de manière plus homogène sur l'année. Et la présence de maraîchage sur la parcelle permet d'en retirer une marge brute positive, bien que faible dans cet essai, sur les trois premières années avant la première récolte de fruits.

Le système de verger maraîcher semble donc être une alternative durable et fonctionnelle à la monoculture fruitière en présentant de nombreux avantages. Cependant sa complexité technique et le manque de données et de communication à ce sujet sont des freins au développement de ce SdC. Le projet Marforest participe à l'élaboration d'une base de données et expose des éléments techniques de faisabilité qui doivent continuer à être explorés afin de pouvoir s'adapter au fonctionnement des exploitations agricoles.

Bibliographie

Africano et al *Les Coûts de Production en cultures raisonnée et biologique : Arboriculture, Viticulture et Maraîchage*, CA66, 2010.

Agence Bio, *Chiffres par région : Languedoc Roussillon*, 2014.

Agence Bio, *Edition 2020 du baromètre de consommation et de perception des produits biologiques en France*, 2020.

AGRESTE, *Exploitations fruitières*, Les Dossiers, n° 16, p11-51, juin 2013.

Agrete, *Enquête sur la structure des exploitations agricoles*, n° 350, juin 2018.

Arrufat et al, *La mini-poirée sous abri froid*, Fiches techniques de l'agriculture biologique, CIVAM Bio 66, août 2008.

Bernard et al, *Produire une gamme diversifiée de fruits biologiques*, Sud et Bio, 2013.

Cardinael et al, *Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France*, Agriculture, Ecosystems & Environment Volume 236, Pages 243–255, 2 Janvier 2017.

Chambre Agriculture du Gard, *Fiche technique Amande*, septembre 2008.

Chambre Agriculture Rhône-Alpes, *L'abricotier en agriculture biologique*, 2011

Chambre d'Agriculture d'Occitanie, *L'Agriculture Pyrénées Orientales en bref*, 2017.

Chambre d'Agriculture des Pyrénées Orientales, *Raisonnement fertilisation - Arboriculture*, Fiche 16, 1 septembre 2014.

Chambre d'agriculture des Pyrénées Orientales, *L'agriculture du département* », Consulté le 2 août 2020. <https://po.chambre-agriculture.fr/votre-chambre-dagriculture/lagriculture-du-departement/>

Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales, *Fermes DEPHY 66 Produire un abricot sain et durable*, s. d., Consulté le 3 juillet 2020.

Chambre d'Agriculture du Roussillon, *Références coûts de production en AB*, 2010.

Chambre Régionale d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, *Le DEPHY des exploitations du Languedoc-Roussillon*, s. d., Consulté le 2 août 2020.

Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie, *Guide Sud Arbo de la production raisonnée et biologique*, 2017 et années précédentes.

Chambres d'agriculture, *Plan Ecophyto 2*, 2019, Consulté le 01/08/2020. <https://chambres-agriculture.fr/agriculteur-etpolitiques/ecophyto/plan-ecophyto-2/>

Chamet C., *Abricotier 2018 Verger conduite*, Chambre d'Agriculture Auvergne-Rhône-Alpes, décembre 2018.

Dellaygue et al, *Plum pox virus – la Sharka Bilan de la surveillance en 2016*, agriculture.gouv, 2017.

Dominique Courtial, *Conduite du verger, l'abricotier en AB*, Sud et Bio, 2010.

Duha G., *Retour d'expériences sur les vergers maraîchers : Une approche agronomique globale*, Journée technique, Paris, 24 janvier 2018.

Dupraz C., Liagre F. *Agroforesterie, des arbres et des cultures France Agricole* 2ème éd. 2011.

Dupraz C., *Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview*, Etat de l'art, Silvoarable agroforestry for Europe (SAFE), septembre 2002.

Dupraz et al, *Adoption des pratiques agroforestières en France, quelles perspectives?*, 2014. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01223552/file/Publis014-syst-006_Dupraz_CIAG2014_Adoption%20pratiques%20agroforesti%C3%A8res%20perspectives_%7B8A282703-0D35-45C0-85B3-7F9F15D83830%7D.pdf.

Ecophytopic, *Produire un abricot sain et durable*. 2019, Consulté le 22 juillet 2020. <https://ecophytopic.fr/produire-un-abricot-sain-et-durable>.

Entretien avec, M. Eric Hostalnou, référent amandes de la Chambre d'Agriculture des Pyrénées Orientales, 30/06/2020.

FranceAgriMer, *Bio-Rungis Fruits et Légumes - (cours Production) prix moyens mensuels du 01-08-2019 au 31-07-2020*, Réseau des Nouvelles des Marchés (RNM), 08/2019-07/2020, Consulté le 5 août 2020. <https://rnm.franceagrimer.fr/prix?M0058:12MOIS>

GRAB, *Conception de vergers-maraîchers – Méthodologie*, GRAB-VERTICAL, 2016.

GRAB, *Journée Technique Durette*, Communication orale dans le cadre des journées techniques, 2019.

Gracci F., *Mais que font donc les arbres en hiver?*, Science&Vie Questions-Réponses n°14, 2015

Herzog, F., n.d. *Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe*. *Agroforestry Systems* 42, 61–80, 1998.

Imbert et al, *Pests, but not predators, increase in mixed fruit tree–vegetable plots compared to control vegetable plots in a Mediterranean climate*, *Agroforestry Systems*, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00430-3>

Inrae, *Agroécologie*, Inrae.fr, s. d., Consulté le 18 juillet 2020. <https://www.inrae.fr/agroecologie>.

ITAB-GRAB-AFAF, *L'agroforesterie en France*, AlterAgri, mai-juin 2015.

Thevier et al, *L'amandier en culture biologique Références technico-économiques en densité classique avec irrigation en Occitanie*, Chambre Régionale d'Agriculture d'Occitanie, avril 2017. https://po.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/Productions_techniques/amande-bio_CRAO2017.pdf.

Labant P., *Principes d'Aménagement et de Gestion des Systèmes Agroforestiers – Replacer l'arbre champêtre au cœur des objectifs agro-économiques, environnementaux et paysagers, des exploitations agricoles*, Guide technique PAGESA, AFAHC (Association Française Arbres et Haies Champêtres), 40p, 2009.

Le Roux et al, *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*, INRA (France), 2008.

Léger et al, *Agroforesterie maraîchère : un choix stratégique pour garantir une durabilité en transition agroécologique ? Expériences issues du projet SMART*, *Innovations Agronomiques* 71, pp. 259-273, 2019.

Letourneau et al, *Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review*. *Ecological Applications*, *Ecological Society of America*, 21, pp. 9–21, 2011.

Liagre et al, *AGROFORESTERIES - La revue française des arbres ruraux*, AFAF, n°01, 2008.

Loum et al, *Retrospective and prospective dynamics of soil carbon sequestration in Sahelian agrosystems in Senegal*, *Journal of Arid Environments*, Volumes 100–101, Pages 100-105, January–February 2014.

Altieri M., *The ecological role of biodiversity in agroecosystems*, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 74, Issues 1–3, June 1999, Pages 19-31

Miller R.P. et Nair, P.K.R., *Indigenous Agroforestry Systems in Amazonia: From Prehistory to Today*, *Agroforestry Systems* 66, 151–164, 2006.

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, *L'agroforesterie, comment ça marche ?*, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, s. d. Consulté le 4 août 2020.

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, *Plan de développement de l'Agroforesterie*, décembre 2015.

Ministère de l'agriculture, *Le projet agroécologique en 12 clés*, 12 avril 2016. Consulté le 23 juin 2020. <https://agriculture.gouv.fr/le-projet-agro-ecologique-en-12-cles>.

Ministère de l'agriculture, *Plan de développement de l'agroforesterie*, 2015.

Ministère de l'Agriculture, *Qu'est-ce que l'agroécologie?*, Agriculture.gouv. Consulté le 10 juin 2020. <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-lagroecologie>.

Morel K. et Léger F., *A Conceptual Framework for Alternative Farmers' Strategic Choices: The Case of French Organic Market Gardening Microfarms*, *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40(5): 466–92, 2016.

Observatoire régional de l'Agriculture bio d'Occitanie. *Les chiffres clés de la bio dans les départements*, 2017.

Rainelli P. et Carpentier A., *Santé, environnement et consommation alimentaire*. [Travaux universitaires], 115 p., 2001, ffhal-01931569f

Paut et al, *Reducing risk through crop diversification: An application of portfolio theory to diversified horticultural systems*, *Agricultural Systems* 168, pp. 123-130, 2019.

Réseau Rural Français. *PATATE DOUCE (IPOMEA BATATAS) : CULTURE DE DIVERSIFICATION EN LANGUEDOC-ROUSSILLON*, 25 juillet 2018.

Ripoche A., *Modélisation de systèmes de culture adaptatifs : conception de stratégies flexibles d'enherbement en parcelles viticoles*. Montpellier SupAgro. 2009.

RMT Agroforesterie, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2014-2020.

RMT Agroforesteries. *Présentation*. Consulté le 18 avril 2020. <https://www.rmt-agroforesteries.fr/fr/presentation/#le-rmt-agroforesteries>.

Ronzon J., *Des légumes et des animaux dans les vergers ! Intérêts et perspectives de l'agroforesterie fruitière*. GRAB, 2014.

Rubio L., *LA DURETTE 6 hectares pour l'agroécologie*. Mediafel, Arboriculture Fruitière&Culture Légumière, 24 septembre 2014.

Schoen L. et Leroy C., *Production de patate douce, Agriculture biologique*, Sica CENTREX, 2015.

Shibu J., *Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview*, *Agroforestry systems* 76, 7 avril 2009.

Sieffert A., *Conception de systèmes “vergers-maraîchers” associant arbres fruitiers, légumes et arbres champêtres, Application au cas de la ferme agro-écologique pilote de la Durette*, rapport de synthèse post-doctorale, 300p, 2013.

SMART AgroforesterieS. *SMART AgroforesterieS*, s. d., Consulté le 9 juillet 2020. <https://www.agroforesterie.fr/SMART/actualites-smart-agroforesterie-maraichage-arbres.php>.

Transgal agroforesteries, *Agroforesterie et agro-écologie : Sol et biodiversité*, Consulté le 24 juin 2020. https://transgal.projet-agroforesterie.net/pdf/Fiche5_Agroforesterie.pdf.

Van Lerberghe P., *Les systèmes agroforestiers : diversité des pratiques, intérêts économiques et environnementaux*, Forêt-entreprise n° 225, 16-26, novembre 2015.

Veres et al., *Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. Agric. Ecosyst.* 2011.

Walali et al., *L’amandier, l’olivier, le figuier, le grenadier. Transfert de Technologie en Agriculture*. Bulletin mensuel d’information et de liaison du PNTTA, 2003.

Warlop et al, 2017, *Associer légumes et arbres fruitiers en agroforesterie : Principes, éléments techniques et points de vigilance pour concevoir et conduire sa parcelle*, Projet SMART, 40p, juin 2017.

Hamon et al, *L’AGROFORESTERIE, outil de séquestration du carbone en agriculture – rapport* Décembre 2009.

Annexes

ANNEXE 1 : ANALYSE DE SOL DE LA PARCELLE MARFOREST ZONE ABRICOTIERS

TYPE D'ANALYSE		Physique - chimique			SICA CENTREX CHEMIN DU MAS FAIVRE 66440 TORREILLES					
N° ECHANTILLON		2018-0670								
N° ADHERENT		O670051								
DATE		04/12/2017								
REFERENCES PARCELLE										
Commune	TORREILLES			Lieu-dit	PARCELLE COURGE			Espèce : ARBO		
Réf cadastrale	Longitude (E/O)			Latitude (N/S)			Avant plantation			
Surface	0.2 ha	Clonage ou variété	abricotiers	Porte-greffe		Année plantation	2018	BIO		
								Refus 2mm		
Sables grossiers	35	Sables fins	337	Limons grossiers	232	Limons fins	214	Argiles	182	
L'analyse granulométrique (exprimée en g/kg) correspond à un sol de type :						Limon sablo argileux - calcaire				
Indice de battance						1,30				
Indice de porosité				0,10						
RU en mm (sur 30 cm de sol)				28,35						
Le sol présente une forte capacité de rétention hydrique et minérale et une bonne stabilité structurale, avec une inertie thermique élevée. Les risques de lessivage sont faibles. Il résistera bien à la sécheresse estivale. Sol lourd souvent lent à se réchauffer. La nature alcaline accentue les risques de concurrence du sol vis à vis des prélèvements racinaires en potassium. La porosité pourra être limitée.										
STATUT ACIDO-BASIQUE										
Echelle de pH	5 Très acide	5,5 acide	6 légèrement acide	6,5 voisin de la neutralité	7 neutre	7,5 légèrement alcalin	8 alcalin	8,5 très alcalin	9 très alcalin	
Assimilation	Risque de toxicité			Bonne assimilation des éléments			Risque de blocages			
pH eau							8,33			
pH KCl	écart < 1 (faible)				écart > 1 (idéal)					
			7,91							
Conseils CaO :			Alcalin sans possibilité d'acidification							
ETAT CALCIQUE										
Calcaire total	0 - 10 %		10 - 25 %			25 - 50 %				
	10									
Calcaire actif	0 - 5 %		5 - 10 %			10 - 20 %			> 20 %	
	2,3									
Fer Oxalique (en mg/kg)				seuil : 35 - 50 mg/kg						
IPC	0-10		10-30			30-50			> 50	
Commentaires :			Sol calcaire présentant de faibles risques de chlorose. CEC saturée en calcium. Contraintes dans le choix du porte-greffe : Sol alcalin.							

ZONE AMANDIERS

TYPE D'ANALYSE	Physique - chimique				SICA CENTREX					
N° ECHANTILLON	2018-0668				CHEMIN DU MAS FAIVRE					
N° ADHERENT	0670051				66440 TORREILLES					
DATE	04/12/2017									
REFERENCES PARCELLE										
Commune	TORREILLES			Lieu-dit	PARCELLE NUE			Espèce : ARBO		
Réf cadastrale	Longitude (E/O)			Latitude (N/S)			Avant plantation			
Surface	0,2 ha	Cloné ou variété	amandiers	Porte-greffe	Année plantation	2018	BIO			
							Refus 2cm			
Sables grossiers	36	Sables fins	294	Limons grossiers	246	Limons fins	248	Argiles	176	
L'analyse granulométrique (exprimée en g/kg) correspond à un sol de type :					Limon sable argileux - calcaire					
Indice de battance							1,57			
Indice de porosité				0,2						
RU en mm (sur 30 cm de sol)				29,22						
Le sol présente une forte capacité de rétention hydrique et minérale et une bonne stabilité structurale, avec une inertie thermique élevée. Les risques de lessivage sont faibles, il résistera bien à la sécheresse estivale. Sol lourd souvent lent à se réchauffer. La nature alcaline accentue les risques de concurrence du sol vis à vis des prélèvements racinaires en potassium. La porosité pourra être limitée.										
STATUT ACIDO-BASIQUE										
Echelle de pH	5 Très acide	5,5 acide	6 légèrement acide	6,5 voisin de la neutralité	7 neutre	7,5 légèrement alcalin	8 alcalin	8,5 très alcalin	9 très alcalin	
Assimilation	Risque de toxicité			Bonne assimilation des éléments			Risque de blocages			
pH eau							8,3			
pH KCl	écart < 1 (faible)						écart > 1 (idéal)			
	7,89									
Conseils CaO :	Alcalin sans possibilité d'acidification									
ETAT CALCIQUE										
Calcaire total	0 - 10 %		10 - 25 %			25 - 50 %				
	12,5									
Calcaire actif	0 - 5 %		5 - 10 %		10 - 20 %			> 20 %		
	2,5									
Fer Oxalique (en mg/kg)					seuil : 35 - 50 mg/kg					
IPC	0-10		10-30			30-60		> 60		
Commentaires :	Sol calcaire présentant de faibles risques de chlorose. CEC saturée en calcium. Contraintes dans le choix du porte-greffe : Sol alcalin.									

ANNEXE 2 : PROTOCOLE TEST NITRATE

Matériel nécessaire :

- NitraChek
- Bandelettes test nitrate
- Bécher
- Eau distillée
- Filtre à café
- Balance



Afin d'obtenir le résultat le plus précis possible il est nécessaire de réaliser plusieurs prélèvements (environ une dizaine) sur la parcelle

1. Placer les échantillons de terre dans une étuve à 70°C durant 24H
2. Peser 100g de terre sèche dans le bécher puis ajouter 100g d'eau distillée.
3. Mélanger et filtrer le mélange à l'aide d'un filtre café et récupérer le filtrat.



7. Calibrer le NitraChek pour 1 bandelette
8. Tremper la bandelette dans le filtrat puis la secouer, la laisser sécher pendant 1 minute puis l'insérer dans le NitraCheck
12. Lire la valeur inscrite en ppm (partie par million).

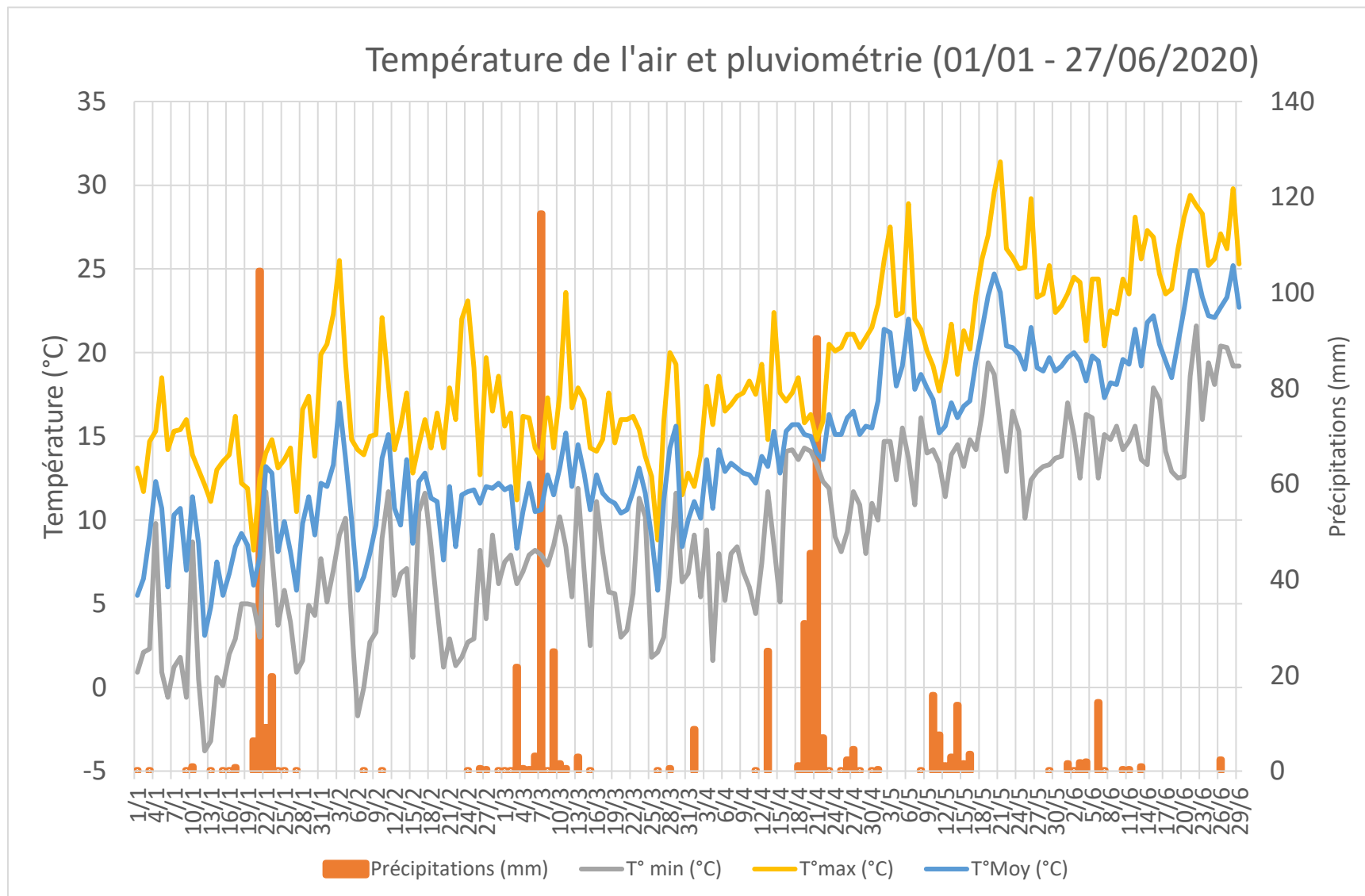
Pour obtenir une unité d'azote par hectare il faut appliquer la formule suivante :

$$N = C \times X$$

Avec N étant l'unité d'azote par hectare et C étant la valeur obtenue en ppm sur le NitraCheck

X dépend du type de sol sur lequel on a prélevé l'échantillon de terre, pour notre sol limoneux prélevé à une profondeur de 30cm et séché à l'étuve, $X = 1.29$.

ANNEXE 3 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE JANVIER-JUIN 2020



ANNEXE 4 : DONNÉES DE RÉCOLTE DU MARAÎCHAGE HIVERNAL

Marforest : Récolte Brocoli 2020		NC= Non Commercialisable														
	Dates	16/12/19	16/12/19	19/12/19	19/12/19	19/12/19	30/12/19	30/12/19	03/01/20	03/01/20	07/01/20	07/01/20	07/01/20	13/01/20	13/01/20	13/01/20
Ligne	Bloc	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids	Nombre	Nombre NC
1	A	0,7	1	1,6	2	0	4,96	6	0,72	1	0,26	1	0	0,185	1	1
1	B	1	1	2,06	3	0	6,52	8	0,7	1	0	0	0	0,32	0	0
1	Reste	2,04	3	3,78	5	0	20,6	26	2,9	4	2,41	6	1	0,84	4	4
2	A	0	0	0,66	1	0	5,64	7	2,06	3	0,495	1	0	0,165	1	1
2	B	1,34	2	0,84	1	0	6,3	8	2	4	0,515	1	0	0,12	1	1
2	Reste	0,7	1	6,06	8	3	12,9	17	4,42	7	3,5	7	0	1,055	3	3
3	A	0	0	0,74	1	0	7,64	7	0,72	1	0	0	0	0,335	1	1
3	B	1,42	2	1,42	2	0	6,68	7	0,8	1	0,265	1	0	0	0	0
3	Reste	1,46	2	4,78	7	0	20,72	25	3,88	6	0	0	0	1,67	2	2
1	C	0	0	1,42	2	0	8,32	11	1,4	1	0	0	0	0	0	0
1	D	1,62	2	1,28	2	0	7,45	9	0,63	2	0	0	0	0	0	0
1	Reste	2,14	3	5,26	9	1	17,46	29	5,82	8	1,275	3	0	0,285	2	2
2	C	0,66	1	0,7	1	0	5,88	8	2,24	3	0	0	0	0,75	3	3
2	D	1,68	2	0,7	1	0	5,3	6	1,38	2	1,15	2	0	0	0	0
2	Reste	2,16	3	3,32	5	0	17,78	22	4,04	6	3,39	7	0	0,845	2	2
3	C	0,66	1	0	0	0	7,36	11	2,04	4	0	0	0	0,31	1	1
3	D	0,76	1	0,72	1	0	5,12	8	2,26	4	0,65	2	0	0,375	1	1
3	Reste	0	0	2,52	4	0	15,46	19	4,62	6	4,57	10	0	1,9	6	4

Marforest : Récolte Radis Noirs 2020						NC= Non Commercialisable		
Dates		02/12/19	02/12/19	19/12/19	19/12/19			
Ligne	Bloc	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Poids Total	Nombre Total	Poids Moyen
1	A	0,47	2	4,06	32	4,53	34	0,13
1	B	2,53	10	3,08	21	5,61	31	0,18
1	C	2,76	13	3	19	5,76	32	0,18
1	Reste	3,32	16	7,26	53	10,58	69	0,15
2	A	1,605	8	4,44	31	6,045	39	0,16
2	B	2,175	9	5,12	31	7,295	40	0,18
2	C	2,27	11	4,66	31	6,93	42	0,17
2	Reste	3,915	18	7,68	43	11,595	61	0,19
3	A	1,445	8	3,2	22	4,645	30	0,15
3	B	1,62	10	3,12	23	4,74	33	0,14
3	C	1,285	7	4,76	29	6,045	36	0,17
3	Reste	3,575	18	9,16	64	12,735	82	0,16

Marforest : Récolte Mini-Blettes 2020										C= Commercialisable					NC= Non Commercialisable					
		06/11/2019	06/11/2019	06/11/2019	06/11/2019	06/11/2019	06/11/2019	06/11/2019	18/11/2019	18/11/2019	18/11/2019	02/12/2019	02/12/2019	02/12/2019	02/12/2019	02/12/2019				
Bloc	Ligne	poids total	poids C	poids NC	Nb C	Nb NC	Nb total	poids moyen	poids total	Nb total	poids moyen	poids total	poids C	poids NC	Nb total	poids moyen	Nb Total récoltée	poids total	poids moyen	poids commercialisable
Bordures	1	10,74					19	565	11,1	17	652,9	10,36			28	370	64	32,2	503,1	
A	1	3,64	1,14	2,5	2	4	6	607				10,9	9,375	1,525	20	545	27	14,54	538,5	10,5
B	1	4,42	3,9	0,52	6	1	7	631				10,38	8,55	1,83	22	472	28	14,8	528,6	12,5
C	1	2,5	0,5	2	1	3	4	625				10,805	9,56	1,245	21	515	25	13,305	532,2	10,1
Bordures	2	13,48					26	518	9,1	17	535,3	9,38			21	447	64	31,96	499,4	
A	2	5,36	2,86	2,5	5	5	9	596				8,75	7,51	1,24	17	515	26	14,11	542,7	10,4
B	2	5,5	1,3	4,2	2	7	10	550				9,72	8,41	1,31	17	572	27	15,22	563,7	9,7
C	2	6,36	3,32	3,04	6	5	11	578				9,6	8,18	1,42	17	565	28	15,96	570,0	11,5
Bordures	3	12,86					21	612	9,3	16	581,3	12,7			30	423	67	34,86	520,3	
A	3	6,38	4,42	1,96	7	4	11	580				8,29	6,78	1,51	17	488	28	14,67	523,9	11,2
B	3	4,36	2,66	1,7	4	3	7	623				8,335	6,01	2,325	17	490	24	12,695	529,0	8,7
C	3	4,72	0,76	3,96	1	6	7	674				12,31	11,165	1,145	21	586	28	17,03	608,2	11,9

Marforest : Récolte Fenouil 2020		NC= Non Commercialisable																		
	Dates	13/01/20	13/01/20	04/02/20	04/02/20	04/02/20	10/02/20	17/02/20	17/02/20	17/02/20	21/02/20	21/02/20	21/02/20	25/02/20	25/02/20	25/02/20				
Ligne	Bloc	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids total	Nombre total	Nombre total NC	Poids Moyen
1	A	0	0	3,14	10	1	0	3,9	11	0	1,8	10	0	1,45	17	11	10,29	48	12	0,21
1	B	0,455	2	6,36	20	1	0	7,385	21	0	3,24	15	0	0	0	0	16,985	58	1	0,29
1	Reste	4,54	17	22,06	72	1	9,44	9,35	30	0	2,64	12	0	1,45	14	4	44,94	145		0,31
2	A	0	0	0,42	2	0	0	5,625	18	0	3,12	14	0	1,505	13	4	10,67	47	4	0,23
2	B	0	0	1,6	7	0	0	6,195	21	0	0,9	5	0	0,74	5	0	9,435	38	0	0,25
2	Reste	1,77	7	9,04	30	0	11,7	14,635	49	0	9	42	0	3,79	23	12	48,165	151		0,32
3	A	1,15	4	6,82	21	0	0	3,3	9	0	1,24	6	0	0,24	1	0	11,6	41	0	0,28
3	B	0,32	1	5,7	18	2	0	3,98	12	0	1,64	8	0	0,49	3	1	11,81	42	3	0,28
3	Reste	2,99	11	27,84	82	1	6,9	6,95	24	4	1,64	9	0	0,695	6	2	44,025	132		0,33
1	C	0,46	2	6,94	24	0	0	6,055	18	0	1,08	4	0	0,455	3	2	14,53	51	2	0,28
1	D	0	0	4,5	17	0	0	7,92	27	0	1,4	7	0	0	0	0	13,82	51	0	0,27
1	Reste	3,565	15	12,56	41	2	11,34	18,435	62	5	6,26	28	0	0,78	7	1	49,375	153		0,32
2	C	0,295	1	6,22	17	0	0	6,12	18	1	1,28	6	0	0,4	3	1	14,02	45	2	0,31
2	D	0	0	3,26	11	0	0	4,86	15	0	3,06	14	0	1,015	8	2	12,195	48	2	0,25
2	Reste	3,245	13	15,58	51	0	8,62	16,78	56	2	7,56	33	0	0,655	5	1	49,195	158		0,31
3	C	0	0	6,7	22	0	0	4,13	13	0	1,8	9	0	0,32	3	2	12,95	47	2	0,28
3	D	0	0	7,3	24	0	0	3,52	10	0	2	8	0	0,49	4	1	13,31	46	1	0,29
3	Reste	2,86	11	21,28	61	0	8,22	11,6	38	0	6,6	28	0	0,855	9	6	48,555	147		0,33

Marforest : Récolte Scarole 2020		NC= Non Commercialisable																
	Dates	04/02/20	04/02/20	04/02/20	17/02/20	17/02/20	21/02/20	21/02/20	24/02/20	24/02/20	24/02/20	25/02/20	25/02/20	25/02/20				
Ligne	Bloc	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids	Nombre	Nombre NC	Poids Total	Nombre Total	Nombre Total NC	Poids Moyen
1	A	1,88	3	0	1,635	2	1,93	3	0,635	1	0	8,74	15	0	14,82	24	0	0,62
1	B	0	0	0	0,9	1	1,575	2	0,72	1	0	10,535	21	1	13,73	25	1	0,55
1	Reste	6,4	11	4	1,6	2	1,185	2	5,025	8	1	25,79	49	9	40	72	14	0,56
2	A	4,04	7	0	2,61	4	0,62	1	0,63	1	0	6,335	13	4	14,235	26	4	0,55
2	B	0,58	1	0	0	0	0,68	1	2,3	3	0	11,08	19	5	14,64	24	5	0,61
2	Reste	3,26	6	0	2,206	3	3,3	5	6,905	10	1	25,525	53	12	41,196	77	13	0,54
3	A	5,2	8	0	1,24	2	2,99	4	1,635	2	0	7,195	12	0	18,26	28	0	0,65
3	B	1,7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	11,08	18	1	12,78	21	1	0,61
3	Reste	7,34	12	0	5,11	7	3,095	4	0	0	0	24,93	45	9	40,475	68	9	0,60
4	A	0,7	1	0	1,48	2	0,705	1	0	0	0	6,95	14	0	9,835	18	0	0,55
4	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,295	8	3	3,295	8	3	0,41
4	Reste	3,28	5	0	0	0	1,52	2	0	0	0	20,645	40	4	25,445	47	4	0,54
5	A	0	0	0	4,35	6	0	0	0	0	0	7,14	12	0	11,49	18	0	0,64
5	B	1,08	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10,9	17	0	11,98	19	0	0,63
5	Reste	2,24	4	0	0	0	2,255	3	0	0	0	26,52	52	9	31,015	59	9	0,53
6	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,71	8	3	4,71	8	3	0,59
6	B	0	0	0	0	0	1,4	2	0	0	0	7,175	15	0	8,575	17	0	0,50
6	Reste	1,08	2	0	2,975	4	1,26	2	0	0	0	22,185	46	5	27,5	54	5	0,51

ANNEXE 5 : DONNÉES DE RÉCOLTE DES CULTURES ESTIVALES

Courges :

Date	22-août	22-août	22-août	22-août	28-août	28-août	28-août	28-août
Parcelle	P1	P1	P1	P1	P7	P7	P7	P7
	Poids Courges mûres	Poids Courges vertes	Nb Courges mûres	Nb Courges vertes	Poids Courges mûres	Poids Courges vertes	Nb Courges mûres	Nb Courges vertes
	22,8	22,76	17	7	23,5	15,04	18	14
	25,48	24,6	20	22	23,66	21,9	22	20
	25,1	25,56	14	14	22,94	23,5	20	17
	23,98	20,88	17	16	25,64	18,52	22	18
	23,38	23,92	17	17	22,38	16,14	22	16
	24,62	23,14	16	18	24,34	12,9	22	11
	23,28	6,76	18	17	23,78		20	
	21,68		19		25,06		19	
	23,78		20		22,36		17	
	23,12		19		22,04		20	
	26		18		26,14		20	
	23,4		18		23,36		18	
	24,2		17		21,56		18	
	25,28		18		25,46		22	
	27,06		19		24,5		20	
	25,34		17		24,54		21	
	21,74		17		23,78		19	
	25,62		19		24,26		18	
	24,6		17		3,28		2	
	22,72		18		2,08		2	
	22,48		9		10,86		18	
	28,28		22					
	25,5		20					
	24,34		22					
	24,52		20					
	19,5		21					
	11,5		17					
Total	639,3	147,62	486	111	445,52	108	380	96

ANNEXE 6 : RÉCOLTE D'AMANDES

Ligne	Arbre	Poids (kg)	Nb saine	Nb monilia	Nb tavelure	Nb piqués	Poids Saines (kg)	Nb total
6	1	3,12	70	9	30	127	0,92	236
6	2	6,34	147	6	29	288	2,06	470
6	3	4,37	115	14	17	194	1,48	340
6	4	4,88	182	22	37	130	2,23	371
6	5	4,5	80	45	52	161	1,06	338
6	6	1,49	24	0	18	59	0,35	101
6	7	0,14	3	0	6	0	0,04	9
6	8	1,34	29	0	8	56	0,43	93
6	9	2,6	49	1	18	118	0,67	186
6	10	1,88	11	4	27	89	0,16	131
7	1	2,2	50	3	25	91	0,69	169
7	2	4,54	61	19	59	201	0,81	340
7	3	1,31	49	5	0	43	0,63	97
7	4	5,34	39	22	61	286	0,52	408
7	5	5,62	22	46	84	288	0,31	440
7	6	2,66	28	6	60	81	0,42	175
7	7	8,1	208	33	15	160	3	416
7	8	3,08	33	26	15	171	0,45	245
7	9	2,4	19	9	33	97	0,3	158
7	10	2,08	15	27	17	98	0,24	157
8	1	2,78	54	4	48	88	0,77	194
8	2	4,1	121	7	43	127	2,03	298
8	3	2,68	132	4	4	59	1,76	199
8	4	4,62	110	10	78	139	1,49	337
8	5	3,12	72	4	24	126	1	226
8	6	1,08	32	2	10	31	0,45	75
8	7	2,64	53	3	37	102	0,7	195
8	8	1,51	18	6	10	70	0,29	104
8	9	0,64	10	9	3	29	0,14	51
8	10	0,96	8	33	8	45	0,13	94
9	1	2,73	97	8	2	87	1,42	194
9	2	1,15	57	4	1	52	0,72	114
9	3	5,02	118	16	48	187	1,61	369
9	4	2,45	27	3	54	83	0,4	167
9	5	2,57	69	9	36	66	1,01	180
9	6	2,84	54	6	22	121	0,82	203
9	7	2,62	84	3	0	97	1,22	184
9	8	1,09	37	2	0	39	0,5	78
9	9	1,87	20	7	14	95	0,29	136
9	10	1,61	21	22	12	8	0,28	63
total		116,07	2428	459	1065	4389	33,8	8341

ANNEXE 7 : DIAMETRES DE TRONCS ABRICOTIER

	Date:	07/10/2019	07/10/2019	06/08/2020	06/08/2020	06/08/2020
Ligne	Arbre n°	Circonférence (mm)	Diamètre(mm)	Circonférence (mm)	Diamètre (mm)	Evolution (mm)
1	1	194	61,8	237	75,4	3,8
1	2	207	65,9	250	79,6	3,2
1	3	209	66,5	249	79,3	4,5
1	4	199	63,3	243	77,3	4,1
1	5	206	65,6	253	80,5	4,1
1	6	190	60,5	238	75,8	5,7
1	7	208	66,2	251	79,9	3,5
1	8	200	63,7	236	75,1	1,9
1	9	179	57,0	218	69,4	4,1
1	10	180	57,3	217	69,1	3,8
1	11	184	58,6	225	71,6	4,8
1	12	189	60,2	227	72,3	5,4
2	1	208	66,2	258	82,1	5,7
2	2	223	71,0	277	88,2	5,4
2	3	211	67,2	251	79,9	3,5
2	4	217	69,1	270	85,9	6,4
2	5	208	66,2	256	81,5	5,1
2	6	213	67,8	265	84,4	6,4
2	7	205	65,3	252	80,2	4,8
2	8	177	56,3	217	69,1	5,4
2	9	175	55,7	239	76,1	12,4
2	10	192	61,1	262	83,4	11,8
2	11	196	62,4	250	79,6	8,0
2	12	198	63,0	247	78,6	5,4
3	1	192	61,1	249	79,3	6,7
3	2	188	59,8	235	74,8	6,4
3	3	204	64,9	244	77,7	4,5
3	4	190	60,5	235	74,8	4,8
3	5	201	64,0	247	78,6	5,4
3	6	180	57,3	222	70,7	4,5
3	7	183	58,3	230	73,2	5,4
3	8	172	54,7	214	68,1	3,2
3	9	158	50,3	192	61,1	5,1
3	10	179	57,0	220	70,0	3,2
3	11	159	50,6	191	60,8	4,1
3	12	171	54,4	215	68,4	4,8
4	1	192	61,1	239	76,1	6,0
4	2	175	55,7	204	64,9	4,5
4	3	180	57,3	221	70,3	5,7
4	4	202	64,3	243	77,3	8,9
4	5	180	57,3	228	72,6	5,7
4	6	200	63,7	242	77,0	3,8
4	7	190	60,5	226	71,9	4,1
4	8	164	52,2		0,0	-50,9
4	9	136	43,3	169	53,8	3,2
4	10	164	52,2	205	65,3	4,8
4	11	179	57,0	216	68,8	2,5
4	12	180	57,3	228	72,6	5,7
5	1	153	48,7	194	61,8	6,0
5	2	179	57,0	225	71,6	5,4
5	3	155	49,3	192	61,1	3,8
5	4	165	52,5	198	63,0	3,5
5	5	156	49,7	199	63,3	5,1
5	6	171	54,4	213	67,8	5,4
5	7	148	47,1	189	60,2	5,1
5	8	149	47,4	192	61,1	5,7
5	9	162	51,6	206	65,6	5,1
5	10	160	50,9	200	63,7	3,2
5	11	132	42,0	162	51,6	3,2
5	12	143	45,5	190	60,5	5,7

ANNEXE 8 : DIAMETRE DE TRONCS AMANDIERS

	Date:	07/10/2019	07/10/2019	06/08/2020	06/08/2020	06/08/2020
Ligne	Arbre n°	Circonférence (mm)	Diamètre(mm)	Circonférence (mm)	Diamètre (mm)	Evolution (mm)
7	1	202	64,3	268	85,3	6,4
7	2	191	60,8	250	79,6	4,1
7	3	175	55,7	230	73,2	6,4
7	4	213	67,8	268	85,3	5,7
7	5	212	67,5	272	86,6	7,0
7	6	195	62,1	271	86,3	6,7
7	7	206	65,6	264	84,0	6,4
7	8	207	65,9	276	87,9	7,6
7	9	202	64,3	260	82,8	6,4
7	10	195	62,1	258	82,1	5,7
8	1	192	61,1	242	77,0	5,4
8	2	190	60,5	245	78,0	6,4
8	3	194	61,8	267	85,0	7,0
8	4	215	68,4	290	92,3	3,2
8	5	214	68,1	283	90,1	6,0
8	6	186	59,2	254	80,9	7,6
8	7	200	63,7	247	78,6	6,4
8	8	177	56,3	234	74,5	4,5
8	9	158	50,3	207	65,9	4,5
8	10	179	57,0	232	73,8	3,8
9	1	190	60,5	236	75,1	5,1
9	2	166	52,8	214	68,1	6,0
9	3	199	63,3	262	83,4	7,0
9	4	195	62,1	244	77,7	6,0
9	5	179	57,0	238	75,8	5,7
9	6	177	56,3	242	77,0	7,0
9	7	208	66,2	264	84,0	6,4
9	8	165	52,5	222	70,7	6,0
9	9	178	56,7	232	73,8	5,7
9	10	175	55,7	230	73,2	4,8

ANNEXE 9 : TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES MARFOREST

Date	Cause du traitement (maladie, ravageur, passage technicien)	Nom commercial du produit	Matière active	Doses Ha / HL	COURGE	PATATE DOUCE	BROCOLI	BLETTE	FENOUIL	SACROLE	RADIS NOIR	ABRICOTIERS	AMANDIERS
08/02/2019	Pucerons (Psylle vecteur de l'ECA)	SOKALCIARBO WP	Kaolin	30 KG									
26/02/2019	Pucerons (Psylle vecteur de l'ECA)	SOKALCIARBO WP	Kaolin	30 KG									
29/03/2019	Tordeuse orientale / Anarsia	DELFIN	Bacillus thuringiensis	1 KG									
31/05/2019	Pucerons (Psylle vecteur de l'ECA)	SAVON NOIR		2%									
12/06/2019	Pucerons (Psylle vecteur de l'ECA)	SAVON NOIR		2%									
01/08/2019	OIDIUM	THIOVIT JET	Soufre micronisé	7,5 KG									
01/08/2019	OIDIUM	THIOVIT JET MICROBILLES	Soufre micronisé	7,5 Kg									
21/08/2019	OIDIUM	THIOVIT JET MICROBILLES	Soufre micronisé	7,5 Kg									
25/09/2019	PUCERON	SAVON NOIR		2%									
04/10/2019	CHENILLES PHYTOPHAGES	SUCCESS 4 / MUSDO 4	SPINOSAD	0,2									
11/10/2019	CHENILLES PHYTOPHAGES	DELFIN	Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki	1 KG									
13/11/2019	CHENILLES PHYTOPHAGES	DELFIN	Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki	1 KG									
25/11/2019	PUCERONS NOIRS	SAVON NOIR		2%									
04/12/2019	CHAMPIGNONS DU SOL	TRI-SOL	Trichoderma atroviride strain I-1237	5KG									

ANNEXE 10 : TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES FAN DE BIO

Date	Cause du traitement (maladie, ravageur, passage technicien)	Nom commercial du produit	Matière active	Doses Kg/Ha ou Kg/Hi
12/02/2020	Pucerons (Psylle vecteur de l'ECA)	SOKALCIARBO WP (BBCH51 et BBCH59)	Kaolin	50 kg
12/03/2020	Pucerons (Psylle vecteur de l'ECA)	SOKALCIARBO WP (BBCH69 et BBCH71)	Kaolin	30 kg
12/03/2020	Bactériose / Corynéum	CHAMP FLO AMPLI	Hydroxyde de cuivre	14 l
02/04/2020	Pucerons (Psylle vecteur de l'ECA)	SOKALCIARBO WP (BBCH69 et BBCH71)	Kaolin	30 kg
09/04/2020	Oïdium	THIOVIT JET MICROBILLES	Soufre micronisé	7,5 Kg
14/04/2020	Oïdium	Microthiol Special Disperss	Soufre micronisé	7,5 Kg
24/04/2020	Oïdium	Microthiol Special Disperss	Soufre micronisé	7,5 Kg
06/05/2020	Oïdium	Microthiol Special Disperss	Soufre micronisé	7,5 Kg
22/05/2020	Oïdium	Microthiol Special Disperss	Soufre micronisé	6l
22/07/2020	Oïdium	Microthiol Special Disperss	Soufre micronisé	7,5 Kg
17/08/2020	Oïdium	Microthiol Special Disperss	Soufre micronisé	5

ANNEXE 11 : SUIVIS ENTOMOFAUNE AUXILIAIRE

Date	Parcelle	Mymaridae	Encyrtidae	Aphelinidae	Eulophidae	Braconidae	Ceraphronidae	Chrysoidea	Cynipidae	Miridae	Ichneumonidae	Megaspillidae	Mymaridae	Coccinellidae	Platygostridae	Pténomalidae	Trichogrammatidae
du 06-04 au 21-04	Marfo total	1	1	2	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	1	3	0
du 06-04 au 21-04	FdB total	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
du 27-04 au 11-05	Marfo total	1	0	0	0	0	1	0	0	3	0	2	1	0	1	0	0
du 27-04 au 11-05	FdB total	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
du 11-05 au 25-05	Marfo total	4	1	1	1	0	0	7	2	1	1	0	1	0	3	0	1
du 11-05 au 25-05	FdB total	1	1	4	1	2	2	1	0	0	1	3	0	0	2	1	0
du 26-05 au 10-06	Marfo total	0	3	1	1	1	4	1	4	0	0	3	0	0	6	1	0
du 15-06 au 30-06	Marfo total	10	11	5	19	2	18	0	0	0	0	0	10	1	18	4	0
du 15-06 au 30-06	FdB total	0	2	1	5	0	3	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0

ANNEXE 12 : TABLEAU D'ÉVALUATION DE DURABILITÉ DES SYSTEMES

Critères	Verger d'abricotiers en AB	Verger maraîcher en AB (Abricotier-1 culture de maraîchage estival-1 culture de maraîchage hivernal)
Marge Brute	Aucun revenu sur les trois premières années (0) Investissement initial moins important (1)	Présence d'une marge brute positive sur chacune des 3 premières années (3)
Protection phytosanitaire	10-20 traitements pour une espèce cultivée (0,5) Présence d'auxiliaires (1)	En moyenne 6 traitements pour 3 espèces cultivées (1,5) Présence d'un plus grand nombre d'auxiliaires (1) Présence d'une plus grande diversité d'auxiliaires (1)
Biodiversité cultivée	1 seule espèce (1) Pas de bande fleurie (0)	3 espèces (3) Présence d'une bande fleurie (1)
Productivité	Productivité des arbres (1) Moins de temps de travail (1)	La vigueur des arbres semble être affectée positivement ou non affectée par le maraîchage (1) La production du maraîchage hivernal n'est pas affecté par les arbres (1) Jusqu'en 3ème année le maraîchage estival n'est pas ou peu affectée par les arbres (1) Le temps de travail est mieux réparti annuellement (1)
Faisabilité	Culture maîtrisée (4)	Besoin de connaissances spécifiques au maraîchage (0) Besoin de matériel spécifique au maraîchage (0) Complexification de la gestion des traitements (0) Besoin d'un circuit de commercialisation pour le maraîchage (0)

Résumé

Titre : Évaluation des performances agronomiques, économiques et écologiques d'un système de verger-maraîcher à l'implantation en climat méditerranéen

L'association d'arbres fruitiers avec des espèces maraîchères présente de nombreux avantages écologiques liés à sa diversité d'espèces cultivées (Warlop et al 2017). Elle permet aussi d'augmenter la résilience économique du système de culture en cas d'aléa climatique (grêle, gel...) ou économique (chute des prix) en diversifiant les sources de revenus (Warlop et al 2017). Il existe peu de documentation sur ce type système de culture et sa mise en place dans des conditions spécifiques, malgré l'intérêt grandissant du domaine agricole pour les vergers-maraîchers. Pour cette raison la Sica Centrex et le CIVAM Bio 66 se sont associés dans le cadre du projet Marforest pour établir un référentiel technique pour la mise en place de ce genre de système en Agriculture Biologique dans les conditions climatiques des Pyrénées Orientales. Le projet a commencé à la plantation d'un verger de 60 abricotiers et 40 amandiers à la Sica Centrex en janvier 2018. L'objectif de ce mémoire est d'établir un référentiel de données techniques et économiques sur la mise en place de maraîchage durant les années de formation du verger. Pour cela des cultures de courges et de patates douces ont été implantées en été et de brocoli, scarole, fenouil... en hiver. Le temps de travail ainsi que les résultats économiques liés à la présence de maraîchage en verger sont étudiés. De même, des variables agronomiques telles que la vigueur et le rendement du maraîchage, ainsi que le diamètre des troncs des fruitiers et le rendement des amandiers, permettant d'évaluer l'effet des interactions entre ces deux cultures. Enfin l'aspect écologique du projet est abordé à travers l'étude des IFT et de la biodiversité sur la parcelle. Ces variables sont étudiées sur la 2^{ème} et 3^{ème} année suivant la plantation des arbres. Nos résultats montrent que le maraîchage n'a pas eu d'effet sur la production fruitière des amandiers. Nous trouvons cependant un effet bénéfique sur la vigueur des arbres étant paillés et côtoyant une parcelle de maraîchage ou ceux côtoyant 2 parcelles de maraîchage en comparaison avec ceux entourés d'herbe. Aucune différence n'a été observée sur les abricotiers. Aucun effet des arbres n'a été observé sur le maraîchage hivernal. Nous observons uniquement une faible tendance pour les lignes de maraîchage positionnées proches du côté Est des arbres à être moins vigoureuses pour les cultures estivales. Un faible IFT ainsi qu'une biodiversité plus importante ont été observés sur la parcelle d'agroforesterie en comparaison avec un verger classique. Enfin, une meilleure répartition annuelle du temps de travail ainsi qu'une marge brute positive pour le maraîchage ont été observées lors des cultures de l'année 2019. Le système de verger maraîcher paraît donc plus durable que celui de la monoculture fruitière.

Mots-clés : verger-maraîcher, système de culture, agroforesterie, climat méditerranéen, agroécologie, maraîchage

Pour citer ce document : Lapauw Maxime, *Évaluation des performances agronomiques, économiques et écologiques d'un système de verger-maraîcher à l'implantation en climat méditerranéen*, Mémoire, Ingénieur Agronome, Production Végétale Durable, Montpellier SupAgro, 70p., 2020

Montpellier SupAgro, Institut national d'études supérieures agronomiques de Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02. <http://www.supagro.fr>