

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Systèmes Agricoles et
Agroalimentaires Durables au Sud (SAADS)
Option REssources, Systèmes Agricoles et Développement (RESAD)

**Diversité des systèmes maraîchers agroforestiers dans le Sud-Est de
la France : quelles leçons tirer des conceptions et des trajectoires
des pratiques des agricultrices et agriculteurs ?**



Présenté par **Reva VIAUD**

Année de soutenance : **2024**

Organisme d'accueil : **ADAF** (l'Association pour le Développement de
l'Agroécologie et de l'agroForesterie)

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Systèmes Agricoles et
Agroalimentaires Durables au Sud (SAADS)
Option REssources, Systèmes Agricoles et Développement (RESAD)

Diversité des systèmes maraîchers agroforestiers dans le Sud-Est de la France : quelles leçons tirer des conceptions et des trajectoires des pratiques des agricultrices et agriculteurs ?



Présenté par **Reva VIAUD**

Année de soutenance : **2024**

Mémoire préparé sous la direction de :
Pascale MOITY-MAIZI

Organisme d'accueil : **ADAF**

Présenté le **24/10/2024** devant le jury :

Isabelle MICHEL

André SIEFFERT

Raphaël PAUT

Marina GUESSOUS

Maître de stage : **André SIEFFERT**

RÉSUMÉ

Le double défi auquel l'agriculture fait face aujourd'hui est la production de nourriture et la préservation de l'environnement. Dans le cadre de l'adaptation des systèmes agricoles au changement climatique, le Maraîchage AgroForestier (MAF), qui associe des arbres et des cultures maraîchères au sein d'une parcelle agricole, représente un modèle de production intéressant. Depuis une dizaine d'années, le Sud-Est de la France est marqué par une demande d'installations croissante vers des systèmes maraîchers diversifiés, pour qui les arbres permettent de ramener de la biodiversité et de varier les revenus. Néanmoins, ces systèmes ne sont pas faciles à étudier du fait de leur grande diversité et un besoin de références se fait sentir. Cette étude, menée dans le cadre du projet ALMANAC, reposant sur une collaboration étroite entre agricultrices / agriculteurs et chercheurs, contribue à une meilleure compréhension des systèmes MAF et de leurs performances en région méditerranéenne. La démarche mise en œuvre est basée sur des enquêtes qualitatives auprès de 20 fermes en MAF. À partir de leurs retours d'expérience, des typologies de fermes, de systèmes de culture MAF ainsi que de leur trajectoire, sont réalisées. Ces typologies, couplées à l'analyse comparée des performances technico-économiques de ces systèmes, permettent de mieux comprendre leurs facteurs de réussite. Cette étude met en évidence que chaque système est unique et que sa conception (agencement spatial des espèces et biodiversité cultivée), ainsi que le type de ferme au sein duquel il s'intègre, jouent un rôle crucial dans leur pérennisation et dans la valorisation socio-économique du travail.

Mots clefs :

Agroforesterie – Maraîchage – Systèmes Agricoles – Typologie – Trajectoire – Performances – Étude socio-économique – Sud-Est de la France

Pour citer ce document : Viaud, Reva (2024). Diversité des systèmes maraîchers agroforestiers dans le Sud-Est de la France : quelles leçons tirer des conceptions et des trajectoires des pratiques des agricultrices et agriculteurs ? Mémoire d'Ingénieur Systèmes Agricoles et Agroalimentaires Durables au Sud, option REssources, Systèmes Agricoles et Développement, L'Institut Agro Montpellier, 75 p.

ABSTRACT

The dual challenge that agriculture faces today is the production of food and the environmental preservation. As part of the adaptation of agricultural systems to climate change, AgroForestry Community Gardens (AFCGs), which combine trees and vegetable crops within an agricultural plot, represents an interesting production model. Over the past decade, Southeastern France has seen a growing demand for diversified market gardening systems, where trees help bring back biodiversity and diversify income sources. However, these systems are difficult to study due to their complexity, and there is a need for more references. This research, conducted as part of the ALMANAC project and based on close collaboration between farmers and researchers, contributes to a better understanding of AFCGs systems and their performance in the Mediterranean region. The approach used is based on qualitative surveys of 20 AFCGs. From their feedback, typologies of farms, AFCG' cropping systems, and their development paths are created. These typologies, coupled with a comparative analysis of the technical and economic performance of these systems, help to better understand their success factors. This study highlights that each system is unique and that its design (spatial organization of species and cultivated biodiversity), as well as the type of farm in which it is integrated, play a crucial role in their sustainability and in the socio-economic enhancement of labor.

Key words :

Agroforestry – Market gardening – Agricultural Systems – Typology – Trajectory – Performances – Socio-economic study – South-Est of France

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier les agricultrices et agriculteurs que j'ai eu la chance de rencontrer au cours de ce stage. Un grand merci pour votre accueil et le partage d'expériences sur vos systèmes agroforestiers (maraîchers et autres). Je vous remercie pour votre bienveillance et pour le temps que vous m'avez consacré pour cette étude, malgré une charge de travail conséquente et des conditions climatiques difficiles durant cette période.

Un grand merci à André SIEFFERT, maître de stage, mais également à François WARLOP et Florian CARLET, pour votre confiance. Je vous remercie de m'avoir offert l'opportunité de travailler sur ces systèmes innovants. Simplifier la grande diversité de ces systèmes, pour chercher à les expliquer, a été très complexe, mais c'est précisément ce qui a rendu ce travail si passionnant !

Un immense merci à Isabelle MICHEL et Pascale MOITI-MAIZI pour l'encadrement de ce stage, pour vos conseils avisés et vos encouragements tout au long de ce travail ! J'en profite également pour remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique RESAD (et les copains) pour cette année qui a été l'une de mes meilleures années d'études ! Merci à toute l'équipe encadrante qui n'a cessé de nous faire comprendre que « **les agricultrices et agriculteurs ont toujours une bonne raison de faire ce qu'ils font** ». Mais aussi merci au campus de l'IRC (oui je n'arrive pas à me faire au pôle tropique) d'exister, parce qu'ailleurs cela n'aurait pas été pareil.

Merci également à Raphaël PAUT, Emma LE-MERLUS et Léa GARREAU, qui m'ont chacun apporté leur aide sur des aspects méthodologiques spécifiques de cette étude. Merci d'avoir pris ce temps pour m'aiguiller et pour me faire prendre du recul sur mon travail.

Merci aussi à toute l'équipe du GRAB pour votre accueil et notamment des moments de convivialité lors des repas partagés. Un merci tout particulier aux autres stagiaires, devenus des copains, pour nos précieux moments de discussions, de danse, de randonnées et de baignades en rivière, qui ont été essentiels pour se ressourcer après ces longues journées d'été. Bien qu'ayant été peu présente à l'ADAF, je tiens à remercier toute l'équipe, pour leurs valeurs et l'énergie qu'ils mettent à reboiser et à remettre de la vie dans les parcelles agricoles.

Je souhaite également remercier les membres du jury, pour l'attention accordée à la lecture de ce mémoire, ainsi que pour les remarques constructives dont vous me ferez part.

Enfin, mes pensées vont à mes proches, toujours présents quand il s'agissait de me faire voyager et prendre du recul les week-ends. Cet équilibre stage et vie personnelle m'a permis de rester motivée tout au long de cette période et je leur en suis très reconnaissante. Un immense merci à mes parents pour leur relecture attentive, bien que l'agronomie ne soit pas leur domaine, et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail. Merci de m'avoir permis de faire ces études et de les finir en beauté !

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos

Glossaire

Sigles et Acronymes

Table des Figures

Liste des Tableaux

Introduction.....	1
1 Définition de l'objet d'étude	2
1.1 L'agroforesterie, « un concept nouveau pour une pratique ancienne »	2
1.2 Le maraîchage agroforestier, une forme singulière d'agroforesterie	6
2 Contexte et construction de la problématique	9
2.1 Contexte institutionnel	9
2.2 Zone d'étude.....	13
2.3 Problématique, questions et hypothèses de recherche	14
3 Méthodologie.....	15
3.1 Concepts mobilisés	15
3.2 Démarche mise en œuvre	18
3.3 Traitement des données	23
4 Résultats	24
4.1 Différences d'intérêts, de ressources et d'ateliers au sein des fermes	24
4.2 Systèmes de culture maraîchers agroforestiers différenciés par les arbres	31
4.3 Trajectoires des systèmes de culture maraîchers agroforestiers au sein des fermes	46
4.4 Performances technico-économiques et biodiversité cultivée contrastées	58
4.5 Nouveaux systèmes maraîchers agroforestiers émergents	64
5 Discussion.....	66
5.1 Le maraîchage agroforestier : un équilibre entre biodiversité cultivée et valorisation socio-économique du travail, dépendant des fermes et des objectifs recherchés	66
5.2 L'importance d'aborder à la fois l'échelle de la ferme et de la parcelle pour mieux appréhender les dynamiques de ces systèmes	70
5.3 Limites et perspectives de l'étude.....	73
Conclusion	75
Bibliographie	76
Annexes.....	82

AVANT-PROPOS

Ce mémoire clôture ma formation d'Ingénieur Systèmes Agricoles et Agroalimentaire Durables au Sud (SAADS), option REssources, Systèmes Agricoles et Développement (**RESAD**) au sein de l'**Institut Agro Montpellier**. Cette étude est réalisée dans le cadre du projet **ALMANAC** (Accompagner Le Maraîchage Agroforestier par une Nouvelle Approche Collaborative), projet en collaboration étroite entre agricultrices / agriculteurs et chercheurs. Le terrain d'étude est le Sud-Est de la France, dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et les départements de la Drôme et du Gard. L'organisme d'accueil du stage est l'Association de Développement de l'Agroécologie et de l'agroForesterie (**ADAF**), basée dans le département de la Drôme. Néanmoins, la majorité du stage s'est déroulée au sein des locaux du Groupement de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB), basé dans le département du Vaucluse, partenaire du projet, afin de faciliter les déplacements en région méditerranéenne.

Pour rendre la lecture de ce document plus fluide, l'écriture inclusive n'est pas employée mais les agricultrices et agriculteurs sont regroupés sous le terme « **agris** » et leur genre ne sera pas distingué. De même, le mot « **ferme** » est employé, plutôt que celui d'exploitation agricole. En effet, les agris rencontrés lors de cette étude ne sont pas en accord avec ce terme, car leur but n'est pas d'exploiter les ressources pour produire, mais de travailler avec elles, tout en les préservant et en les améliorant.

Enfin, les fermes enquêtées et présentées dans ce mémoire ont été rendues anonymes, ainsi que leur localisation précise. Il ne s'agissait pas d'une demande de la part des agris, au contraire j'avais leur accord. Cependant, ce choix permet de valoriser les données recueillies au cours de cette étude tout en respectant et en ne portant pas atteinte à leur vie privée.

GLOSSAIRE

Ager : champ ou terre cultivable.

Arbre champêtre : élément qui renvoie à une réalité complexe, celle de l'arbre de la forêt et celle de l'arbre des champs, qu'il soit spontané ou domestiqué (Rochdi, 2020). Dans cette étude, un arbre est considéré comme champêtre dès lors que sa vocation principale n'est pas la production fruitière.

Biodiversité cultivée : ensemble des espèces végétales et animales cultivées, où les variétés (cultivars) et races sont distinguées. Dans cette étude, la biodiversité cultivée est uniquement étudiée au niveau des espèces végétales.

Biodiversité fonctionnelle : ensemble des éléments de la biodiversité végétale et animale, cultivés ou non, fournissant des services écosystémiques à l'agriculteur (ex : coccinelles, fleurs ...) (Warlop et al. 2017).

Complantation : arbres volontairement plantés dans les parcelles agricoles, pouvant être alignés ou dispersés de façon non géométrique (Coulon et al., 2000).

Cultures intercalaires : alternance de cultures maraîchères ou de plantes annuelles et de rangées d'arbres ou d'arbustes (De Baets et al., 2007). À l'opposé de la culture sous couvert forestier, les arbres et les cultures annuelles y sont juxtaposés, et non superposés (Torquebiau, 2007).

Embocagement : arbres volontairement plantés autour des parcelles agricoles pour les délimiter (Coulon et al., 2000).

Ferme pilote : ferme à visée de production agricole mais aussi de lieu d'échange, d'expérimentation et de démonstration (AFAF, 2024).

Haie : unité linéaire de végétation continue d'arbres et d'arbustes, d'une largeur maximale de 10m et ne présentant pas de discontinuité supérieure à 5m de long (AFAF, 2024). Elle peut être située en bordures de champ, dans le champ ou en bordures de cours d'eau. Dans cette étude, les haies sont situées dans les parcelles, et présentent une discontinuité inférieure à 3m de long.

Joualle ou hautain : technique de culture datant du XI^e siècle, associant des arbres fruitiers et des vignes. Les vignes se servent des arbres comme tuteur pour prendre de la hauteur. Ce terme, désignait plus couramment le système agricole dans son ensemble, qui comprenait aussi des cultures intercalaires céréalières ou maraîchères (Coulon et al., 2000).

Maraîchage agroforestier : association entre des arbres (fruitiers et ou champêtres) et des cultures maraîchères sur une même parcelle.

Pré-verger : association des arbres fruitiers et des animaux d'élevage sur une même parcelle, pouvant aussi être appelé verger pâturé (AFAF, 2024).

Saltus : espace non cultivé (espace plus ou moins boisé) éventuellement voué à l'élevage (pâturage).

Silva : espace boisé (ou forestier) exploité pour son bois.

Système de culture : ensemble formé par des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manières identiques. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures, leur ordre de succession et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures (Sebillotte & Meynard, 1990). Dans cette étude, un système de culture maraîcher agroforestier se définit par ses composantes pérennes (arbres et arbustes) et annuelles (cultures maraîchères).

SIGLES ET ACRONYMES

ADAF : Association pour le Développement de l'Agroécologie et de l'agroForesterie

ADEAR : Association pour le Développement de l'Emploi Agricole et Rural

AFAF : AgroForesterie Association Française

Agris : agricultrices et agriculteurs

ALMANAC : Accompagner Le Maraîchage Agroforestier par une Nouvelle Approche Collaborative

CA : Chiffre d'Affaires

CI : Consommations Intermédiaires

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

GR CIVAM PACA : Groupement Régional du Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural en Provence-Alpes-Côte d'Azur

GRAB : Groupement de Recherche en Agriculture Biologique

ha : hectare

INRAe : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'environnement

jW : jour de travail (1 jW = 8 h)

MAF : Maraîchage AgroForestier

MSV : Maraîchage sur Sol Vivant

NIMA : Non Issu du Milieu Agricole

PAC : Politique Agricole Commune

PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur

PB : Produit Brut

PPAM : Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales

SARL : Société A Responsabilité Limitée

SAU : Surface Agricole Utile

SCEA : Société Civile d'Exploitation Agricole

SCOP : Société COopérative de Production

SdC : Système de Culture

UMR : Unité Mixte de Recherche

UTH : Unité de Travail Humain

VAB : Valeur Ajoutée Brute

VM : Verger-Maraîcher

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Exemples de systèmes agroforestiers anciens.	3
Figure 2 : Exemples de systèmes agroforestiers actuels.	3
Figure 3 : Schéma récapitulant les fonctions remplies par les arbres dans un système cultivé.....	4
Figure 4 : Rétrospective des projets de recherche en maraîchage agroforestier.	10
Figure 5 : Diagrammes ombro-thermiques sur la moyenne de la température et de la pluviométrie pour la période 1991-2021.	13
Figure 6 : Localisation des 20 fermes enquêtées dans la zone d'étude.	19
Figure 7 : Synthèse de la démarche avec l'effectif des fermes et des SdC MAF pour chaque phase de travail.....	22
Figure 8 : Cartographie des objectifs recherchés par l'association entre les arbres et les cultures maraîchères.....	26
Figure 9 : Répartition des fermes selon l'indice de biodiversité sommée en fonction de la surface agricole utile cultivée en MAF.....	26
Figure 10 : Répartition des fermes selon la proportion du temps de travail dédié aux arbres par rapport à leur contribution au chiffre d'affaires.....	28
Figure 11 : Répartition des fermes selon la part de la surface cultivée en MAF en fonction de la surface agricole utile totale cultivée.....	30
Figure 12 : Typologie des SdC MAF.....	32
Figure 13 : Schéma et photo du parcellaire du sous-type 1 du type 1.....	35
Figure 14 : Schéma parcellaire du sous-type 2 du type 1.....	35
Figure 15 : Schéma parcellaire et photo du sous-type 3 du type 1.....	36
Figure 16 : Schéma parcellaire des 4 stratégies d'association d'arbres du sous-type 1 du type 2.	37
Figure 17 : Schéma parcellaire du sous-type 2 du type 2.	38
Figure 18 : Schéma parcellaire et photo du sous-type 3 du type 2.....	39
Figure 19 : Schéma parcellaire du type 3.....	40
Figure 20 : Schéma parcellaire du sous-type 1 du type 4.....	41
Figure 21 : Schéma parcellaire du sous-type 2 du type 4.....	42
Figure 22 : Photos des parcelles des 3 sous-types du type 5.	43
Figure 23 : Frise chronologique d'apparition des 5 types de SdC MAF en fonction de l'échantillon des fermes.	44
Figure 24 : Clé de lecture présentant les 4 grands types de trajectoires des SdC MAF au sein des fermes.	46
Figure 25 : Schéma des trajectoires des 5 SdC MAF du type 1.....	47
Figure 26 : Schéma des trajectoires des 13 SdC MAF du type 2.....	48
Figure 27 : Schéma des trajectoires des 2 SdC MAF du type 3.....	50
Figure 28 : Schéma des trajectoires des 4 SdC MAF du type 4.....	51
Figure 29 : Schéma des trajectoires des 3 SdC MAF du type 5.....	52
Figure 30 : Comparaison des productivités à l'hectare des différents SdC MAF.	59
Figure 31 : Comparaison des productivités du travail des différents SdC MAF.	59
Figure 32 : Relation entre l'indice de biodiversité incrémentée et la productivité à l'hectare pour chaque SdC MAF.	62
Figure 33 : Relation entre l'indice de biodiversité incrémentée et la productivité du travail pour chaque SdC MAF.	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des données recueillies au cours des 22 entretiens semi-directifs de la première phase de terrain.	20
Tableau 2 : Synthèse des données recueillies au cours des 8 entretiens semi-directifs de la deuxième phase de terrain.	21
Tableau 3 : Compilation de la structure cultivée et des modes de conduite pour les composantes arborées et maraîchères de chaque SdC MAF rencontrés.	34
Tableau 4 : Mise en relation des types de SdC MAF avec leur type de trajectoire au sein des fermes	54
Tableau 5 : Raisons évoquées pour expliquer la diminution du maraîchage au sein des fermes et ce que cela implique en termes de réorganisation du travail via la création d'un nouvel atelier ou d'une nouvelle production.	55
Tableau 6 : Comparaison des productivités à l'hectare et du travail au sein de 2 fermes sans et avec transformation d'une partie de la production.	60
Tableau 7 : Détail du calcul et des résultats de l'indicateur de biodiversité incrémentée en fonction des SdC MAF.	61

INTRODUCTION

Le double défi auquel l'agriculture fait face aujourd'hui est la production de nourriture et la préservation de l'environnement. Cela a favorisé l'émergence de nouveaux modèles de production qui reposent sur une approche écosystémique incluant une plus grande biodiversité cultivée. L'agroforesterie associant des arbres à des productions végétales et/ou animales au sein d'une même parcelle (AFAF, 2024 ; Nair, 1991) est l'une des pratiques d'utilisation des terres agricoles la plus efficace pour la transition agroécologique (Gliessman, 1990). En France, l'agroforesterie fait désormais partie du programme des instituts de recherche agricole (Duru et al., 2014) et des politiques publiques de la transition agroécologique (Dubois, 2016) mais elle reste marginale. La modernisation de l'agriculture a entraîné l'exclusion des arbres des zones cultivées, a rendu les systèmes agricoles spécialisés, la diversité étant principalement assurée par la succession des cultures plus que par leur coexistence spatio-temporelle, rendant difficile l'adoption des systèmes agroforestiers par les agriculteurs (Léger et al., 2019). Une exception notable à ce mécanisme d'exclusion des arbres est le jardin familial, où les légumes coexistent souvent avec des plantes pérennes. Ceci peut expliquer l'émergence au cours de ces dernières années d'une forme particulière d'agroforesterie professionnelle, le maraîchage agroforestier (MAF), qui associe des arbres (le plus souvent des fruitiers) et du maraîchage au sein d'une parcelle agricole. Le maraîchage agroforestier est le plus souvent retrouvé dans les fermes biologiques, qui cultivent sur des petites surfaces et qui vendent leur production en circuits courts (Léger et al., 2019 ; Morel & Léger, 2016).

En vue d'adapter les systèmes de culture au changement climatique, de diversifier les productions sur petites surfaces, de réduire l'utilisation d'intrants et de favoriser la biodiversité, le MAF représente une solution intéressante pour les agricultrices et agriculteurs (agris). Néanmoins, ces systèmes qui émergent depuis une quinzaine d'années ne sont pas faciles à étudier du fait de leur très grande diversité (Léger et al., 2019) et un besoin de références se fait sentir. La présente étude s'inscrit dans le projet de recherche et de développement ALMANAC (Accompagner Le Maraîchage Agroforestier par une Nouvelle Approche Collaborative) (2021-2025) qui repose sur une collaboration étroite entre agris et chercheurs. Cette étude est localisée dans le Sud-Est de la France, zone d'action des différents partenaires du projet. Elle vise à améliorer les connaissances sur les interactions agronomiques et technico-économiques entre les arbres et les productions maraîchères afin de proposer des pistes de réflexions pour la conception et la gestion des systèmes MAF. L'objectif du stage est de contribuer à une meilleure compréhension des systèmes MAF et de leurs performances en lien avec l'organisation du travail afin de mieux conseiller les porteurs de projets dans la conception de leur système.

Cette étude capitalise donc les retours d'expérience de 20 fermes en MAF, pour comprendre les performances de ces systèmes au regard de la biodiversité cultivée. Elle commencera par une présentation des fermes qui ont mis en place cette association entre arbres et cultures maraîchères. Puis, la diversité des systèmes de culture en MAF qu'elles comportent sera référencée. Les trajectoires de ces systèmes sur les différentes fermes seront étudiées, afin de repérer les principaux facteurs de changement, ainsi que les atouts et contraintes dans leur conception. Enfin, les performances technico-économiques associées à la biodiversité cultivée, ainsi que les principales dynamiques de ces systèmes, perçues par les agris et mises en perspective avec nos analyses, seront présentées.

1 DÉFINITION DE L'OBJET D'ÉTUDE

1.1 L'agroforesterie, « un concept nouveau pour une pratique ancienne »

1.1.1 Définitions et historique de l'agroforesterie

« L'agroforesterie désigne tous les systèmes d'utilisation du territoire qui associent des arbres ou autres végétaux ligneux pérennes et des productions animales et/ou végétales sur une même unité de surface » (Nair, 1991). Cette définition est reprise par l'Association Française d'Agroforesterie qui définit l'agroforesterie comme « l'ensemble des pratiques agricoles qui associent, sur une même parcelle, des arbres sous toutes leurs formes (haies, alignements, bosquets ...) à une culture agricole et/ou à de l'élevage » (AFAF, 2024). Le terme d'agroforesterie est né à la fin des années 1970 sous l'impulsion de l'ICRAF (International Council for Research in Agroforestry) qui donne une définition internationale de l'agroforesterie, tropicale et tempérée : « l'agroforesterie est un système dynamique de gestion des ressources naturelles qui intègre des arbres dans les exploitations agricoles et le paysage rural et permet ainsi de diversifier et maintenir la production afin d'améliorer les conditions sociales, économiques et environnementales de l'ensemble des utilisateurs de la terre » (Agforward, 2017). D'après le projet européen AGFORWARD (AGroFOREstry that Will Advance Rural Development (2014-2017)), l'agroforesterie en Europe représente une surface totale de 15,4 millions d'hectares (soit 3,6 % de la surface totale et 8,8 % de la SAU). Parmi les diverses formes d'agroforesterie, celles associées à l'élevage sont les plus répandues (15,1 millions d'ha), très loin devant celles en lien avec les cultures végétales intercalaires (358 000 ha) (Agforward, 2017).

Les systèmes agroforestiers sont anciens et présents partout dans le monde. Les légumes et les arbres sont traditionnellement associés dans les régions méditerranéennes mais aussi dans les tropiques, où l'agriculture vivrière est présente sur peu de terres arables disponibles (Dupraz & Liagre, 2008). L'agroforesterie démarre dès l'époque romaine avec principalement les associations vigne-arbre et blé-olivier. Les haies sont avant tout défensives pour protéger les cultures des animaux qui restent dans le *saltus* (Coulon et al., 2000). L'essor de l'agroforesterie se fait entre le début du XVII^e et du XX^e siècle, caractérisée par une période d'*embocagement* et de *complantation* (apparition d'arbres dans l'*ager*). La surface forestière (*silva*) se réduit alors que les arbres gagnent en surface dans l'*ager*. Les « arbres à bois » sont essentiellement utilisés pour le maillage bocager et les arbres fruitiers sont utilisés en alignement ou en complantation avec des cultures et de la vigne ou avec des prairies. La plantation d'arbres est considérée comme une création de richesses et la mixité des productions semble être la règle pour permettre une meilleure production à l'hectare (Coulon et al., 2000). La *joualle* (ou *hautain*) dans le Sud-Ouest de la France (Dupraz & Liagre, 2008), la *coltura promiscua* (culture intercalaire) en Italie (Ferrario, 2012), les *huertas* (vergers) et les *pomeradas* (vergers de pommiers) en Espagne (Coulon et al., 2000), les *streuobst* (verger traditionnel) dans les zones tempérées européennes (Herzog, 1998), les oliveraies traditionnelles de Grèce ou de Sicile (Papanastasis et al., 2009 ; Rühl et al., 2011), sont autant d'exemples qui traduisaient cette volonté de densifier les systèmes agricoles par l'association de cultures pérennes et annuelles (**Figure 1**). À partir de la moitié du XX^e siècle, l'essor des progrès techniques, dont la motorisation, vont remettre en question la place de l'arbre au sein des systèmes agricoles : l'arbre gêne le passage des tracteurs et fait de l'ombre aux cultures ; « chaque production doit avoir son champ » (Coulon et al., 2000). Les années 1950-1960 marquent un tournant important pour les pratiques agroforestières. Le bocage va ainsi perdre plus de 50% de son linéaire. L'intensification agricole est lancée et l'arbre passe dans l'oubli et n'est plus considéré comme porteur de progrès technique (Coulon et al., 2000).



Figure 1 : Exemples de systèmes agroforestiers anciens.

Dessin d'une vendange en hautain en 1784 (à gauche), photo d'une coltura promiscua dans le nord de l'Italie (au centre) et carte de 1554 présentant un champ cultivé avec un alignement d'arbres intra-parcellaire (à droite).

Ce n'est qu'à partir des années 1980 que certains agronomes vont remettre en avant l'intérêt de l'*arbre champêtre* (arbre non fruitier) pour la mise en œuvre d'une agriculture agroécologique (Coulon et al., 2000). En milieu tempéré, les recherches portent plus sur les systèmes associant arbres champêtres à des grandes cultures ou à des cultures fourragères (Dupraz & Liagre, 2008) (**Figure 2**). En milieu tropical, les recherches récentes sur les systèmes agroforestiers s'intéressent aux systèmes multi-stratifiés allant des jardins familiaux (jardins forêts) aux systèmes à base de cultures de rente (caféiers, cacaoyers, bananiers...) (Nair, 2001) (**Figure 2**). En Europe, malgré la standardisation des pratiques agricoles et le remembrement de la deuxième moitié du XX^e siècle, certains systèmes agroforestiers traditionnels se sont maintenus : bocages, sylvopastoralisme, pré-vergers, cultures intercalaires en vergers fruitiers, vignes complantées ... De nombreuses formes traditionnelles d'agroforesterie sont remises au goût du jour mais de nouvelles pratiques émergent également. Le rapport de la FAO (Food and Agriculture Organization) sur l'état de la biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde (2019) met en évidence un progrès de l'agroforesterie dans de nombreux pays. Selon les estimations réalisées pour la période 2008-2010 à l'échelle mondiale, plus de 5 millions de km² de terres agricoles présentent une couverture arborée d'au moins 20 %, soit une augmentation de 1,8 % depuis 2000 (Pilling & Bélanger, 2019).



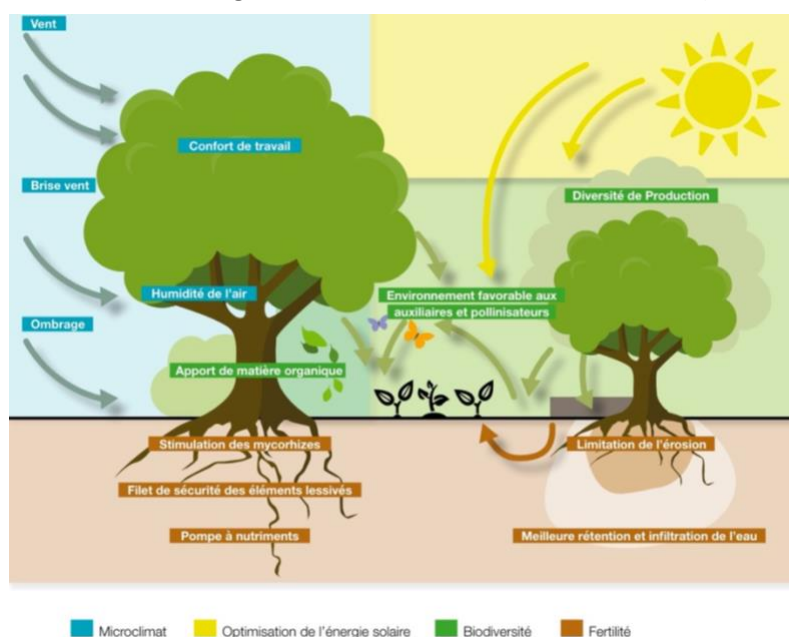
Figure 2 : Exemples de systèmes agroforestiers actuels.

Photo du Domaine de Restinclières (Hérault) (à gauche), photo de la Ferme du Pradel (Ardèche) (au centre), photo d'une agro-forêt complexe en Côte d'Ivoire (à droite).

1.1.2 Enjeux de l'agroforesterie

« De la ferme au bassin versant, du champ ouvert (ager) à la forêt domestique ou au bois pâturé (silva), une bonne intégration des arbres et des haies en agriculture, permet à la fois d'augmenter la production, de diversifier les revenus et les services écologiques et d'assurer la préservation et le renouvellement des ressources naturelles : l'eau, les sols (fertilité), la biodiversité ... » (AFAF, 2024).

L'objectif central de la conception des systèmes multi-espèces est de favoriser les régulations naturelles en mettant en place des systèmes de culture fondés sur l'imitation des processus observables dans des écosystèmes naturels (Malézieux, 2012), favorisant leur stabilité et leur résilience. Dans ce cas, la stimulation des processus écologiques n'est pas obtenue seulement à travers la gestion de la partie aérienne de l'agroécosystème mais est fondée également sur l'optimisation des processus écologiques dans le système sol/eau/plantes/microorganismes. En plus d'augmenter potentiellement la productivité (rendement, diversité et qualité des productions) sur une même surface, l'agroforesterie présente d'autres intérêts (**Figure 3**). Smith en a défini trois grands types de bénéfices : **productifs, environnementaux et socio-économiques** (Smith, 2010). Les arbres assurent la modulation des conditions microclimatiques via leur effet brise-vent, l'ombrage et l'augmentation de l'humidité de l'air (Labant, 2009). Ce sont de plus des puits à carbone essentiels dans un contexte de changement climatique. L'association de plusieurs strates de cultures permet l'optimisation de l'énergie solaire car la photosynthèse par unité de surface est maximisée. En augmentant la diversité des cultures (*biodiversité cultivée*), l'augmentation de la



biodiversité fonctionnelle est possible via les mécanismes de lutte biologique et de conservation contre les bioagresseurs. Cela contribue à une réduction, voire un arrêt total de l'usage des produits phytosanitaires (Altieri, 2004). Enfin, les arbres jouent un rôle dans l'amélioration de la fertilité des sols via leur système racinaire et végétatif (amélioration de l'infiltration de l'eau, limitation de l'érosion, apport en matières organiques, récupération des nutriments dans les couches plus profondes du sol ...) (Asselineau & Domenech 2007 ; Soltner, 2016).

Figure 3 : Schéma récapitulant les fonctions remplies par les arbres dans un système cultivé (Warlop et al., 2017).

À l'échelle de la ferme, l'un des objectifs des systèmes agroforestiers est l'optimisation des surfaces utilisées et des rendements obtenus par unité de surface et/ou par unité de main-d'œuvre (Nair & Garrity, 2012). Ce qui importe, c'est l'efficacité globale du système, quand bien même le rendement en association peut se révéler plus faible que celui qu'il serait en culture pure. La productivité globale des parcelles agroforestières peut générer jusqu'à 30% de biomasse en plus, comparativement à une exploitation où les productions sont séparées (Dupraz & Capillon, 2006). La plus-value de ces associations est d'autant plus intéressante à considérer dans les zones où l'accès au foncier agricole est complexe. Outre l'intérêt agronomique, les effets d'ombrage apportés par les arbres procurent de meilleures conditions de travail aux agricultrices et agriculteurs (agris).

À l'échelle du territoire, les parcelles agroforestières constituent des zones de refuge pour de nombreuses espèces mobiles. Elles assurent la fonction de corridors biologiques et de conservation de la biodiversité et participent ainsi à la Trame Verte et Bleue (Guyomard et al., 2013). L'introduction d'arbres dans une parcelle agricole se traduit par un stockage additionnel de carbone, par la partie aérienne et souterraine (incorporation de la matière organique au sol) des arbres (Labant, 2009). L'arbre possède également une fonction de purification des polluants comme les particules de métaux lourds. Enfin, l'association d'arbres et de cultures crée une esthétique paysagère qui n'est pas négligée par les producteurs (Rigueiro-Rodríguez et al., 2009).

1.1.3 Freins au développement de l'agroforesterie

Les principaux freins au développement de ces systèmes spatio-temporellement complexes sont d'ordre **technique, socio-économique et politique**.

Bien que l'agroforesterie soit de plus en plus répandue et connue, elle reste une pratique marginale en comparaison des systèmes plus conventionnels. Se lancer en agroforesterie, c'est tout un ensemble d'itinéraires techniques à réinventer, à commencer par l'identification de couples arbres-cultures performants (Guitton et al., 1994). Quelques références existent en association de grandes cultures et d'arbres de bois d'œuvre (ex : domaine de Restinclières) mais cela reste limité. Des études sont encore nécessaires pour mieux évaluer l'impact de l'ombrage et du climat sur la production intercalaire (développement, durée de production, rendement, qualité), ou l'effet d'auxiliaires ou de bioagresseurs, ou encore pour comprendre les interactions racinaires et l'accès aux ressources (Jose et al., 2004 ; Smith, 2010). Des questions se posent également sur le matériel adapté, la gestion de la mécanisation, de l'irrigation et des opérations culturales. Néanmoins, la recherche agroforestière est spécifique à un contexte donné et les résultats obtenus dans des conditions pédoclimatiques spécifiques sont difficilement transposables à une autre localité. Les interactions complexes mises en jeu, notamment pour favoriser la biodiversité et la régulation des bioagresseurs, peuvent avoir des effets variés en fonction de la composition et de la structure du système et des conditions agroécologiques locales (Rao et al., 2000).

La méconnaissance de ces associations auprès des agris, mais aussi du monde professionnel agricole en général, freine leur expansion. L'introduction de l'agroforesterie dans une exploitation peut être ralentie du fait des bénéfices non immédiats des arbres sur le système de production (Liagre et al., 2012) et cela requiert un foncier stable (Dupraz & Capillon, 2006). En effet, ces systèmes nécessitent un investissement initial important dont les bénéfices économiques ne seront pas perçus avant plusieurs années. Les revenus générés par les cultures intercalaires ou l'élevage associés limitent cette perte, tandis que les travaux d'entretien des arbres peuvent constituer une source de dépenses supplémentaires pour

les exploitants (Guitton et al., 1994). L'agroforesterie présente aussi un changement de mode de raisonnement de la production et de l'acquisition de nouvelles pratiques agricoles, qui sont parfois difficiles à introduire dans le monde paysan (Liagre et al., 2012). Ces systèmes complexes nécessitent un réarrangement de l'organisation du travail au sein des exploitations, et les agris peuvent craindre une augmentation du temps de travail et des difficultés, liées au manque de connaissances sur la gestion agronomique et technique.

Pendant longtemps les systèmes agroforestiers n'ont pas été reconnus dans la PAC, étant inclassables et donc non subventionnés (Guitton et al., 1994). L'absence d'aides à l'installation et/ou au maintien des pratiques agroforestières est un frein majeur pour les porteurs de projets. Les incohérences des aides de la PAC et la difficulté d'introduire l'agroforesterie dans les dispositifs bloquent un peu plus l'accès aux subventions pour les agriculteurs et pour les acteurs du développement. C'est en 2006 que le statut des parcelles agroforestières est reconnu et qu'elles deviennent admissibles aux aides dans la limite de 50 arbres forestiers par hectare (les arbres fruitiers sont tous admissibles) (AFAF, 2024). Cela concerne les parcelles avec des arbres intra-parcellaires (hors haies). En 2010, cette limite augmente et passe à 100 arbres/ha. Pour la première fois, une mesure européenne de soutien à l'investissement (achat et plantation d'arbres) est activée dans certaines régions de France, pouvant atteindre 80% des coûts d'installation (AFAF, 2024). Il faudra attendre 2021, avec le programme « plantons des haies », pour que cette aide à l'investissement soit élargie à l'intégralité du territoire français et qu'elle prenne aussi en compte les coûts d'entretien post-plantation des arbres (protections individuelles, système d'irrigation...) (AFAF, 2024). Le territoire, dans lequel les systèmes agroforestiers s'insèrent, joue un rôle décisif, de par la présence de nombreux acteurs techniques, politiques, financiers, qui directement ou indirectement appuient et soutiennent ces projets agricoles et facilitent ou non leur développement.

1.2 Le maraîchage agroforestier, une forme singulière d'agroforesterie

Les concepts de « verger-maraîcher », « d'agri-sylviculture maraîchère » et de « jardin forêt » sont regroupés sous le terme générique de « maraîchage agroforestier » (MAF), que nous définissons ici comme une association entre des arbres et des cultures maraîchères au sein d'une même parcelle. Les arbres sont des fruitiers et/ou des arbres champêtres.

1.2.1 Le verger-maraîcher, une association entre arbres fruitiers et cultures maraîchères

Le verger-maraîcher (VM) est défini comme un système associant des arbres fruitiers et des cultures maraîchères sur une même parcelle (ITAB et al., 2012). Ce système productif permettent aux agris de se dégager un revenu suffisant, immédiatement grâce aux cultures annuelles (maraîchage), et différé grâce aux cultures pérennes (arbres fruitiers) (Guitton et al., 1994). Bien que ces systèmes se répandent peu à peu, leurs pratiques restent peu étudiées (Coulon et al., 2000 ; Guitton et al., 1994) et l'accompagnement technique est encore difficile à mettre en place. Le plus souvent, cette pratique est définie dans les publications, comme un système agroforestier temporaire où sont intégrées des cultures intercalaires au sein d'un verger en attendant son entrée en production (Altieri & Farrell, 1984 ; Oberlis et al., 2013). L'activité maraîchère peut être mise en place le temps de l'établissement des arbres, pour permettre aux producteurs de se dégager un revenu en attendant la mise à fruits des arbres implantés, la concurrence avec les légumes étant minimale les 3-4 premières années de la croissance de l'arbre (Khatun et al., 2009).

Depuis le début des années 2010 et l'essor du maraîchage bio-intensif (Morel & Léger, 2016), les formes d'agricultures écologisées sur petites surfaces, couplant maraîchage diversifié et arboriculture, suscitent l'intérêt de nombreux néo-agris. Cela se produit notamment en réponse à une forte demande sociétale qui vise à raccourcir les circuits alimentaires et à écologiser les systèmes agricoles (Navarrete et al., 2012). Les VM offrent l'opportunité de développer et de diffuser de nouveaux produits agricoles, de remettre au goût du jour les variétés anciennes (ITAB et al., 2012), mais aussi de sensibiliser les consommateurs à des pratiques permettant la préservation et l'augmentation de la biodiversité. Par ces associations, les agris diminuent les risques économiques liés aux fluctuations de prix des matières premières, aux aléas climatiques et sanitaires et sécurisent ainsi leurs revenus (Léger et al., 2018 ; Meynard et al., 2013). Les fermes qui se développent en VM sont souvent celles qui sont ou ont pour projet du maraîchage biologique diversifié sur petites surfaces (Warlop, 2016). Kevin Morel et François Léger ont décrit les « micro-fermes » maraîchères grâce aux critères suivants (Morel & Léger, 2016) :

- Le maraîchage en agriculture biologique constitue la principale source de revenus ;
- La surface cultivée est inférieure aux recommandations d'installation maraîchère ($\leq 1,5$ ha) ;
- La commercialisation se fait via les circuits courts ;
- La diversité d'espèces maraîchère est élevée (≥ 30 espèces) ;
- La motorisation est faible voire inexistante ;
- La préoccupation majeure est tournée vers la santé des écosystèmes et vers le bien-être des personnes, plus que vers la maximisation du profit ;
- Les agriculteurs sont principalement issus d'une reconversion professionnelle et l'installation se fait hors cadre familial.

Ces micro-fermes comportent souvent une deuxième production agricole (ou plus) et/ou une activité d'agrotourisme et/ou une activité hors-ferme.

1.2.2 L'agri-sylviculture, une association entre arbres champêtres et cultures maraîchères

L'agri-sylviculture est un système qui repose sur l'association d'arbres champêtres gérés en vue d'une production autre que fruitière (ex : bois d'œuvre, biomasse, fourrages ...) associés à des cultures maraîchères. Les associations d'arbres pour le bois et de plantes intercalaires à revenu immédiat sont peu représentées dans les pays tempérés, en dehors de la Chine, avec ses millions d'hectares de Paulownia et de cultures intercalaires (Guitton et al., 1994). Cette association est un schéma nouveau, avec peu d'exemples observables aujourd'hui. Les plantations d'arbres champêtres intra-parcellaire sont moins représentées que celles des haies en bordures de parcelles (AFAF, 2024).

1.2.3 Le jardin forêt, un système multi-stratifié associant plantes pérennes et plantes annuelles

Les jardins forêts sont des écosystèmes productifs qui se déploient dans un espace tridimensionnel constitué de multiples strates végétales. La productivité de ces systèmes est optimisée par une densification des plantations et par une diversification des cultures. Plusieurs termes peuvent caractériser ce système en fonction de l'importance relative donnée aux cultures annuelles (ici le maraîchage) par rapport aux cultures pérennes (ici les arbres fruitiers et champêtres) et de leur degré d'anthropisation : agro-forêt, forêt nourricière, potager forestier, jardin multi étagé ... (AFAF, 2024).

Ils représentent un groupe de systèmes agroforestiers, très répandus dans de nombreuses régions du monde, et principalement en climat tropical, qui assurent l'autosuffisance alimentaire de millions de familles (Nair, 2001 ; Srithi et al., 2012). En milieu tropical, les jardins forêts sont le plus souvent développés au sein d'une forêt naturelle, ou en lisière de forêt, là où la luminosité est la plus importante. La représentation française la plus connue est le jardin créole. Ces systèmes sont hérités d'une agriculture paysanne et vivrière encore très présente dans ces régions, et sont souvent appelés « jardins domestiques » car installés aux abords des habitations et répondant aux besoins de subsistance des familles (AFAF, 2024 ; Torquebiau, 1992). Si les jardins forêts tropicaux sont des systèmes agroforestiers ancestraux, leur développement en contexte tempéré est beaucoup plus récent, les premières mises en place de ces systèmes datent d'une cinquantaine d'années (AFAF, 2024).

1.2.4 Les principaux freins rencontrés dans les systèmes diversifiés sont liés à l'organisation du travail au sein des fermes

Le caractère temporaire des cultures maraîchères face au caractère permanent des arbres fruitiers engendre une posture particulière qui intègre, inévitablement, des critères d'organisation du travail, de mécanisation et d'entretien des cultures (AFAF, 2024). De même, la nécessité d'avoir une double compétence pose parfois problème et le poids de l'activité principale impacte négativement la seconde. L'image de qualité portée par ces systèmes, l'augmentation du temps de travail dû à la diversification des productions et l'investissement nécessaire à sa mise en place, peuvent engendrer un risque économique lourd et difficile à anticiper (Jeannequin et al., 2011). Les difficultés liées à la production d'une grande diversité de fruits et de légumes au sein d'une même exploitation semblent s'additionner à la logique d'agencement agroforestière de ces cultures. Il est essentiel d'analyser l'adéquation entre le souhait de diversification et les objectifs personnels des agris, afin de la raisonner selon les contraintes locales, tout en limitant la surcharge de travail (Meynard et al., 2013). Si l'activité de maraîchage diversifié est souvent considérée comme une activité nécessitant peu d'investissement financier, l'arboriculture, en revanche, demande un investissement conséquent avec un retour financier au bout de plusieurs années. Planter des arbres dans une parcelle maraîchère, c'est aussi investir dans l'avenir, ce qui est coûteux et incertain (Paut, 2021). Au-delà de cet aspect purement économique, une question qui doit être abordée est celle de la dynamique de ces systèmes et de la gestion adaptative qui en résulte, pour prendre en compte les changements structurels et fonctionnels qu'ils connaissent au cours du temps (Léger et al., 2019). Les conséquences de ces arbitrages (entretien ou non des arbres les premières années) apparaissent alors comme des externalités qui se manifestent avec un décalage temporel.

L'organisation du travail en agriculture est définie globalement par « *la répartition dans le temps et l'espace des moyens en hommes et en matériel* » (Aubry et al., 2011). « *Ces dispositions portent conjointement sur la configuration matérielle du système (parcellaire, bâtiments, outillage, main d'œuvre, moyens d'information et d'observation) et sur son pilotage (plan d'activité et trajectoire réactive)* » (Rellier et al., 2011). De nombreux auteurs revendiquent que l'efficacité du travail soit un facteur clé dans la rentabilité d'un système et les agris conçoivent, souvent, leur système selon la charge de travail qu'il procure (Aubry et al., 2011). L'apprentissage et l'élaboration d'un savoir-faire sont nécessaires à l'adoption et la mise en place d'une innovation (Penot, 2007). La phase de réflexion et de conception ne doit pas être négligée car les contraintes d'organisation sont fortement liées aux cultures implantées et à leur agencement spatial (Dupraz & Liagre, 2008). L'application et l'analyse de l'organisation du travail est rendue complexe par sa dépendance aux facteurs externes au système (ex : conditions climatiques, santé de l'agriculteur...), qui, sans être prévisibles, impactent fortement la gestion du système (Rellier et al.,

2011). Les systèmes agroforestiers, sont par définition, plus complexes à gérer et dépendent des processus écologiques, sociaux et économiques (Isaac et al., 2007). La difficulté concerne aussi les échelles de temps : l'agroforesterie intègre sur une même parcelle des cultures raisonnées à l'échelle de la saison ou de l'année et des cultures raisonnées sur plusieurs décennies (Auclair & Cailliez, 1994). La gestion des tâches évolue au cours de la vie des arbres, ainsi que de leurs impacts sur les cultures annuelles.

2 CONTEXTE ET CONSTRUCTION DE LA PROBLÉMATIQUE

2.1 Contexte institutionnel

2.1.1 L'organisme d'accueil, l'Association pour le Développement de l'Agroécologie et de l'agroForesterie (ADAF)

L'ADAF, association créée en 2015, travaille principalement sur les départements de la Drôme et de l'Ardèche. Elle vise le développement de pratiques agricoles, plaçant l'arbre au cœur de la gestion des paysages et des fermes, combiné à la protection des sols (Altieri & Farrell, 1984 ; Oberlis et al., 2013). Ces projets s'appuient sur une démarche participative, avec les agris, pour mettre en œuvre des techniques d'agroforesterie, des techniques de régénération des sols, et pour sensibiliser différents acteurs (élus, grand public, public scolaire) à ces approches. Aujourd'hui, l'ADAF collabore avec une cinquantaine de fermes pilotes qui développent des systèmes agroforestiers et/ou des méthodes de conservation des sols (Maraîchage sur Sol Vivant (MSV) ou régénération des sols sur des fermes en maraîchage, en grandes cultures, en polyculture-élevage ou en viticulture) (ADAF, 2024). Les missions de l'ADAF portent sur le conseil technique, les formations, l'animation de groupes d'agris dans le changement de pratiques via la mise en place et le suivi d'essais à la ferme.

André Sieffert, co-fondateur, maître de stage et responsable scientifique de l'ADAF, a été maraîcher pendant 16 ans et a mis en place du MAF sur 3 fermes. Sur la première ferme, créée en 1995 dans les Hautes-Alpes (la Ferme de La Fontaine), l'association entre les arbres fruitiers et le maraîchage avait pour objectif l'augmentation de la biodiversité, la diversification des productions, la protection contre le vent et la gestion du microclimat. En 2005, il a pris en charge la production maraîchère du Centre Agroécologique Les Amanins dans la Drôme, avec des objectifs similaires. Deux systèmes MAF ont été créés, l'un associant des arbres fruitiers à du maraîchage, et l'autre associant des haies à du maraîchage. Enfin, de 2011 à 2013, il a réalisé un post-doc sur la « Conception de systèmes vergers-maraîchers associant arbres fruitiers, légumes et arbres champêtres » appliquée au cas de la ferme pilote de la Durette dans le Vaucluse, projet porté par le GRAB en collaboration avec des chercheurs de l'INRAe (Sieffert, 2013). La co-conception de cette ferme avait pour objectif de « *réaliser un compromis entre l'acceptabilité et/ou l'optimisation socio-technique des systèmes de production et la maximisation des régulations naturelles des bioagresseurs* » (Sieffert, 2013).

Les activités de recherche et développement de l'ADAF, concernant le MAF, reposent donc sur ces diverses expériences et ont été incluses dans le projet de recherche et développement initial dès 2017. Deux rencontres, dans la Drôme, entre agriculteurs et chercheurs, ont été organisées en 2017-2018 et ont permis de cerner les questions et attentes des agris et des chercheurs concernant ces systèmes. Il en est ressorti qu'une étude sur l'organisation des deux ateliers de production (maraîchage et arboriculture)

permettrait de mieux cerner les compétitions et les complémentarités entre ces ateliers. De plus, il apparaissait nécessaire de pouvoir disposer d'une méthodologie de suivi permettant d'identifier les étapes d'installation des vergers-maraîchers ainsi que les évolutions et adaptations pouvant avoir lieu au cours de la conduite de ces systèmes (ADAF, 2021). Ces rencontres ont également permis de révéler que des maraîchers avaient des questions très pointues sur le fonctionnement des systèmes MAF (ex : pouvoir identifier l'impact des arbres sur la vie du sol). Néanmoins, ce type de questions demande de mettre en place un dispositif expérimental bien spécifique, avec des répétitions et la mise en place de parcelles témoins, ainsi que des moyens plus importants, ce qui n'est pas du ressort de l'ADAF. Deux stages de fin d'études, coordonnés par l'ADAF, ont été réalisés sur les systèmes MAF, en collaboration avec l'Unité Écodéveloppement de l'INRAe d'Avignon (Raphaël Paut) et l'UMR SENS (Pascale Moity-Maïzi). Le premier portait sur l'analyse de l'organisation du travail au sein de 5 fermes présentant un système MAF (Boury-Esnault, 2018). Ce travail a permis d'identifier les « zones de frottements » qui peuvent exister entre l'atelier maraîcher et arboricole et a mis en évidence une concurrence dans le travail sur la période printemps-été entre ces deux ateliers. Le deuxième stage portait sur l'élaboration d'une méthode de suivi à long terme de ces systèmes pour pouvoir étudier leur fonctionnement et évaluer leurs performances techniques, environnementales et socio-économiques (Tharel, 2019).

2.1.2 Précédents projets de recherche en maraîchage agroforestier

Depuis une quinzaine d'années, des maraîchers et des porteurs de projet (futurs installés), créent une demande forte pour concevoir des systèmes de production diversifiés associant arbres et maraîchage. De nombreuses initiatives de recherche et développement se sont intéressées aux MAF, en vue de construire des références et de répertorier les connaissances sur ces systèmes, pour pouvoir favoriser leur développement à plus grande échelle (**Figure 4**).

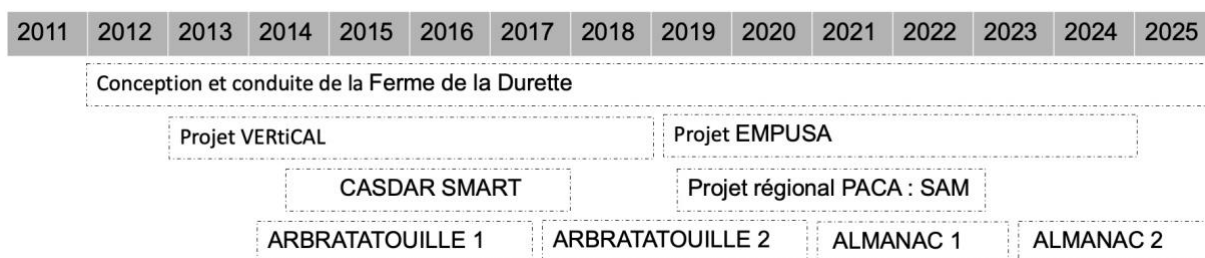


Figure 4 : Rétrospective des projets de recherche en maraîchage agroforestier.

La co-conception de la ferme pilote de la Durette (2011 à 2013), située en périphérie d'Avignon, a été pensée en co-construction entre chercheurs, techniciens et agris (Sieffert, 2013). Une ferme pilote est une « vraie ferme », gérée par des agris, à laquelle viennent se greffer des projets de recherche en accord avec l'ensemble des parties prenantes. Cette phase de co-conception a été soutenue financièrement par la Fondation de France et s'est faite en partenariat avec l'INRAe d'Avignon (Unité PSH (Plantes et Systèmes de culture Horticoles) et Unité Écodéveloppement) et le GRAB. L'objectif central de cette ferme est d'expérimenter la co-conception et la conduite d'un VM en situation méditerranéenne, en cherchant à créer un système de culture le plus autonome possible avec une bonne rentabilité socio-économique (Sieffert, 2013). Aujourd'hui, des suivis réguliers sont réalisés sur cette ferme par le GRAB et la SCOP AGROOF, qui mettent en place des dispositifs expérimentaux pour étudier les performances de ce système (écologiques et notamment la régulation naturelle des bioagresseurs, agronomiques et technico-économiques). L'analyse de l'organisation du travail est aussi finement étudiée.

Le projet VERTiCAL (VERgers et Cultures AssoLées) (2013-2018), s'est intéressé à la diversification spatiale et temporelle des systèmes arboricoles comme un levier pertinent à la réduction de l'usage des pesticides (Ecophytopic, 2019), en partant de l'hypothèse que cette association permet de stabiliser les revenus en cas d'aléas climatiques ou de variations des prix (Castel et al., 2019). Des expérimentations ont eu lieu sur deux fermes pilotes conduites en agriculture biologique : la ferme de la Durette en VM (Vaucluse, coordonnée par le GRAB) et la plateforme TAB (Techniques Alternatives et Biologiques) associant arbres fruitiers et grandes cultures (Drôme, coordonnée par la Chambre d'Agriculture). Ces années d'expérimentations ont montré qu'une réduction de plus de 50% de produits phytosanitaires dans ces systèmes par rapport à un système arboricole conventionnel n'occasionne pas de baisse de qualité ou de rendement significatif (GRAB, 2018). **Le projet EMPUSA (Évaluation de la Multi-Performance en Systèmes Agroforestiers à base de fruitiers) (2019-2024)**, coordonné par le GRAB, fait suite au projet VERTiCAL. Il est conduit uniquement sur le site de la Durette. Il vise à améliorer la compréhension des dynamiques de régulation naturelle des ravageurs en émettant l'hypothèse que la diversification agroforestière permettrait de maintenir un équilibre sanitaire, en favorisant la lutte biologique de conservation, tout en optimisant la productivité du système. Les premiers résultats semblent valider cette hypothèse (GRAB, 2020). Ces deux projets sont financés par le plan Écophyto du Ministère de l'Agriculture. Un stage de fin d'études, inscrit dans le projet EMPUSA, sur la « Viabilité des fermes paysannes en verger-maraîcher » sur 16 fermes a permis de faire ressortir les compromis et les leviers des performance technico-économiques de ces systèmes à l'échelle de la ferme (Guessous, 2021).

En parallèle au projet VERTiCAL, **le projet national CASDAR – SMART (Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural – Systèmes Mixtes Agroforestiers - création de Références Techniques et économiques) (2014-2017)**, coordonné par le GRAB et l'AFAF, a permis de caractériser les parcelles en MAF déjà en place en France (150 fermes recensées) (**Annexe 1**), de mesurer leur niveau de performance sur la base d'indicateurs, dans le but d'accompagner les porteurs de projets vers des systèmes agroforestiers performants en fonction de leurs contraintes spécifiques (GRAB, 2016). Ce projet a reçu le soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. L'étude de ces fermes en MAF a permis de créer un premier guide de bonnes pratiques : « Associer légumes et arbres fruitiers en agroforesterie : éléments techniques et points de vigilances pour concevoir et conduire sa parcelle » (Warlop et al., 2017). Il a aussi permis de tirer plusieurs conclusions quant aux profils des fermes et agris qui ont mis en place un VM (Warlop, 2018). Tout d'abord, ce sont principalement des maraîchers qui se sont diversifiés en intégrant un atelier arboricole. La majorité des agris qui se lancent dans ce système ne sont pas issus du milieu agricole et ont fait de longues études. Les fermes sont le plus souvent de petite taille ($SAU \leq 2$ ha). Néanmoins, cette diversification entraîne des pics de travail importants au moment des récoltes, bien que certaines tâches, communes aux deux ateliers, se simplifient. Par ailleurs, la biodiversité cultivée s'accroît dans ces systèmes (Warlop et al., 2017). Enfin, les projets de MAF sont plutôt jeunes et diversifiés, tant spatialement que biologiquement. Il est cependant compliqué de tirer des généralités de ces fermes.

Le projet régional SAM (Systèmes Agroforestiers Méditerranéens) (2019-2022), coordonné par le GR CIVAM PACA, fait suite au projet CASDAR SMART en région PACA et se focalise sur les systèmes agroforestiers maraîchers et céréaliers. Il vise à animer les échanges techniques sur ces systèmes pour capitaliser et produire des références partagées sur la conception d'un projet agroforestier et sur la conduite de ce type de système en contexte méditerranéen (CIVAM, 2022).

Le projet Arbratatouille (2014-2020), coordonné par la SCOP AGROOF et soutenu par la Fondation de France, est un projet de recherche participatif en région méditerranéenne, réalisé en parallèle de tous les projets énoncés précédemment. Il visait à mieux comprendre les interactions entre les arbres et les cultures maraîchères. Des expérimentations et suivis ont eu lieu sur trois fermes pilotes localisées dans le Gard et dans l'Hérault (AGROOF, 2021). L'une de ces fermes, les Terres de Roumassouze située dans le Gard, suivie par la SCOP AGROOF depuis 2013, a été rachetée en 2024 par Terre de Liens. Cette SCOP est devenue coordinatrice du site afin de pouvoir continuer les expérimentations en agroforesterie (signature d'un bail emphytéotique de 40 ans). Sa finalité est d'étudier les conditions de faisabilité de l'association entre les arbres et le maraîchage et de proposer des pistes de réflexion pour la conception et la gestion de tels systèmes. La conclusion principale de 6 années de recherche est qu'il existe un seuil maximum d'ouverture de la canopée à ne pas dépasser. Un ombrage de 50% en MAF permet de maintenir une bonne production en termes de rendements et de qualité (AGROOF, 2021). Un stage de fin d'études sur les « Analyses technico-économiques des systèmes agroforestiers maraîchers » sur 2 fermes du projet (l'une en VM et l'autre en agri-sylviculture) a permis de constituer une première brique de la compréhension de la viabilité économique de ces fermes agroforestières (Lombard, 2019).

2.1.3 Projet ALMANAC (Accompagner le Maraîchage Agroforestier par une Nouvelle Approche Collaborative)

Le projet ALMANAC (2021-2025), fait suite au projet Arbratatouille, et repose sur une collaboration étroite entre agris et chercheurs. Il a pour objectif de cibler un panel de fermes plus large que le projet Arbratatouille. Il est soutenu financièrement par la Fondation de France et est réalisé en partenariat avec l'ADAF, le GRAB, la SCOP AGROOF, le GR CIVAM PACA, la FD CIVAM Gard, l'Unité Écodéveloppement de l'INRAe d'Avignon, l'UMR SENS, l'Institut Agro Montpellier et la plateforme collaborative Landfiles. Ce projet vise à améliorer les connaissances, en région méditerranéenne, sur les interactions agronomiques et technico-économiques entre les arbres et les cultures maraîchères, afin de proposer des pistes de réflexion pour la conception et la gestion des systèmes MAF (GRAB et al., 2022a). Aujourd'hui, peu de références existent sur les performances technico-économiques des systèmes MAF. Mon stage, vise à contribuer à une meilleure compréhension de ces systèmes et notamment de leurs performances, et entre en continuité du stage réalisé en 2018 sur « L'organisation du travail dans un système diversifié : cas des vergers-maraîchers » (Boury-Esnault, 2018). Cette étude a été réalisée sur des systèmes MAF peu matures, avec un début de production de fruits qui reste limité.

La phase d'émergence du projet ALMANAC (2021-2023), a permis d'identifier et de hiérarchiser les questions que les agris se posent dans la mise en place de ces systèmes, concernant (1) les interactions entre arbres et cultures, (2) la gestion des fruitiers, en particulier la gestion des maladies et de la bande enherbée, et (3) la gestion du temps de travail pour mener à bien les deux ateliers, tant dans la conception du système que dans sa gestion (**Annexe 2**). Cette première phase a permis de formuler des nouveaux axes de travail pour la deuxième phase (2023-2025), qui sont (GRAB et al., 2022b) :

- **Action 1 : Proposer des référentiels technico-économiques et optimiser les itinéraires techniques pour la conduite des vergers-maraîchers (mon stage s'inscrit au sein de cette action).**
- Action 2 : Évaluer les performances agronomiques des cultures maraîchères en lien avec la caractérisation de paramètres de sol et microclimatiques.
- Action 3 : Pérenniser et consolider une démarche d'échanges et de recherche participatives.
- Action 4 : Partager, échanger et diffuser largement les outils et références scientifiques et techniques concernant les pratiques en vergers-maraîchers.

2.2 Zone d'étude

La région méditerranéenne, territoire d'étude dans lequel s'insère le projet ALMANAC, est considérée comme l'une des zones les plus vulnérables face au dérèglement climatique, étant donnée la faible disponibilité de la ressource en eau (El Dahr, 2011). Les systèmes MAF, qui vont être étudiés ici, sont situés en région PACA (Provence Alpes Côte d'Azur), en Occitanie dans le département du Gard et en Auvergne-Rhône-Alpes dans le département de la Drôme.

Bien que la zone d'étude soit en climat méditerranéen, les conditions climatiques et pédologiques varient de manière importante. Sur les diagrammes ombrothermiques présentés ci-dessous, le déficit hydrique en période estivale est moins marqué à Crest (Drôme) et à Vézénobres (Gard) qu'à Avignon (Vaucluse) et à Brignoles (Var) (**Figure 5**). De même, Avignon et Brignoles présentent 200 mm de pluie de moins à l'année qu'à Vézénobres, ce qui peut induire des dispositifs d'irrigation plus importants pour pallier au stress hydrique des cultures.

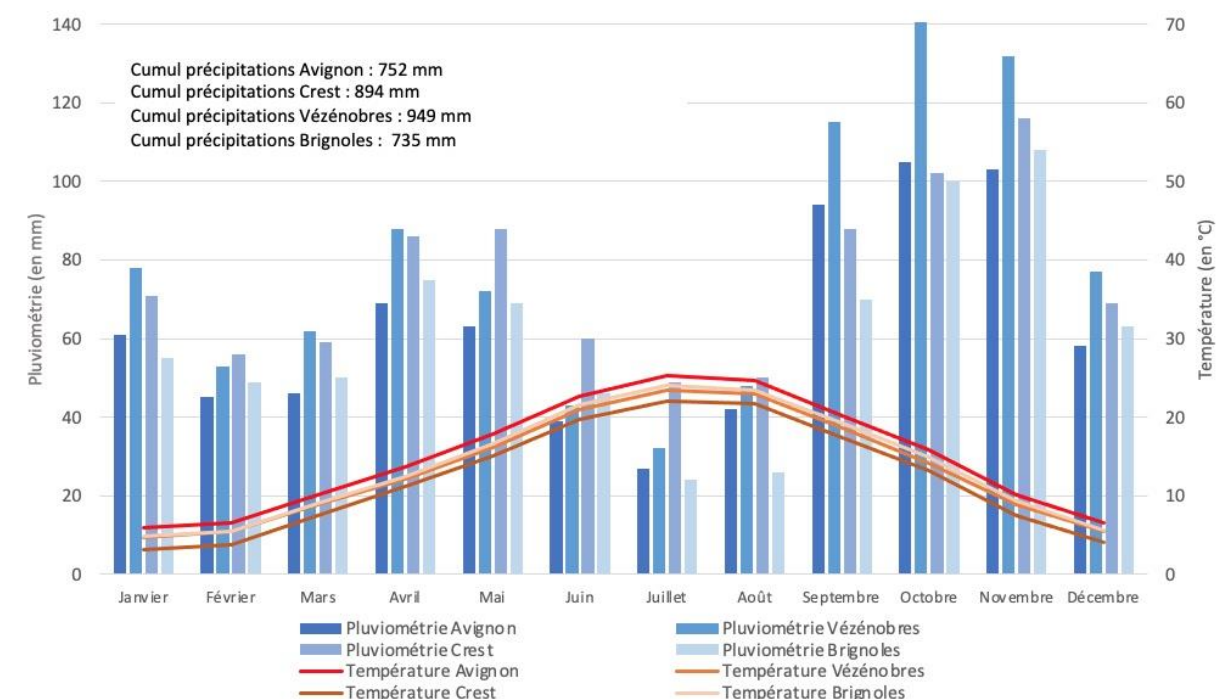


Figure 5 : Diagrammes ombro-thermiques à Avignon (Vaucluse), à Crest (Drôme), à Vézénobres (Gard) et à Brignoles (Var) sur la moyenne de la température et de la pluviosité pour la période 1991-2021.

Source des données climatiques : climate-data.org, 2024.

Le vent régional dominant dans la zone d'étude est le Mistral. C'est un vent froid et sec qui vient du nord-ouest de la France et qui s'intensifie au niveau de la vallée du Rhône pour terminer sa course au niveau du littoral méditerranéen. Sa vitesse moyenne est de 50 km/h mais peut dépasser les 100 km/h. Il souffle généralement sur une période de 3 à 9 jours et comptabilise plus de 100 jours de vent par an (Météo France, 2024). En agriculture, ce vent représente un inconvénient car il assèche les cultures et les sols, mais peut aussi représenter un atout car il aide à limiter le développement de maladies fongiques en asséchant rapidement les plantes après les pluies.

En ce qui concerne les sols, les différences sont également marquées au sein de la zone d'étude. Les principaux sols retrouvés sont des sols minéraux (lithosols), des sols issus de matériaux calcaires (calcisols, rendosols et calcosols) et des sols évolués (fersialisols) (**Annexe 3**).

Par ailleurs, le Sud-Est de la France est marqué par une **demande d'installations croissantes**, avec une orientation vers des systèmes maraîchers diversifiés du fait de (GRAB et al., 2022b) :

- La forte pression foncière pour les installations agricoles qui oriente vers des systèmes agricoles qui optimisent l'espace disponible ;
- Les effets climatiques déjà observables sur la production agricole, qui incitent les agriculteurs à reconsidérer la place des arbres dans leurs systèmes, comme un moyen de tamponner les excès climatiques ;
- L'importance donnée aux productions maraîchères biologiques diversifiées par les porteurs de projet pour qui la production fruitière apparaît comme un bon moyen de gagner en diversité écologique et économique.

Les productions végétales, en région PACA, représentent 2/3 du revenu agricole régional. Bien que la viticulture soit la production principale, l'arboriculture représente 16% des exploitations agricoles et le maraîchage 15% (Agreste, 2023). La taille des exploitations y est deux fois moins grande (35 ha) que sur la moyenne française. Plus de la moitié des fermes ont une SAU < 10 ha, avec une majorité de petites exploitations dans les départements des Alpes-Maritimes (56%) et du Var (42%) (Agreste, 2023). Cette région possède 36% de sa surface en agriculture biologique, en hausse de 9% ces 5 dernières années, ce qui la place en tête des régions françaises (Agreste, 2023). Les départements du Gard et de la Drôme ont comme productions principales la viticulture et l'arboriculture (Agreste, 2022a ; Agreste, 2022b). La surface maraîchère y est moins développée qu'en région PACA, mais est en hausse ces dernières années, ainsi que le nombre d'exploitations en agriculture biologique (Agreste, 2022a ; Agreste, 2022b).

2.3 Problématique, questions et hypothèses de recherche

La demande de stage s'inscrit au sein de l'action 1 de la deuxième phase du projet ALMANAC. L'objectif est de construire des références sur les systèmes MAF pour les nouveaux porteurs de projet, via la capitalisation d'expériences, en se focalisant sur l'analyse socio-économique de l'organisation du travail de ces systèmes, en lien avec l'augmentation de la biodiversité. Les données collectées permettront également d'alimenter la plateforme Landfiles, lieu d'échange entre agris déjà installés en MAF, les porteurs de projets et les chercheurs et partenaires du projet ALMANAC. Ainsi, en accord avec cet enjeu, la problématique de ce stage est : **comment capitaliser les retours d'expérience des systèmes MAF, pour comprendre leurs performances, au regard de la biodiversité cultivée ?**

Les **questions de recherche** relatives à cette problématique sont les suivantes :

- 1 - Quelle est la diversité des systèmes maraîchers agroforestiers ?
- 2 - Quelles sont les trajectoires d'expérience menées dans la conception et dans la gestion de ces systèmes ?
- 3 - Quelles sont les performances technico-économiques de ces derniers ?

Les **hypothèses** émises, suite aux questions de recherche ci-dessus, sont les suivantes :

- 1 - Les systèmes MAF sont très diversifiés par leur structure (agencement spatial des espèces et biodiversité cultivée) et par leurs modes de conduite qui dépendent des objectifs des agris vis-à-vis des services attendus des arbres.
- 2 - La conception de ces systèmes dépend de l'état initial de la parcelle et notamment des modalités d'introduction des arbres ; les changements de conduite concernent la strate arborée.
- 3 - L'agencement spatial des impactent leurs performances technico-économiques, ainsi que le niveau de biodiversité cultivée.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 Concepts mobilisés

Cette étude mobilise des concepts aussi bien à l'échelle de la ferme qu'à l'échelle de la parcelle. Les indicateurs mobilisés pour analyser les performances technico-économiques et environnementales sont raisonnés uniquement à l'échelle de la parcelle.

3.1.1 À l'échelle de la ferme : système de production et système d'activité

Une **ferme** se définit comme une « *unité de production agricole dont les éléments constitutifs sont la force de travail, les surfaces agricoles, les plantations, le cheptel, les bâtiments, les matériels et l'outillage et est le lieu où le chef d'exploitation combine les diverses ressources disponibles* » (Dufumier, 1996). Dans cette étude seront différenciées les *fermes familiales*, où la force de travail pour la mise en œuvre du système de production est apportée pour l'essentiel par les membres de la famille du chef d'exploitation, des *sociétés agricoles* (ex : GAEC, SARL, SCOP...), où la force de travail n'est pas (seulement) familiale, et où les agris sont associés et/ou salariés au sein d'entreprises agricoles.

Un **système de production** est caractérisé par « *la combinaison (la nature et les proportions) de ses activités productives et de ses moyens de production (force de travail et moyens mis en œuvre* » (Mazoyer & Roudart, 1997 ; Reboul, 1976). Le système de production est entendu comme un sous-système du système d'activité. Un **système d'activité** intègre les activités *in-farm* (agricoles et extra-agricoles : atelier de transformation, agro-tourisme...) ainsi que les activités *ex-farm* (emploi salarié, formations...) (Gaillard & Sourisseau, 2009 ; Paul et al., 1994). Il est ainsi défini comme « *un ensemble dynamique et structuré d'activités en interactions mises en œuvre par une entité sociale donnée en mobilisant des ressources disponibles dans un environnement écologique et social donné* » (Gasselin et al., 2015).

3.1.2 À l'échelle de la parcelle : système de culture et trajectoire

Une **parcelle** est une unité foncière définie comme une « *pièce d'un seul tenant, dépendant de la même exploitation et entourée par des limites matérialisées ou simplement coutumières* » (Milleville, 1972). Un **système de culture** (SdC) est « *l'ensemble formé par des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manières identiques. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures et leur ordre de succession et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures* » (Sebillotte & Meynard, 1990). À partir de cette définition, je caractérise un SdC MAF à la fois par sa composante en espèces pérennes (arbres fruitiers, arbres champêtres et strate arbustive : petits fruits et PPAM) et par sa composante en espèces annuelles (cultures maraîchères, céréales en rotation avec du maraîchage ...). Les critères qui définissent les SdC MAF sont les suivants :

- **L'agencement spatial des espèces** au sein de la parcelle, pour lequel sont distingués l'agencement horizontal (organisation et densité des arbres) et l'agencement vertical (nombre de strates : 2 ou 3 en fonction de la présence d'une strate arbustive en plus des arbres et des cultures maraîchères) ;
- **Le nombre et le type d'espèces d'arbres** (distinction entre les arbres fruitiers champêtres) ;
- **Le nombre d'espèces maraîchères** ;
- **Les modes de conduite des arbres** (ex : taille, fertilisation, traitements ...) ;
- **Les modes de conduite du maraîchage** (ex : traitements, travail du sol ...).

La **trajectoire** correspond aux différentes étapes de changement dès qu'un des critères de définition des SdC MAF est modifié dans la composante pérenne et/ou annuelle. La trajectoire est donc une succession de phases de cohérence (pratiques et logiques décisionnelles stables) et de phases de transition (caractérisées par des « moteurs » et par un processus de changement) (Mawois et al., 2019).

3.1.3 Indicateurs d'évaluation des systèmes de culture maraîchers agroforestiers

▪ Indicateurs socio-économiques

La comparaison des performances technico-économiques des SdC MAF se fait à l'échelle de la parcelle. L'indicateur retenu est la **Valeur Ajoutée Brute** (VAB) qui correspond à la création de richesses par la contribution simultanée des arbres et du maraîchage :

$$VAB = PB - CI$$

Avec : VAB = Valeur Ajoutée Brute (€)

PB = Produit Brut (€)

CI = Consommations Intermédiaires (€)

Le **Produit Brut** correspond aux quantités produites multipliées par leur prix de vente. Les quantités produites sont en réalité celles qui sont récoltées et vendues et/ou autoconsommées. En effet, les agris n'ont pas tous les rendements spécifiques à chaque production. De même, certaines productions, notamment celles des arbres fruitiers, ne sont pas récoltées en intégralité et donc n'entrent pas en compte dans le calcul du PB. Dans le cas des productions destinées à l'autoconsommation, ces productions ont été considérées comme vendues puisqu'elles évitent des dépenses aux agris. De même, les prix de vente n'ont pas été homogénéisés entre les fermes, car les productions du MAF, étant diversifiées ainsi que leurs débouchés (magasin de producteur, marchés, paniers ...), jouent sur les prix. Ainsi, dans cette étude, le PB calculé est un PB approché et non un PB agronomique. Par ailleurs, certaines fermes transforment elles-mêmes une partie de leur production agricole. Le PB de la production primaire et le PB de la production transformée ont été distingués dans le calcul des performances technico-économiques selon les cas.

Les **Consommations Intermédiaires** correspondent aux dépenses annuelles liées à la production agricole (semences, plants, engrais, essence, eau et électricité, produits phytosanitaires ...), c'est-à-dire les quantités consommées multipliées par leur prix d'achat. Elles ne comprennent pas la rémunération des salariés, ni les investissements, qui se calculent à l'échelle de la ferme. Au sein de certaines fermes, le MAF n'est pas la seule production. Les CI ont donc été calculées au prorata des surfaces, du nombre de cycles de culture et du type de production, en fonction des situations.

Pour comparer les performances technico-économiques des SdC MAF, deux indicateurs ont été pris en compte :

1 - La productivité à l'hectare (€/ha) qui est la création de richesses par unité de surface : la VAB est ramenée à SAU cultivée en MAF (ha). L'estimation de la SAU cultivée en MAF a été recalculée via le logiciel géoportail. En effet, selon les agris enquêtés, les surfaces déclarées ne distinguaient pas les différents SdC MAF au sein de la ferme, ou comprenaient aussi les haies extra-parcellaires. De même, les surfaces en serres ont été intégrées au SdC MAF, car les agris ne distinguaient pas les rendements des cultures maraîchères en serres de ceux du plein champ. Pour les fermes présentant plusieurs SdC MAF, la surface des serres a été répartie équitablement.

2 - La productivité du travail (€/jW) qui est la création de richesses par unité de travail : la VAB est ramenée à la quantité de travail annuelle fournie pour le SdC MAF (1jW = 8h). En fonction des périodes de l'année, une journée de travail peut s'élever à 12 heures par jour. Cela correspond donc à 1,5 jW. Pour son évaluation, soit la ferme effectue un suivi précis de son temps de travail à l'année pour chaque activité, pour chaque tâche et pour chaque personne qui y travaille, soit le suivi est inexistant. Ainsi, la méthode « Bilan Travail » a été employée (Dedieu & Serviere, 1999) pour estimer le temps de travail au sein des fermes sans suivi précis. Cette méthode, initialement développée pour les systèmes d'élevage, permet de calculer le temps passé sur le travail d'astreinte et le travail de saison selon deux catégories de main d'œuvre : la cellule de base (agri(s) permanent(s)) et hors cellule de base (salariés, stagiaires, entraide ...) (Madelrieux et al., 2006). Dans le cas des SdC MAF, le travail sur le maraîchage constitue le travail d'astreinte, et celui sur les arbres le travail de saison. Le temps de travail concernant la commercialisation et les autres ateliers (ex : élevage, transformation ...) n'est donc pas pris en compte. De la même manière que pour les CI, les fermes ayant (en plus du MAF) du maraîchage plein champ, le temps de travail consacré au maraîchage a été calculé au prorata des surfaces et du nombre de cycles de culture, en fonction des situations.

▪ Indicateurs de biodiversité

Dans un premier temps, il est important de définir certains termes utilisés pour la caractérisation de la biodiversité cultivée :

- Une **haie** est une « *unité linéaire de végétation ligneuse continue [...] ne présentant pas de discontinuité supérieure à 5m de long* » (AFAF, 2024). Dans cette étude, les haies retenues et caractérisées sont intra-parcellaires et non en bordures des parcelles. Ce qui les distingue d'un *alignement d'arbres* c'est donc leur densité de plantation. Dans cette étude, les arbres qui sont plantés à moins de 3m les uns des autres constituent une haie, et ceux qui sont plantés à plus de 3m les uns des autres constituent un alignement d'arbres.
- Un **arbre champêtre** est un arbre qui pousse naturellement ou qui est planté et qui joue un rôle écologique important dans le paysage agricole. Sa vocation principale n'est pas la production fruitière.
- Un **arbre fruitier** est un arbre cultivé principalement pour sa production fruitière.

La *densité de plantation* d'arbres est un indicateur répertorié pour l'ensemble des SdC MAF :

$$D = n / S$$

Avec : D = densité de plantation (arbres / ha)

n = nombre d'arbres

S = SAU cultivée en MAF (ha)

Au sein de chaque ferme, le nombre d'espèces d'arbres (fruitiers et champêtres) intra-parcellaires et le nombre d'espèces maraîchères, sont identifiés par les agris. Selon les fermes, des arbres cultivés, c'est-à-dire plantés, et des arbres « non cultivés » cohabitent au sein des parcelles et sont de ce fait tous comptabilisés.

À partir de la biodiversité cultivée, 2 indicateurs ont été retenus :

1 - L'Indicateur de Biodiversité Sommée correspond à la somme des espèces d'arbres (fruitiers et champêtres) et des espèces maraîchères présentes dans les SdC MAF.

2 - L'Indicateur de Biodiversité Incrémentée prend en compte les 4 critères suivant dans son calcul :

- Le nombre d'espèces d'arbres (fruitiers et champêtres) ;
- La présence simultanée des arbres fruitiers et des champêtres ;
- La présence d'une strate basse sous les arbres (ex : petits fruits, PPAM) ;
- Le nombre d'espèces maraîchères.

Le calcul de cet indicateur sera explicité dans la **partie 4.5.4**.

3.2 Démarche mise en œuvre

Ce stage de fin d'études a duré 6 mois. Il s'est principalement déroulé à Avignon, dans les locaux du GRAB où un bureau était mis à disposition. Lors des déplacements dans le département de la Drôme, un bureau était également mis à disposition dans les locaux de l'ADAF, et le logement était pris en charge. Un budget maximal de 2500€ était prévu pour les déplacements (indemnités kilométriques et remboursement des péages). La démarche du stage peut être découpée en 3 grandes parties qui se « nourrissent » mutuellement (**Annexe 4**) : cadrage du stage, collecte des données et rédaction des livrables. Le projet de stage et la méthodologie se sont construits et ont évolué tout au long de cette période, au travers des échanges avec les personnes ressources, des recherches bibliographiques et des entretiens auprès des agris. Le travail de terrain a duré plus de 3 mois au total pour une distance parcourue de près de 4 000 km. Chaque agri a reçu une restitution individuelle du travail effectué au sein de sa ferme (fiche ferme) et une restitution collective aux agris ayant participé au projet est aussi prévue en novembre.

3.2.1 Phase exploratoire et échantillonnage des fermes enquêtées

Les deux premières semaines ont été consacrées à une phase de cadrage pour préciser le sujet et les attentes. Les rapports des précédents projets en MAF (stages et thèses), ainsi que les enregistrements de journées d'échanges d'expériences d'agris sur leur système ont été passés en revue. Cela m'a permis de formuler les premières questions et hypothèses de recherche. Puis, le projet de stage a été soumis aux partenaires du projet : André Sieffert de L'ADAF, François Warlop du GRAB, Florian Carlet du GR CIVAM PACA et Ambroise Martin-Chave de la SCOP AGROOF, mais aussi Raphaël Paut chercheur à l'INRAe. Ces échanges ont permis d'affiner les attentes des partenaires et de reformuler les questions et hypothèses.

En parallèle, une base de données, répertoriant les fermes ayant un système MAF dans le Sud-Est de la France a été créée. Cet échantillon de fermes n'a pas été construit dans l'optique d'une représentativité statistique, mais bien pour avoir une première approche de la diversité des contextes dans lesquels s'insèrent les systèmes MAF (diversité à l'échelle de la ferme). La base de données a été constituée, dans un premier temps, en parcourant les « fiches fermes » déjà créées, issues des précédents projets de recherche (CASDAR SMART et SAM), et dans un deuxième temps, en sollicitant les partenaires du projet ALMANAC pour y intégrer d'autres fermes de leurs réseaux. Ainsi, 50 fermes ayant un système MAF ont été répertoriées.

Au regard de la durée du stage et du budget alloué pour les déplacements, il a fallu limiter le nombre de fermes à enquêter, en discriminant d'abord leur localisation. Les fermes situées dans les départements de l'Ardèche, de l'Isère (à l'exception d'une ferme limitrophe de la Drôme), des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes-Alpes ont été retirées de l'échantillon. Dans les fermes restantes, certaines n'avaient plus de système MAF en place en 2024 (arrêt de l'activité agricole ou dissociation du maraîchage et de l'arboriculture sur deux parcelles distinctes). D'autres fermes n'avaient pas de temps à me consacrer pour échanger sur leur système MAF. En effet, le stage s'est déroulé en pleine saison maraîchère et arboricole (avril à septembre), pendant laquelle la disponibilité des agris est limitée. Ainsi, l'échantillon final des fermes ayant un système MAF en place, et situées dans la zone d'étude, s'élève à 20 fermes (Figure 6).

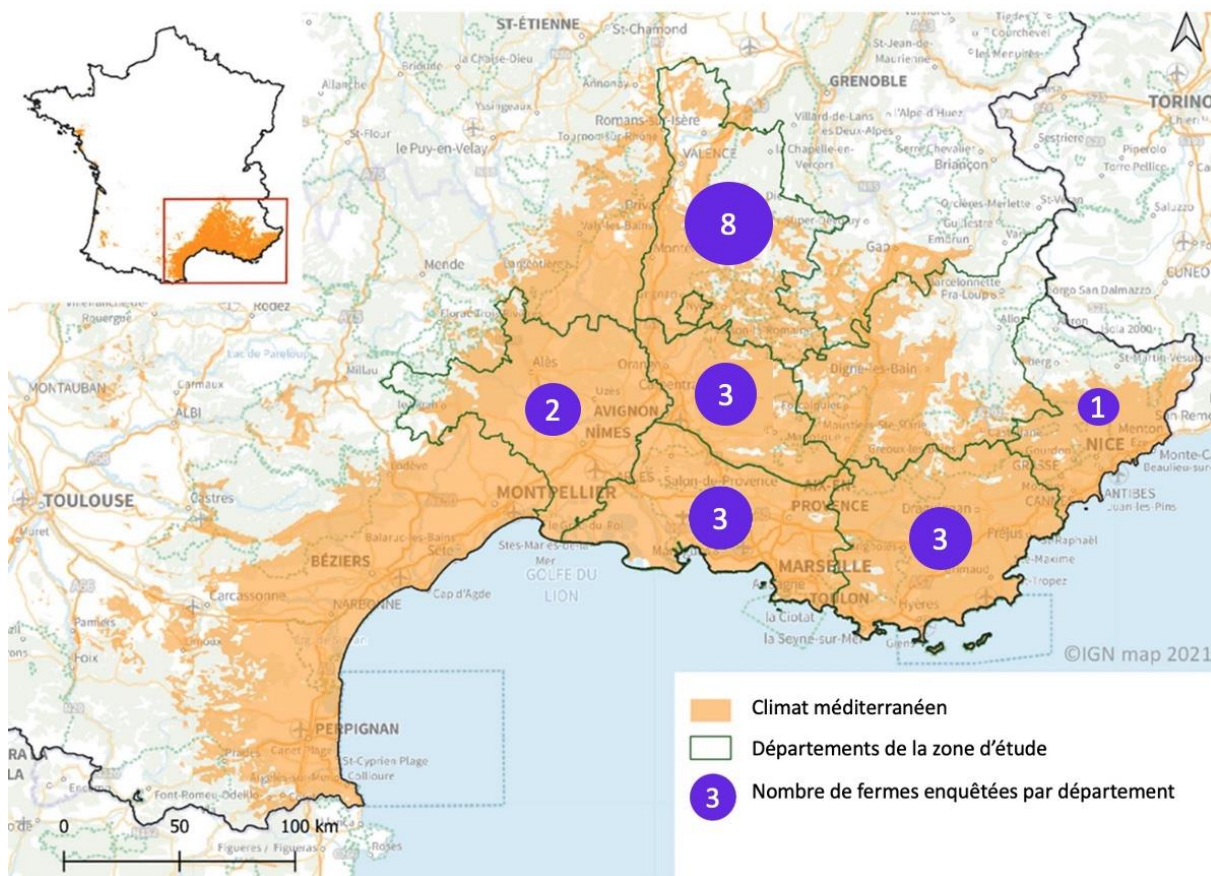


Figure 6 : Localisation des 20 fermes enquêtées dans la zone d'étude.

Source des données climatiques : (Hilal & Joly, 2019).

3.2.2 Première phase de terrain : caractériser les fermes, le(s) système(s) maraîcher(s) agroforestier(s) ainsi que son(leur) évolution

La première phase de terrain a duré 1,5 mois. Des entretiens semi-directifs se sont déroulés en présentiel au sein des 20 fermes sélectionnées (**Figure 6**). Les données collectées sont d'ordre qualitatif. Au total, 22 agris ont été enquêtés. Au sein de 2 fermes, l'agri qui a mis en place le système MAF et l'agri actuellement en activité sont deux personnes différentes. Pour retracer l'historique du MAF, il a donc été nécessaire de les enquêter tous les deux. Les entretiens se sont déroulés en présentiel et ont permis de visiter les fermes et particulièrement le(s) parcelle(s) en MAF. Avec l'accord des agris, les entretiens ont tous été enregistrés pour être retranscrits intégralement, afin de ne pas perdre d'informations et pour rendre l'échange plus interactif. Pour chaque thématique abordée, les agris parlaient librement ; quelques questions de relance ont permis de préciser certains points. Le guide d'entretien (**Annexe 5**) a servi de support car les questions ont évolué en fonction des réponses et des situations.

Le guide d'entretien de cette phase de terrain a été réalisé pour répondre aux deux premières questions de recherche (Quelle est la diversité des systèmes maraîchers agroforestiers ? Quelles sont les trajectoires d'expérience menées dans la conception et dans la gestion de ces systèmes ?). Il a été construit en tenant compte des guides déjà réalisés au cours de précédents stages en MAF (Guessous, 2021 ; Tharel, 2019). Le guide d'entretien complet pour cette première phase de terrain est présenté dans l'**annexe 5** et est divisé en 3 grandes parties. Le tableau ci-dessous détaille les principales données récoltées au cours des entretiens (**Tableau 1**) :

Tableau 1 : Synthèse des données recueillies au cours des 22 entretiens semi-directifs de la première phase de terrain.

1 - Présentation de la ferme	Profil de(s) l'agri(s) : histoire professionnelle et familiale, date d'installation, accompagnement et formations suivis, motivation(s) à la mise en place du MAF Structure de la ferme : statut juridique, historique (dates clés) Données technico-économique : estimation de la part des arbres et du maraîchage dans le chiffre d'affaires et dans le temps de travail Système de production (et d'activité) : productions, surfaces cultivées, force de travail (main d'œuvre, équipements, bâtiments), débouchés
2 - Présentation de(s) la parcelle(s) en MAF	Organisation spatiale : orientation des arbres, distances de plantation, dimension de la parcelle, proportion des arbres et des cultures maraîchères Biodiversité cultivée : type et nombre d'espèces, agencement Modes de conduite des arbres et des cultures maraîchères Évolution de la parcelle : cultures, date de plantation, changements de conduite effectués et pourquoi, comment le MAF a été pensé et comment il a été mis en place et comment il est aujourd'hui
3 - Bilan et projets	Principales erreurs commises et si c'était à refaire ? Conseils aux personnes qui souhaitent s'installer en MAF Bénéfices ou concurrences observées entre les arbres et les cultures maraîchères Projets au sein de la ferme avec un focus sur le MAF

Compte tenu du peu de documentation et de références sur ces systèmes, il était attendu et souhaité que l'entretien s'ouvre sur des thématiques non anticipées. C'est pourquoi, au sein d'une ferme, 2 SdC MAF n'étant plus en place aujourd'hui, ont tout de même été pris en compte et analysés. Le format libre et semi-directif des entretiens a rendu possible cette dynamique inductive. Ce format a été particulièrement apprécié des agris. Chaque entretien a duré entre 1h30 et 3h, pour une moyenne de 2h.

3.2.3 Deuxième phase de terrain : caractériser les performances technico-économiques des systèmes de culture maraîchers agroforestiers

La deuxième phase de terrain a également duré 1,5 mois. L'échantillon des fermes à enquêter a été construit après la première phase de terrain. Les fermes sélectionnées comportent un **système MAF « mûre »**, c'est-à-dire avec des arbres plantés il y a plus de 5 ans et présentant une production fruitière (pour les arbres fruitiers), afin d'évaluer leurs performances et de répondre à la troisième question de recherche (Quelles sont les performances technico-économiques des systèmes MAF ?). De même, l'agri devait avoir une idée de son **temps de travail**, et être disposé à partager les **données économiques** de sa ferme. Au total, 8 agris (donc 8 fermes), répondant à ces conditions, ont été enquêtés et les performances technico-économiques de 11 SdC MAF ont alors pu être caractérisées (3 fermes présentaient 2 SdC MAF distincts). Les entretiens semi-directifs se sont déroulés en présentiel dans 6 fermes et en distanciel pour les 2 autres. Le guide d'entretien complet pour cette deuxième phase de terrain est présenté en **annexe 6** et est divisé en 4 grandes parties. Le tableau ci-dessous détaille les principales données récoltées au cours des entretiens (**Tableau 2**) :

Tableau 2 : Synthèse des données recueillies au cours des 8 entretiens semi-directifs de la deuxième phase de terrain.

1 - Données sur le système de production	Part économique des différentes productions et ateliers Liste et coût des équipements et durée d'amortissement avec un focus sur ceux utilisés pour le MAF Main d'œuvre : nombre, type (ex : stagiaires, salariés), durée de travail sur l'année, spécialisation Temps de travail à l'année par saison et par production
2 - Données économiques du SdC MAF	Pour chaque entité du SdC MAF (arbres, strate arbustive et cultures maraîchères) : - Surfaces cultivées - Quantités produites - Prix de vente - Charges
3 - Données sur le temps de travail du SdC MAF	Production(s) / atelier(s) qui structurent l'organisation du travail : travaux d'astreinte, tâches non prioritaires Temps de travail consacré aux arbres et aux cultures maraîchères
4 - Évolution du MAF au cours des dernières années	Depuis la mise en place du SdC MAF, estimation de la part économique et de la part du temps de travail consacré aux arbres et aux cultures maraîchères

Le guide d'entretien a été envoyé une semaine avant l'entretien, et il a été demandé aux agris de rassembler leurs documents économiques (ex : compte de résultats) pour faciliter la conduite de l'entretien et gagner du temps. Chaque entretien a duré entre 1h30 et 2h. Pour cette deuxième phase de terrain, les agris étaient moins disponibles que lors de la première phase. Pour 3 fermes, il a fallu négocier « l'accès au terrain ». Ainsi, il a été proposé de travailler le matin au sein de la ferme afin de dégager du temps à l'agri pour dérouler l'entretien l'après-midi. Ces moments de travaux au sein des fermes ont été des moments riches en convivialité et en apprentissages. En effet, lorsque l'on s'intéresse à comprendre l'organisation du travail au sein des fermes, quoi de mieux que d'y travailler !

3.2.4 Confrontation et validation des données récoltées

Des fiches ont été réalisées pour les 20 fermes enquêtées (**cf dossier annexe**), incluant des indicateurs chiffrés, des témoignages et des retours d'expérience concernant le fonctionnement des systèmes MAF. Elles s'articulent en 3 volets, pour les 12 fermes enquêtées une seule fois, et en 4 volets, pour les 8 fermes où les deux phases de terrain se sont déroulées :

Volet 1 : Présentation du profil de(s) l'agri(s) et de la ferme ;

Volet 2 : Présentation du(des) SdC MAF ;

Volet 3 : Trajectoire(s) du(des) SdC MAF au sein de la ferme ;

Volet 4 : Performances technico-économiques du(des) SdC MAF étudié(s).

La réalisation de ces fiches n'était pas un objectif initial du stage. Néanmoins, dans le cadre d'un projet de recherche-action, la restitution des résultats auprès des agris m'a parue être un aspect important pour ma démarche. Ces fiches permettent dans un premier temps de valider avec eux les données collectées et leur mise en forme. C'est par ailleurs, l'occasion de les remercier, pour leur temps et leur participation au projet, et permet de consolider les liens avec les partenaires du projet. Enfin, étant donné que ce stage s'inscrit dans l'action 1 du projet ALMANAC, j'ai très vite été impliquée dans la réflexion autour de l'animation du groupe d'échanges Landfiles. Les données répertoriées dans ces fiches vont ainsi constituer un support d'échange et de discussion pour les 2 prochaines années du projet.

3.2.5 Synthèse de la démarche

La phase exploratoire a permis d'identifier 50 fermes dans la zone d'étude susceptible de posséder du MAF. À partir de cette base de données, un échantillon de 20 fermes a été constitué pour la première phase de terrain. Cette phase a permis d'identifier et de caractériser 28 SdC MAF. Parmi les fermes enquêtées, 8 présentaient un ou plusieurs SdC MAF intéressant pour l'étude des performances. Ainsi, la deuxième phase de terrain a concerné ces 8 fermes et a permis de caractériser 11 SdC MAF (**Figure 7**).

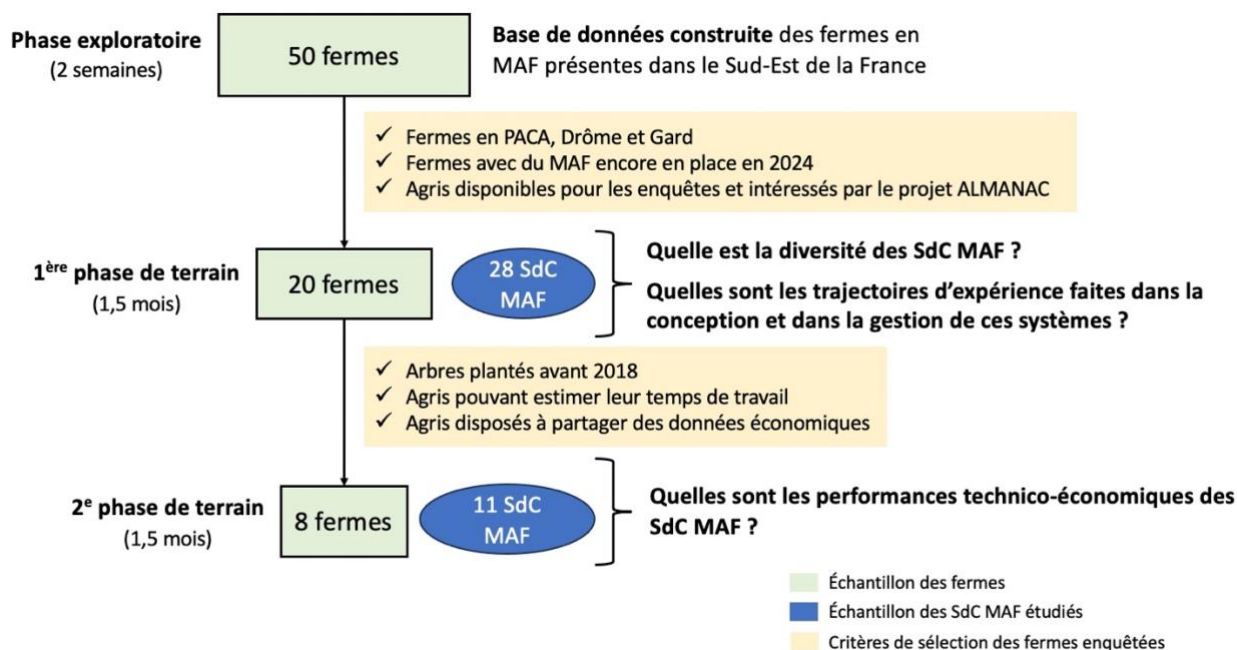


Figure 7 : Synthèse de la démarche avec l'effectif des fermes et des SdC MAF pour chaque phase de travail.

3.3 Traitement des données

3.3.1 Construction des typologies

La construction d'une typologie permet « *d'aborder la diversité et de tenter de l'expliquer* » (Cochet & Devienne, 2006). Une typologie repose sur l'identification de critères de différenciation, répertoriés lors des entretiens avec les agris.

▪ Typologie des fermes

Les critères de différenciation des fermes enquêtées sont :

- La taille de la ferme (SAU cultivée) et la proportion du MAF cultivée au sein de la ferme ;
- La présence d'autres productions (ex : céréales, maraîchage plein champ, verger, élevage ...) et/ou d'autres ateliers (ex : transformation) ;
- La main d'œuvre : nombre et type (ex : main d'œuvre familiale ou main d'œuvre salariée) ;
- Le niveau d'équipements (ex : tracteur, motoculteur ...).

▪ Typologie des SdC MAF

Les critères de définition et les critères de caractérisation sont différenciés pour chaque SdC MAF :

- **Les critères de définition** sont basés sur la *structure* qui, dans cette étude, comprend l'organisation spatiale et temporelle des différentes composantes du système ainsi que leur niveau de biodiversité cultivée (arbres, cultures maraîchères et/ou strate arbustive).
- **Les critères de caractérisation** concernent les *modes de conduite* qui font références aux interventions (pratiques) réalisées sur les différentes composantes du système (arbres et cultures maraîchères).

▪ Typologie des trajectoires des SdC MAF au sein des fermes

Pour construire les trajectoires, les critères de *conception* sont différenciés des critères de *gestion* :

- **Les critères de conception** font référence au design de la parcelle : évolution des grands types de cultures (ex : arbres, cultures maraîchères, cultures céréalières ...).
- **Les critères de gestion** se réfèrent aux décisions prises annuellement par les agris, lesquelles peuvent entraîner des modifications sur le SdC MAF (ex : plantation et/ou suppression des arbres, changement de conduite dans la composante arborée et/ou maraîchères ...).

Pour la représentation graphique des trajectoires des SdC MAF au sein des fermes, je me suis inspirée de l'article : « Transition to legume-based farming systems requires stable outlets, learning, and peer-networking » (Mawois et al., 2019) (**Annexe 7**).

3.3.2 Analyse des performances technico-économiques

L'analyse des performances technico-économiques dans cette étude est une **analyse comparée** des SdC MAF, fondée sur des cas réels, sans construction de modèle par type de SdC MAF identifié. Les performances technico-économiques des 11 SdC MAF enquêtés sont calculées à partir des données fournies pour l'année 2023. Les systèmes enquêtés, étant très différents les uns des autres, les éventuelles « subtilités » des modes de calcul sont présentées en **annexe 8**.

4 RÉSULTATS

Cette partie commence par présenter les fermes ainsi que les motivations des agris pour la mise en place du MAF. Elle explore également la diversité des SdC MAF en termes de structures et de modes de conduite. Les trajectoires des SdC MAF au sein des fermes sont ensuite étudiées, en soulignant les dynamiques et les facteurs de conception et d'évolution de ces systèmes. De plus, les performances technico-économiques des SdC MAF sont analysées et sont mises en lien avec leur niveau de biodiversité cultivée. Pour finir, les tendances d'évolution des systèmes MAF, perçues par les agris, sont exposées, et croisées avec les spécificités des fermes et des trajectoires et performances des SdC MAF.

4.1 Différences d'intérêts, de ressources et d'ateliers au sein des fermes

Les résultats présentés sont basés sur l'analyse de 20 fermes comportant du MAF, anonymisées de F1 à F20 en fonction de l'ordre chronologique des entretiens de la première phase de terrain.

4.1.1 Un profil d'agris atypiques : des non issus du milieu agricole fortement impliqués dans des réseaux d'échanges

Sur l'ensemble des agris enquêtés, 75% sont Non Issus du Milieu Agricole (NIMA), 95% le sont devenus à la suite d'une reconversion professionnelle, dont 30% après un diplôme d'ingénieur agronome (**Annexe 9a**). La plupart d'entre eux sont engagés dans des associations de développement agricole (les CIVAM, les ADEAR, l'ADAF, le GRAB ...). L'importance qu'ils accordent au lien social et leur implication au sein de réseaux d'échanges leur confèrent un profil particulier. Ils sont également nombreux à s'impliquer dans des projets de recherche en lien avec des structures de développement agricole.

Dans cet échantillon, 5 fermes sont de ce fait considérées comme des **fermes pilotes**. Une ferme pilote est un lieu de démonstration, d'expérimentation et de diffusion de pratiques innovantes en conditions réelles d'exploitation. Ces fermes jouent donc un rôle central dans le transfert et l'adoption de nouvelles pratiques plus durables et productives.

Dans cette étude, la notion de ferme pilote est distinguée en 2 niveaux :

- Les fermes qui sont accompagnées par des organismes de recherche et développement (le GRAB et la SCOP AGROOF) et où sont mis en place des suivis réguliers afin de faire avancer les connaissances sur les systèmes MAF (F4, F6 et F20).
- Les fermes non accompagnées par des organismes de recherche et développement mais dont le système MAF est un support de formation pour ces derniers (cas de F1 et F12 pour l'ADAF).

Certaines fermes de l'échantillon se sont développées en s'inspirant ou non des fermes pilotes évoquées précédemment. Le système MAF qu'elles vont mettre en place est conçu pour être un modèle technique solide ainsi qu'une « vitrine » pour l'innovation et la diffusion de connaissances, en somme comme support de production, de formation et comme modèle adapté au changement climatique.

4.1.2 Des motivations communes à associer des arbres à des cultures maraîchères mais des intérêts divergents

Les motivations de cette association, exprimées à travers cette enquête, peuvent être classées en 5 catégories d'objectifs (Figure 8) :

1 - L'augmentation de la biodiversité : l'ensemble des agris enquêtés souhaitent ramener de la biodiversité via cette association. Principalement, ce qui les motive, c'est l'autonomie sanitaire du système : « *...augmenter la diversité cultivée permet de s'affranchir des produits phytosanitaires...* » ; « *...c'est la complexité du système qui fait qu'il est autonome...* ». Toutes ces fermes sont en agriculture biologique (avec ou sans label), ce qui entre en cohérence avec cet objectif commun. Uniquement un agri a raisonné la biodiversité uniquement au niveau racinaire : « *...la biodiversité racinaire, apportée par les arbres, va m'aider à structurer et à entretenir la fertilité de mon sol...* ». De plus, pour 8 d'entre eux, la biodiversité a été raisonnée dans sa globalité, à la fois du point de vue sanitaire que du point de vue de la fertilité. Enfin, 2 agris ont employé le terme de « *résilience* », recherché par cette association.

2 - La création de richesses : un tiers des agris attendent un retour économique des arbres via la commercialisation de la production fruitière : « *...quand tu plantes un arbre fruitier, c'est pour pouvoir récolter [...] l'idée c'est de diversifier la production et d'avoir un retour économique complémentaire du maraîchage...* ». Un autre tiers cherche avant tout l'autoconsommation, et la commercialisation concerne les surplus de production : « *...j'ai planté des arbres fruitiers principalement pour moi, la vente c'est un plus...* ». Enfin, 2 agris se sont lancés en MAF, à la recherche d'un projet de vie et pour 2 autres, le MAF s'inscrit dans le fonctionnement global de la ferme pour l'approvisionnement et l'autonomie des autres ateliers (pépinière et restauration) : « *...le jardin est sans enjeu économique direct, il me sert à produire les graines pour mes plants et de la nourriture pour la préparation de repas, et ça c'est précieux pour moi...* ».

3 - L'amélioration du microclimat : la majorité des agris recherchent en priorité l'effet d'ombrage (pour les cultures maraîchères et pour leur confort de travail), puis celui de la protection contre le vent et enfin celui de réduction de l'utilisation de l'eau, via l'augmentation des capacités de rétention de l'eau dans les sols : selon Warren Brush « *planter des arbres permet de cultiver l'eau* ».

4 - La structuration du paysage est aussi un critère important pour les agris, soit dans un but purement esthétique, soit pour contribuer à la structuration du maraîchage : « *...quand je monte mes planches maraîchères, je compte mes arbres, c'est un élément structurant essentiel à mon fonctionnement...* ».

5 - La transmission d'expériences est le dernier objectif qui ressort au travers de cette étude. Cet objectif, peu commun lorsque l'on se lance en agriculture, est partagé par la moitié des agris enquêtés. La dimension pédagogique, à travers les formations et l'accueil du public à la ferme, l'expérimentation d'un système adapté au changement climatique tout en étant productif, ainsi que l'installation de nouveaux agriculteurs sur un modèle durable, sont au cœur de cette motivation.

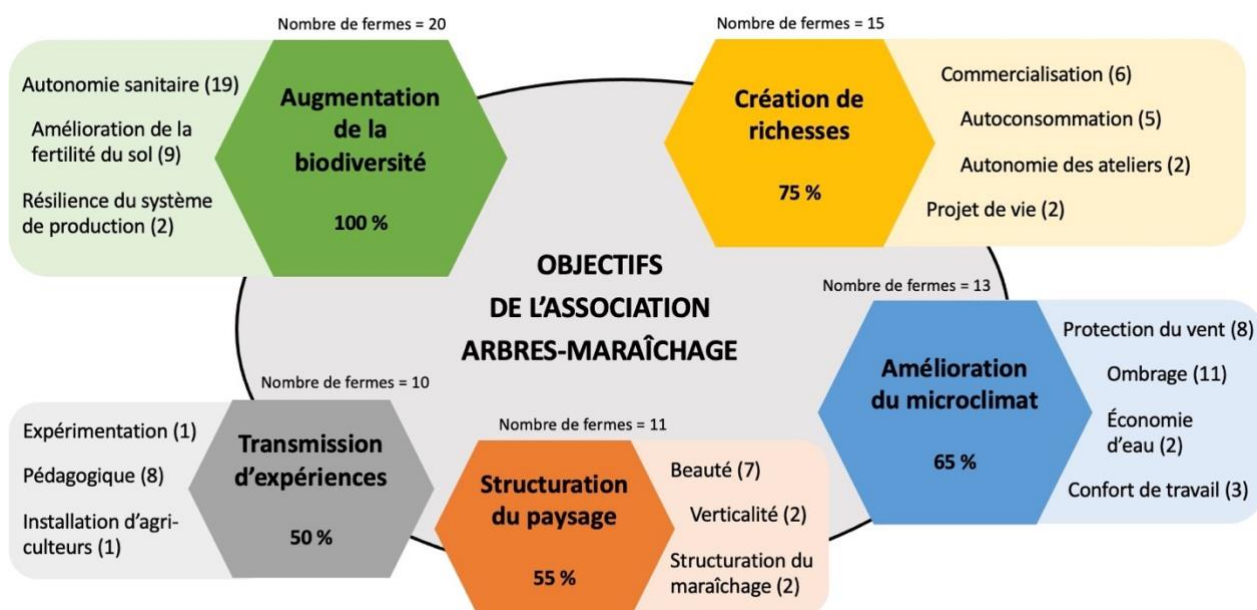


Figure 8 : Cartographie des objectifs recherchés par l'association entre les arbres et les cultures maraîchères.

Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'agriculteurs qui ont évoqués l'objectif de cette association.

4.1.3 Une diversité d'espèces cultivées qui ne dépend pas de la surface exploitée

Le nombre d'espèces cultivées en MAF, à savoir la somme des espèces d'arbres et des espèces maraîchères, varie de 20 à 130 pour une moyenne de 55 espèces par ferme (**Figure 9**). Les fermes dont la SAU cultivée en MAF est inférieure à 0,5 ha cultivent à la fois un grand comme un petit nombre d'espèces. Le nombre d'espèces cultivées n'est pas corrélé à la surface cultivée (**Figure 9**) mais semble plutôt dépendre du type de débouchés (**Annexe 9b**), bien que les 20 fermes commercialisent toutes en circuits courts. En circuits courts, en moyenne 30 espèces maraîchères sont cultivées par ferme (Aubry et al., 2011 ; Morel, 2016).

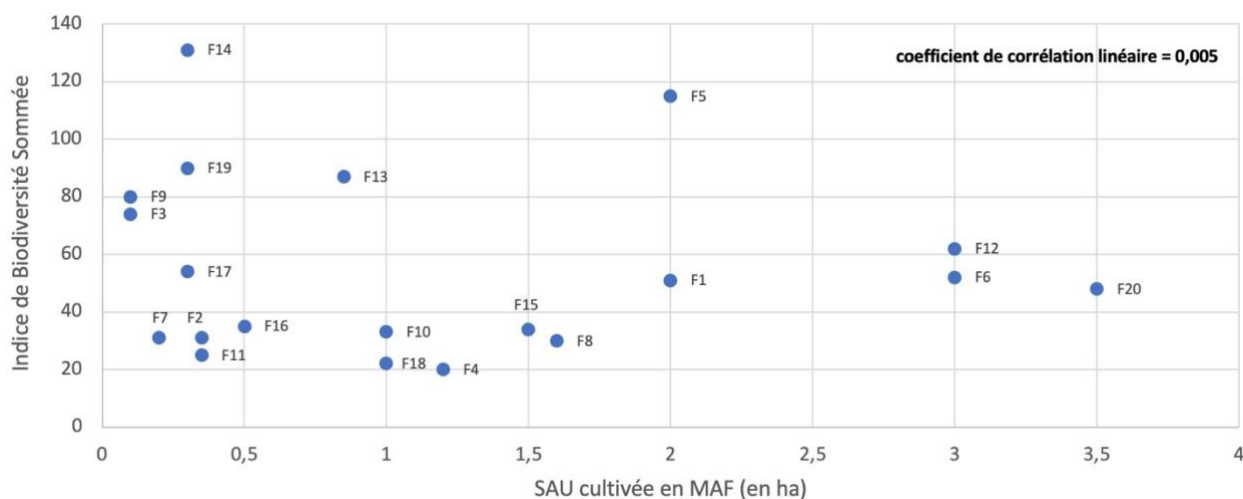


Figure 9 : Répartition des fermes selon l'indice de biodiversité sommée (total des espèces d'arbres fruitiers et champêtres et des cultures maraîchères) en fonction de la surface agricole utile cultivée en MAF.

4.1.4 Des ressources disponibles hétérogènes

La première ressource abordée est la **force de travail (Annexe 9a)**. La majorité des fermes sont familiales (14 fermes). La main d'œuvre est uniquement familiale pour 11 fermes et les 3 autres emploient en plus des salariés. Le nombre de personnes qui y travaillent varie de 1 à 3 sur l'année. L'autre partie des fermes correspond à des sociétés agricoles (6 fermes). La moitié d'entre elles appartiennent à des entreprises, où la main d'œuvre est entièrement salariée ; l'autre moitié est composée de fermes où les agris sont associés et embauchent de la main d'œuvre selon leurs besoins. Le nombre de personnes travaillant au sein de ces sociétés agricoles varie de 2 à 8 sur l'année. Les compétences en arboriculture varient aussi au sein de ces fermes. Parmi les sociétés agricoles, 4 d'entre elles disposent d'une personne responsable de l'atelier arboricole. Elle va réaliser les travaux nécessaires et surveiller la maturité des fruits afin de mobiliser de la main d'œuvre nécessaire aux moments opportuns. Parmi les fermes familiales, bien que 11 agris aient suivi une formation en arboriculture, cet atelier reste peu valorisé. En effet, la main d'œuvre disponible est peu nombreuse, des règles d'arbitrage de priorité s'établissent en faveur de l'atelier maraîcher pour 8 d'entre eux : *« ...les arbres ce n'est pas notre priorité, notre priorité c'est le maraîchage, car c'est ce qui est rentable maintenant... »*.

La deuxième ressource abordée est le **capital technique (Annexe 9a)**. La majorité des fermes sont équipées d'un tracteur (11 fermes) et une minorité reste en travail manuel exclusif (4 fermes). Les autres fermes sont équipées d'un motoculteur pour le travail du sol (5 fermes). Sur l'ensemble des fermes enquêtées, les investissements restent faibles. Beaucoup de matériel agricole n'est pas acheté neuf ou a été auto-construit (seul ou avec l'Atelier Paysan) pour être adapté au système de production. De plus, la proportion des serres au sein de ces fermes est variable, allant de 0% à 40% de la SAU MAF cultivée. La moitié des fermes consacre moins de 5% de leur SAU MAF à des cultures sous serre, 3 fermes ne possèdent pas de serre et 1 ferme consacre 40% de sa SAU MAF à des cultures sous serres. Les 6 autres présentent entre 6% et 13% de leur SAU MAF sous serre (**Annexe 9a**).

Enfin, la troisième ressource abordée est le **foncier**, et notamment son statut (**Annexe 9a**). La majorité des agris sont propriétaires de leur foncier (17 fermes) dont 14 après l'avoir acheté et 3 après avoir récupéré des terres familiales. Leur bail est ainsi sécurisé, contrairement aux autres agris (3 fermes) qui sont locataires de leurs terres. Pour 2 fermes, le bail est établi avec « Terre de Liens », et pour 1 ferme il est établi avec une communauté de communes.

4.1.5 Le temps de travail et la contribution économique des arbres varient d'une ferme à l'autre

Au sein du MAF, la part du temps de travail dédiée aux arbres et la part des arbres dans le CA par rapport au maraîchage varient fortement d'une ferme à l'autre (**Figure 10**). Parmi l'ensemble des fermes, 12 estiment que la production des fruits est plus rentable que le maraîchage à temps de travail égal. Pour 10 fermes, la contribution économique des arbres représente moins de 10% du CA total du MAF. Selon les agris interrogés, les fermes qui transforment leur production fruitière la valorisent mieux, mais cela implique une augmentation du temps de travail. La transformation des fruits s'avère donc idéale pour les valoriser, mais elle suppose une réorganisation du travail, impliquant la création d'un nouvel atelier, du temps de travail supplémentaire et éventuellement la recherche de nouveaux débouchés. En effet, selon les débouchés, la commercialisation des fruits est délicate « *...bien produire est plus facile que bien vendre, il ne faut pas négliger son système et sa stratégie de commercialisation...* ».

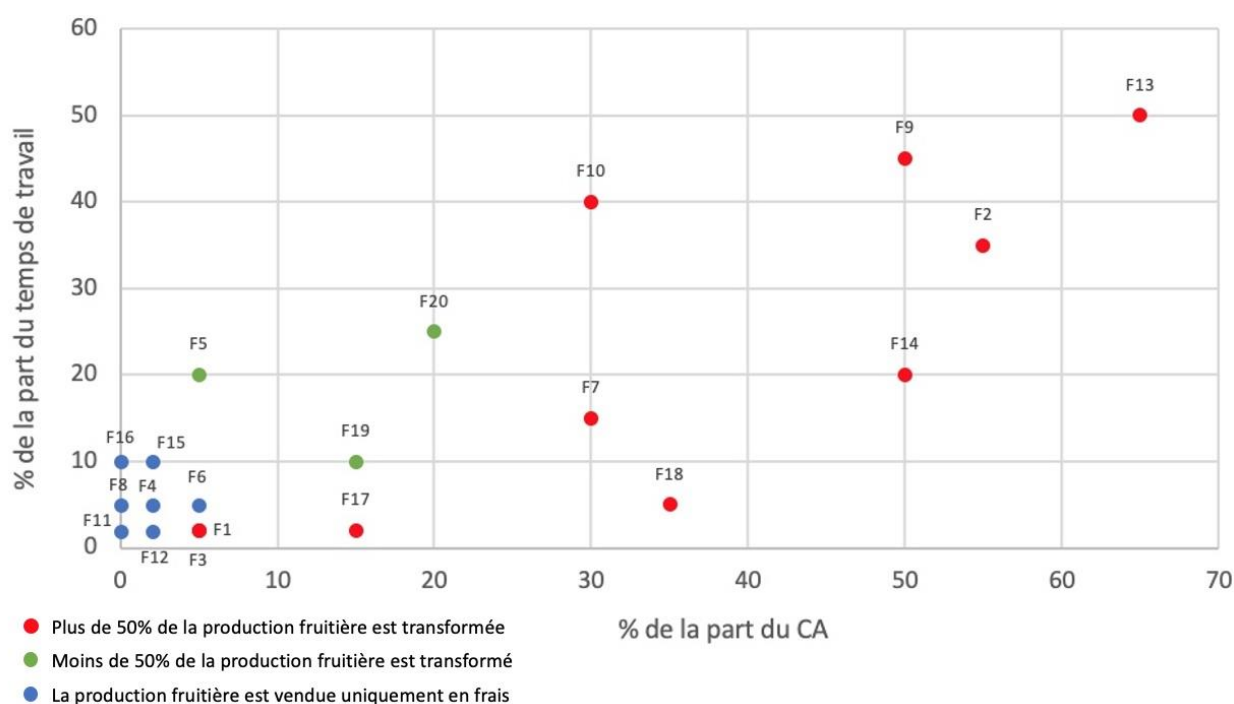


Figure 10 : Répartition des fermes selon la proportion du temps de travail dédié aux arbres par rapport à leur contribution au chiffre d'affaires.

4.1.6 Des fermes plus ou moins spécialisées en maraîchage agroforestier

La part de la SAU totale cultivée au sein des fermes varie de 0,3 ha à 25 ha (**Figure 11**). Ces fermes peuvent être distinguées en 3 types en fonction de leur SAU totale cultivée et de leur part du MAF cultivée. Chaque type de ferme est également caractérisé par la main d'œuvre, par le niveau d'équipements et par la transformation ou non de la production fruitière (**Annexes 9a et 9b**).

Type 1 : Les « micro-fermes » dont la SAU totale cultivée est inférieure ou égale à 2 ha (9 fermes). Ces fermes peuvent être séparées en 2 sous-types en fonction des ressources disponibles :

1 - Les micro-fermes familiales (7 fermes). Au sein de ces fermes la main d'œuvre est uniquement familiale et varie de 1 à 2 personnes à l'année. Elles ne possèdent pas de tracteur (3 fermes possèdent un motoculteur, 3 fermes travaillent uniquement avec des outils manuels et 1 ferme loue un tracteur pour le travail du sol) (**Annexe 9a**). La transformation de la production fruitière est de plus de 50% (à l'exception de F4) et a lieu sur la ferme (à l'exception de F3) (**Figure 10**). Au sein de ces fermes, la SAU cultivée en MAF est supérieure à 80% de la SAU totale (à l'exception de F3) (**Figure 11**).

2 - Les micro-fermes salariales (F8 et F16) qui appartiennent à des sociétés agricoles (SARL et SCEA). Au sein de ces fermes, la main d'œuvre est uniquement salariée, et varie de 2 à 3,5 personnes à l'année. L'une des fermes possède un tracteur et l'autre un motoculteur (**Annexe 9a**). La production fruitière est uniquement vendue en frais (**Figure 10**). La SAU cultivée en MAF est inférieure à 80% de la SAU totale.

Type 2 : Les « fermes spécialisées en MAF » dont la SAU totale cultivée est supérieure à 2 ha avec plus de 80% de leur SAU en MAF (F6 et F20). Elles correspondent aux deux fermes pilotes qui ont été accompagnées dans la mise en place du MAF et qui sont suivies par des organismes de recherche et développement. La main d'œuvre varie de 2 à 4 personnes à l'année, les agris sont associés en GAEC pour F20 (**Annexe 9a**) et le GAEC est en cours de construction pour F6. Ces fermes sont équipées d'un tracteur et une partie de la production fruitière est transformée (**Figure 10**) par un prestataire pour F20.

Type 3 : Les « fermes mixtes » dont la SAU totale cultivée est supérieure à 2 ha avec moins de 80% de leur SAU en MAF (9 fermes). Le nombre et le type de main d'œuvre ainsi que le niveau d'équipements varient fortement d'une ferme à l'autre. Ces fermes possèdent, en plus du MAF, un autre atelier dominant, et peuvent être séparées en 4 sous-types en fonction de celui-ci :

1 - Les fermes à dominance maraîchère (F11, F19 et F15). Au sein de ces fermes, la main d'œuvre est nombreuse et varie de 2,5 à 8 personnes à l'année, dont une partie est salariée. Elles sont toutes équipées d'un tracteur, bien que F11 utilise uniquement des outils manuels pour le travail du maraîchage dans son MAF (**Annexe 9a**). Uniquement F19 transforme une partie de sa production fruitière ; les 2 autres fermes vendent uniquement en frais (**Figure 10**).

2 - Les fermes à dominance arboricole (F7 et F10). Au sein de ces fermes, la main d'œuvre est uniquement familiale, et varie de 2 à 3 personnes à l'année. L'une des fermes possède un tracteur et l'autre un motoculteur (**Annexe 9a**). La production fruitière est intégralement transformée (**Figure 10**) par un prestataire.

3 - Les fermes en polyculture-élevage ou avec des surfaces en grandes cultures (F1, F2, F5 et F12). Les deux fermes pilotes de l'ADAF (F1 et F12) sont des sociétés agricoles (GAEC et SCOP) et la main d'œuvre varie de 4 à 5 personnes à l'année. Les deux autres fermes sont familiales, avec 1 ou 2 personnes, qui travaillent à l'année. Ces fermes sont toutes équipées d'un tracteur (**Annexe 9a**). F12 vend uniquement sa production fruitière en frais, F5 transforme une partie de sa production (prestation) et F1 et F2 transforment plus de 50% de leur production (**Figure 10**).

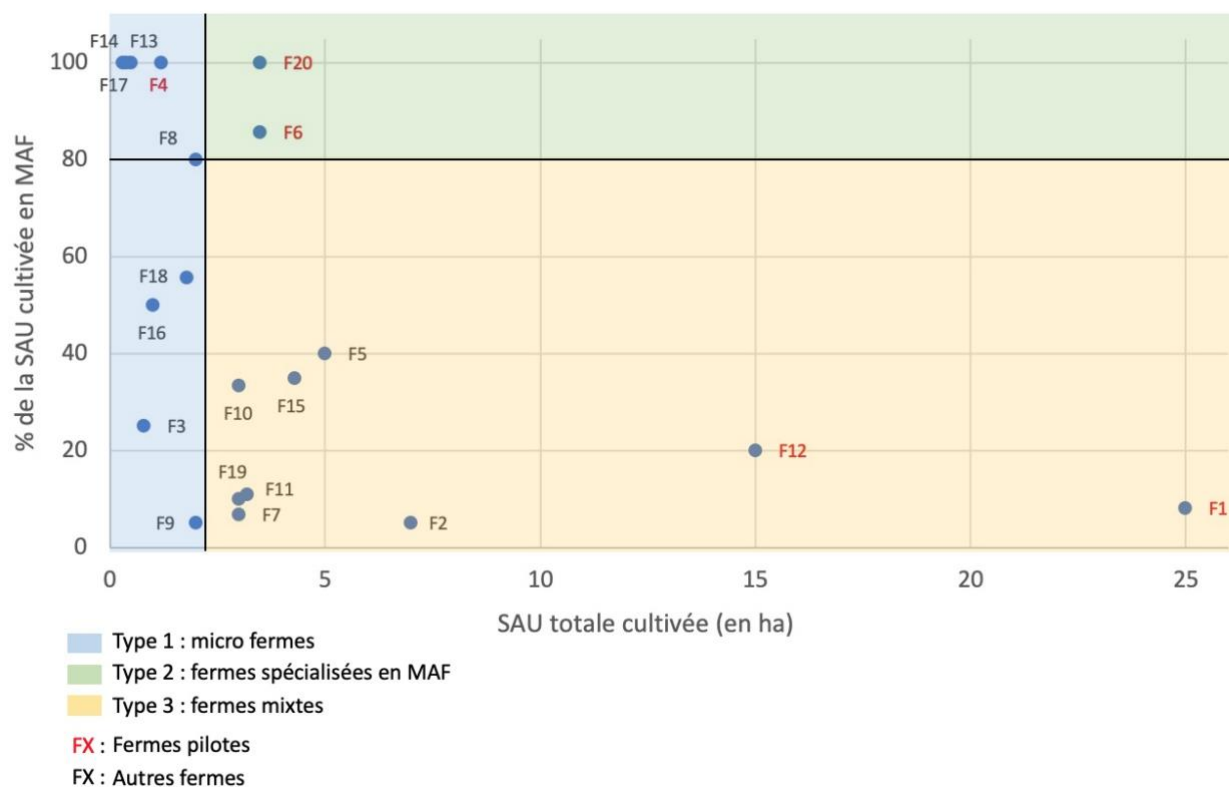


Figure 11 : Répartition des fermes selon la part de la surface cultivée en MAF en fonction de la surface agricole utile totale cultivée. La SAU totale cultivée a été donnée selon les dires des agris et le % du MAF cultivé a été calculé.

Conclusion partielle : Dans cette partie, nous avons mis en évidence que ce qui rassemble les fermes enquêtées c'est le profil des agris, souvent qualifiés de « néo-ruraux ». Leur objectif principal pour l'association entre les arbres et les cultures maraîchères est d'augmenter la biodiversité dans les parcelles, tout en produisant en agriculture biologique. Trois types de fermes peuvent être distinguées en fonction de leur taille, de l'importance de la proportion du MAF vis-à-vis d'autres ateliers, de leurs capacités de production (main d'œuvre et équipements).

4.2 Systèmes de culture maraîchers agroforestiers différenciés par les arbres

Sur les 20 fermes enquêtées lors de la première phase de terrain, 28 SdC MAF ont été identifiés et caractérisés en fonction de leurs structures (agencement spatial des espèces et biodiversité cultivée) (**Annexe 10**) et de leurs modes de conduite (**Annexes 11**).

4.2.1 Les grands types qui émergent

Les parcelles MAF sont structurées par la présence des arbres. Les SdC MAF sont différenciés selon deux critères (**Figure 12**) :

1 - L'agencement spatial des arbres dans la parcelle pour lequel 5 organisations sont retrouvées :

- « Mono-ligne » (18 SdC MAF) : alternance d'une ligne d'arbres et d'une zone maraîchère ;
- « Haie » (2 SdC MAF) : alternance de haies et d'une zone maraîchère ;
- « Double-ligne » (4 SdC MAF) : alternance de deux lignes d'arbres et d'une zone maraîchère ;
- « Mixte » (1 SdC MAF) : alternance de « mono-lignes » et de « double-ligne » d'arbres entre les zones maraîchères ;

Cet agencement spatial étant retrouvé qu'une seule fois, et étant une combinaison des « mono-ligne » et des « double-ligne », n'est ni présenté, ni étudié par la suite.

- « Non-aligné » (3 SdC MAF) : présence d'arbres au milieu ou entre les zones maraîchères sans agencement standardisé.

2 - Le nombre d'espèces d'arbres comptabilisé sur la parcelle :

- « Mono-espèce » (5 SdC MAF) : présence d'une seule espèce d'arbres ;
- « Pluri-espèces » (23 SdC MAF) : présence de plus de 2 espèces d'arbres.

La présence d'une seule espèce d'arbres est retrouvée uniquement pour l'agencement en « mono-ligne ».

Ainsi, 5 types de SdC MAF ont finalement pu être caractérisés. Selon les types, des sous-types sont également distingués (**Figure 12**) :

Type 1 : Mono-ligne mono-espèce (5 SdC MAF), pour lesquels sont identifiés **3 sous-types**, distingués par la distance de plantation entre les arbres (homogène ou hétérogène) et la densité (faible ou élevée).

Type 2 : Mono-ligne pluri-espèces (13 SdC MAF), pour lesquels sont identifiés **3 sous-types**, distingués par l'agencement des espèces pérennes sur les lignes (association d'arbres fruitiers et/ou champêtres sur la ligne, alternance de lignes d'arbres champêtres et fruitiers ou densification des lignes d'arbres avec une strate arbustive).

Type 3 : Haie (2 SdC MAF) qui ne présente pas de sous-type.

Type 4 : Double-ligne (4 SdC MAF), pour lesquels sont identifiés **2 sous-types**, distingués par la densification ou non du double-rang d'arbres avec des cultures maraîchères.

Type 5 : Non-aligné (3 SdC MAF), pour lesquels sont distingués **3 sous-types**, où chaque SdC MAF est un cas particulier distingué par la densité de plantation (faible, moyenne ou élevée).

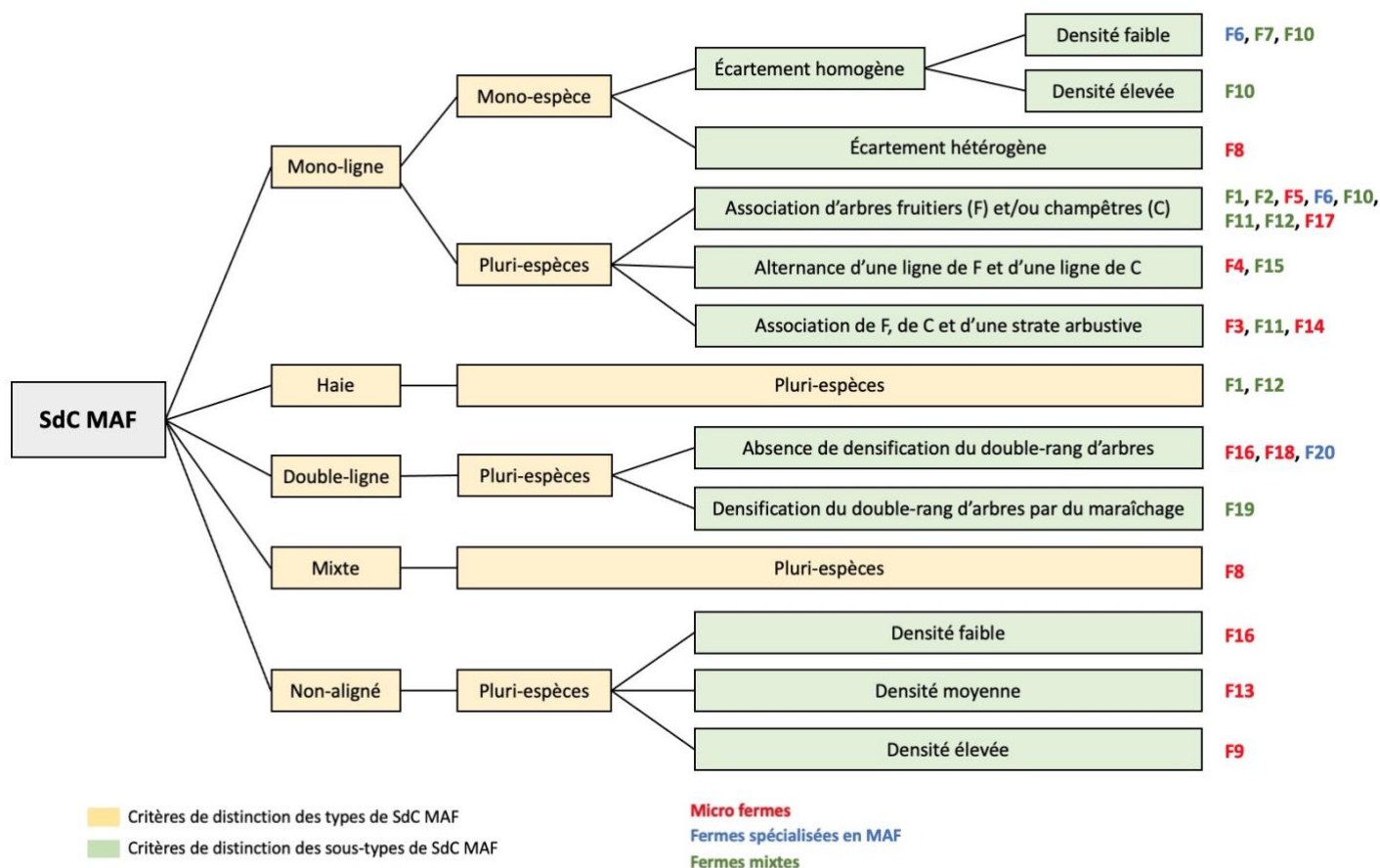


Figure 12 : Typologie des SdC MAF.

Le nombre d'espèces maraîchères cultivées n'est pas un critère de distinction des types de SdC MAF. En effet, il ne semble pas y avoir de relation entre le nombre d'espèces d'arbres et le nombre d'espèces maraîchères ; ce n'est pas parce que la diversité de la composante pérenne (arbres et strate arbustive) est élevée qu'elle le sera pour la composante maraîchère et inversement (**Annexe 10**).

L'analyse des modes de conduite des arbres met en évidence que dès que les agris commencent à « prendre soin de leurs arbres », en commençant par leur taille (moyenne-tige), cela entraîne généralement une augmentation des intrants, tels que l'irrigation, la fertilisation et les traitements (**Annexe 11**). De plus, il est intéressant de noter que les agris qui traitent leurs arbres traitent également leur maraîchage ; l'inverse n'est pas toujours vérifié. Enfin, les SdC MAF pour lesquels le travail du sol du maraîchage est manuel, ne taillent pas leurs arbres en moyenne-tige (**Annexe 11**).

Les modes de conduite des SdC MAF, ne semblent pas être corrélés avec le niveau de biodiversité cultivée, mais plutôt selon le type de SdC MAF et le type de ferme (**Tableau 3**). Tous les SdC MAF du type 4 sont taillés en moyenne-tige. Tous les SdC MAF du type 3 ne présentent pas d'entretien des arbres (absence de taille et d'intrants). F10 présente 2 SdC MAF du type 1 et 1 SdC MAF du type 2 qui sont conduits de la même manière. Cela est également le cas pour F17 qui présente 1 SdC MAF du type 2 et 1 SdC MAF du type 5. Enfin, il semble que le type 3 soit associé aux fermes mixtes et que le type 5 soit associé aux micro-fermes. Pour les SdC MAF des types 1, 2 et 4, tous les types de fermes sont retrouvés.

Tableau 3 : Compilation de la structure (agencement spatial des espèces et de biodiversité cultivée : nombre et du type d'espèces) et des modes de conduite pour les composantes arborées et maraîchères de chaque SdC MAF rencontrés.

Organisation des Arbres dans la parcelle	Mono-ligne													Haie		Mixte	Double-ligne			Non-aligné					
Nombre d'espèces d'Arbres	Mono			Pluri										Pluri		Pluri	Pluri			Pluri					
Présence d'Arbres Champêtres	N		O	N		O								O		O	N		O		N	O			
Densification du Rang d'Arbres (autre strate)	N			N		O	N				O			N		N	N		O	N	N	O			
Taille	M	L	H	M		H	M			H	L	M	H		L	M	M			M	H	L			
Système d'Irrigation	O	N	N	N	O	N	O	N		N	N	O	N	O	N	O	O		O	N	N	N	N		
Fertilisation	O	N	N	N	O	N	O	N		N	N	O	N		N	N	O		N	N	N	O	N		
Traitements	O	N	N	N	O	N	O	N		N	N	N	N		N	N	O		N	N	O	N			
Nombre d'espèces Maraîchères	≥30		<30	≥30		<30	≥30	≥30	<30		≥30	<30	≥30	<30	≥30	>30	<30	≥30		≥30	<30	≥30	≥30	<30	
Traitements	O	N	N	N	O	N	O	N	O	N	N	N		N	N		O	O		N		O	N		
Travail du sol	T	T	M	T		m	M	N	T	M	T	M	m		T	T	M	T	T		M	m			
Fermes	F10 (x2)	F6 F7	F8	F1	F10	F2 F11	F17	F5	F15	F4	F12	F6	F3	F14	F11	F1	F12	F8	F16	F20	F19	F18	F17	F13	F9
Sous-type	1 - 2	1	3	1				2		1		3			1		1	1		2	1	1	2	3	
	Type 1			Type 2										Type 3		Type 4					Type 5				

Agencement spatial des espèces (structure)
 Nombre et type d'espèces (biodiversité)
 Modes de Conduite des Arbres
 Modes de Conduite du Maraîchage

Modes de conduite des **arbres** :
 O : oui
 N : non
 M : moyenne-tige
 H : haute-tige
 L : libre (absence de taille)

Modes de conduite du **maraîchage** :
 O : oui
 N : non
 T : tracteur
 M : motoculteur
 m : manuel

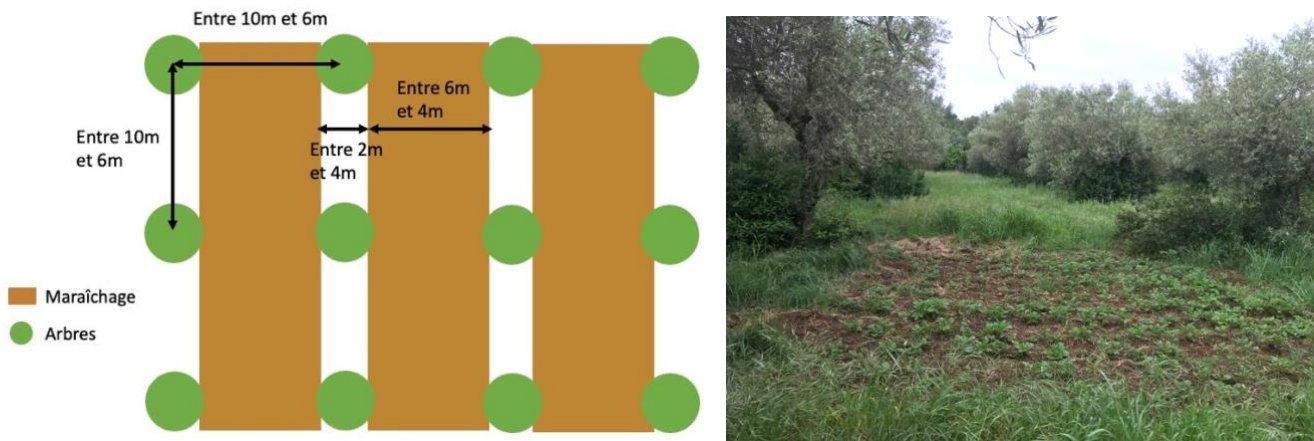
Intensification des modes de conduite
Micro fermes
 Fermes spécialisées en MAF
 Fermes mixtes

4.2.2 Présentation des cinq grands types de systèmes de culture maraîchers agroforestiers

4.2.2.a. Type 1 : mono-ligne mono-espèce

Le type mono-ligne mono-espèce est caractérisé par l'association du maraîchage avec une seule espèce d'arbres. À partir des 5 SdC MAF rencontrés, 3 sous-types ont été formalisés.

Le sous-type 1 du type 1 a été construit à partir de 3 SdC MAF. Il est caractérisé par un écartement entre les arbres homogène (plantations en 10 m x 10 m ou en 8 m x 8 m ou en 6 m x 6 m) et une densité de plantation qui varie de 100 à 280 arbres / ha (**Figure 13**).



Viaud, 2024

Figure 13 : Schéma et photo du parcellaire du sous-type 1 du type 1.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

La photo correspond au SdC MAF retrouvé au sein de F7 (association entre des oliviers et du maraîchage).

Le sous-type 2 du type 1 a été construit à partir d'1 seul SdC MAF. Ce SdC MAF est un cas particulier car il est implanté sur des restanques. Les plantations d'arbres sont très proches et le maraîchage, principalement des cultures rampantes (famille des *Cucurbitaceae*), est cultivé à l'extrémité des restanques afin de pouvoir exploiter pleinement la surface de cette dernière : « ...sur les restanques, on cultive en trois dimensions, la surface agricole exploitable est plus importante qu'en plaine... ». **Les arbres sont taillés, traités et possèdent un système d'irrigation propre.** La densité de plantation est très élevée, permise par la présence des restanques, et est de 2 500 arbres / ha (**Figure 14**).

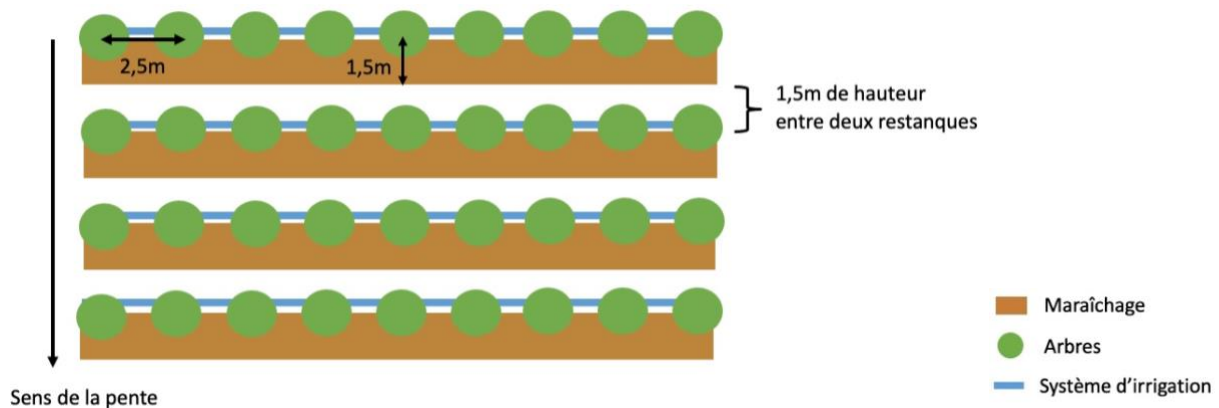
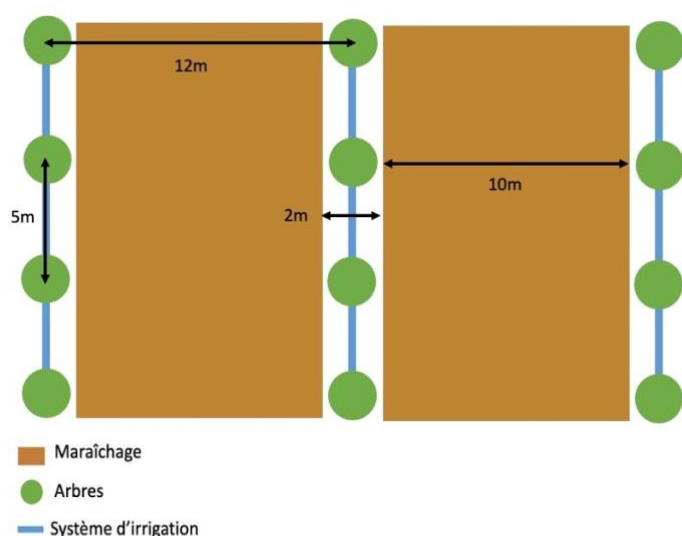


Figure 14 : Schéma parcellaire du sous-type 2 du type 1.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

Le sous-type 3 du type 1 a été construit à partir d'1 seul SdC MAF. Sur le rang, les arbres sont plantés plus densément, laissant un inter-rang plus grand et donc une surface maraîchère cultivable plus importante que le précédent sous-type. **Les arbres sont taillés, traités et possèdent un système d'irrigation propre.** La densité de plantation est de 170 arbres / ha (Figure 15).



Viaud, 2024

Figure 15 : Schéma parcellaire et photo du sous-type 3 du type 1.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

La photo correspond au SdC MAF retrouvé au sein de F8 (association entre des pistachiers et du maraîchage).

Les SdC MAF du type 1 sont principalement retrouvés au sein des **fermes mixtes à dominance arboricoles** (3 sur 5) (**Figure 11, Tableau 3**), sont équipées d'un tracteur et au moins 2 personnes travaillent à l'année sur la ferme. Les agris attendent tous un retour économique des arbres et vendent leur production après **transformation** (huile, jus, planches de bois). La SAU cultivée en MAF est faible, allant de 0,1 ha à 2 ha pour une moyenne de 0,85 ha. Les espèces d'arbres cultivées sont des noyers hybrides (valorisation du bois et non des fruits) et des oliviers pour sous-type 1, des grenadiers pour le sous-type 2 et des pistachiers pour le sous-type 3. Il est intéressant de mentionner que ces espèces sont des **espèces « tardives »** et que la récolte est réalisée après la « saison maraîchère ». Le travail consacré à la récolte des arbres ne semble pas entrer en concurrence avec l'atelier maraîcher.

4.2.2.b. Type 2 : mono-ligne pluri-espèces

Le type mono-ligne pluri-espèces, est caractérisé par l'association du maraîchage avec plusieurs espèces d'arbres, pouvant être agencées différemment dans l'espace. À partir des 13 SdC MAF rencontrés, 3 sous-types ont été formalisés (Figure 16) :

Le sous-type 1 du type 2 a été construit à partir de 8 SdC MAF et 4 stratégies d'association d'espèces d'arbres sont identifiées :

1 - La diversification d'espèces fruitières et/ou champêtres au sein du système pour s'affranchir de tout traitement : « ...c'est la complexité du système qui fait qu'il est autonome... » (2 SdC MAF) ;

2 - L'absence ou la faible diversification d'espèces : une espèce fruitière principale ($\geq 80\%$) est associée à une ou deux autres espèces fruitières ou champêtres appelés « *arbres compagnons* » (2 SdC MAF) ;

3 - L'association sur la ligne d'espèces fruitières regroupées par « catégorie » (ex : fruitiers à noyaux ou fruitiers à pépins) pour faciliter la taille (développement végétatif proche) et pour faciliter la surveillance des maladies et la maturité des récoltes (2 SdC MAF) ;

4 - L'association des espèces fruitières en fonction de l'ombre portée sur le maraîchage (ex : oliviers (arbres) en bordure et grenadiers (arbustes) au milieu). Cette dernière stratégie n'est retrouvée qu'au niveau du MAF sur restanques afin d'optimiser la place et les ressources disponibles (lumière).

Les arbres sont traités pour toutes les stratégies hormis pour la première (diversification). La densité de plantation varie de 80 à 170 arbres / ha pour les 3 premières stratégies et est d'environ 800 arbres / ha pour la quatrième stratégie (restanques) où les arbres possèdent un système d'irrigation propre.

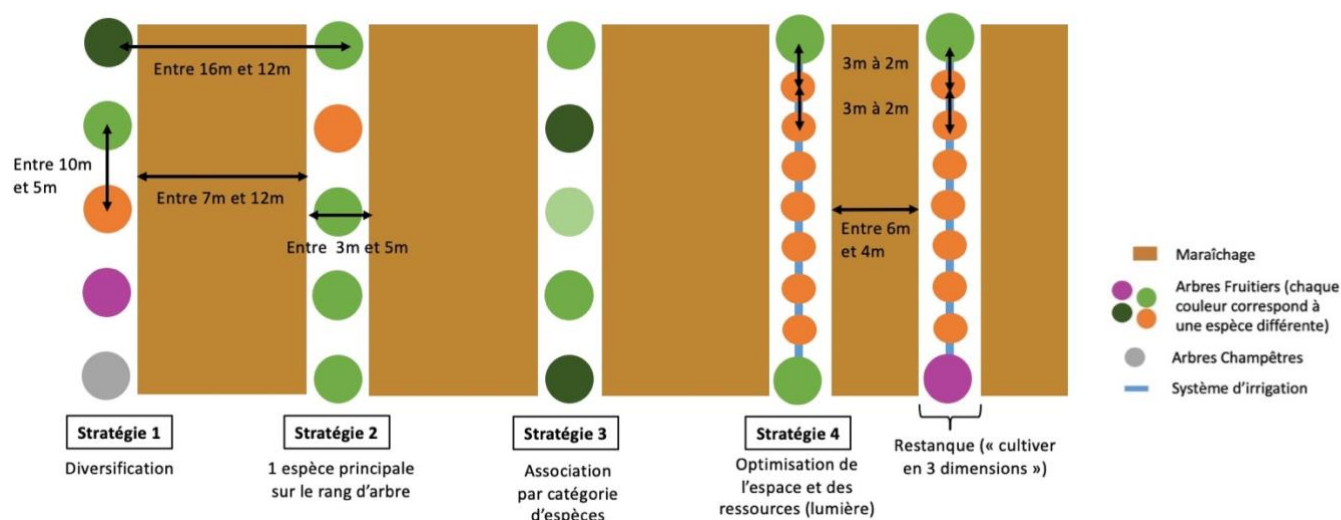


Figure 16 : Schéma parcellaire des 4 stratégies d'association d'arbres du sous-type 1 du type 2.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

La photo de gauche correspond à la stratégie 1 (SdC MAF de F1) et la photo de droite correspond à la stratégie 4 (SdC MAF de F17).

Le sous-type 2 du type 2 a été construit à partir de 2 SdC MAF. Il alterne une ligne d'arbres fruitiers avec une ligne d'arbres champêtres plantés plus densément : soit une ligne de haie fruitière, soit une ligne d'arbres de haut jet. Cela permet de ramener de la biodiversité cultivée au MAF autrement que par la diversification en espèces fruitières, ainsi que d'améliorer le microclimat. La densité de plantation, en prenant en compte uniquement les arbres fruitiers, varie de 50 à 80 arbres / ha, et en prenant l'ensemble des arbres, varie de 200 à 250 arbres / ha (**Figure 17**).

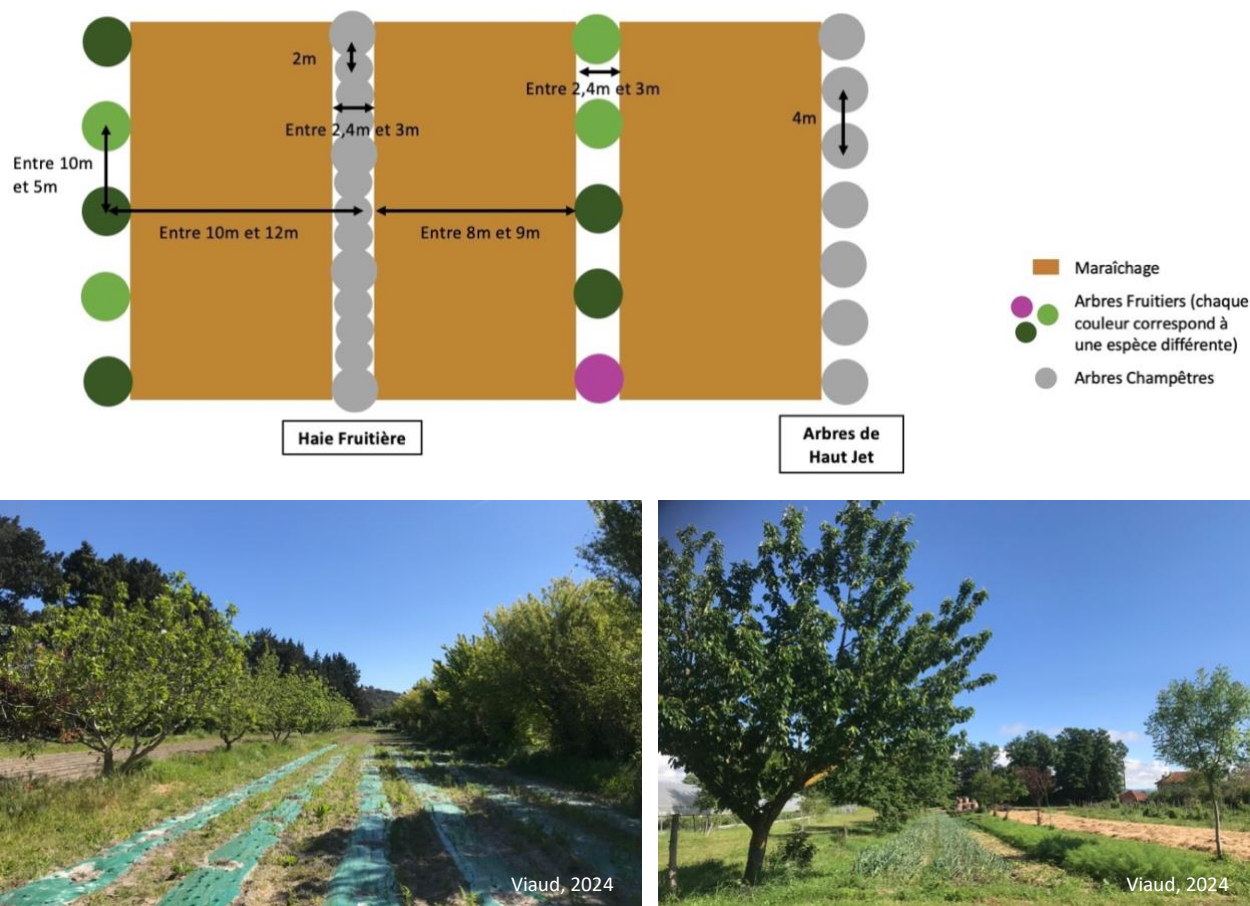


Figure 17 : Schéma parcellaire du sous-type 2 du type 2.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

La photo de gauche alterne une ligne d'arbres fruitier avec des haies fruitières (SdC MAF de F4) et la photo de droite alterne des lignes d'arbres fruitiers avec des lignes d'arbres de haut jet (SdC MAF de F15).

Le sous-type 3 du type 2 a été construit à partir de 3 SdC MAF. Ces SdC MAF sont très diversifiés sur le rang d'arbres intégrant à la fois des arbres champêtres, des fruitiers, des petits fruits et des PPAM (**Figure 18**). Les arbres sont plus serrés entre eux que dans le sous-type 1 du type 2. La densité de plantation, lorsque l'agencement des arbres est hétérogène, est d'environ 250 arbres / ha ; dans ce cas les arbres sont en haute-tige. La densité de plantation, lorsque l'agencement des arbres est homogène, est de 800 arbres / ha ; c'est le seul cas où les **arbres sont palissés** expliqué par l'inter-rang très faible (4 m).

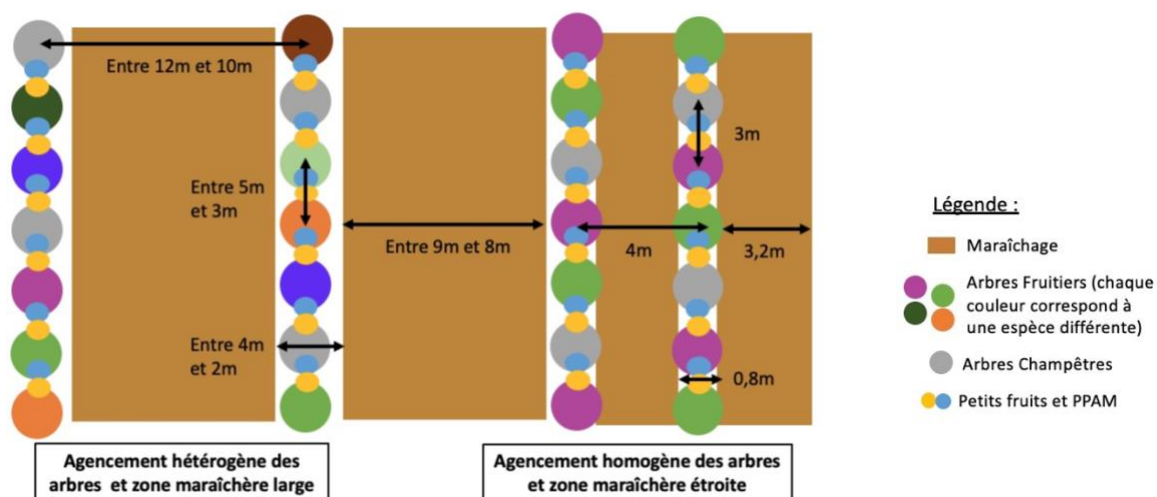


Figure 18 : Schéma parcellaire et photo du sous-type 3 du type 2.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

La photo correspond au SdC MAF retrouvé au sein de F3.

Les 13 SdC MAF du type 2 sont principalement retrouvés au sein des fermes dont la SAU cultivée en MAF est plus faible que le type 1, allant de 0,1 ha à 2 ha, pour une moyenne de 0,75 ha. Le nombre de personnes travaillant à l'année est très hétérogène, allant de 1 à 4 personnes. Ces SdC MAF sont principalement retrouvés dans les fermes familiales (10 fermes). Dans les fermes où la main d'œuvre est supérieure à 2, **personne n'est responsable de l'atelier arboricole**. Ces fermes ont misé sur la diversification fruitière sans attente économique forte des arbres : « ...je suis plus maraîcher dans l'âme avec des arbres comme compagnons et dans l'espoir qu'il y ait une bonne surprise... ». Dans le sous-type 3, un agri est locataire de son foncier qui explique l'agencement hétérogène des arbres : « ...je ne suis pas chez moi, donc j'ai planté au fur et à mesure en fonction de ce que je trouvais, je n'ai pas respecté un schéma précis et j'ai diversifié au maximum pour l'autonomie de mes ateliers... ». Au niveau de l'équipement, notamment pour le travail du sol, les situations sont variées : 8 fermes sont équipées d'un tracteur, 3 sont équipées uniquement d'un motoculteur et 2 travaillent uniquement avec des outils manuels. Les objectifs d'abri climatique et économique sont prédominants. Derrière l'objectif économique, la moitié des agris attendent un retour économique des arbres ; l'autre moitié les ont plantés avant tout pour l'autoconsommation.

4.2.2.c. Type 3 : haie

À partir des 2 SdC MAF rencontrés, un seul sous-type a été caractérisé (**Figure 19**). Dans ce sous-type, sont retrouvées les haies qui comportent uniquement des essences champêtres dont certaines sont des essences fruitières « sauvages ». La proportion des arbres par rapport au maraîchage varie de 20% à 45%. **L'espace cultivable entre ces haies est plus grand** que les types étudiés précédemment. Les 2 SdC MAF en haies, appelés « *maraîchage bocager* » par les agris, sont très diversifiés en espèces arborées (entre 60 et 90 essences différentes).

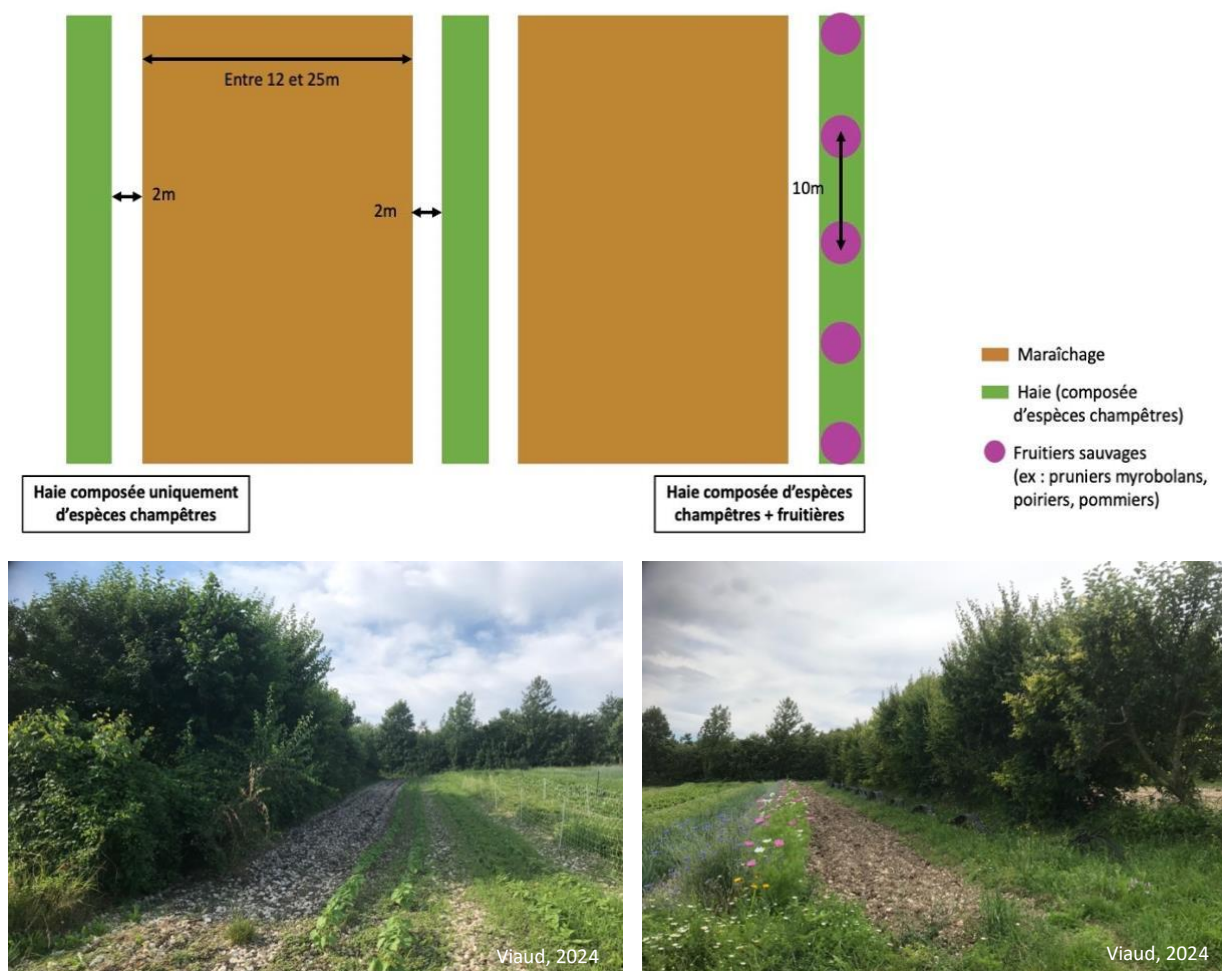


Figure 19 : Schéma parcellaire du type 3.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

La photo de gauche présente une haie uniquement composée d'espèces champêtres et la photo de droite présente une haie composée d'espèces champêtres et fruitières. Ces deux catégories de haie sont présentes au sein du SdC MAF de F1.

Les 2 SdC MAF du type 3, ont une SAU cultivée en MAF plus importante que les types précédents, allant de 1,5 ha à 2 ha. Les fermes comprenant ces SdC MAF sont les **fermes mixtes en polyculture-élevage** (**Figure 11, Tableau 3**), **en société agricole et dont la SAU totale cultivée est de plus de 10 ha**. Elles sont toutes équipées d'un tracteur. Les haies sont très peu entretenues comparées aux alignements d'arbres. Ces haies ont avant tout un objectif d'abri climatique et d'aspect paysager via la structuration des parcelles et donc du maraîchage. L'aspect économique peut être retrouvé au niveau des haies fruitières par la vente des fruits qui sont transformés, mais aussi dans la valorisation des bois de taille servant de paillage aux cultures maraîchères ou aux jeunes plantations d'arbres fruitiers (ex : bois raméal fragmenté).

4.2.2.d. Type 4 : double-ligne

Le type double-ligne est caractérisé par l'alternance de deux lignes d'arbres, puis d'une zone maraîchère, et ainsi de suite. Le double rang permet de faciliter l'accès aux arbres, que ce soit pour l'entretien ou pour les récoltes. À partir des 4 SdC MAF rencontrés, 2 sous-types ont été formalisés.

Le premier sous-type du type 4 a été caractérisé à partir de 3 SdC MAF et 2 stratégies d'association d'arbres sont identifiées (**Figure 20**) :

1 - La présence d'une espèce par ligne d'arbres : une ligne est généralement composée de fruitiers à pépins et l'autre de fruitiers à noyaux. Le choix de regrouper une même espèce et d'alterner ces 2 catégories permet « ...d'économiser du temps à la récolte et de limiter la propagation de maladies et de ravageurs... ». Les arbres sont conduits en **moyenne-tige**, **traités** et possèdent un **système d'irrigation propre**. La densité de plantation varie de 200 à 260 arbres / ha.

2 - La diversification des espèces fruitières au sein du système : les arbres sont conduits en **moyenne-tige** mais non traités et sans système d'irrigation propre. Cette stratégie repose sur un système plus extensif en arbres, avec une densité de plantation de 100 arbres / ha.

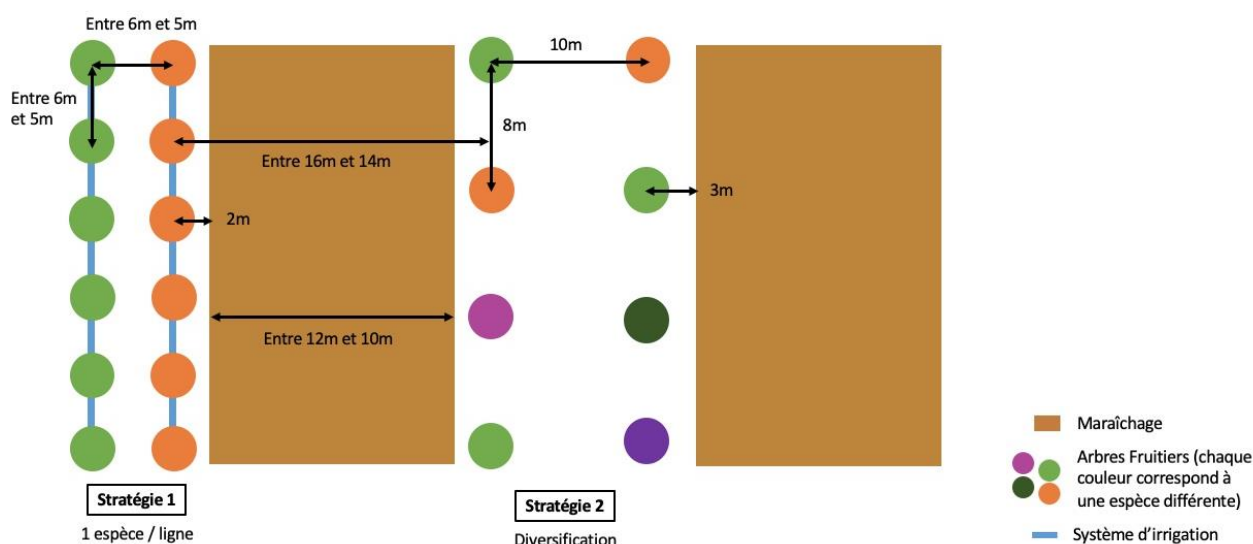


Figure 20 : Schéma parcellaire du sous-type 1 du type 4.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

Les photos correspondent au SdC MAF de F20 qui est associé à la stratégie 1 (photo du double-rang non cultivé à gauche et photo de l'inter-rang cultivé à droite).

Le sous-type 2 du type 4 a été caractérisé à partir d'1 SdC MAF. Les arbres sont eux aussi conduits en **moyenne-tige** et possèdent un **système d'irrigation propre** mais sont non traités. La densité de plantation est de 300 arbres / ha (**Figure 21**). Ce SdC est autant diversifié en espèces fruitières que la deuxième stratégie du sous-type 1, mais « ...le système a été réamplifié en termes de biodiversité via l'ajout de planches maraîchères entre le double-rang, l'ajout d'arbres et d'arbustes champêtres et de lianes en tout genre, de PPAM... ». Ce sous-type valorise tout l'espace disponible, aussi bien sur le rang qu'au milieu du double-rang d'arbres, afin de maximiser la production et la biodiversité cultivée.

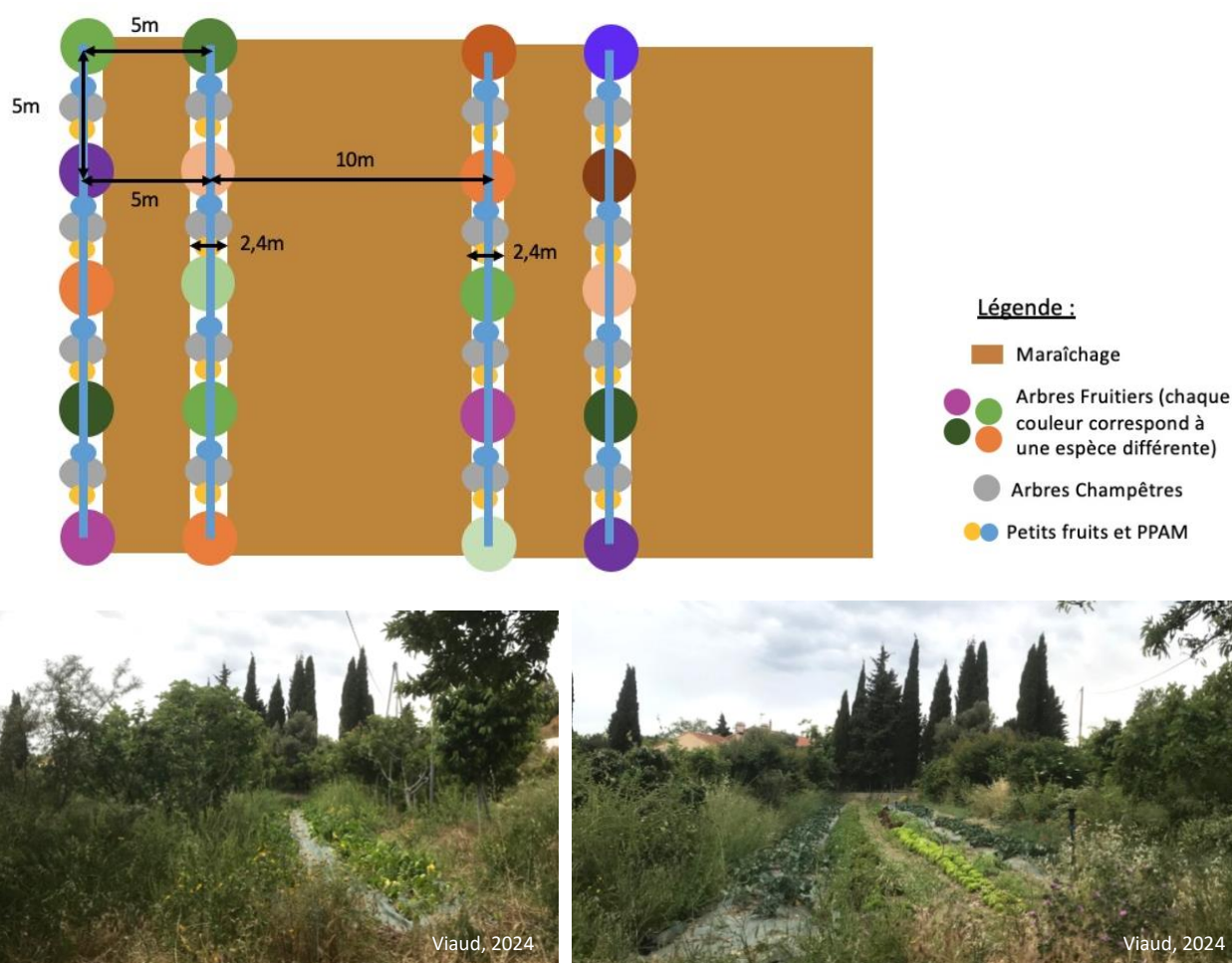


Figure 21 : Schéma parcellaire du sous-type 2 du type 4.

Les dimensions et proportions ne sont pas à l'échelle réelle.

Les photos correspondent au SdC MAF de F19 (photo du double-rang cultivé à gauche et photo de l'inter-rang cultivé à droite).

Les 4 SdC MAF du type 4 sont principalement retrouvés au sein des **sociétés agricoles** (3 fermes) où le nombre de personnes travaillant à l'année varie de 2,5 à 8. La quatrième ferme est familiale, 1 seule personne travaille à l'année, et valorise les fruits par la transformation. Dans les sociétés agricoles, **une personne est responsable de l'atelier arboricole**. La SAU cultivée en MAF varie de 0,3 ha à 3,5 ha pour une moyenne de 1,25 ha. L'objectif économique, à savoir la vente des fruits, est commun à l'ensemble des fermes. L'objectif de transmission est aussi prédominant et est partagé par 3 des fermes (l'aspect pédagogique via les formations pour deux d'entre elles et la volonté d'installation d'agris sur un modèle durable pour l'une d'entre elles).

4.2.2.e. Type 5 : non-aligné

Au sein de ce type, les 3 SdC MAF sont traités comme des cas particuliers. En effet, l'agencement dans l'espace et la densité des arbres diffèrent d'un SdC à l'autre (**Figure 22**) :

Le sous-type 1 du type 5 est composé uniquement d'espèces fruitières à pépins (poiriers en majorité et pommiers greffés sur des poiriers sauvages). Les arbres sont présents au milieu des parcelles maraîchères, sans écartement précis. Ce sont des fruitiers qui ont été greffés et qui sont traités. La densité d'arbres présents est faible (40 arbres / ha).

Le sous-type 2 du type 5 comporte un design très particulier, mené par les zones pérennes, qui présentent une forme ovoïde (partie de gauche) et une forme de feuille (partie de droite), selon les dires de l'agri. Les zones maraîchères sont hétérogènes et implantées au milieu des zones de plantes pérennes qui possèdent un système d'irrigation propre. La densité de plantation est de 100 arbres / ha, avec une grande diversité d'autres espèces pérennes sur le rang (arbustes champêtres et fruitiers divers, petits fruits, PPAM ...).

Le sous-type 3 du type 5 est composé d'une grande diversité d'arbres et la densité de plantation est élevée (300 arbres / ha). Les zones maraîchères sont très petites et encadrées par des arbres. Certains arbres se sont semés spontanément au milieu du maraîchage et ont été gardés. Les zones maraîchères vont être amenées à bouger : « ...ce sont les arbres qui mènent la danse, la zone maraîchère change en fonction de la présence des arbres... ».



Figure 22 : Photos des parcelles des 3 sous-types du type 5.

La photo 1 correspond au SdC MAF de F17, la photo 2 correspond au SdC MAF de F13, la photo 3 correspond au SdC MAF de F9.

Les 3 SdC MAF du type 5 sont retrouvés au sein des **micro-fermes familiales** (Figure 11, Tableau 3), avec 1 ou 2 personnes qui travaillent à l'année, et dont le foncier est en propriété. **Le travail est non motorisé**. La SAU cultivée en MAF est la plus faible des types répertoriés, allant de 0,1 ha à 0,5 ha, pour une moyenne de 0,3 ha. Ces fermes transforment elles-mêmes à plus de 50% leur production fruitière. L'aspect paysager est un objectif recherché par l'ensemble de ces fermes. L'objectif de transmission d'expériences est aussi très présent et est partagé par 2 d'entre elles via l'aspect pédagogique avec l'organisation de formations.

4.2.3 Frise d'apparition des types de systèmes de culture maraîchers agroforestiers identifiés

Les plus anciens SdC MAF de cette étude ont plus de 15 ans. Ils appartiennent aux types 2 (mono-ligne pluri-espèces) et 3 (haie) (Figure 23). Les premiers SdC MAF des types 1 (mono-ligne mono-espèce) et 5 (non-aligné) sont apparus 5 ans après ces derniers. Deux SdC MAF du type 1 (F10) ne sont plus en place aujourd'hui ; la trajectoire particulière de ces systèmes sera expliquée dans la **partie 4.3.1**. Le premier SdC MAF du type 4 (double-ligne), est apparu presque 10 ans après le premier SdC MAF du type 2. La co-conception du SdC MAF de F20 s'est faite avec l'agri qui a conçu les 2 SdC MAF de F1.

D'après cette étude, les SdC MAF des types 1, 3 et 5 ne semblent pas s'être inspirés les uns des autres, pour la plupart. Uniquement 4 fermes se sont inspirées des SdC MAF présents dans les fermes pilotes pour concevoir ou valider leur choix de mettre en place un SdC MAF du type 2. En ce qui concerne **les SdC MAF du type 4, les agris ont tous pris comme modèle le SdC MAF de la ferme pilote F20** pour mettre en place leur système, avec plus ou moins de variations dans la conception (choix des distances de plantation et de l'agencement des espèces fruitières) et dans l'intensification de la biodiversité cultivée. Le type 5 n'est pas retrouvé au sein des fermes pilotes et le type 3, quant à lui, est uniquement retrouvé au sein des fermes pilotes.

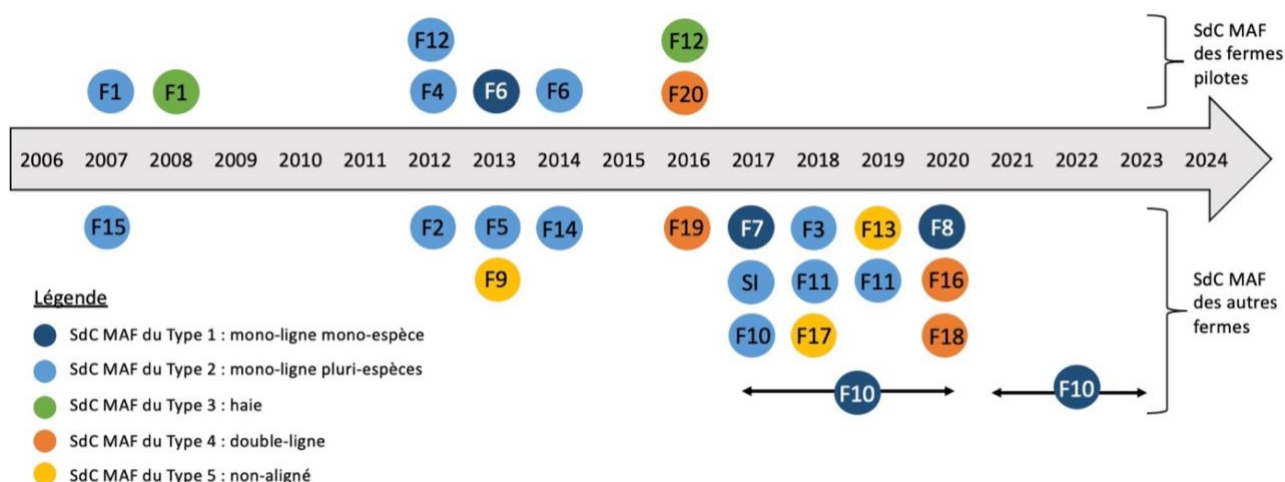


Figure 23 : Frise chronologique d'apparition des 5 types de SdC MAF en fonction de l'échantillon des fermes.

Conclusion partielle : Dans cette partie, nous avons mis en évidence que les structures et les modes de conduite des SdC sont variés. En associant les critères de structures (agencement spatial des espèces et biodiversité cultivée) et de modes de conduite, quasiment **chaque SdC MAF est unique**. Néanmoins, à partir de l'organisation spatiale des arbres au sein de la parcelle et de la diversité d'espèces d'arbres cultivées, 5 grands types de SdC MAF ont été identifiés. Parmi ces grands types, 12 sous-types ont été caractérisés, en fonction de la densité de plantation, de l'agencement des espèces pérennes sur les lignes d'arbres et/ou du degré d'intensification de la biodiversité cultivée (ajout d'une strate arbustive ou ajout de cultures maraîchères au niveau du double rang d'arbres). Concernant les modes de conduite de ces SdC MAF au niveau des arbres, il apparaît que les agris qui attendent un retour économique des arbres vont intensifier les soins (taille) et les intrants (traitements, fertilisation et irrigation) sur ces derniers. Cela est en majorité le cas pour le type en double-ligne, mais est aussi retrouvé chez certains SdC MAF d'autres types hormis pour les haies. Par contre, ceux qui misent sur la diversification (mélange d'espèces fruitières et densification avec une strate arbustive) ne traitent pas leurs arbres. Enfin, concernant les modes de conduite de ces SdC MAF au niveau du maraîchage, les agris qui traitent leurs arbres réalisent aussi des traitements sur leurs cultures maraîchères. Le nombre d'espèces maraîchères cultivées ne semble pas être corrélée à un type de SdC MAF.

4.3 Trajectoires des systèmes de culture maraîchers agroforestiers au sein des fermes

Cette partie présente les différents types de trajectoire des SdC MAF retrouvés au sein des fermes. L'étude des trajectoires s'intéresse à l'évolution des types de cultures au sein de la parcelle, pour comprendre comment et quand l'association entre les arbres et les cultures maraîchères a eu lieu, afin d'identifier les différents points de départ possibles dans la mise en place d'un SdC MAF. De même, au sein de chaque type de SdC MAF, l'étude des trajectoires va permettre d'identifier les changements et les adaptations qui ont été effectués, afin de comprendre quel(s) système(s) sont durable(s) dans le temps. Dans cette étude, 4 grandes trajectoires des SdC MAF au sein des fermes sont identifiées (**Figure 24**) :

Trajectoire 1 : Insertion des cultures maraîchères sous une plantation d'arbres déjà existante. Cette trajectoire concerne 4 SdC MAF.

Trajectoire 2 : Activité maraîchère existante auquel des arbres vont être intégrés. Cette trajectoire concerne 10 SdC MAF.

Trajectoire 3 : Conception de l'association entre des arbres et des cultures maraîchères avant toute activité arboricole ou maraîchère. Cette trajectoire est la plus retrouvée dans cette étude et concerne 12 SdC MAF.

Trajectoire 4 : Association temporaire entre les arbres et les cultures en faveur des arbres. Cette trajectoire concerne 2 SdC MAF.

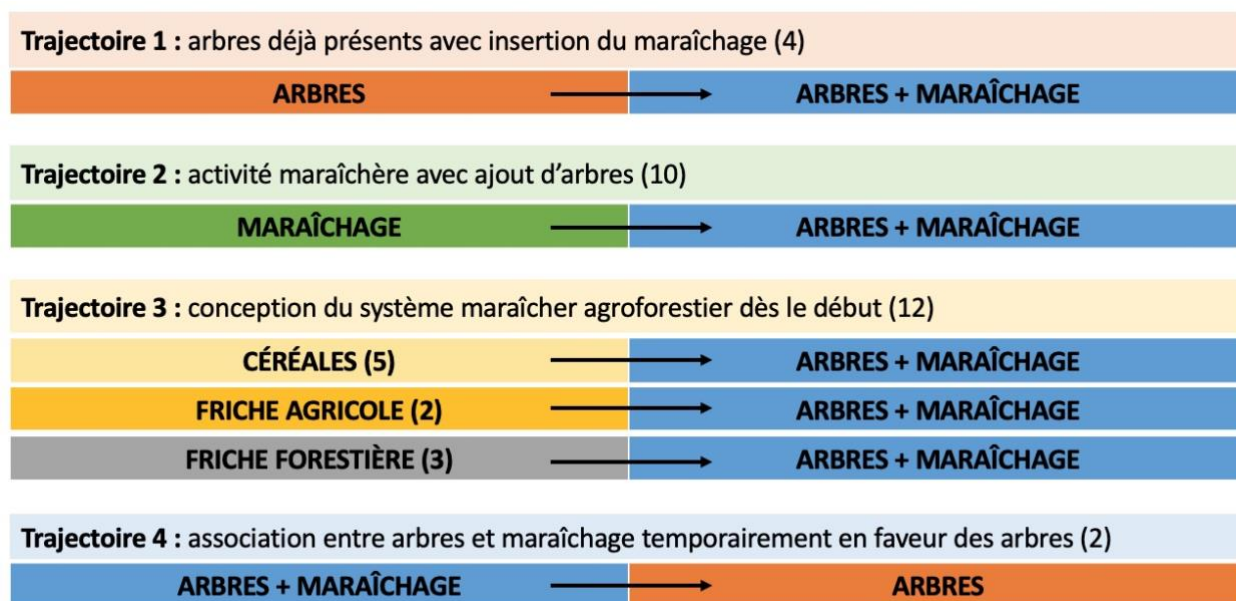


Figure 24 : Clé de lecture présentant les 4 grands types de trajectoires des SdC MAF au sein des fermes. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de SdC MAF associé à chaque trajectoire.

4.3.1 Trajectoires des systèmes du type 1 (mono-ligne mono-espèce)

Le type 1 comprend 5 SdC MAF où les 3 stratégies de conception de l'association entre les arbres et le maraîchage sont représentées (**Figure 25**) :

La trajectoire 1 est retrouvée pour 3 SdC MAF. Le SdC MAF de la ferme pilote F6 est le plus ancien de ce type. Les arbres (noyers hybrides) ont été plantés en 1996 par l'INRAE sous la supervision de Christian Dupraz, pour faire des essais en agroforesterie céréalière. En 2010, les terres sont vendues à un agri qui va continuer les céréales sous les arbres. C'est en 2013, que la SCOP AGROOF, va mettre en place une expérimentation participative en agroforesterie maraîchère sur ces terres (projet Arbratatouille). Petit à petit, l'agri va complètement arrêter les céréales, pour ne faire plus que du maraîchage sous les arbres. La densité de plantation (100 arbres / ha) était trop importante et créait des problèmes de concurrence pour la lumière pour les cultures céréalières. Les arbres du SdC MAF de F7 (oliviers) ont été plantés en 1940, et c'est lors de l'installation des agris que le maraîchage a été mis en place afin d'optimiser au mieux l'espace pour produire et « ...voir comment sur un hectare on peut nourrir une famille... ». Les arbres du SdC MAF de F10 (1) (oliviers) ont été plantés en 1980 et ont subi le gel de 2016. En 2017, ils ont été recépés, et du maraîchage a été installé entre les arbres. Au bout de 4 ans, les arbres sont devenus trop grands, et la densité de plantation (6m x 6m) était trop importante pour continuer le maraîchage qui a été abandonné (**trajectoire 4**).

La trajectoire 3 est retrouvée pour le SdC MAF de F10 (2). La parcelle était à l'origine une friche forestière et a été défrichée en vue de produire. Un verger de grenadiers a été planté et du maraîchage a été mis en place entre les arbres, afin d'optimiser l'espace le temps que les arbres grandissent. Au bout de 3 ans, l'espace entre les arbres était devenu trop petit et le maraîchage a donc été arrêté (**trajectoire 4**).

La trajectoire 2 est retrouvée pour le SdC MAF de F8. Au sein de F8, un SdC MAF diversifié en espèces fruitières a été mis en place 4 ans avant le SdC MAF présenté ci-dessus. Le choix de partir sur un SdC MAF mono-espèce a été fait pour faciliter la conduite et l'entretien des arbres (« ...c'est moins compliqué de s'occuper d'une espèce fruitière au lieu de dix... ») et pour la valorisation des fruits (« ...c'est plus facile d'écouler une grande quantité d'un fruit que des petites quantités de plusieurs fruits en circuit long... »).

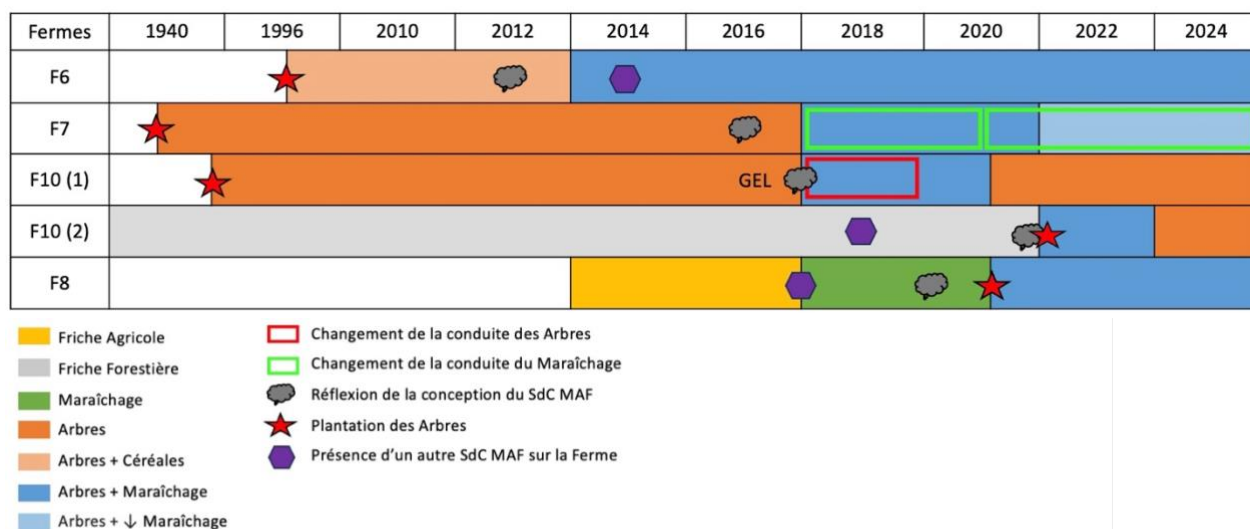


Figure 25 : Schéma des trajectoires des 5 SdC MAF du type 1.

La mise en place des SdC MAF mono-ligne mono-espèce au sein de ces fermes est rapide, 1 an après ou l'année même où il a été pensé (**Figure 25**). Les trajectoires de ces systèmes sont linéaires dans le temps et présentent **peu de changements de conduite**. Chez F7, le changement de conduite du maraîchage n'est pas dû à la présence des arbres, mais à une volonté de limiter l'évapotranspiration et d'optimiser ainsi la production maraîchère. L'analyse de ces trajectoires met en avant le **caractère temporaire du maraîchage** dans ces systèmes. Les deux SdC MAF de F10 où la densité de plantation est la plus élevée ont arrêté les cultures maraîchères sous les arbres. Au sein du SdC MAF de F7, une diminution du maraîchage est observé depuis 2 ans.

4.2.3 Trajectoires des systèmes du type 2 (mono-ligne pluri-espèces)

Le type 2 comprend 13 SdC MAF et est le plus représenté dans cette étude. Les 3 premières trajectoires sont observées dans ce type, à savoir **6 SdC MAF pour la trajectoire 2**, **6 SdC MAF pour la trajectoire 3** et **1 SdC MAF pour la trajectoire 1** (**Figure 26**). Les premiers SdC MAF du type 2 rencontrés ont été mis en place il y a 17 ans et les derniers il y a 4 ans. Dans ces fermes, la mise en place du SdC MAF s'est faite plus lentement que dans le type précédent, avec une moyenne de 3 ans au lieu d'1 an après qu'il ait été pensé.

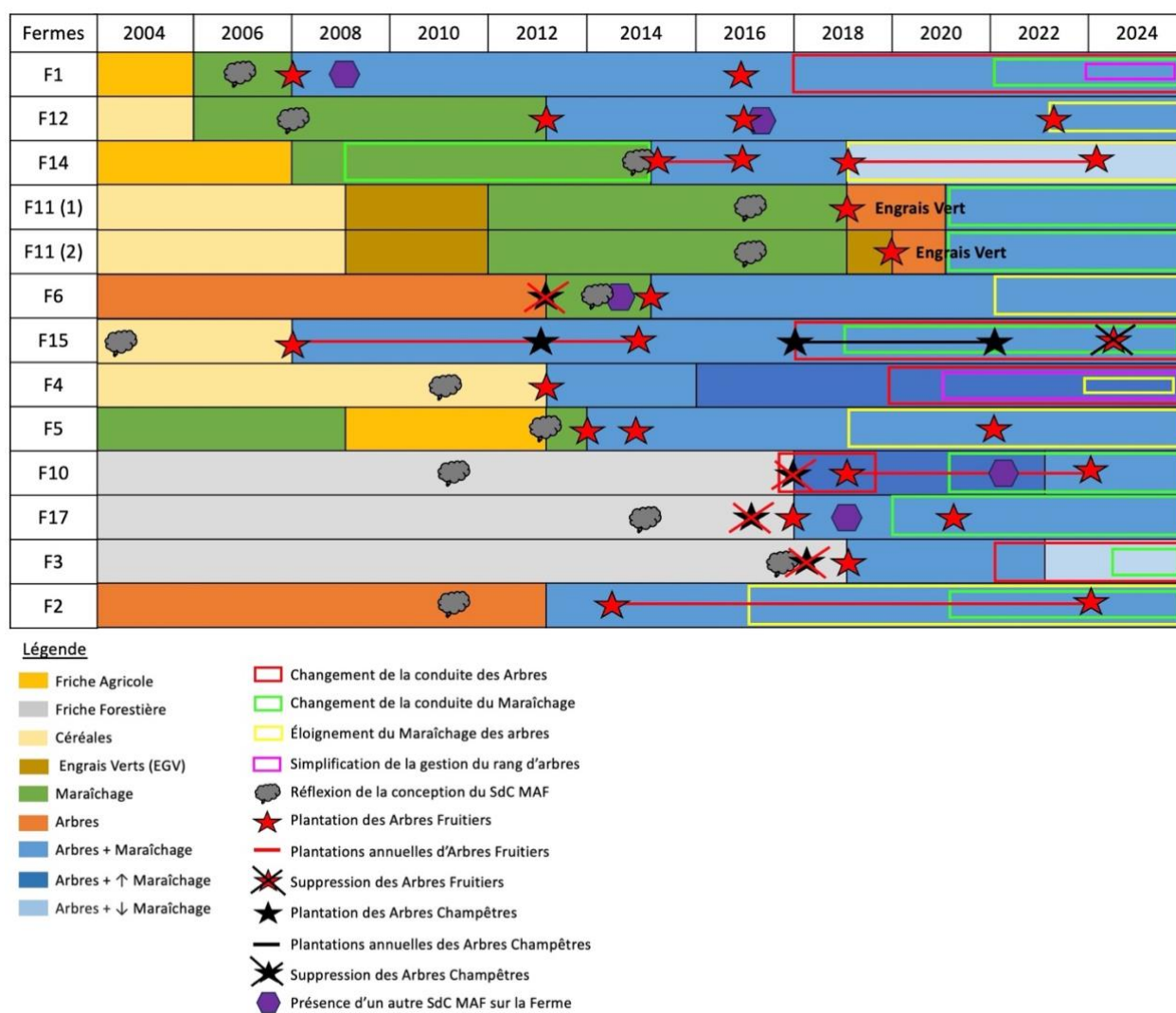


Figure 26 : Schéma des trajectoires des 13 SdC MAF du type 2.

Peu importe le type de trajectoire, ces systèmes ne sont pas stables dans le temps et présentent de nombreux changements de conduite et de réadaptations pour l'amélioration du système.

Le premier type de changement observé c'est l'**éloignement du maraîchage** par rapport au rang d'arbres. Ce changement concerne 7 SdC MAF. Parmi 6 d'entre eux, cet éloignement est dû à des problèmes d'ombre, de concurrence racinaire (présence de racines d'arbres au milieu des planches maraîchères) et de circulation (les branches gênent le passage des machines et des agris). Pour 3 de ces 6 SdC, les agris ont anticipé le fait que la surface maraîchère cultivée allait diminuer avec la croissance des arbres, alors que les 3 autres ont plutôt subi cette réduction de la surface maraîchère cultivée. Cet éloignement est dû à la présence des planches maraîchères trop proches des arbres : les planches situées à 50cm du rang d'arbres ont été éloignées à 1 m et celles qui étaient à 1m ou 1,5m ont été reculées à 2m. Pour le SdC MAF de F4, l'éloignement du maraîchage n'est pas dû à un problème de concurrence, mais à la volonté de densifier les planches maraîchères pour limiter le temps de travail consacré au désherbage sur la planche.

Le deuxième type de changement observé c'est la **suppression des arbres**. Au sein du SdC MAF de F15, les problèmes de concurrence évoqués ci-dessus sont présents, et l'agri a fait le choix de supprimer des arbres fruitiers plutôt que de diminuer la surface maraîchère cultivée « ... *je ne pouvais pas accepter de laisser plus de place entre ma ligne de fruitiers et mon maraîchage et cultiver moins de légumes. Sinon, il aurait fallu concevoir des blocs maraîchers complètement différents. Je ne supprime pas des planches maraîchères pour l'aléa fruitier...* ». Néanmoins, contrairement aux autres SdC MAF, il a planté des lignes d'arbres champêtres entre les lignes d'arbres fruitiers (sous-type 2). Ce SdC MAF est en transition vers un système composé uniquement d'arbres champêtres avec une grande diversité d'espèces. Aussi, au sein de 4 SdC MAF, la suppression d'arbres champêtres s'est faite avant leur mise en place. Cela a eu un impact sur leur mais pas sur leur gestion. En effet, la plantation d'arbres fruitiers pour ces SdC MAF tient compte des anciennes plantations d'arbres champêtres, en gardant certains qui sont intégrés au SdC MAF.

Le troisième type de changement observé c'est la **simplification de la gestion du rang d'arbres**. Ce changement concerne 3 SdC MAF qui ont développé différentes stratégies pour diminuer le temps de travail consacré à l'entretien de l'enherbement du rang d'arbres. La première stratégie, c'est d'intégrer des animaux dans le SdC MAF l'hiver, lorsque l'activité maraîchère est freinée, permettant ainsi de gérer l'herbe et de fertiliser le système. La deuxième stratégie, c'est de limiter le désherbage aux contours des arbres et non du rang entier. Cette stratégie permet de préserver le cycle de l'eau (« ...*toute cette herbe c'est de l'eau verte, une manière de préserver l'eau c'est d'entretenir cette biomasse...* »). La troisième stratégie, c'est de mettre en place entre les arbres des « *benjes* ». Les benjes sont constituées par l'apport de branches (principalement issues de la taille des arbres) qui, entassées, vont permettre de limiter l'enherbement et de créer des micro-habitats pour ramener de la biodiversité fonctionnelle. Enfin, 4 agris ont fait le choix dès le départ de densifier le rang d'arbres (2 strates de pérennes), pour ramener à la fois de la biodiversité et pour limiter l'enherbement (sous-type 3).

Enfin, les 2 derniers types de changements observés concernent la conduite des arbres fruitiers et du maraîchage. Le principal changement de la conduite des arbres c'est la **taille des fruitiers**. Ce changement est arrivé après que l'agri ait suivi une formation spécifique sur la taille. Concernant la conduite du maraîchage, les changements ne sont pas dus à la présence des arbres, mais pour augmenter les performances environnementales du maraîchage (passage au maraîchage sol vivant) ou pour augmenter la production maraîchère (mise en place de serres).

4.3.3 Trajectoires des systèmes du type 3 (haie)

Le type 3 comprend 2 SdC MAF présents au sein de 2 fermes pilotes (**Figure 27**). Ces 2 SdC MAF ont été mis en place après un premier SdC MAF en mono-ligne pluri-espèces au sein de la ferme. La plantation des arbres et la mise en place du maraîchage s'est faite simultanément dans ces systèmes et correspond à la **trajectoire 3**. Le SdC MAF de F1 a été mis en place 1 an après son premier SdC MAF, alors que le SdC MAF de F12 a été mis en place 5 ans après son premier SdC MAF. Pour F1, les haies ont été plantées après un achat sur fonds propres, alors que pour F12, les haies ont été plantées à la suite d'un financement obtenu grâce au concours « Arbres d'Avenir ». Dans le SdC MAF de F12, la mise en place de haies a permis d'augmenter la surface maraîchère cultivée sur la ferme. Le maraîchage y est conduit de façon extensive et rentre en rotation avec des céréales. Initialement, cette parcelle était cultivée uniquement en céréales. Les haies découpent la parcelle et permettent ainsi de structurer les rotations.

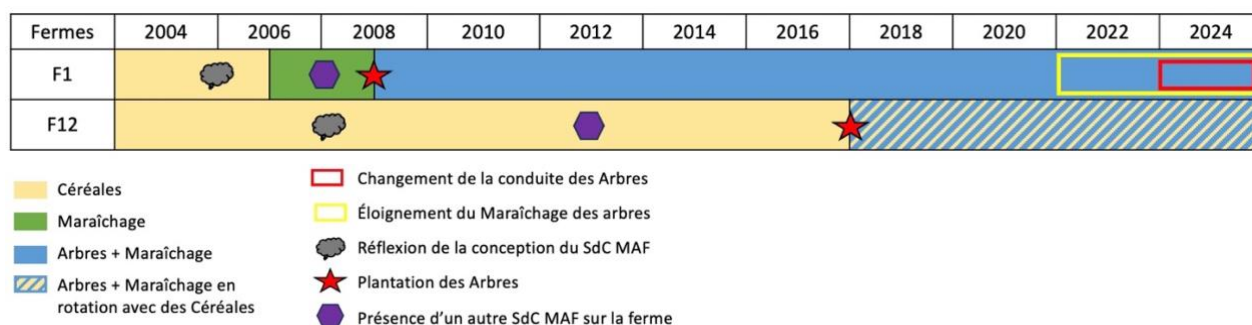


Figure 27 : Schéma des trajectoires des 2 SdC MAF du type 3.

Le SdC MAF de F1, qui a été mis en place il y a maintenant 16 ans, a subi des changements de conduite. Le premier concerne l'**éloignement du maraîchage** des haies (maraîchage initialement à 50cm des haies qui se trouve aujourd'hui à 2m). Le deuxième, concerne la modification de la conduite des arbres. Au cours de l'hiver 2023-2024, les haies ont été élaguées (**Annexe 12**) et un passage de sous-solage a été réalisé. Ces changements ont été réalisés en raison de problèmes d'ombrage sur les cultures maraîchères et de concurrences racinaires (présence de racines d'arbres au milieu du maraîchage). Pour le SdC MAF de F12, qui est plus récent, aucun changement n'a été réalisé à ce jour. Contrairement au SdC MAF de F1, où les haies n'ont pas été gérées depuis leur plantation, les haies du SdC MAF de F12 sont taillées chaque année et aucun problème d'ombrage sur les cultures maraîchères n'est observé. Concernant la concurrence racinaire, cela n'est pas non plus observé, mais peut-être que cela sera le cas dans quelques années, étant donné qu'aucun sous-solage n'est effectué.

4.3.4 Trajectoires des systèmes type 4 (double-ligne)

Le type 4 comprend 4 SdC MAF qui sont plus récents que les types présentés ci-dessus. **La trajectoire 3**, à savoir la conception du SdC MAF avant toute activité agricole ou après une activité céréalière, **concerne 3 SdC MAF (Figure 28)**. Le premier SdC MAF de ce type à s'être développé est celui de la ferme pilote F20. La réflexion de la conception de ce SdC MAF a commencé en 2011 et a duré 3 ans avant les premières plantations d'arbres fruitiers. Pendant les 2 premières années, un travail de co-conception sur la structure du SdC MAF a été réalisé : choix de l'agencement des arbres dans la parcelle (idée du double-rang, distances de plantation ...) et des espèces fruitières notamment. La dernière année était plus opérationnelle, avec le choix des variétés fruitières et de la mise en place du SdC MAF : commande des arbres, travaux de plantation et mise en place du système d'irrigation ... En 2016, le

maraîchage est mis en place au sein du SdC MAF de F20, en même temps que des arbres fruitiers sont plantés sur une parcelle maraîchère au sein de la ferme F19, qui correspond à la trajectoire 2. Au sein du SdC MAF de F19, 2 ans après les plantations, **une phase d'intensification de la biodiversité cultivée et de la production maraîchère du système a lieu**, avec de nouvelles plantations sur les lignes d'arbres en place (arbres financés par le concours « Arbres d'Avenir »), et un ajout de planches maraîchères au milieu du double-rang d'arbres (sous-type 2).

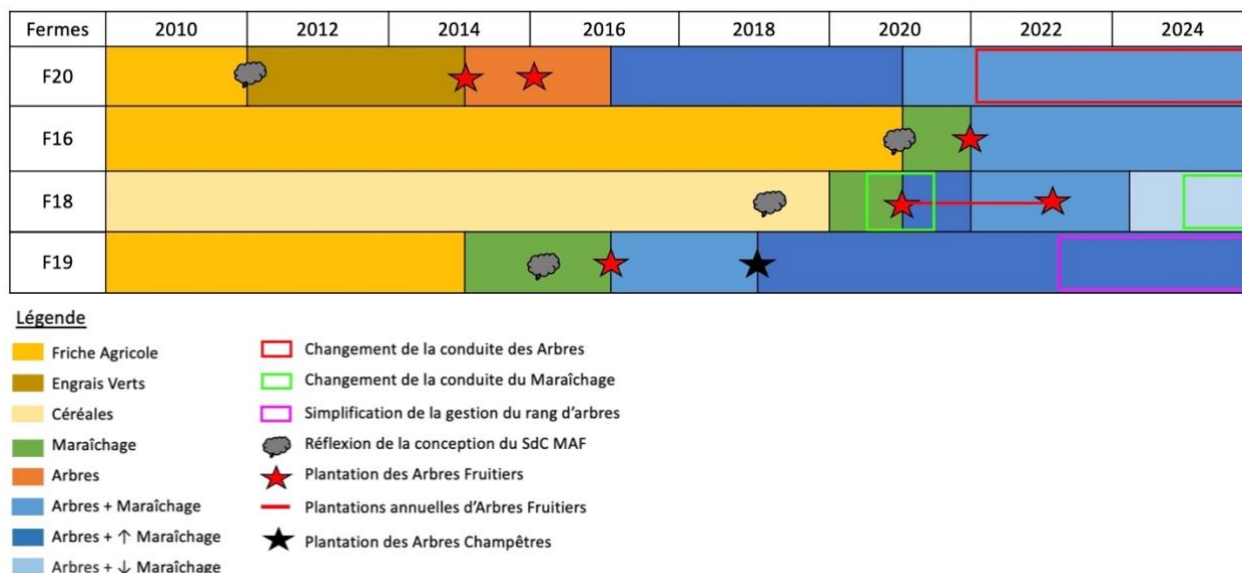


Figure 28 : Schéma des trajectoires des 4 SdC MAF du type 4.

Les trajectoires de ces systèmes sont linéaires dans le temps et présentent **peu de changements de conduite**, contrairement aux trajectoires des systèmes en mono-ligne pluri-espèces. De plus, contrairement aux systèmes en mono-ligne mono-espèce où une diminution du maraîchage est observée, **le maraîchage a tendance à augmenter** dans les systèmes en double-ligne.

Le changement observé concernant la conduite des arbres du SdC MAF de F20 est la **mise en place de filets**. Bien que « ...l'objectif de départ était de se dire de mettre en place une stratégie de réduction des produits phytosanitaires et de gestion du carpocapse sans traitement et sans filet... », cela n'a pas fonctionné et les agris ne récoltaient toujours pas de pommes et poires après 6 ans. En 2021, ils ont pu récupérer des filets anti carpocapses qu'ils ont mis en place au niveau des fruitiers à pépins. Quand bien même la mise en place de filets concerne uniquement cette ferme, F17 et F19 comptent en mettre sur certains de leurs fruitiers dans les prochaines années. Cette mise en place de filets a été retrouvée uniquement dans ce type. Cela peut s'expliquer par la présence du double-rang, qui facilite la circulation et donc leur mise en place, ce qui n'est pas le cas pour les autres agencements.

Le deuxième changement observé c'est la **simplification de la gestion du rang d'arbres**. Le SdC MAF de F19 présente une grande diversité et densité de plantation sur les rangs d'arbres. Depuis 2 ans, le désherbage est inexistant sur ce dernier, et l'herbe du double-rang est gérée par la présence du maraîchage.

Enfin, le dernier changement observé concerne la conduite du maraîchage et est présent au sein du SdC MAF de F18. Ce changement n'est pas lié à la présence des arbres.

4.3.5 Trajectoires des systèmes du type 5 (non-aligné)

Le type 5 comprend 3 SdC MAF, qui se sont développés indépendamment des 4 autres types. Le point de départ de l'association entre les arbres et les cultures maraîchères, et donc leur trajectoire, est différent pour chaque SdC MAF observé (Figure 29).

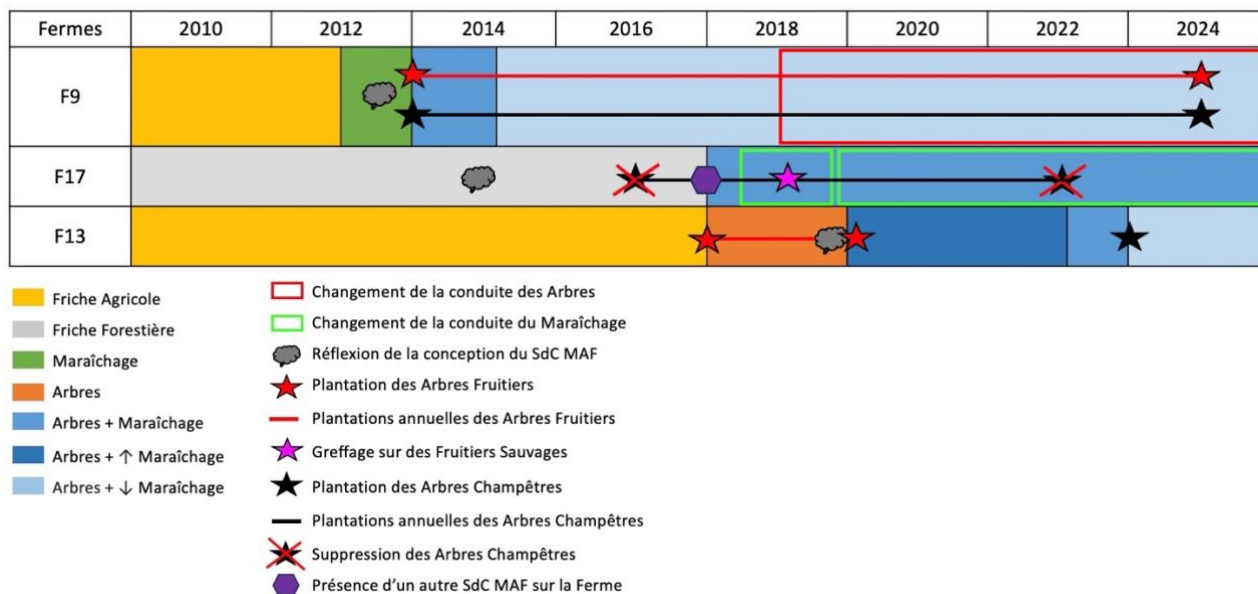


Figure 29 : Schéma des trajectoires des 3 SdC MAF du type 5.

Le premier SdC MAF à s'être développé est celui de F9. Au départ, la parcelle était une **friche agricole**. Du maraîchage a d'abord été mis en place à l'entrée de la parcelle, proche de la route, mais très vite, la volonté de planter des arbres et de créer un espace forestier est née (**trajectoire 2**). Le concept de *jardin-forêt*, terme employé par l'agri pour décrire son SdC MAF, est « ...un système qui lie production de nourriture et écosystème naturel à savoir celui de la forêt... ». Ainsi, après 1 an de maraîchage, l'agri s'est mis à planter des arbres. Le SdC MAF se densifie en arbres au cours du temps. Le changement de conduite des arbres depuis 2018, porte sur le greffage et la *structuration* des arbres. La structuration est une technique qui permet d'accélérer la forme que l'arbre prendra lorsqu'il aura des fruits et permet de ne pas tailler les arbres tout en rendant les récoltes accessibles.

Le deuxième SdC MAF est celui de F17. À l'inverse du SdC MAF de F9, lui a été créé à partir d'un **écosystème forestier**, qui a été défriché afin de pouvoir produire de la nourriture. Au départ, de nombreux arbres champêtres ont été gardés, puis des cultures maraîchères y ont été intégrées (**trajectoire 3**). Mais au fur et à mesure, ces arbres ont été supprimés, à cause de concurrences au niveau racinaire, de l'accès à la lumière et de circulation. Uniquement des fruitiers sauvages (*Pyrus pyraeaster*), ont été gardés et greffés, car aucune concurrence racinaire ou d'accès à la lumière n'a été observée. Le premier changement de conduite du maraîchage, concerne la réorganisation de la zone maraîchère, via la mise en place de planches homogènes pour plus d'efficacité dans le travail. Le deuxième changement, concerne la mise en place de serres, afin d'avoir une production diversifiée et importante toute l'année. Les serres sont situées au niveau des zones maraîchères où aucun arbre n'est présent.

Le troisième SdC MAF à s'être développé est celui de F13. À partir d'une friche agricole, des arbres et autres pérennes (petits fruits, PPAM ...) ont été plantés. La réflexion d'associer du maraîchage aux plantations pérennes est arrivée 2 ans après (**trajectoire 1**) les premières plantations. En effet, le projet agricole au sein de cette ferme a évolué, et évolue encore. **Le projet de départ était uniquement porté sur les cultures pérennes** et la transformation de ces dernières. Or, 2 ans après, la volonté de rajouter du maraîchage entre les zones de cultures pérennes pour optimiser l'espace disponible et pour « *...prouver que sur un petit espace on peut produire beaucoup...* » est mis en place l'année même. En 2023, des arbres champêtres commencent à être plantés au niveau des zones pérennes, et les densifient. Ces arbres, vont servir à produire de la biomasse, afin que le système soit autonome en apports de matière organique. Ce SdC MAF bascule sur le concept d'*agriculture syntropique*.

Ces systèmes ne sont pas stables dans le temps et présentent de nombreux changements de conduite et de réadaptations dans l'amélioration du système. De plus, au sein des SdC MAF de F9 et F13, l'association entre les arbres et les cultures maraîchères a entraîné la **diminution du maraîchage**.

4.3.6 Des points de départ dans la conception et des facteurs de changements différents dans les trajectoires de ces systèmes

4.3.6.a. Plusieurs trajectoires possibles par type de système de culture

Le tableau ci-dessous présente le nombre de chaque type de SdC MAF associé à un type de trajectoire (**Tableau 4**). Les SdC MAF en mono-ligne mono-espèce sont présents dans tous les types de trajectoire. Pour la majorité, c'est le maraîchage qui a été introduit à une parcelle d'arbres, et le caractère temporaire du maraîchage au sein de ces systèmes est très présent (**Figure 25, Tableau 4**). Les SdC MAF en mono-ligne pluri-espèces présentent également des trajectoires plurielles. Ces trajectoires sont changeantes (**Figure 26**) et concernent principalement la mise en place d'arbres au sein d'une activité maraîchère existante ou une association entre des arbres et des cultures maraîchère dès le départ (**Tableau 4**). Pour les SdC MAF en haie, la réflexion de cette association a commencé dès le début de l'activité agricole, bien que dans un cas, une activité maraîchère ait été mise en place avant la plantation des arbres (**Figure 27, Tableau 4**). Les SdC MAF en double-ligne ne présentent pas la trajectoire où le maraîchage a été intégré à un verger préexistant. La trajectoire dominante de ce type est la conception de cette association dès le début d'une activité agricole (**Tableau 4**). Enfin, les SdC MAF non alignés présentent toutes les trajectoires possibles, avec une tendance à la diminution du maraîchage dans ces systèmes est observée (**Figure 29, Tableau 4**).

Ainsi, plusieurs chemins sont possibles pour mettre en place un SdC MAF, bien que la présence ou l'absence d'arbres sur la parcelle influence la conception du système.

Tableau 4 : Mise en relation des types de SdC MAF avec leur type de trajectoire au sein des fermes.

Les chiffres dans le tableau correspondent au nombre de SdC MAF. Les chiffres entre parenthèses auxquels des flèches noires sont associées correspondent au nombre de SdC MAF qui ont changé de trajectoire. Les chiffres entre parenthèses auxquels des flèches violettes sont associées correspondent au nombre de SdC MAF dont la trajectoire est en cours de changement.

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Trajectoire 1	(1) + 1 + 1	1			1
Trajectoire 2	1	5 + 1		1	1
Trajectoire 3	(1)	5 + 1	2	2 + 1	1
Trajectoire 4	2 + (1)	(2)		(1)	(2)

Trajectoire 1 : arbres déjà présents avec insertion du maraîchage

Trajectoire 2 : activité maraîchère avec ajout d'arbres

Trajectoire 3 : conception du systèmes MAF dès le début

Trajectoire 4 : association temporaire entre arbres et maraîchage en faveur des arbres

Type 1 : mono-ligne mono-espèce

Type 2 : mono-ligne pluri-espèces

Type 3 : haie

Type 4 : double-ligne

Type 5 : non-aligné

4.3.6.b. La diminution du maraîchage implique la création d'un nouvel atelier au sein des fermes

Au sein des SdC MAF rencontrés, 6 se dirigent vers la trajectoire 4 (association entre arbres et maraîchage temporairement en faveur des arbres), et cela principalement dans les **types en mono-ligne et non-aligné (Tableau 4)**. Les raisons de la diminution du maraîchage sont différentes de celles évoquées dans les 2 SdC MAF de F10 en mono-ligne mono-espèce (**cf partie 4.3.1**). Dans ces systèmes, le maraîchage a été arrêté en raison de la croissance des arbres. Les raisons de la diminution du maraîchage qui ressortent au sein des 6 SdC MAF, sont d'ordre économiques (4/6), organisationnelles (3/6), sociales (3/6), environnementales (2/6) ou liées à un défaut de conception (2/6) (**Tableau 5**). Cette diminution du maraîchage, implique au sein de chaque ferme, la mise en place d'un nouvel atelier (transformation, pépinière et/ou formations) ou de la diversification des cultures pérennes ou encore d'un emploi salarié à mi-temps (**Annexe 13, Tableau 5**).

Cette diminution du maraîchage semble étroitement liée aux profils des agris et des fermes : ce sont toutes des **micro-fermes familiales** dont la SAU cultivée en MAF est inférieure à 1 ha et non équipées d'un tracteur, où les agris qui travaillent sont seuls (5/6) et sont majoritairement des femmes qui transforment leur production (4/6) (**Annexe 9b, Figures 10 et 11**).

Tableau 5 : Raisons évoquées pour expliquer la diminution du maraîchage au sein des fermes et ce que cela implique en termes de réorganisation du travail via la création d'un nouvel atelier ou d'une nouvelle production.
Les raisons ont été identifiées selon les dires des agris enquêtés (Annexe 13).

Fermes	Raisons évoquées et réorganisation du travail (nouvel atelier ou production) :
F7	Environnementales (« ...je n'ai pas accès à l'irrigation... ») Économiques (« ...le maraîchage ce n'est pas rentable pour le temps que j'y consacre... ») Organisationnelles (« ...je cultive sur 2 parcelles éloignées d'1h30... ») = Diversification des cultures pérennes (« ...miser sur des niches plus rentables... »)
F3	Environnementales (« ...grêle, pluie, ruisseau à sec... ») Organisationnelles (« ...en travaillant seul c'est compliqué de tout faire... ») Défaut de Conception (« ...j'ai trop serré mes rangs d'arbres, j'ai du mal à circuler... ») = Poste salarié à mi-temps au magasin de producteur
F14	Sociales (« ...c'était le but que le jardin évolue avec mon âge et mes problèmes de santé... ») Organisationnelles (« ...plus il y a de vivaces et moins j'ai de travail... ») = Pépinière et atelier traiteur
F18	Sociales (« ...je perds en qualité de vie... ») Économiques (« ...ce n'était pas rentable de faire des paniers... ») Organisationnelles (« ...le maraîchage c'est beaucoup de travail et je suis seule sur la ferme... ») = Atelier de transformation (« ...je ne produis plus que pour mes produits transformés... »)
F9	Sociales (« ...j'ai commencé par du maraîchage mais très vite je me suis abîmée physiquement... ») Économiques (« ...c'est très difficile de se rémunérer avec du maraîchage... ») Organisationnelles (« ...je suis seule et il faudrait être plusieurs... ») = Développement des formations et augmentation des plantations d'arbres
F13	Économiques (« ...on ne paye pas assez cher nos légumes pour que cela soit viable... ») Défaut de Conception (« ...mon design n'est pas pratique pour le maraîchage... ») = Atelier de transformation et pépinière d'hiver

- Type 1 : mono-ligne mono-espèce
- Type 2 : mono-ligne pluri-espèces
- Type 4 : double-ligne
- Type 5 : non-aligné

4.3.6.c. Une conception des systèmes maraîchers agroforestiers pas-à-pas

- **Plantations progressives des arbres**

Au sein de la trajectoire 3 (conception du SdC MAF dès le début), 1 an sépare le début de l'activité maraîchère des premières plantations d'arbres pour 3 SdC MAF (**Figures 26 et 28**). Les agris ont décidé de prendre plus de temps pour choisir les arbres et planifier leur plantation : « *...le choix des espèces, variétés, portes greffe et le choix du pépiniériste, c'est vraiment important, ça s'anticipe. Sinon, on se retrouve à planter ce que l'on trouve et ce n'est pas satisfaisant. Il faut réserver ses arbres suffisamment en amont, quitte, effectivement, à décaler la plantation d'un an, ce n'est pas un souci à partir du moment où l'espace pour les arbres est bien réservé...* ».

Plusieurs phases de plantations annuelles sont retrouvées au sein de 7 SdC MAF (**Figures 26, 28 et 29**). Les raisons de ces plantations successives sont regroupées en 3 catégories :

- 1 - Plantation des arbres dans le SdC MAF en plusieurs fois et/ou en parallèle de l'augmentation du maraîchage : « *...tout projet se fait à l'avancement...* ») (3 SdC MAF).
- 2 - Plantation des arbres en remplacement de vieux arbres (1 SdC MAF). Cela est retrouvé au sein de la trajectoire du SdC MAF de F2 où des arbres étaient déjà présents à l'installation (trajectoire 1).
- 3- Plantation des arbres pour densifier les zones de pérennes déjà présentes (3 SdC MAF). Cela est principalement retrouvé au sein des micro-fermes dont le SdC MAF est du type non-aligné.

- **Augmentation progressive du maraîchage**

L'augmentation progressive du maraîchage, a été retrouvée dans les trajectoires de 6 SdC MAF, dont 2 en mono-ligne pluri-espèces (F4 et F10), 3 en double-ligne (F18, F19 et F20) et 1 en non-aligné (F13) (**Figures 26, 28 et 29**). Pour F4, le maraîchage a augmenté au bout de 3 ans. Les 3 premières années, l'agri était pluri-actif afin de « *...développer petit à petit mes compétences...* ». Pour F10 et F18, l'augmentation de la surface maraîchère cultivée s'est faite en parallèle de l'augmentation des plantations d'arbres. Pour F20, le maraîchage a augmenté progressivement en fonction de l'évolution du statut de la ferme et de la main d'œuvre pour se stabiliser après 4 ans, lorsque le GAEC s'est constitué. Enfin, pour F13, la mise en place du maraîchage, au milieu des zones de pérennes, n'était pas pensée dans le projet agricole lors de l'installation. Le maraîchage s'est intégré au système 2 ans après les premières plantations de pérennes afin de « *...prouver que sur un petit espace on peut produire beaucoup...* ».

4.3.6.d. L'importance de l'accompagnement dans la conception et des formations dans l'évolution de ces systèmes

Au sein des fermes enquêtées, seulement 4 d'entre elles ont mis en place un SdC MAF à la suite d'une formation spécifique en agroforesterie, donnée par la SCOP AGROOF, le GR CIVAM PACA ou l'ADAF. Au sein de 4 autres fermes, le SdC MAF a été conçu et mis en place sans formation agricole préalable de l'agri. Ces agris sont, soit des ingénieurs agronomes, soit issus du milieu agricole ou soit autodidactes. Les agris des 12 autres fermes, quant à eux, ont suivi une formation agricole avant de s'installer et de mettre en place un SdC MAF (soit dès le début, soit quelques années après). Parmi ces 12 fermes, la moitié d'entre eux se sont formés uniquement au maraîchage et l'autre moitié a reçu une formation agricole généraliste, abordant à la fois le maraîchage et l'arboriculture (**Annexe 9a**).

De même, au sein de l'ensemble des fermes enquêtées, les formations après l'installation semblent être importantes. Au sein de 5 fermes, les agris se forment chaque année, à la fois sur le maraîchage et sur l'arboriculture (**cf dossier annexe**). Ces formations annuelles sont retrouvées au sein de 4 micro-fermes et d'une ferme spécialisée en MAF. Au sein de 5 autres fermes, une ou plusieurs formations spécifiques sur l'arboriculture ont été suivies par l'agri (**cf dossier annexe**). Ces formations ont amené des changements sur la conduite des arbres (**Figures 26 et 29**) et notamment sur les soins apportés (taille, traitements, greffage) et ont permis d'améliorer la production, tout en diminuant le temps de travail (plus d'efficacité). Néanmoins, au sein des 10 fermes restantes, soit la moitié de l'échantillon, les formations ne semblent pas être la priorité. La volonté et la nécessité de prendre le temps de se former à l'arboriculture sont partagées uniquement par 3 agris des fermes mixtes : « *...techniquement, si tu veux que ton SdC MAF soit performant, c'est arriver à se dire que tu n'es pas que maraîcher mais que tu as envie et dois aussi être arboriculteur [...] avoir cette double compétence n'est pas facile...* ». Parmi les 13 fermes où la main d'œuvre est supérieure à 2 sur l'année, la **volonté d'avoir une personne sur la ferme responsable de l'atelier arboricole** est partagée par 8 d'entre elles.

Conclusion partielle : Dans cette partie, nous avons mis en évidence que la conception des SdC MAF dépend de l'état initial de la parcelle, à savoir la présence ou non d'arbres. Elle est également influencée par les choix individuels des agris, à savoir leur inspiration des fermes pilotes, les formations suivies ou non avant l'installation, mais aussi par leur profil et leur volonté propre à s'autoformer. Les changements de gestion au cours de la croissance des arbres, quant à eux, dépendent en partie du type de SdC MAF mis en place et donc de leur conception. Ils sont également influencés par les formations suivies et les contraintes économiques, organisationnelles et sociales auxquelles les agris sont confrontés. Les SdC MAF en mono-ligne (mono-espèce et pluri-espèces) sont ceux qui présentent le plus de changements, peu importe la trajectoire prise. Pour les SdC MAF en mono-ligne mono-espèce et non-aligné, le maraîchage est instable dans ces systèmes. Pour les mono-ligne pluri-espèces, les changements sont nombreux au cours des trajectoires. Ils concernent notamment le changement de taille des arbres, l'éloignement du maraîchage des arbres et leur plantation ou suppression au cours de l'évolution du système. Enfin, les SdC MAF en haie et en double-ligne sont quant à eux stables. Pour les systèmes en double-ligne, le changement de conduite des arbres concerne la mise en place de filets et une augmentation du maraîchage y est observé. Les SdC MAF en double ligne sont tous conçus selon le modèle de la ferme pilote F20, avec plus ou moins de variantes en fonction du profil des agriculteurs et du type de ferme qui les a mis en place.

4.4 Performances technico-économiques et biodiversité cultivée contrastées

Cette partie concerne l'analyse comparée de 11 SdC MAF dont 1 SdC MAF est un hybride associant les 2 SdC MAF présents chez F17. Au total, 8 fermes ont été enquêtées, dont 3 avec 2 SdC MAF distincts (F1, F6 et F12). Les 5 types de SdC MAF sont représentés, bien que les mono-ligne pluri-espèces soient prédominants. Pour chaque SdC MAF, les VAB/ha et les VAB/jW ont été calculées (**Annexe 14**).

4.4.1 Comparaison des productivités à l'hectare et du travail

Le SdC MAF du type mono-ligne mono-espèce (F6) associe des arbres champêtres (noyers hybrides) à du bois d'œuvre. La création de richesses des arbres n'est donc pas la production de fruits mais la production de bois (bois d'œuvre, bois de chauffe, broyat ...). Ses performances technico-économiques sont les plus faibles (**Figures 30 et 31**). La contribution économique des arbres au sein du SdC MAF est de 50% (**Figure 30**).

Les SdC MAF du type mono-ligne pluri-espèces présentent des performances technico-économiques contrastées. Le SdC MAF de F1 présente une productivité à l'hectare intéressante (**Figure 30**) et les SdC MAF de F1 et F12 présentent une productivité du travail également intéressante (**Figure 31**). Mis à part pour ces systèmes, les performances technico-économiques de ce type restent faibles. Pour les SdC MAF de F1 et F6, la contribution des arbres, relative à la création de richesses à l'hectare du système, est de plus de 30%. Cela peut s'expliquer par l'âge des arbres, plantés il y a plus de 10 ans (**Figure 26**). Au sein des SdC MAF de F4 et F12, la contribution économique des arbres est inférieure à 10% (**Figure 30**). Les arbres produisent mais ne sont pas récoltés, car l'atelier maraîcher est prioritaire sur la ferme : « ...c'est le maraîchage qui porte la ferme, la récolte de fruits est opportuniste... » ; « ...la récolte des fruitiers n'est pas prioritaire, c'est la récolte du maraîchage qui l'est [...] c'est le tracteur qui est prioritaire sur la ferme... ».

Les SdC MAF du type haie présentent des performances intéressantes en termes de travail (**Figure 31**) mais pas à l'hectare (**Figure 30**). F1 et F12 sont les fermes qui comportent à la fois un SdC MAF en haie et en mono-ligne pluri-espèces. Au sein de ces fermes, la VAB/ha des SdC MAF en haie est plus faible que celle des SdC MAF en mono-ligne pluri-espèces, au sein desquels la contribution économique des arbres (fruits) s'ajoutent à celle du maraîchage (**Figure 30**).

Les SdC MAF du type double-ligne présentent les meilleures performances technico-économiques (**Figures 30 et 31**). La contribution économique des arbres est d'environ 20%.

Les SdC MAF du type non-aligné présentent des VAB/ha contrastées (**Figure 30**). Le SdC MAF de F17 présente la meilleure VAB/ha contrairement au SdC MAF de F13 où celle-ci est parmi la plus faible des SdC MAF étudiés. La contribution économique des arbres du SdC MAF de F17 est très faible (1%) contrairement au SdC MAF de F13 où elle est de 59%. Au sein de ce type, la stratégie de priorisation d'un atelier plutôt qu'un autre est différente impacte la productivité à l'hectare du SdC MAF. Cela semble confirmer les dires de F17 : « ...au début, l'axe arboricole était important, mais il est devenu un axe non prioritaire car le maraîchage prend tout notre temps [...] c'est difficile de faire les deux en même temps et comme le maraîchage c'est notre gagne-pain donc l'atelier arboricole est délaissé... ». Néanmoins, ces 2 SdC MAF présentent des VAB/jW les plus faibles parmi les SdC MAF étudiés (**Figure 31**).

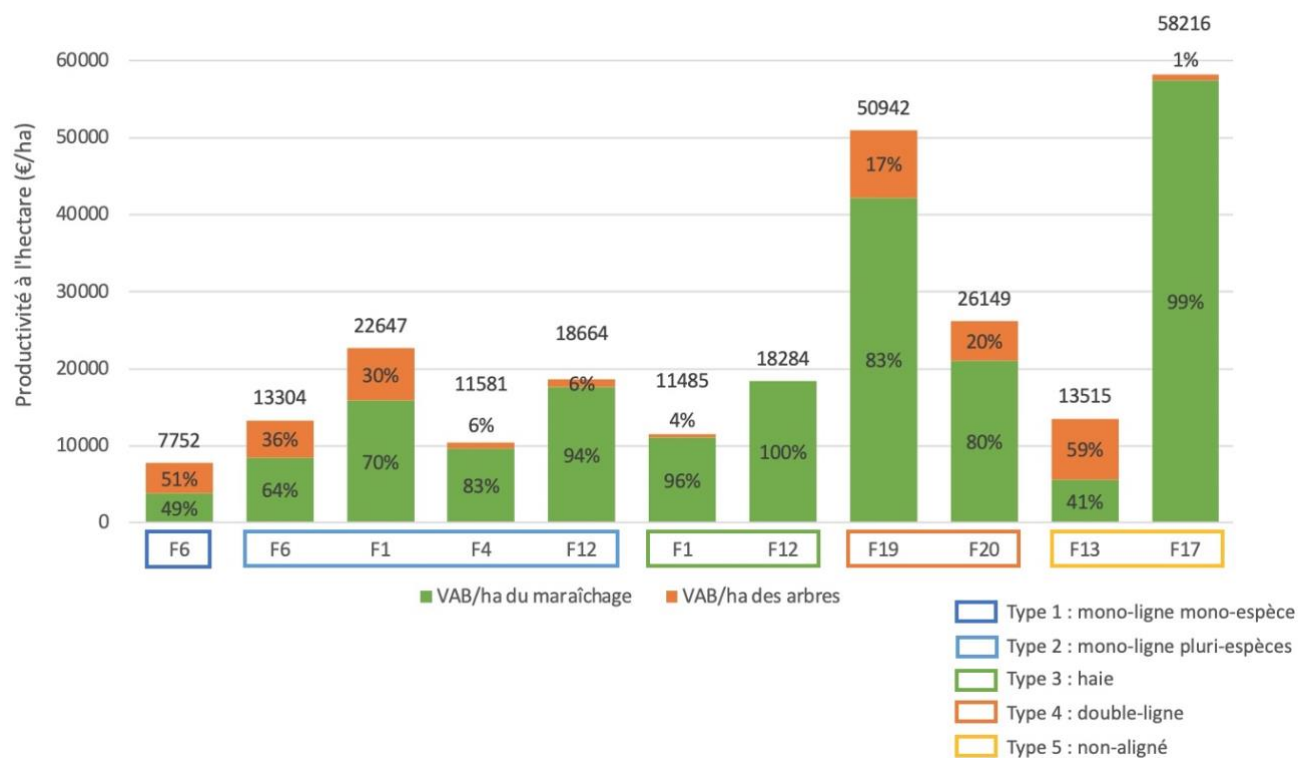


Figure 30 : Comparaison des productivités à l'hectare des différents SdC MAF.

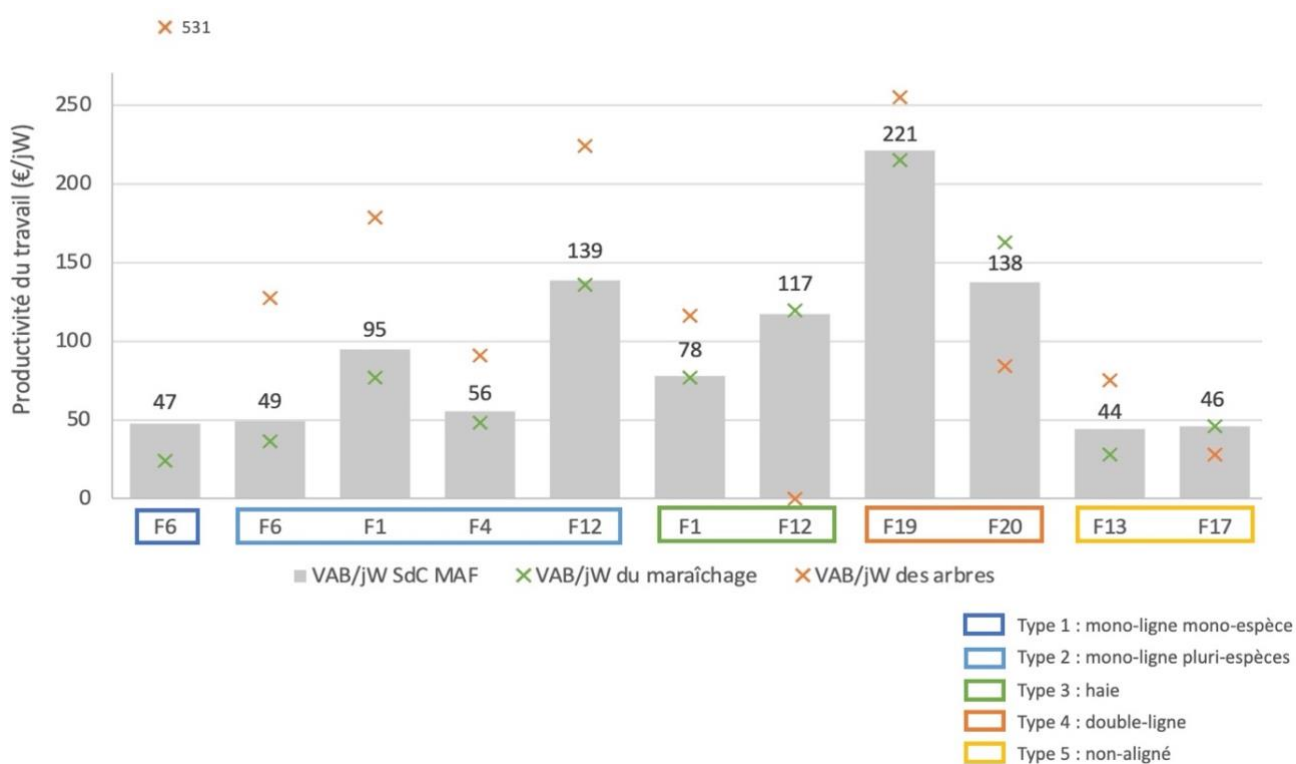


Figure 31 : Comparaison des productivités du travail des différents SdC MAF.

Ainsi, bien que les SdC MAF en double-ligne se détachent des autres types en termes de **productivité à l'hectare**, il semble que la VAB/ha de ces systèmes soit plutôt **liée à celle de l'atelier maraîcher**, auquel la contribution des arbres va venir s'ajouter selon les cas. Pour les SdC MAF de F17 et F19 qui présentent la VAB/ha la plus élevée (**Figure 30**), le nombre de cycles de culture du maraîchage est de 3 cycles en moyenne, contre 1 à 2 cycles pour les autres SdC MAF (**Annexe 15**). De même, les SdC MAF de F17 et F19 associent en majorité plusieurs cultures par planche, contre 1 ou 2 cultures pour les autres SdC MAF, ce qui contribue également à l'augmentation de la VAB/ha.

En ce qui concerne la **productivité du travail**, les SdC MAF en double-ligne se détachent également. Pour la majorité des SdC MAF, la VAB/jW des arbres est plus élevée que celle du maraîchage, à l'exception des SdC MAF de F17 et F20 (**Figure 31**). Pour les SdC MAF où les arbres sont des fruitiers, les moments pour la récolte des fruits a lieu pendant les pics de travail de l'activité maraîchère, et la récolte est souvent délaissée (**Annexe 16**) : « ...je m'occupe des arbres chemin faisant lorsqu'il n'y a pas de travail sur le maraîchage... » ; « ...l'aspect productif des fruitiers est un plus, on s'en occupe quand on a le temps... ». En fonction de l'organisation du travail au sein des fermes, les récoltes des fruits vont avoir lieu ou non. Au sein des SdC MAF en double-ligne, une personne est **responsable de l'atelier arboricole**, et du temps de travail va être alloué à cet atelier aux moments nécessaires : « ...la personne responsable de l'atelier arboricole s'occupe de l'entretien des arbres (taille et traitements) et surveille les maturités pour planifier les récoltes [...] à plusieurs, on peut s'organiser pour ne pas délaissier les arbres... ». De plus, **le niveau d'équipements de la ferme** impacte la VAB/jW des SdC MAF. Les fermes non équipées d'un tracteur pour le travail du sol (**Annexe 9a**), à savoir F4, F13 et F17, présentent des VAB/jW faibles (**Figure 31**). En ce qui concerne F6, les SdC MAF présentent également une VAB/jW faible. Les agris se sont installés en 2022, et sont encore en phase d'adaptation vis-à-vis du travail. Enfin, les fermes où les SdC MAF pour lesquels la VAB/jW est la plus élevée (F1, F12, F19 et F20), sont toutes équipées d'un tracteur avec une main d'œuvre supérieure à 2 personnes à l'année (**Annexe 9a, Figure 31**).

4.4.2 La transformation comme levier pour augmenter les performances

Au sein des 2 fermes dont le SdC MAF est du type non-aligné, la transformation d'une partie de la production maraîchère, ainsi que la transformation de la production fruitière à plus de 50% est réalisée. La productivité de la production brute (sans transformation) et de la production transformée est calculée et comparée. F13 transforme 50% de sa production maraîchère et 80% de sa production fruitière. F17 transforme 5% de sa production maraîchère et 60% de sa production fruitière. La transformation permet à la fois un gain de productivité à l'hectare et du travail d'environ 55% pour F13 et d'environ 15% pour F17 (**Tableau 6**). Pour F13, dont la productivité à l'hectare est l'une des plus faible, la transformation de la production permet d'obtenir une productivité à l'hectare comparable à celle du SdC MAF de F20 en double-ligne (**Figure 30, Tableau 6**).

Tableau 6 : Comparaison des productivités à l'hectare et du travail au sein de 2 fermes sans et avec transformation d'une partie de la production.

	F13			F17		
	Sans transfo	Avec transfo	% Gain de productivité	Sans transfo	Avec transfo	% Gain de productivité
VAB/ha	13 515 €	29 933 €	55%	58 216 €	68 468 €	15%
VAB/jW	44 €	81 €	54%	46 €	53 €	13%

4.4.3 Croisement des performances technico-économiques avec la biodiversité cultivée

L'indicateur de biodiversité retenu pour comparer les performances des SdC MAF est l'indicateur de biodiversité incrémentée (**Annexe 17**). Cet indicateur varie de 3 à 7 au sein des SdC MAF étudiés (**Tableau 7**). Le premier critère concerne le nombre d'espèces d'arbres. Bien que dans la construction de la typologie des SdC MAF (**cf partie 4.2.1**), les SdC MAF ont été différenciés en fonction de la présence d'une ou de plusieurs espèces, pour cet indicateur de biodiversité, 3 niveaux ont été retenus (1 espèce d'arbre = 1 ; moins de 6 espèces = 2 ; plus ou égal à 6 espèces = 3). Si des arbres champêtres (à l'exception du type 3 : haie) et une strate arbustive au niveau du rang d'arbres sont présents, cela est également pris en compte (absence = 0 ; présence = 1). Le dernier critère concerne le nombre d'espèces maraîchères où 2 niveaux ont été choisis (moins de 30 espèces = 1 ; plus ou égal à 30 espèces = 2). Plus le chiffre de cet indicateur est grand et plus le niveau de biodiversité cultivée est élevé.

Tableau 7 : Détail du calcul et des résultats de l'indicateur de biodiversité incrémentée en fonction des SdC MAF.

	F6	F6	F1	F4	F12	F1	F12	F19	F20	F13	F17
Nombre d'espèces d'arbres	1	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Présence d'arbres champêtres	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
Présence d'une autre strate au niveau des arbres	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Nombre d'espèces maraîchères	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2
TOTAL	3	6	4	4	6	5	4	7	5	7	6

■ Type 1 : mono-ligne mono-espèce

■ Type 2 : mono-ligne pluri-espèces

■ Type 3 : haie

■ Type 4 : double-ligne

■ Type 5 : non-aligné

Le SdC MAF en mono-ligne mono-espèce présente le niveau de biodiversité cultivée et les performances technico-économiques les plus faibles (**Figures 32 et 33**). Le niveau de biodiversité cultivée au sein des SdC MAF en mono-ligne pluri-espèces est plus contrasté, et varie de 4 à 6 (**Tableau 7**). Les performances technico-économiques de ces systèmes sont également contrastées, et au sein de ces systèmes, il n'y a pas de lien entre le niveau de biodiversité et leurs performances (**Figures 32 et 33**). Le SdC MAF de F12 se démarque néanmoins des autres au sein de ce type. Dans les mono-ligne pluri-espèces, un équilibre entre la biodiversité cultivée et la valorisation socio-économique du travail reste à trouver. Les SdC MAF du type haie sont quant à eux caractérisés par une forte diversité cultivée notamment en ce qui concerne le nombre d'espèces d'arbres. Les SdC MAF en double-ligne présentent un bon niveau de biodiversité cultivée en plus de de bonnes performances technico-économiques. Le SdC MAF de F19 est celui qui maximise à la fois la productivité à l'hectare, la productivité du travail et le niveau de biodiversité cultivée. Enfin, les SdC MAF du type non-aligné se démarquent par leur niveau de biodiversité cultivée élevé, mais sont décevants par leur productivité du travail (**Figure 33, Tableau 7**).

Les écarts de productivité du travail au sein d'un même indice de biodiversité cultivée sont plus variables que pour la productivité à l'hectare entre les SdC MAF (**Figures 32 et 33**). L'augmentation des espèces cultivées au sein de ces systèmes implique de mettre en place des stratégies de réorganisation du travail, en lien avec les ressources disponibles des fermes, afin de trouver un équilibre entre l'augmentation de la biodiversité cultivée et l'augmentation du temps de travail.

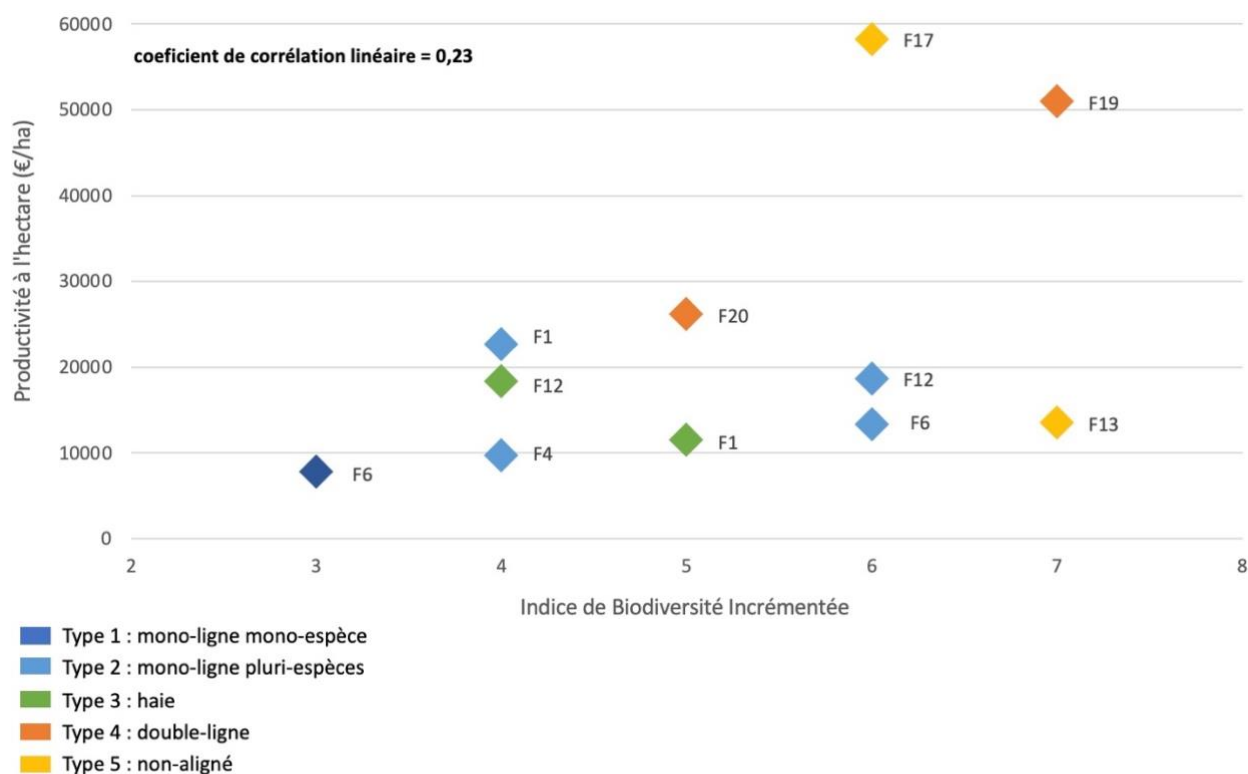


Figure 32 : Relation entre l'indice de biodiversité incrémentée et la productivité à l'hectare pour chaque SdC MAF.

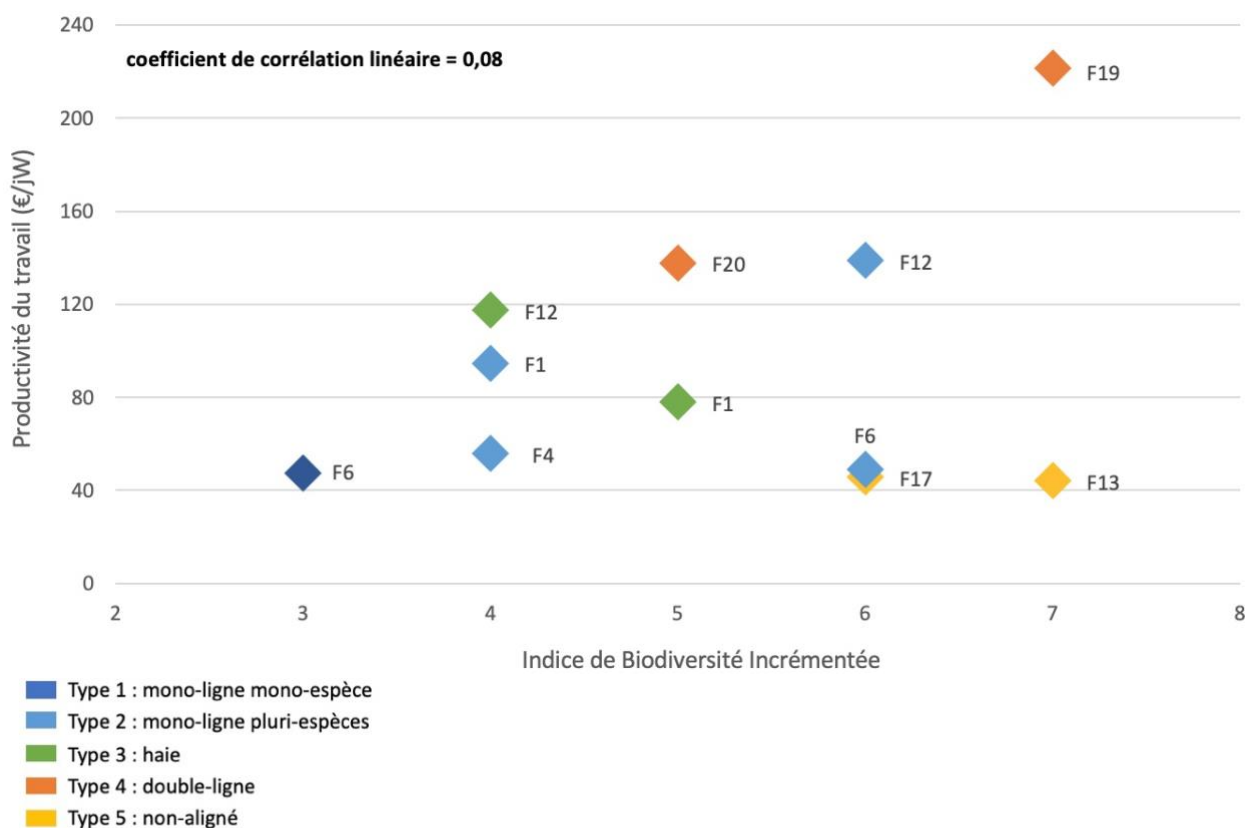


Figure 33 : Relation entre l'indice de biodiversité incrémentée et la productivité du travail pour chaque SdC MAF.

Conclusion partielle : Dans cette partie, nous avons mis en évidence que les SdC MAF en double-ligne présentent les meilleures performances technico-économiques, tant au niveau de la productivité à l'hectare qu'au niveau de la productivité du travail. L'organisation spatiale des arbres sur la parcelle impacte en partie les performances de ces systèmes. En effet, la VAB/ha des SdC MAF semble être impactée par les performances de l'atelier maraîcher et la VAB/jW par les ressources disponibles sur la ferme (main d'œuvre et niveau d'équipements). Le niveau de biodiversité cultivée semble également jouer sur les performances technico-économique de ces systèmes, puisque le SdC MAF qui présente les meilleures performances présente le niveau de biodiversité le plus élevé et le SdC MAF qui présente les moins bonnes performances présente le niveau de biodiversité le plus faible. Au sein des mono-ligne pluri-espèces, certains SdC MAF semblent prometteurs, mais un équilibre entre le niveau de biodiversité cultivée et la valorisation socio-économique du travail reste à trouver. La taille de l'échantillon reste néanmoins trop réduite pour tirer de réelles conclusions.

4.5 Nouveaux systèmes maraîchers agroforestiers émergents

À la fin de chaque entretien, les agris ont été amenés à réfléchir sur leur(s) SdC MAF, à être autocritiques sur ce(s) dernier(s) et à réfléchir au SdC MAF qu'ils mettraient aujourd'hui en place après toute l'expérience emmagasinée. Ainsi, dans cette partie sont évoqués les SdC MAF déjà mis en place par les agris et qui selon eux sont performants, mais aussi les SdC MAF qui n'ont pas encore vu le jour et qui semblent pertinents d'un point de vue de la valorisation socio-économique du travail.

Le premier type est le « **pluri-ligne** ». En effet, les agris des 4 fermes où le SdC MAF appartient au type double-ligne, sont tous satisfaits de leur SdC MAF. Le double-rang permet une meilleure circulation dans le système, facilite les soins apportés aux arbres et peut être valorisé économiquement selon les cas. Ce type présente de bonnes performances technico-économiques (**Figures 30 et 31**). Certains agris, dont le SdC MAF appartient au type mono-ligne pluri-espèces et dont la contribution économique des arbres est faible (**Figure 30**), trouvent que l'agencement des arbres en double-ligne intéressant : « ...j'aurais suivi le même modèle que F20, mais j'aurais planté mes arbres en quinconce, pour avoir plus de densité d'arbres et donc avoir plus de volumes pour la vente... » ; « ...j'aurais fait des îlots d'arbres fruitiers, 3 à 4 lignes, pour que ça ressemble plus à des mini-vergers alternés avec du maraîchage, pour se motiver à prendre soin des arbres, les traiter, les récolter... » ; « ...j'aurais fait des mini vergers de 500 à 1000 m² alternés avec du maraîchage, pour que cela soit mécanisable et faire un parcours de poules pour ramener de la fertilité et lutter contre les ravageurs (carpocapses)... ».

Le deuxième type est le « **mono-ligne pluri-espèces d'arbres champêtres** ». Un SdC MAF est actuellement en cours de transition vers ce type (F15). Les agris, qui imaginent mettre en place ce type de SdC MAF, sont ceux dont l'objectif principal de l'association entre les arbres et le maraîchage est la création d'un microclimat et qui conduisent donc leurs arbres fruitiers en haute tige, mais dont la récolte est compliquée : « ...la façon dont je conduis mes arbres complique l'éclaircissage, l'entretien et les récoltes [...] j'aurais plutôt mis des arbres champêtres qui sont moins compliqués à conduire et qui permettent d'avoir une belle ombre portée sur mes légumes... » ; « ...les récoltes des fruits, on les fait à l'échelle, quand les arbres montent à plus de 5 m de haut les récoltes sont impossibles... » ; « ...je suis en train de remplacer mes arbres fruitiers par des arbres champêtres, adaptés au climat méditerranéen, avec un bel indice de biodiversité, valorisables en ébénisterie ou scierie et dont l'ombre portée sur mes légumes se déplace le plus possible au cours de la saison [...] les arbres fruitiers conduits en moyenne tige causent des problèmes d'ombrage pour mes légumes car l'ombre est permanente en saison à cause de leur port bas... ».

Le troisième type est le « **mono-ligne mono-espèce d'arbres fruitiers** » avec des espèces adaptées au changement climatique et dont les récoltes sont décalées de la saison maraîchère. Au sein de la ferme F8, le SdC MAF du type mono-ligne mono-espèce qui associe du maraîchage et des pistachiers, a été mis en place dans cette optique : « ...on s'est dirigé vers la pistache car je pense qu'au niveau de la valorisation cela peut être pas mal [...] ce choix d'espèce est pertinent car elle est moins difficile à conduire que les espèces fruitières « classiques » (pommes, poires, pêches, abricots...), elle nécessite moins d'entretien, semble plus adaptée à notre climat et la période de récoltes est décalée du maraîchage [...] les arbres fruitiers « classiques » arrivent à maturité au mauvais moment et c'est difficile de les valoriser.. ». Cette réflexion sur le choix d'espèces mieux adaptées au climat et dont la récolte est décalée de celle du maraîchage est partagée par d'autres fermes : « ...choisir des espèces fruitières adaptées à nos régions (les pommiers et poiriers ça pousse mieux dans le nord) et réfléchir sur la saisonnalité... » ; « ...choisir des

espèces compatibles en saisonnalité [...] arriver à identifier les moments où les pics de travail liés à l'activité maraîchère diminuent et donc où on pourrait récolter des fruits... ».

Le quatrième type est le « **pluri-espèces multi-stratifié** », associant arbres fruitiers et arbres champêtres, maraîchage et une strate arbustive ou autres vivaces (ex : petits fruits, PPAM...). Ce type est retrouvé au sein de certains SdC MAF du type mono-ligne pluri-espèces et du type non-aligné. Les agris enquêtés de ce type transforment tous une partie de leur production et la présence d'un atelier de transformation au sein de la ferme semble nécessaire pour avoir de bonnes performances technico-économiques (**Tableau 6**). Certains agris réfléchissent à rajouter des arbres champêtres dans leur système pour ramener de l'ombre aux arbres fruitiers « *...il faudrait que je rajoute de l'ombre à mes fruitiers, notamment au niveau des fruitiers à pépins, qui souffrent l'été...* » ; « *...c'est plus pertinent de raisonner 2 strates d'arbres pour des questions d'abri climatique...* ». D'autres, réfléchissent à densifier les lignes d'arbres avec une strate arbustive ou autres vivaces (ex : petits fruits, PPAM...) pour diminuer le temps de travail de désherbage mais aussi pour valoriser économiquement : « *...avoir différentes hauteurs sur les lignes de pérennes pour les valoriser, en mettant des petits fruits, ou en mettant des couvre-sols avec des légumes perpétuels...* » ; « *...c'est intéressant de densifier le rang d'arbres avec des petits fruits ou PPAM pour occuper l'espace* » et limiter l'enherbement de cette zone... ».

Enfin, concernant les stratégies d'agencement des arbres, la diversification aléatoire d'espèces sur la ligne d'arbres ne semble pas être efficace en termes d'organisation du travail : « *...l'efficacité doit rentrer dans la conception du système...* ».

Ainsi, les **différentes stratégies d'agencement des arbres** qui ressortent pour améliorer l'efficacité du travail sont :

1 - Regrouper sur une même ligne les arbres ayant une maturité proche (une ou plusieurs espèces) et donc jouer sur les variétés : « *... garder les lignes fruitières multi-espèces mais regrouper sur une ligne les espèces différentes avec une maturité identique pour faciliter la récolte et éviter de courir dans tout le MAF...* » ; « *... il aurait fallu réunir les arbres d'une même variété sur une même ligne, parce que quand tu fais la récolte, tu ne peux pas te permettre de traverser le maraîchage et le temps d'aller d'un endroit à l'autre de la parcelle tu perds un temps non négligeable [...] j'aurais fait des petites séquences de 2 à 3 arbres identiques d'affilé...* » ; « *...regrouper sur les lignes les fruitiers qui arrivent à maturité en même temps...* ».

2 - Diversifier sa palette variétale pour étaler les récoltes et ne pas devoir aller chercher d'autres débouchés : « *...réfléchir à la saisonnalité, avoir plus de diversité sur peu d'arbres pour pouvoir trouver le temps de récolter et pouvoir écouler la production sur les marchés sans devoir trouver un autre débouché si les volumes sont trop importants...* » ; « *...aller chercher des variétés avec des dates de maturité encore plus étalées pour mieux répartir les récoltes sur la saison...* ».

3 - Regrouper et densifier les fruitiers à pépins sur la ligne pour pouvoir les protéger (filets) et optimiser la production : « *... les filets aujourd'hui ne sont pas remplis [...] j'aurais aimé densifier les arbres sur le rang mais ça n'a pas été fait...* » ; « *...on est en train de réfléchir à mettre en place des filets, probablement arbre par arbre, pour protéger des carpocapses et des oiseaux [...] à grande échelle je pense qu'il faut palisser ces arbres et les conduire sous filets intégraux pour un bon retour économique des fruits, même si l'investissement au départ est important et que c'est moche...* ».

5 DISCUSSION

Cette partie discussion propose (1) de faire le point sur les réponses apportées aux questions de recherche à travers une analyse croisée des résultats obtenus, (2) de confronter ces résultats avec la littérature et les précédents travaux sur le MAF et (3) de discuter des limites et des perspectives de cette étude.

5.1 Le maraîchage agroforestier : un équilibre entre biodiversité cultivée et valorisation socio-économique du travail, dépendant des fermes et des objectifs recherchés

5.1.1 La grande diversité de ces systèmes de culture est liée au profil des agris, à leurs intérêts et aux débouchés de la ferme

Le MAF est un système agricole complexe qui associe deux activités sur une même parcelle, le maraîchage et l'arboriculture (dans la majorité des cas enquêtés), toutes deux très exigeantes en matière de gestion et de technicité. De plus, il se caractérise par des dynamiques temporelles contrastées : le maraîchage nécessite une gestion quotidienne avec des ajustements réguliers tandis que les arbres imposent une vision à long terme (Auclair & Cailliez, 1994). L'objectif commun partagé par les agris derrière cette association c'est d'augmenter la biodiversité cultivée et donc fonctionnelle (**Figure 8**). Tous cultivent en agriculture biologique, et cette association leur permet de réduire, voire d'arrêter, l'utilisation d'intrants (traitements et fertilisants) (**Tableau 3**), pour tendre vers une plus grande autonomie (Altieri, 2004 ; Asselineau & Domenech 2007 ; Soltner, 2016). La biodiversité cultivée au sein de ces systèmes, tant au niveau de la composante arborée que maraîchère, ne dépend pas de leurs structures (**Figure 12**) mais de leurs débouchés commerciaux (**Annexe 9b**).

Le choix du circuit de commercialisation est directement lié à la diversification des productions, ce qui les fait évoluer ensemble (Morel, 2016). Les SdC MAF, qui maximisent la biodiversité cultivée, transforment tous une partie de leur production et/ou vendent sur les marchés ou via des paniers (**Annexe 9b, Figure 10**). Ceux qui ont réduit leur nombre d'espèces maraîchères ont favorisé des circuits moins chronophages, tels que les magasins de producteurs : « ... *je ne fais plus de marchés, ni de ventes en magasins spécialisés où je perdais beaucoup de temps sur les livraisons. Être dans un magasin de producteurs me dégage du temps et je gagne en confort [...] la planification au niveau des points de vente collectif structure mes rotations et les cultures maraîchères que je vais planter...* ». Néanmoins, ces points de vente collectifs peuvent amener les agris à chercher d'autres débouchés pour écouler les nouvelles productions issues de cette association « ...*dans le magasin, il y a déjà des arboriculteurs associés, je ne peux vendre des fruits que s'il y a un créneau qui se libère...* » ; « ...*j'arrive à écouler mes fruits en complétant la production des collègues...* ».

L'association entre les arbres et le maraîchage génère des concurrences en termes de travail (Boury-Esnault, 2018 ; Warlop et al., 2017). La contrainte principale mentionnée est la gestion de l'herbe dans les zones arborées, qui est chronophage « ...*le débroussaillage des lignes d'arbres, ça prend vite une demi-journée de travail, et dès que ça repousse, il faut recommencer à peu près toutes les 3 semaines...* ». Les SdC MAF diversifiés avec la présence d'une strate arbustive au niveau des lignes d'arbres (**Figures 18, 21 et 22**) nécessitent moins de désherbage, qui est souvent manuel voire inexistant : « ...*je fais un petit*

désherbage sur mes zones de pérennes, et d'année en année, j'observe que l'herbe pousse moins de par la densité cultivée sur le rang... ». Ces systèmes sont retrouvés dans les micro-fermes (**Figure 12**). Concernant les modes de conduite de ces systèmes, les agris qui attendent un retour économique des arbres, intensifient les soins (taille) et les intrants (traitements, fertilisation et irrigation) pour ces derniers. Les résultats mettent en évidence que, les agris qui traitent leurs arbres, appliquent aussi des traitements sur les cultures maraîchères. L'intensification des modes de conduite sur les arbres est surtout observée dans les systèmes en double-ligne en mono-ligne (**Tableau 3**). Ceux qui misent sur la diversification (mélange d'espèces fruitières et ajout d'une strate arbustive) ne traitent pas leurs arbres. Certains agris arrivent à produire des fruits quasiment sans intrants, mis à part le carburant utilisé pour la gestion de l'herbe « *...les arbres profitent des apports (fertilisation, amendement et eau) apportés au maraîchage...* ».

Ainsi, les résultats de cette étude permettent donc de répondre à la première question de recherche : quelle est la diversité des SdC MAF ? Ils mettent en évidence que les systèmes MAF présentent à la fois une grande diversité de structures (agencement spatial des espèces et niveau de biodiversité cultivée) et de modes de conduite, qui dépendent des objectifs de l'agriculteur vis-à-vis des services attendus de l'arbre mais également de leurs débouchés.

5.1.2 L'étude des trajectoires de ces systèmes met en évidence l'importance de l'adaptation face aux dynamiques temporelles contrastées de ces deux activités

Les premiers SdC MAF conçus sont les mono-ligne mono-espèces et les haies (**Figure 23**). Les systèmes en double-ligne sont apparus 10 ans plus tard. Ce système est le fruit d'une co-construction entre chercheurs, techniciens et agriculteurs, afin de créer un système de culture le plus autonome possible et avec une bonne rentabilité socio-économique (Sieffert, 2013). L'approche globale de ce système ne se limite pas à l'aspect de la biodiversité et de la rentabilité économique, mais prend aussi en compte l'optimisation de l'espace et du travail. Le SdC MAF de F20 est d'ailleurs celui qui présente la plus grande surface cultivée dans l'échantillon (3,5 ha) (**Figure 9**). Tous les SdC MAF en double-ligne se sont inspirés de F20 pour concevoir leur propre système, avec plus ou moins de variations dans la conception et dans l'intensification de la biodiversité cultivée. Les agris qui mettent en place ces systèmes sont majoritairement des ingénieurs agronomes. Les autres types de SdC MAF mis en place ont rarement été influencés par d'autres systèmes. Une très faible part des fermes enquêtées a mis en place un SdC MAF à la suite d'une formation spécifique en maraîchage agroforestier pour concevoir et/ou valider ce choix. Les agris adoptant ces systèmes innovants viennent pour la plupart d'une reconversion professionnelle (95%) et ne sont pas issus du milieu agricole (75%). Les formations suivies avant leur installation sont variées : formation générale intégrant le maraîchage et l'arboriculture, formation spécifique en maraîchage ou absence de formation (**Annexe 9a**).

Les points de départ dans la mise en place d'un SdC MAF varient et ramènent inévitablement de la biodiversité cultivée au sein des fermes, que ce soit par l'ajout de cultures maraîchères, d'arbres ou des deux simultanément (**Figure 24**). Le type de SdC MAF mis en place ne dépend pas uniquement de l'historique de la parcelle, mais aussi des objectifs recherchés derrière l'association entre les arbres et le maraîchage. En fonction de la conception du système (ex : densité de plantation trop élevée), l'association entre les arbres et le maraîchage peut être transitoire en faveur des arbres (**Tableau 4**). Les cultures maraîchères permettent d'avoir un retour économique en attendant l'entrée en production des arbres.

L'évolution des SdC MAF, à savoir les changements de gestion au cours de la croissance des arbres, dépendent davantage du type de système mis en place que des points de départ. Ces évolutions sont influencées par les formations suivies, ainsi que par les contraintes économiques, organisationnelles et sociales auxquelles les agris sont confrontés. Les systèmes en mono-ligne pluri-espèces, les plus représentés dans cette étude, sont ceux qui induisent le plus de changements, quel que soit le type de trajectoire (**Figure 26**). Ces modifications sont structurelles (éloignement des cultures maraîchères des arbres, suppression et/ou plantation d'arbres) ou consistent en des ajustements de gestion (changements de la conduite des arbres, simplification de la gestion de l'herbe au niveau des zones arborées). Les changements de gestion concernent principalement la strate arborée, mais des modifications au niveau du maraîchage sont aussi observées. Les changements au niveau du maraîchage semblent être indépendants de la présence des arbres. Ils sont réalisés pour répondre à des objectifs économiques (ex : installation de serres pour produire toute l'année) ou écologiques (ex : passage au maraîchage sol vivant pour réduire le travail du sol). Ces systèmes évoluent au fur et à mesure que les agris cherchent à atteindre leurs objectifs. Le changement dans les pratiques agricoles s'apparente à la conception d'un nouveau système de travail via une succession d'événements et de décisions (Chizallet et al., 2016).

L'organisation du travail est bousculée par chaque innovation apportée au système (Rellier et al., 2011) et l'apprentissage et l'élaboration d'un savoir-faire sont nécessaires à l'adoption et à la mise en place d'une innovation (Penot, 2007). Dans certaines fermes, le matériel agricole a été adapté et co-construit en collaboration avec l'Atelier Paysan (ex : l'outil sandwich pour la gestion de l'enherbement des rangs d'arbres). De même, dans certains cas, dans la conception des SdC MAF, l'espacement laissé pour les cultures maraîchères entre les arbres a été déterminé en fonction des dimensions des équipements agricoles, notamment dans les fermes équipées d'un tracteur.

Ainsi, les résultats de cette étude permettent de répondre à la deuxième question de recherche : quelles sont les trajectoires d'expérience menées dans la conception et dans la gestion des SdC MAF ? Ils mettent en évidence que la conception de ces systèmes dépend en partie de l'état initial de la parcelle mais également d'une multitude de facteurs individuels, tels que les objectifs recherchés à travers l'association, les formations suivies ou non avant l'installation, ainsi que la capacité des agris à s'auto-former et à échanger au sein de réseaux d'échanges. Les changements de conduite touchent principalement la strate arborée et font suite, pour la plupart, à une formation spécifique en arboriculture.

5.1.3 La place de l'arbre dans ces systèmes : un arbitrage à trouver entre biodiversité cultivée et valorisation socio-économique du travail

Dans les SdC MAF, c'est l'arbre qui joue un rôle structurant. La productivité à l'hectare dépend principalement de l'atelier maraîcher, auquel s'ajoute, selon les cas, la contribution des arbres (**Figure 30**). Les systèmes qui optimisent la productivité à l'hectare sont ceux qui ont opté pour une intensification spatio-temporelle des cultures maraîchères (multiplication des cycles et des associations de cultures). En effet, le maraîchage s'avère plus rentable que l'arboriculture sur une même surface (Paut, 2021 ; Roblin, 2018 ; Roblin, 2019) : « *...le maraîchage, c'est ce qui est rentable maintenant, c'est notre gagne-pain...* ». La stratégie qui consiste à prioriser un atelier plutôt qu'un autre varie et influence les performances. Dans cette étude, les systèmes où la contribution économique des arbres est supérieure à celle du maraîchage, présentent des performances faibles. Quant à la productivité du travail, elle dépend des ressources disponibles sur la ferme (main d'œuvre et niveau d'équipements (**Figure 31**)). Ce qui impacte l'adjonction de ces deux activités est que la période de récolte de l'activité arboricole coïncide avec les pics de travail

de l'activité maraîchère (Boury-Esnault, 2018 ; **Annexe 14**), ce qui conduit à délaissier la récolte des fruits dans certains cas : « ...la plus grande difficulté pour un maraîcher, c'est de prendre du temps pour s'occuper des arbres... ». Une des solutions envisagées pour pallier à cette zone de frottements, c'est de choisir des espèces fruitières dont la récolte est décalée de la période de forte activité maraîchère. Une autre solution envisagée est de diminuer la production maraîchère l'été pour lisser le temps de travail sur l'année et pouvoir récolter les fruits : « ...la répartition de mon temps de travail est saisonnier, je l'équilibre sur l'année [...] de mai jusqu'à fin juillet c'est une période où il n'y a pas beaucoup de légumes dans le jardin... ».

De plus, l'agencement des arbres au sein de la parcelle impacte les performances technico-économiques. En effet, les systèmes en double-ligne présentent les meilleures performances (**Figures 30 et 31**). La transformation de la production agricole est un levier intéressant pour améliorer les performances technico-économiques (**Tableau 6**). Cette activité de transformation est retrouvée principalement au sein des micro-fermes familiales. Pour les sociétés agricoles, la transformation peut être réalisée en étant sous-traitée pour des raisons économiques : « ...avec des salariés, le temps passé à la transformation n'a pas de sens économique dans cette situation... ».

Cette étude n'a pas montré de corrélation claire entre un niveau de biodiversité cultivée élevée et des performances technico-économiques optimales, à l'exception de 2 SdC MAF (**Figures 32 et 33**). En effet, ces systèmes présentent tous une grande diversité d'espèces cultivées (≥ 20 espèces). Dans sa thèse, Raphaël Paut a montré, à travers la théorie du portefeuille, qu'il existe une limite au bénéfice de la diversification culturelle sur la réduction des risques. Une grande proportion du risque est atténuée à partir de 10 cultures différentes, et au-delà, il semblerait que la réduction du risque apportée par une culture supplémentaire soit marginale (Paut, 2021).

L'un des facteurs clés dans la réussite des systèmes MAF semble résider dans une allocation efficace des ressources disponibles, en particulier de la main d'œuvre, pour gérer la diversité de cultures : « ...le travail à plusieurs permet une meilleure souplesse pour les gros chantiers de travail, pour gérer la diversité cultivée et pour lisser les pics de travail... ». Cela soulève alors la question de la spécialisation dans la gestion de cette biodiversité cultivée au sein des fermes en MAF (Morel, 2018). En effet, les SdC MAF en double-ligne, qui apparaissent comme étant les plus performants sur le plan technico-économique (**Figures 30 et 31**), sont présents dans les fermes avec une main d'œuvre importante et où une personne est responsable de la gestion des arbres : « ...quand on travaille à plusieurs, c'est important qu'une personne prenne le lead sur l'atelier arboricole, car si tout le monde est responsable de tout, personne n'est responsable de rien, et un atelier sera obligatoirement délaissé... ».

Au-delà de leur fonction en matière de biodiversité et de production, les arbres apportent également des bénéfices esthétiques (paysage), climatiques (création d'un microclimat) ou même éducatifs (transmission d'expériences) selon les agris interrogés (**Figure 8** ; Labant, 2009 ; Rigueiro-Rodríguez et al., 2009 ; Smith, 2010). Deux profils d'agris se distinguent selon les services attendus des arbres. Si l'agri attend principalement un service écologique (biodiversité et climatique) et/ou esthétique, cela conduit souvent à une priorisation de l'activité maraîchère : « ...la récolte des fruits est opportuniste chez moi mais la présence de l'arbre, je ne m'en séparerais pas. Je vois bien que c'est un élément essentiel à mon système... » ; « ...l'agroforesterie c'est du divertissement, l'arbre c'est un outil pour asseoir mon modèle global afin de ne faire aucune intervention sur les plantes [...] je suis un maraîcher et j'ai comme compagnons des arbres avec l'espoir d'avoir une bonne surprise à la fin... ». En revanche, si l'arbre est envisagé réellement dans un objectif productif, les arbitrages entre les deux activités deviennent plus

complexes. Pour de nombreux agris avec un SdC MAF en mono-ligne pluri-espèces, l'aspect productif des arbres fruitiers n'est pas prioritaire ; peu de temps leur est consacré. Bien que les arbres soient productifs, les fruits sont souvent peu valorisés (problèmes phytosanitaires, difficultés à commercialiser en frais). Beaucoup affirment qu'ils auraient dû planter des arbres champêtres à la place des fruitiers. Ce constat est également observé en dehors de notre zone d'étude. Dans le Sud-Ouest de la France, un témoignage d'agri qui a mis en place un SdC MAF, dont les arbres ont été plantés il y a 15 ans, ne valorise pas les fruits, mais les arbres jouent leur rôle agroécologique (Ver de Terre Production, 2024).

Ainsi, les résultats de cette étude permettent de répondre à la troisième question de recherche : quelles sont les performances technico-économiques des SdC MAF ? Ils mettent en évidence que l'agencement spatial des arbres en double-ligne permet d'optimiser les performances. Les performances des SdC MAF étudiés à l'hectare sont liées à celles de l'atelier maraîcher et du travail aux ressources disponibles sur la ferme. Les systèmes en haie et en non-alignés sont intéressants au niveau de la biodiversité cultivée, mais cette dernière influence peu les performances technico-économiques. Néanmoins, il semble qu'un compromis soit important à trouver concernant le niveau de la biodiversité cultivée pour améliorer les performances de ces systèmes, notamment pour les systèmes en mono-ligne.

5.2 L'importance d'aborder à la fois l'échelle de la ferme et de la parcelle pour mieux appréhender les dynamiques de ces systèmes

5.2.1 Des systèmes de culture maraîchers agroforestiers associés à des types de fermes

Cette étude a permis de proposer une première typologie des systèmes de culture maraîchers agroforestiers (**Figure 12**) qui n'existe pas à ce jour. Le projet CASDAR SMART a mis en évidence que l'agencement linéaire et géométrique des arbres au sein de ces systèmes était adopté par tous (Warlop et al., 2017). Néanmoins, cette étude a montré l'existence d'autres SdC MAF, avec des agencements d'arbres non standardisés (**Figure 22**).

Des typologies de fermes en MAF, quant à elles, ont déjà été élaborées lors des précédents stages. Une première étude sur 9 fermes a identifié 4 fermes types en MAF à partir de 9 indicateurs (Tharel, 2019). Les principaux critères de distinction des fermes sont la SAU totale cultivée et la proportion cultivée en MAF, la main d'œuvre et le pourcentage de la production transformée (Annexe 18). Une deuxième étude, plus récente et sur un échantillon de 16 fermes, a identifié 3 fermes types (Guessous, 2021). Les principaux critères de distinction des fermes sont la SAU totale cultivée, l'activité agricole principale en termes de CA et la contribution du MAF à ce dernier (**Annexe 19**). La typologie proposée dans notre étude est une combinaison de ces deux approches (**cf partie 4.1.6**). Les systèmes en haie sont retrouvés dans les fermes mixtes en polyculture-élevage et ceux en non-aligné dans les micro-fermes familiales avec un atelier de transformation. Les systèmes en double-ligne ne sont pas liés à un type de ferme mais à la présence d'une personne responsable des arbres. Enfin, concernant les systèmes en mono-ligne, tous les types de ferme les mettent en place, avec des performances et un niveau de biodiversité cultivée contrastés.

Aussi, il a été retrouvé au sein d'une ferme, la présence de vignes et de kiwis dans les serres maraîchères (**Annexe 20**). Ces plantes pérennes ont été ajoutées dans les serres pour répondre à des objectifs de biodiversité, de création de richesses, de microclimat (ombrage et humidité) et de paysage (esthétique) : « ...j'ai voulu ramener du ligneux dans mes serres pour créer un système agroforestier dans un espace clos... ». Cette spécificité peut être considérée comme un SdC MAF supplémentaire.

5.2.2 Évolution des trajectoires des systèmes de culture maraîchers agroforestiers : facteurs d'adaptation et nouvelles dynamiques

Cette étude a permis de montrer 4 grandes trajectoires des SdC MAF (**Figure 24**). Ces trajectoires ont aussi été montrées dans d'autres travaux (Guessous, 2021 ; Paut, 2021) et schématisées en annexe (**Annexe 21**). Dans ces travaux, la trajectoire 4, à savoir l'association temporaire entre les arbres et les cultures maraîchères en faveur des arbres, a été dessinée comme présente uniquement au sein de jeunes vergers. Néanmoins, notre étude approfondie des trajectoires a également mis en évidence une diminution de l'activité maraîchère au sein de vergers adultes productifs (**Figure 25**) et de plantations d'arbres non destinées à la création d'un verger sur le long terme (**Figures 26, 28 et 29**). Dans le livre « une agriculture sans agriculteurs », les chercheurs expliquent qu'en fonction de leur âge, les agris tendent à délaisser le maraîchage pour l'arboriculture, en raison de facteurs liés à l'évolution de leur situation physique, économique et sociale (Hervieu & Purseigle, 2022). Les raisons évoquées sont aussi d'ordre organisationnelles et environnementales (**Tableau 5**). Ce changement est également motivé par des préoccupations de santé et de durabilité dans l'exercice de l'activité agricole, permettant aux agris de rester actifs tout en adaptant leurs pratiques. La diminution du maraîchage entraîne l'émergence de nouvelle(s) activité(s) dans les fermes étudiées (atelier de transformation, diversification des espèces pérennes, réalisation de formations, création d'une pépinière), afin de compenser le manque à gagner provoqué par la baisse, voire l'arrêt, de l'activité maraîchère.

5.2.3 Les références technico-économiques de ces systèmes sont en cours de construction

La comparaison, avec d'autres travaux, des performances technico-économiques des SdC MAF, présentées dans cette étude, est complexe. Des références sur les systèmes diversifiés commencent à émerger, en particulier sur le maraîchage diversifié (Deschamp et al., 2021 ; ITAB, 2023). Néanmoins, ces références sont construites à l'échelle individuelle des fermes et non des parcelles. Les indicateurs économiques utilisés dans ces travaux sont des indicateurs comptables : le chiffre d'affaires, l'excédent brut d'exploitation et le revenu agricole. Les indicateurs retenus dans notre étude sont eux calculés à l'échelle parcellaire : VAB/ha et VAB/jW. Ils ne sont donc pas comparables avec les références existantes en maraîchage diversifié, citées précédemment.

Toutefois, lors de son stage de fin d'études, Marina Guessous a calculé les performances de l'atelier MAF à partir de l'analyse comptable des fermes. Elle a montré que les micro-fermes sont celles qui présentent la productivité à l'hectare (VAB/ha) la plus élevée et la productivité du travail (VAB/UTH) la plus faible (Guessous, 2021). Notre étude confirme que les micro-fermes présentent la productivité du travail (VAB/jW) la plus faible (**Figure 31**) mais présentent une productivité à l'hectare plus contrastée (**Figure 30**).

Il est aussi intéressant de comparer les performances technico-économiques des SdC MAF à leurs homologues en cultures pures. Des références en maraîchage et en arboriculture fruitière conduites en agriculture biologique sont disponibles en région PACA (Roblin, 2018 ; Roblin, 2019). Ces données ont permis de calculer les VAB/ha pour ces productions en cultures pures, qui sont de 72 000 €/ha en moyenne en maraîchage et de 38 500 €/ha en moyenne en arboriculture (**Annexe 22**). Les SdC MAF de notre étude présentent tous une productivité à l'hectare inférieure à celle des cultures en maraîchage pur. Cela est cohérent, car la présence des arbres réduit la productivité du maraîchage (moins de surface cultivée de par l'association avec les arbres), qui est plus productive que l'arboriculture à surface égale. Seuls 2 SdC

MAF étudiés présentent une VAB/ha supérieure à celle des cultures en arboriculture pure. Néanmoins, cette comparaison ne prend pas en compte les coûts des salaires et des amortissements des systèmes, qui sont bien plus élevés dans les systèmes en cultures pures que dans les systèmes MAF. Ainsi, l'étude des performances à l'échelle de la ferme semble être indissociable de l'analyse à l'échelle de la parcelle pour ces systèmes aux ateliers imbriqués. Les fermes étudiées s'inscrivent dans une logique de revenu global plutôt que dans une logique de résultat par atelier (ou système de culture).

5.2.4 Les systèmes maraîchers agroforestiers sont prometteurs, mais un équilibre entre le niveau de biodiversité cultivée, les ressources et objectifs des fermes est à trouver

Les références technico-économiques de ces systèmes sont difficiles à établir, car ils sont encore en cours d'évolution, avec la construction de nouveaux systèmes. La mise en place d'un SdC MAF doit être adapté en fonction de la ferme (taille, productions et ateliers existants, ressources disponibles) et des objectifs et compétences des agris à gérer ces deux ateliers sur une même parcelle (arboriculture et maraîchage). Ainsi, les 4 tendances qui émergent, concernant la bonne valorisation socio-économique du travail en lien avec la biodiversité cultivée et les caractéristiques propres des fermes, sont :

1 - Un système qui associe plusieurs lignes d'arbres (« blocs ») entre les zones maraîchères avec une personne responsable des arbres sur la ferme. Les arbres sont présents dans un objectif économique et productif, sont taillés, irrigués et/ou traités. Ces systèmes sont à développer à grande échelle, où la main d'œuvre sur la ferme est nombreuse avec une personne ayant des compétences en arboriculture. Le fait de laisser un espace entre les arbres sans culture maraîchère, permet de maintenir un accès plus facile aux arbres pour leur entretien et de faciliter les récoltes, voire d'y faire pâturer des animaux ponctuellement (Warlop et al., 2017). Dans notre étude, ces systèmes présentent les meilleures performances technico-économiques (**Figures 30 et 31**). Un système, qui alterne des lignes simples d'arbres entre les zones maraîchères, pourrait être également performant si une personne est responsable de l'atelier arboricole au sein de la ferme.

2 - Un système qui associe des lignes simples d'arbres champêtres entre les zones maraîchères. Les arbres sont présents pour apporter des services écologiques et/ou esthétiques. Les espèces d'arbres peuvent être très diversifiées et constituées des haies qui présentent un niveau de biodiversité intéressant (**Tableau 7**) ou peuvent être plus restreintes et choisies pour une valorisation en bois d'œuvre avec un retour économique après quelques dizaines d'années. Les noyers hybrides présents dans un des SdC MAF sont valorisés au bout de 25 ans. Ces systèmes sont adaptés à tout type de fermes, l'entretien des arbres n'entre pas en concurrence avec les pics de travail de l'activité maraîchère mais nécessite tout de même une formation pour la taille.

3 - Un système qui associe des lignes simples d'arbres fruitiers avec peu d'espèces et dont les récoltes sont décalées des pics de travail de l'activité maraîchère. Les espèces en question sont adaptées au climat méditerranéen (oliviers, amandiers, pistachiers, grenadiers ...) et nécessitent moins d'entretien que les principales espèces présentes aujourd'hui dans les SdC MAF (pommiers, poiriers, pêcheurs, abricotiers ...) (**cf dossier annexe**). Néanmoins, pour valoriser la production de ces espèces, il est nécessaire d'avoir des grands volumes (donc d'avoir une grande surface cultivée) et d'explorer de nouveaux débouchés. En effet, ces espèces sont difficiles à commercialiser en frais et en circuits courts. Ces systèmes ne semblent pas adaptés aux micro-fermes et leurs performances technico-économiques restent à capitaliser.

4 - Un système qui associe plusieurs espèces d'arbres et plusieurs strates de végétation, dans une organisation linéaire ou non. Les arbres au sein de ces systèmes sont présents pour des objectifs à la fois économiques, écologiques et esthétiques. La présence d'une densité importante d'espèces pérennes et notamment d'une strate arbustive permet de limiter le désherbage et d'augmenter la production sur une même surface. Ces systèmes sont intéressants pour les micro-fermes familiales qui présentent un atelier de transformation afin de créer de la valeur ajoutée à la production agricole (**Tableau 6**).

Enfin, les fiches fermes réalisées au sein de ce stage (**cf dossier annexe**), et celles réalisées lors des projets CASDAR SMART et SAM, permettent de tirer 5 grands **conseils** pour éviter les erreurs de conception et d'augmenter les performances technico-économiques de ces systèmes :

- 1 - Prendre le temps de bien penser son projet**, planter ses arbres et augmenter sa surface maraîchère cultivée progressivement ;
- 2 - Se former à la taille des arbres** et avoir une personne responsable de l'atelier arboricole (si arbres fruitiers plantés) sur la ferme ;
- 3 - Entretenir ses arbres les premières années** sans sous-estimer le temps de travail et le budget à leur consacrer avant leur entrée en production ;
- 4 - Prendre le temps de bien choisir ses espèces d'arbres** en fonction de leur adaptation aux conditions pédoclimatiques de sa parcelle mais également de ses compétences, de ses débouchés, de la vente des fruits en frais ou en produit transformés ;
- 5 - Penser à l'ergonomie dans la conception de son système** : bien réfléchir à ses accès (personnes et véhicules), homogénéiser ses planches maraîchères pour faciliter les rotations, regrouper les espèces d'arbres avec la même maturité de récoltes ...

5.3 Limites et perspectives de l'étude

La construction d'une typologie argumentée pour répertorier la diversité des systèmes maraîchers agroforestiers est un apprentissage riche. Il est toutefois difficile de simplifier une réalité complexe en la réduisant à des catégories fixes. Bien qu'une typologie ne puisse pas saisir toute la complexité d'une situation, elle doit être adaptée en fonction des critères les plus pertinents pour répondre aux questions de recherche. Une alternative aurait été de construire une typologie via une Analyse de Composantes Multiples (ACM), à partir des mêmes variables. Néanmoins, au vu de l'échantillon restreint et du nombre important de variables étudiées, cela n'aurait pas été statistiquement fiable. Toutefois, il aurait pu être intéressant de réaliser des tests statistiques pour mesurer le degré de significativité entre certaines variables au niveau des 20 fermes et 28 SdC MAF enquêtés (ex : indice de biodiversité cultivée et SAU cultivée en MAF).

En ce qui concerne l'analyse des performances technico-économiques des SdC MAF, il est essentiel de les replacer dans le contexte global des fermes. Ces performances constituent une base de travail et de réflexion pour mieux comprendre le fonctionnement de ces systèmes. En raison des spécificités relevées au sein de cette étude et de la diversité des systèmes MAF étudiés, ces résultats ne peuvent pas servir à conseiller des porteurs de projet de manière généralisée (Léger et al., 2019b). Néanmoins, ces références peuvent servir à orienter les choix des porteurs de projet afin d'adapter au mieux leur projet en fonction de leur(s) objectif(s). Plusieurs biais dans la comparaison des performances peuvent être mis en évidence. Dans un premier temps, les arbres n'ont pas tous le même âge, étant âgés entre 5 et 16 ans en fonction des situations et donc les rendements ne sont pas les mêmes. Dans un deuxième temps, les données sur

les rendements ont été collectées sur une seule année (2023) et ne tiennent donc pas compte de la variabilité interannuelle des rendements, pouvant être affectés par le climat et les effets d'alternance propres aux espèces fruitières (Beattie & Folley, 1977). Certaines estimations des charges et des rendements ont été difficiles à réaliser, notamment en raison de pratiques telles que le troc ou l'autocueillette réalisés dans certaines fermes. Les performances ont été calculées sans intégrer les coûts de plantation des arbres, de l'amortissement du matériel ou des salaires pour les fermes employant de la main d'œuvre. Étant donné que la part de la SAU cultivée en MAF est très variable d'une ferme à l'autre (**Figure 11**), il aurait fallu changer d'échelle d'analyse (échelle de la ferme) pour prendre en compte ces paramètres, ce qui dévie des objectifs de recherche. Les entretiens s'étant déroulés en période de forte activité agricole pour les agris, il aurait été préférable de mener ce type d'étude en début d'année (janvier-février). Cela aurait permis une plus grande disponibilité des agris, et les informations concernant la saison écoulée, notamment sur le temps de travail et les quantités récoltées, auraient été plus précises. C'est aussi le moment de l'année où les agris s'occupent de la partie administrative dont la comptabilité ; les informations auraient alors été plus accessibles. La fiabilité des résultats peut être remise en cause en raison de la méthode déclarative des enquêtes utilisée pour la récolte des données (Dedieu et al., 1999), les agris ayant dû faire appel à leur mémoire pour estimer leur temps de travail passé sur chaque tâche.

Certaines fermes ayant participé aux études précédentes sur les systèmes MAF ont arrêté l'association entre les arbres et le maraîchage. Afin d'enrichir la compréhension des systèmes MAF, il serait pertinent de les enquêter de nouveau pour mieux cerner la(les) raison(s) de cet abandon. Il faut garder à l'esprit que ces systèmes restent encore jeunes, sont très diversifiés et évoluent rapidement, ce qui complique leur suivi. Ce qui est ressorti des échanges avec les agris, c'est le manque d'appui technique et de conseil concernant les bons choix à faire dans les espèces et variétés d'arbres à associer : « *...j'aimerais qu'on me dise quelles sont les espèces fruitières qu'il faut arrêter de planter car trop sensibles à notre climat...* » ; « *... la SCOP AGROOF l'a montré, il y a des variétés maraîchères qui apprécient plus ou moins l'ombre [...] je crois en la sélection variétale pour adapter les variétés aux conditions d'ombrage des systèmes agroforestiers...* ». Pourtant, le guide « Associer légumes et arbres fruitiers en agroforesterie », réalisé dans le cadre du projet CASDAR SMART (Dedieu & Serviere, 1999), fournit des informations concernant certaines espèces fruitières : choix du porte-greffe et des variétés. « Deciduous », un outil d'aide au choix des fruitiers en agroforesterie, vient d'être développé pour accompagner les porteurs de projet dans le choix du matériel végétal, afin qu'il soit adapté aux terrains et aux contraintes des agris (Warlop et al., 2024). Actuellement, six espèces fruitières y sont répertoriées. Un autre outil d'aide à la décision, « Horticultural intercropping & agroforestry design tool », compilant la littérature scientifique et grise sur les « bonnes » et « mauvaises » associations entre une espèce fruitière et une espèce maraîchère a également été développé (Paut et al., 2023). Ces deux outils facilitent donc la conception des projets en MAF dans le choix des espèces à associer et permettent donc aujourd'hui de mieux répondre aux agriculteurs. Cependant, face au dérèglement climatique, les recherches en ce sens doivent se poursuivre, notamment concernant la recherche sur la sélection des espèces et variétés maraîchères les plus adaptées aux conditions d'ombrage spécifiques aux systèmes agroforestiers, en vue d'améliorer les performances de ces systèmes.

CONCLUSION

Cette étude, menée dans le cadre du projet ALMANAC, a permis de mieux comprendre et de documenter la diversité des systèmes MAF présents dans le Sud-Est de la France par la création de références. Elle a permis de valider des connaissances existantes et d'aller plus loin quant à la compréhension des dynamiques de ces systèmes. Les agriculteurs et agricultrices, qui mettent en place cette association entre les arbres et les cultures maraîchères au sein de leur ferme, sont majoritairement non issus du milieu agricole. Ils partagent le même objectif, celui de ramener de la biodiversité au sein de leur parcelle, afin de limiter l'utilisation d'intrants et de favoriser les processus écologiques par l'augmentation de la biodiversité cultivée. Le maraîchage agroforestier est retrouvé dans une diversité de fermes qui se distinguent par leurs statuts, leurs capacités de production et leurs ateliers.

Les systèmes MAF présentent une grande diversité de structures (agencement spatial des espèces et biodiversité cultivée) et de modes de conduite. C'est l'arbre qui est l'élément structurant dans ces systèmes. Bien qu'une typologie de ces systèmes ait été établie, il ressort que chaque système MAF est unique. L'historique de la parcelle peut avoir un impact sur la conception du système en fonction de la présence ou non d'une activité agricole précédente. Les structures et les modes de conduite dans ces systèmes dépendent principalement des objectifs des agris vis-à-vis des services attendus par l'arbre. La conception des SdC MAF est influencée par les choix individuels des agris, à savoir les formations suivies ou non avant l'installation, mais aussi par leur profil et leur volonté propre à se documenter. L'évolution des SdC MAF, quant à elle, est influencée par les formations suivies et les contraintes économiques, organisationnelles et sociales auxquelles les agris sont confrontés. Les performances technico-économiques des SdC MAF, sont principalement liées aux performances de l'activité maraîchère et des ressources disponibles sur la ferme, donc au type de ferme dans laquelle elles sont retrouvées.

Cette étude a mis en évidence que les systèmes MAF où l'agencement des arbres est en double-ligne entre les zones maraîchères, sont stables dans le temps, présentent de bonnes performances technico-économiques et un niveau de biodiversité cultivée élevé ; ils sont donc prometteurs. Les systèmes MAF, où l'agencement des arbres est en mono-ligne avec une grande diversité d'espèces, présentent de nombreux changements au cours du temps. Les agris doivent sans cesse s'adapter à la présence et à la croissance des arbres et négligent le plus souvent ces derniers en faveur de l'activité maraîchère. Au sein de ces systèmes, un équilibre entre la biodiversité cultivée et la valorisation socio-économique reste à trouver, notamment au travers du choix d'espèces arborées. Les systèmes très diversifiés et multi-stratifiés trouvés au sein des micro-fermes avec un atelier de transformation sont également prometteurs mais nécessitent beaucoup de travail. Il est nécessaire de continuer ce travail avec un panel de fermes plus important, quitte à changer de zone géographique, pour confirmer ces tendances ou observer de nouvelles dynamiques. Les systèmes MAF sont actuellement peu nombreux, présentent une grande diversité, évoluent vite, ce qui rend difficile l'établissement de références généralisables.

Enfin, cette étude ne se limite pas à la simple acquisition de références sur les systèmes MAF, mais contribue également à d'autres objectifs du projet ALMANAC. Les données collectées, synthétisées dans 20 fiches fermes, vont permettre d'alimenter un groupe d'échanges sur la plateforme Landfiles, entre agris installés, porteurs de projet et chercheurs. En synthétisant et en partageant les retours d'expériences sur les systèmes MAF, ce travail a produit des connaissances, qui vont permettre également d'amener, via les échanges, de nouvelles questions de recherche. Par mon implication, j'ai fait le lien entre les agris et les partenaires du projet, contribuant ainsi à l'animation de ce groupe d'échanges en cours de création.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAF. (2021). Rapport d'activité 2018-2020 : Gestion de l'eau et des sols par le développement de la couverture végétale et de l'agroforesterie en Drôme et en Ardèche méridionale (p. 58)
- ADAF. (2024). L'Association de Développement de l'Agroécologie et de l'agroForesterie.
<https://www.adaf26.org/lassociation/>
- AFAF. (2024). Agroforesterie—Association Française.
<https://www.agroforesterie.fr/agroforesterie-definition/>
- Agforward. (2017). Projet européen AGFORWARD (AGroFOREstry that Will Advance Rural Development).
<https://www.agforward.eu/>
- Agreste. (2022a). La statistique, l'évaluation et la prospective agricole : Auvergne-Rhône-Alpes (p. 40)
- Agreste. (2022b). Recensement agricole 2020—Viticulture et arboriculture sont les principales productions du département. *Études Gard*, 17, 6
- Agreste. (2023). La statistique, l'évaluation et la prospective agricole : Provence-Alpes-Côte d'Azur (p. 44)
<https://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/le-memento-statistique-2023-est-paru-a3883.html>
- AGROOF. (2021). Arbratatouille, projet de recherche en agroforesterie maraîchère.
<https://arbratatouille.projet-agroforesterie.net/index.html>
- Altieri, M. A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(1), 35-42
- Altieri, M., & Farrell, J. (1984). Traditional farming systems of south-central Chile, with special emphasis on agroforestry. *Agroforestry Systems*, 2(1), 3-18. <https://doi.org/10.1007/BF02345352>
- Asselineau, É., & Domenech, G. (2007). De l'arbre au sol, les bois raméaux fragmentés. Édition Rouergue (p. 190)
- Aubry, C., Bressoud, F., & Petit, C. (2011). Les circuits courts en agriculture revisitent-ils l'organisation du travail dans l'exploitation ? Le travail en agriculture : son organisation et ses valeurs face à l'innovation. *L'Harmattan*, 19-35
- Auclair, D., & Cailliez, F. (1994). Les besoins de recherche en agroforesterie. *Revue forestière française*, 46, 141-151. <https://doi.org/10.4267/2042/26610>
- Beattie, B. B., & Folley, R. R. W. (1977). Production variability in apple crops. *Scientia Horticulturae*, 6(4), 271-279. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(77\)90084-X](https://doi.org/10.1016/0304-4238(77)90084-X)
- Boury-Esnault, A. (2018). L'organisation du travail dans un système diversifié : Cas des vergers-maraîchers (p. 96). Mémoire de fin d'études. ISARA Lyon
- Castel, L., Gaspari, C., Warlop, F., Fourrié, L., Montrognon, Y., Ronzon, J., Labeyrie, B., Ray, T., Cadet, D., Arlaud, C., Paut, R., Tchamitchian, M., Bouvier, J.-C., Jammes, D., Filleron, E., Sieffert, A., & Fanguede, A. (2019). Concevoir et expérimenter des vergers agroforestiers en Agriculture Biologique (VERTiCAL). *Innovations Agronomiques*, 76, 273-289
- Chizallet, M., Barcellini, F., Prost, L., & Cerf, M. (2016). Entrer dans l'intervention capacitante en conduite du changement par la construction d'une chronique du changement. 51e congrès de la SELF. *Ergonomie(S), Ergonome(S) Quelles évolutions à la croisée d'une discipline et d'un métier ?*, 8. <https://hal.science/hal-01783987>
- CIVAM. (2022). Projet « Systèmes Agroforestiers Méditerranéens » PACA : 3 ans pour faire avancer la pratique. *Agricultures Durables en Méditerranée*
<https://ad-mediterranee.org/PEI-Agroforesteries-PACA-3-ans>
- CIVAM PACA, & GRAB. (2012). Quels apports de l'agroforesterie pour l'arboriculture fruitière et le maraîchage ? Concevoir des fermes diversifiées, allier productivité et rusticité

- climate-data.org. (2024). Les données climatiques pour les villes du monde entier. Consulté 9 avril 2024, à l'adresse <https://fr.climate-data.org/>
- Cochet, H., & Devienne, S. (2006). Fonctionnement et performances économiques des systèmes de production agricole : Une démarche à l'échelle régionale. *Cahiers Agricultures*, 15(6), 506-513. <https://doi.org/10.1684/agr.2006.0028>
- Coulon, F., Dupraz, C., Liagre, F., & Pointereau, P. (2000). Étude des pratiques agroforestières associant des arbres fruitiers de haute tige à des cultures ou des pâtures (p. 252). Rapport de fin de contrat]. Association Solagro
- Dedieu, B., Laurent, C., & Mundler, P. (1999). Organisation du travail dans les systèmes d'activités complexes. *Économie rurale*, 253, 28-35. <https://doi.org/10.3406/ecoru.1999.5111>
- Dedieu, B., & Serviere, G. (1999). Caractériser et évaluer l'organisation du travail en élevage : La méthode « "Bilan Travail" ». *FaçSADe*, 1, 1-4
- Deschamp, N., Merceron, N., Piron, C., Hureaux, M., Gadisseux, G., & Alfieri, S. (2021). Données technico-économiques en maraîchage biologique (p. 28)
- Dubois, J.-J. (2016). L'évolution des systèmes agroforestiers en France. Leur rôle en agroécologie. *Pollution Atmosphérique*, 177-190
- Dufumier, M. (1996). Les projets de développement agricole—Manuel d'expertise. Édition Karthala (p.360)
- Dupraz, C., & Capillon, A. (2006). L'agroforesterie : Une voie de diversification écologique de l'agriculture européenne ? *Économie et Stratégies Agricoles*, 11
- Dupraz, C., & Liagre, F. (2008). Agroforesterie : Des arbres et des cultures. Édition France Agricole (p. 414)
- Duru, M., Justes, E., Sarthou, J.-P., Therond, O., Deconchat, M., Andrieu, E., Vigan, M., Dupraz, C., Gary, C., Gosme, M., Meziere, D., Viaud, V., Mérot, P., Emile, J. C., & Novak, S. (2014). L'agroforesterie à l'Inra : Des recherches ancrées dans l'agroécologie, aux cœurs d'enjeux sociétaux. 8 p. <https://hal.science/hal-01209210>
- Ecophytopic. (2019). Le Projet VERTiCAL. <https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-vertical>
- El Dahr, H. (2011). L'agriculture : Une voie vers l'intégration régionale en Méditerranée ? Centre d'études et de prospectives, 34, 8
- Ferrario, V. (2012). Aratorio arborato vitato. Il paesaggio agrario della coltura promiscua tra fonti catastali e fonti cartografiche. L'agro centuriato a nord-est di Padova dall'Antichità all'Ottocento, 361-386
- Gaillard, C., & Sourisseau, J.-M. (2009). Système de culture, système d'activité(s) et rural livelihood : Enseignements issus d'une étude sur l'agriculture kanak (Nouvelle-Calédonie). *Journal de la société des océanistes*, 129, 279-294. <https://doi.org/10.4000/jso.5889>
- Gasselin, P., Choisis, J.-P., Petit, S., Purseigle, F., & Zasser, S. (2015). L'agriculture en famille : Travailler, réinventer, transmettre. EDP sciences
- Gliessman, S. R. (1990). Integrating Trees into Agriculture : The Home Garden Agroecosystem as an Example of Agroforestry in the Tropics. *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*, 160-168. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0_11
- GRAB. (2018). Projet Vertical. Grab. <https://www.grab.fr/projet-vertical/>
- GRAB. (2020). Projet Empusa. Grab. <https://www.grab.fr/projet-empusa/>
- GRAB, ADAF, AGROOF, CIVAM PACA, UMR SENS, & Institut Agro Montpellier. (2022a). ALMANAC (Accompagner le Maraîchage Agroforestier par une Approche Collaborative)—Projet « émergence » (p. 14). Rapport d'activités
- GRAB, ADAF, AGROOF, CIVAM PACA, UMR SENS, Institut Agro Montpellier, Inrae, & Landfiles. (2022b). Projet ALMANAC - Dossier scientifique et technique (p. 12). Dossier scientifique et technique.

- Guessous, M. (2021). Viabilité des fermes paysannes en verger-maraîcher : Une étude inductive combinant méthodes qualitatives et analyse technicoéconomique (p. 149). Mémoire de fin d'études. ISARA et University Wopke Van der Werf
- Guitton, J.-L., Dupraz, C., Auclair, D., & de Montard, F.-X. (1994). Quel projet agroforestier pour l'Europe tempérée ? *Revue forestière française*, 46(S), 179-188. <https://doi.org/10.4267/2042/26613>
- Guyomard, H., Huyghe, C., Peyraud, J.-L., Boiffin, J., Coudurier, B., Jeuland, F., & Urruty, N. (2013). Vers des agricultures à hautes performances. Volume 2 : conception et évaluation de systèmes innovants en agriculture conventionnelle, 238
- Hervieu, B., & Purseigle, F. (2022). Une agriculture sans agriculteurs. Édition Presses de Sciences Po (p.224)
- Herzog, F. (1998). Streuobst : A traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforestry Systems*, 42(1), 61-80. <https://doi.org/10.1023/A:1006152127824>
- Hilal, M., & Joly, D. (2019). Les types de climats en France, une construction spatiale. *Recherche Data Gouv.* <https://doi.org/10.15454/98BHVH>
- Isaac, M. E., Erickson, B. H., Quashie-Sam, S. J., & Timmer, V. R. (2007). Transfer of Knowledge on Agroforestry Management Practices : The Structure of Farmer Advice Networks. *Ecology and Society*, 12(2), 32. <https://doi.org/10.5751/ES-02196-120232>
- ITAB. (2023). Synthèse technico-économique de microfermes maraîchères biologiques (p. 70). <https://wiki.itab-lab.fr/espacemaraichage/?MMBio-Repere>
- ITAB, GRAB, & Bio de Provence. (2012). Journée technico-économique maraîchage. *Journées Techniques Légumes & Cultures pérennes Biologiques*, 40
- Jeannequin, B., Dosba, F., Plénet, D., Pitrat, M., & Chauvin, J.-E. (2011). Vers des cultures fruitières et légumières à hautes performances environnementales. *Innovations Agronomiques*, 12, 73-85. <https://doi.org/10.17180/M6DA-ZY06>
- Jose, S., Gillespie, A. R., & Pallardy, S. G. (2004). Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems*, 61-62(1-3), 237-255. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029002.85273.9b>
- Khatun, M. A., Wadud, M. A., Yasmin, R., Sayed, M. K. I., Hasan, M. K., & Rahman, G. M. M. (2009). Agroforestry practices with three winter vegetables during the early establishment period of *Citrus* (*Swintonia floribunda*) plantation. *Journal of Agroforestry and Environment*, 3(1), 1-4
- Labant, P. (2009). Principes d'aménagement et de gestion des systèmes agroforestiers—Replacer l'arbre champêtre au coeur des objectifs agro-économiques, environnementaux et paysagers, des exploitations agricoles (p. 40). Guide Technique PAGESA. AFAHC (Association Française Arbres et Haies Champêtres)
- Léger, F. L., Morel, K., Bellec-Gauche, A., & Warlop, F. (2018). Agroforestry market gardening : A strategic choice to improve sustainability in agroecological transition? *International Journal of Agricultural Extension*, 43-52
- Léger, F., Morel, K., Bellec-Gauche, A., & Warlop, F. (2019). Agroforesterie maraîchère : Un choix stratégique pour garantir une durabilité en transition agroécologique ? Expériences issues du projet SMART. *Innovations Agronomiques*, 71, 259-273. <https://doi.org/10.15454/EK0390>
- Liagre, F., Santi, F., & Vert, J. (2012). L'agroforesterie en France : Intérêts et enjeux. *Centre d'études et de perspectives*, 37, 4
- Lombard, L. (2019). Analyses technico-économiques des systèmes agroforestiers maraîchers (p. 93). Mémoire de fin d'études. ISARA Lyon

- Madelrieux, S., Dedieu, B., & Dobremez, L. (2006). ATELAGE : Un modèle pour qualifier l'organisation du travail dans les exploitations d'élevage. *INRAE Productions Animales*, 19(1), 47-58. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2006.19.1.3480>
- Malézieux, E. (2012). Designing cropping systems from nature. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 15-29. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0027-z>
- Mawois, M., Vidal, A., Revoyron, E., Casagrande, M., Jeuffroy, M.-H., & Le Bail, M. (2019). Transition to legume-based farming systems requires stable outlets, learning, and peer-networking. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(1), 14. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0559-1>
- Mazoyer, M., & Roudart, L. (1997). Pourquoi une théorie des systèmes agraires ? *Cahiers Agricultures*, 6, 591-595
- Météo France. (2024). Les vents régionaux. <https://meteofrance.fr/>
- Meynard, J. M., Messéan, M., Charlier, A., Charrier, F., Farès, M., Le Bail, M., & Magrini, M. B. (2013). Freins et leviers à la diversification des cultures (p. 226). Rapport d'étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. INRA
- Milleville, P. (1972). Approche agronomique de la notion de parcelle en milieu traditionnel africain : La parcelle d'arachide en moyenne Casamance. *Cahiers ORSTOM*, 17, 23-37
- Morel, K. (2016). Viabilité des microfermes maraîchères biologiques : Une étude inductive combinant méthodes qualitatives et modélisation (p. 353 p.). Thèse. Université Paris Saclay (COMUE). <https://hal.science/tel-02801554>
- Morel, K. (2018). Installation collective néo-paysanne : Ensemble vers d'autres modèles. *Pour*, 234235(2), 153-161. <https://doi.org/10.3917/pour.234.0153>
- Morel, K., & Léger, F. (2016). A Conceptual Framework for Alternative Farmers' Strategic Choices : The Case of French Organic Market Gardening Microfarms. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1140695>
- Nair, P. K. R. (1991). State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 45(1), 5-29. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90203-8](https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90203-8)
- Nair, P. K. R. (2001). Do tropical homegardens elude science, or is it the other way around ? *Agroforestry Systems*, 53(2), 239-245. <https://doi.org/10.1023/A:1013388806993>
- Nair, P. K. R., & Garrity, D. (2012). An introduction to agroforestry (Springer)
- Navarrete, M., Bellon, S., Geniaux, G., Lamine, C., Penvern, S., Sauterau, N., & Tchamitchian, M. (2012). L'écologisation des pratiques en arboriculture et maraîchage. Enjeux et perspectives de recherches. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 62(57-70), 20
- Oberlis, E., Brochard, F., & Guerrere, V. (2013). Usages de l'arbre et de la biomasse en agroforesterie (p. 74). Rapport projet Agrofor-Bio 1 Guyane
- Papanastasis, V. P., Mantzanas, K., Dini-Papanastasi, O., & Ispikoudis, I. (2009). Traditional agroforestry systems and their evolution in Greece. *Agroforestry in Europe*, 6, 89-109. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6_5
- Paul, J.-L., Antoine, B., Alex, B., Eliane, G., & Antoine, F. (1994). Quel système de référence pour la prise en compte de la rationalité de l'agriculteur : Du système de production agricole au système d'activité. *Les cahiers de la Recherche Développement*, 39(7-19)
- Paut, R. (2021). Analyse des compromis entre diversité cultivée et complexité de gestion à travers le cas d'étude du verger-maraîcher : Une approche combinant modélisation et méthodes qualitatives. Thèse. École Doctorale 536 Agrosociétés & Sciences
- Paut, R., Garreau, L., Guillaume, O., Sabatier, R., & Tchamitchian, M. (2023). Horticultural intercropping & agroforestry design support tool. *Recherche Data Gouv*. <https://doi.org/10.57745/HV33V1>
- Penot, É. (2007). Processus d'innovation sur longue période : Savoirs et histoire. *Ruralia*, 21, 17-42

- Pilling, D., & Bélanger, J. (2019). The state of the world's biodiversity for food and agriculture. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture
- Rao, B. R. R., Singh, K., Kaul, P., & Bhattacharya, A. K. (2000). Productivity and profitability of sequential cropping of agricultural crops with aromatic crops and continuous cropping of aromatic crops. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22, 2014-2017
- Reboul, C. (1976). Mode de production et systèmes de culture et d'élevage. *Économie rurale*, 112(1), 55-65. <https://doi.org/10.3406/ecoru.1976.2413>
- Relier, J.-P., Martin-Clouaire, R., Cialdella, N., Jeuffroy, M.-H., & Jean-Marc, M. (2011). Modélisation de l'organisation du travail en système de grande culture : Méthode et application à l'évaluation ex ante d'innovations variétales de pois
- Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., & Mosquera-Losada, M. R. (2009). Agroforestry in Europe : Current status and future prospects (Hardcover)
- Roblin, C. (2018). Les Légumes et Produits Maraîchers en agriculture biologique Région Sud Provence Alpes Côte d'Azur (p. 29)
- Roblin, C. (2019). L'arboriculture Fruitière en agriculture biologique Région Sud Provence Alpes Côte d'Azur (p. 29)
- Rühl, J., Caruso, T., Giucastro, M., & La Mantia, T. (2011). Olive agroforestry systems in Sicily : Cultivated typologies and secondary succession processes after abandonment. *Plant Biosystems*, 145(1), 120-130. <https://doi.org/10.1080/11263504.2010.540383>
- Sebillotte, M., & Meynard, J.-M. (1990, novembre 7). Systemes de culture, systemes d'elevage et pollutions azotees. *Congres Nitrates-Agriculture-Eau*. <https://hal.inrae.fr/hal-02773989>
- Sieffert, A. (2013). Conception de systèmes « vergers-maraîchers » associant arbres fruitiers, légumes et arbres champêtres : Application au cas de la ferme agro-écologique pilote de la Durette (p. 140). Rapport de synthèse
- Smith, D. J. (2010). Agroforestry : Reconciling Production with Protection of the Environment—A Synopsis of Research Literature
- Soltner, D. (2016). Agroécologie : Guide de la nouvelle agriculture (2e édition)
- Srithi, K., Trisonthi, C., Wangpakapattanawong, P., Srisanga, P., & Balslev, H. (2012). Diversity in Hmong and Mien Homegardens in Northern Thailand. *Economic Botany*, 66(2), 192-206
- Tharel, S. (2019). Mise en place d'une méthode de suivi pour comprendre le fonctionnement et évaluer les performances des vergers-maraîchers (p. 74). Mémoire de fin d'études. Montpellier SupAgro.
- Torquebiau, E. (1992). Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 41(2), 189-207. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90109-O](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90109-O)
- Ver de Terre Production (Réalisateur). (2024). Verger maraîcher dans le Sud Ouest : Recréer un paysage productif, Ludovic Laffon-Placette. <https://www.youtube.com/watch?v=huerMyK-JUo>
- Warlop, F. (2016). SMART Project : Agroforestry systems using fruit trees and vegetables in France, 3
- Warlop, F. (2018). Agroforesterie maraîchère : Résultats du projet SMART
- Warlop, F., Corroyer, N., Denis, A., Conseil, M., Fourrié, L., Duha, G., Buchmann, C., Lafon, A., & Servan, G. (2017). Associer légumes et arbres fruitiers en agroforesterie : Principes, éléments techniques et points de vigilance pour concevoir et conduire sa parcelle. *Projet SMART*, 40
- Warlop, F., Paut, R., & Volant, A. (2024). Aide au choix des fruitiers en agroforesterie. https://paut-et-al.shinyapps.io/OAD_AF_Fruits/

TABLE DES ANNEXES

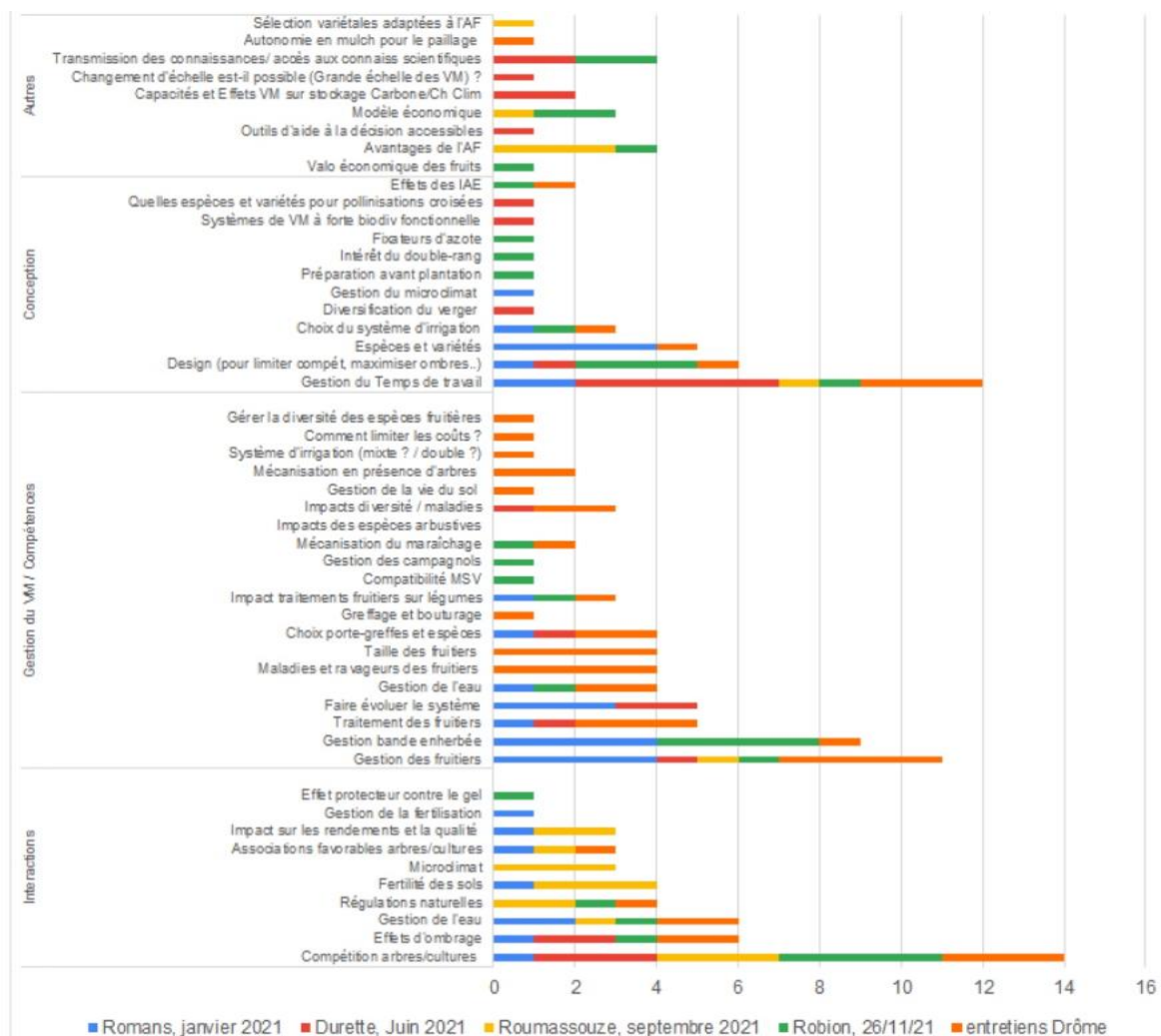
Annexe 1 : Localisation des 150 fermes maraîchères agroforestières recensées en France et des 40 fermes enquêtées pour la collecte de données de terrain par le projet SMART.	82
Annexe 2 : Diagramme faisant ressortir les principales attentes du projet ALMANAC	82
Annexe 3 : Carte des sols en région méditerranéenne.	83
Annexe 4 : Tâches élaborées selon la démarche construite et employée durant le stage.....	83
Annexe 5 : Guide d’entretien utilisé pour la première phase de terrain.	84
Annexe 6 : Guide d’entretien utilisé pour la deuxième phase de terrain.	87
Annexe 7 : Trajectoire d’introduction des légumineuses dans les exploitations agricoles.....	90
Annexe 8 : « Subtilités » des modes de calculs pour les performances technico-économiques des SdC MAF : application au cas par cas.	90
Annexe 9 : (a) Tableau récapitulatif des ressources disponibles (main d’œuvre, équipements, foncier ...) et des surfaces cultivées au sein des fermes enquêtées ; (b) Tableau récapitulatif des productions, des ateliers et des débouchés au sein des fermes enquêtée.....	91
Annexe 10 : Typologie des structures des SdC MAF.....	92
Annexe 11 : Typologie des modes de conduite des SdC MAF.	93
Annexe 12 : Photo de l’élagage des haies au sein du SdC MAF de F1.....	94
Annexe 13 : Tableau compilant les verbatims qui expliquent les raisons de la diminution du maraîchage au sein de 6 SdC MAF de fermes différentes.	94
Annexe 14 : Tableau récapitulatif des indicateurs et performances technico-économiques pour les 11 SdC MAF étudiés.	96
Annexe 15 : Tableau récapitulatif des performances technico-économiques des 11 SdC MAF étudiés avec le nombre moyen de cycles de cultures maraîchères par an, le niveau de mécanisation et la main d’œuvre agricole au sein des fermes.	96
Annexe 16 : Présentation de 4 calendriers de travail au sein des fermes en MAF	97
Annexe 17 : Tableau référençant l’indicateur de biodiversité sommée et l’indicateur de biodiversité incrémentée par type de SdC MAF étudiés.	99
Annexe 18 : Typologie de 4 fermes types en MAF réalisée selon 9 indicateurs.	99
Annexe 19 : Typologie de 3 fermes types en MAF réalisée selon leur surface totale cultivée, leur activité principale et la contribution du MAF au chiffre d’affaires.....	100
Annexe 20 : Photos de vignes dans une serre et de kiwis dans une pépinière au sein de F5.....	100
Annexe 21 : Typologie des trajectoires des systèmes MAF correspondant à différentes options de gestion du cycle productif de l’arbre	101
Annexe 22 : Performances technico-économiques du maraîchage et de l’arboriculture en cultures pures.	101

ANNEXES

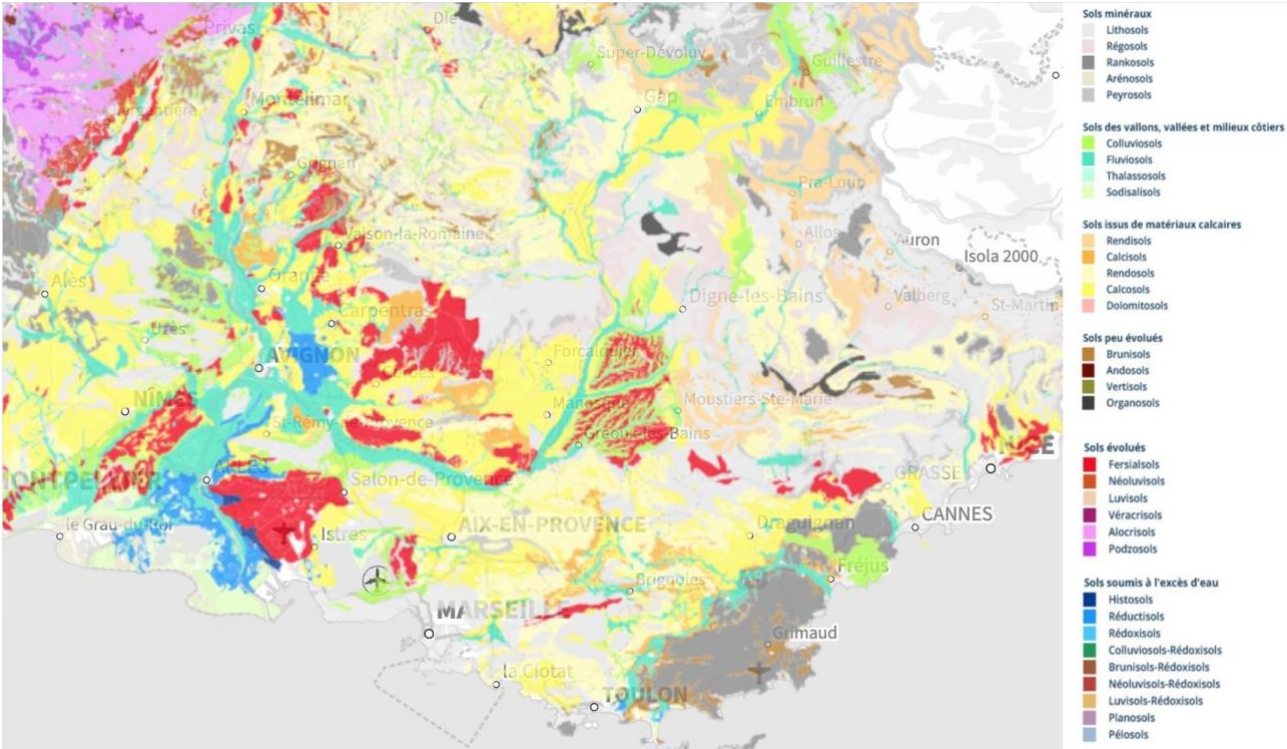
Annexe 1 : Localisation des 150 fermes maraîchères agroforestières recensées en France (a) et des 40 fermes enquêtées pour la collecte de données de terrain (b) par le projet SMART (Warlop, 2016).



Annexe 2 : Diagramme faisant ressortir les principales attentes du projet ALMANAC (GRAB et al., 2022a).



Annexe 3 : Carte des sols en région méditerranéenne (Géoportail, 2023).



Annexe 4 : Tâches élaborées selon la démarche construite et employée durant le stage.

Tâches	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Recherches Bibliographiques	Enregistrements, fiches fermes, rapports...		Fermes pilotes		Fermes pilotes	
Rédaction du projet de stage						
Réunions sur l'avancée du stage / points méthodologique						
Rédaction des guides d'entretien						
Prise de contact avec les agriculteurs + compléments d'informations						
1ère phase de terrain						
Retranscription des entretiens						
2e phase de terrain						
Rédaction des fiches retour						
Rédaction du mémoire						

- Cadrage du stage : biblio, méthodologie, échanges avec des personnes ressources
- Rédaction des Livrables
- Collecte des données (travail de terrain)

Annexe 5 : Guide d'entretien utilisé pour la première phase de terrain.

En bleu, des commentaires sur le type de réponses attendues, pour faciliter les relances si nécessaires.

Guide d'Entretien – Enquête 1 : (durée estimée : 1,5-2h)

« Recenser la trajectoire et caractériser les parcelles en MAF »

1. Trajectoire et caractérisation de l'agriculteur et de sa ferme

NB : si la ferme a déjà été enquêtée lors d'études antérieures, juste demander s'il y a eu des modifications depuis la dernière enquête et valider les informations déjà récoltées.

1.1. Profil de l'agriculteur

- Quelle est votre histoire professionnelle ? (formations, ancienneté dans l'agriculture, aides à la réflexion sur le projet, motivations pour devenir agriculteur ...)
- Quand vous êtes-vous installé ? (date)
- Quels étaient vos principaux objectifs et motivations à l'installation ? (aspirations)
- Quels étaient vos principaux objectifs dans la mise en place du MAF ? Y a-t-il eu une stratégie dans l'association arbres-maraîchage ?

1.2. Situation de départ

- Quelle était la structure de la ferme à l'installation ?
- Comment avez-vous eu accès à la terre et aux équipements (bâtiments, matériels agricole) ?
- Quels appuis techniques ou économiques avez-vous eu (pour l'installation, pour la mise en place du MAF...) ? Par quel(s) organisme(s) ou personne(s) ?

1.3. Trajectoire

- Quels sont les principaux changements depuis votre installation ? (événements et dates clés)

Sous questions :

- Quelles grandes étapes structurent la trajectoire ?
- Quels compromis avez-vous fait par rapport à vos objectifs de départ ?
- Quels éléments caractérisent chaque étape ? (évolutions dans vis-à-vis de la surface, main d'œuvre, équipements, productions, débouchés...)
- Quels ont été les facteurs de changement ?
- La structure de la ferme est-elle stabilisée ou encore en pleine évolution ?

1.4. Structure de la ferme aujourd'hui

- Quelle SAU et quelle proportion cultivée ? (si terres en fermage préciser)
- Quelle SAU pour quelle production ? (repérer l'organisation spatiale des productions de la ferme et attention particulière au MAF ; repérer s'il y a des ateliers interconnectés, ex : poules sous les arbres)
- Qui travaille sur la ferme et quand ? (distinguer les associés, salariés, saisonniers, stagiaires)
- Quels sont les équipements et bâtiments présents ? (équipements en propriété ou CUMA)
- Quelle ressource en eau ? (provenance, contrat, équipements)
- Quelles sont les principales productions et leurs débouchés ? (aussi s'intéresser au(x) label(s))
- Avez-vous des infrastructures agroécologiques ? (les citer et les quantifier ; ex : haie, arbre isolé, mare, bosquet, bande enherbée, ripisylve ...)

2. Le parcellaire et sa représentation spatio-temporelle

2.1. Pour la ferme

- Combien de parcelles avez-vous ?
- Où sont localisés chaque production ?
- Y a-t-il des interactions agriculture-élevage ? (si élevage)
- Y a-t-il des différences entre vos parcelles ? (conditions pédoclimatiques, pente, cailloux, type d'irrigation, accessibilité ...)

2.2. Focus sur les parcelles en MAF

- Quelle surface cultivée respective pour le maraîchage et pour l'arboriculture (et pour les arbres champêtres ou haies) ?
- Pourquoi avoir choisi d'installer le MAF sur cette(ces) parcelle(s) ?
- Le maraîchage rentre-t-il en rotation avec d'autres parcelles ? (que des parcelles en MAF ou aussi des parcelles 100% maraîchères)

Pour chaque parcelle en MAF : (aller sur chaque parcelle et faire un schéma)

- **Structure générale :**
 - Quelle est l'orientation de la parcelle ? (N-S ou E-O par rapport aux arbres)
 - Quelle est sa surface, ses dimensions ? (longueur, largeur)
 - Le système d'irrigation est-il le même pour le maraîchage et pour les arbres ou distinct ? (noter le type d'irrigation : GàG, aspersion, gravitaire et localiser sur la parcelle)
- **Maraîchage :**
 - Combien de planches de cultures consécutives entre deux lignes d'arbres ?
 - Espacement entre la ligne d'arbre et la première planche ? Dimensions des planches ?
 - Nombre d'espèces et de variétés ? (observer la diversité au sein des planches)
 - Quelle rotation ? (et quelles parcelles impliquées)
 - Nombre de cycle de cultures par an ?
 - L'organisation des planches de maraîchage est-elle gênante pour la réalisation d'autres interventions ? Lesquelles et dans quelles mesures ? Quelles stratégies mises en place pour résoudre les problèmes ?
 - L'organisation des planches de maraîchage facilite-t-elle la réalisation d'interventions ? Lesquelles et dans quelles mesures ?
- **Fruitiers :**
 - Quel âge ont vos fruitiers ? (noter si âges différents et si remplacement)
 - Quel écartement inter-rang et rang ?
 - Nombre de lignes d'arbres ? (simple ou double ligne ou +)
 - Conduite des arbres ? (très rapide : type de taille, avec ou sans fertilisation, avec ou sans protection contre maladies/vent)
 - Nombre d'espèces, variétés et porte-greffe ? (observer la diversité au niveau des lignes)
 - L'organisation spatiale des arbres est-elle gênante pour la réalisation d'autres interventions ? Lesquelles et dans quelles mesures ? Quelles stratégies sont mises en place pour résoudre les problèmes ?
 - L'organisation spatiale des arbres facilite-t-elle la réalisation d'interventions ? Lesquelles et dans quelles mesures ?
- **Arbres champêtres (isolés ou haies) :**
 - Y a-t-il des haies (ou arbres) et où sont-elles localisées ?

- Quel est(sont) leur(s) rôle(s) ?
- Nombre d'espèces présentes et pour les haies les principales essences qui la compose ?
- Quel entretien ? (si oui quelle(s) action(s) et fréquence)
- Si vous n'en avez pas, avez-vous le projet d'en planter ? Pour quel(s) objectif(s) ? (détails du projet)

2.3. Trajectoire des parcelles en MAF

- Avez-vous réalisé des changements depuis la mise en place du MAF ? Si oui lesquels ?

Sous-questions :

- Avez-vous adapté vos choix de cultures (espèces) vis-à-vis de l'accès à la lumière et aux nutriments et eau ?
- Avez-vous modifié la conduite du maraîchage ? (simplification ou regroupement de certaines cultures ...)
- Avez-vous modifié la conduite des arbres ? (type de taille, gestion de l'enherbement ...)
- Y a-t-il des interventions / opérations qui ont été supprimées ou retardées par manque de temps ? (voir si le temps de travail pour certaines tâches a augmenté ou diminué via l'interaction des deux ateliers)

3. Bilan, préoccupations et projets

3.1. Erreurs commises en MAF

- Quelles sont les principales erreurs commises que vous pouvez identifier dans la conception de votre MAF ? (s'il y en a)
- Quel(s) conseil(s) donneriez-vous à une personne qui souhaite installer un système MAF ?
- Si vous deviez refaire un MAF aujourd'hui, comment vous y prendriez-vous ?

3.2. Intérêts perçus du MAF à l'heure d'aujourd'hui

- Vis-à-vis de vos objectifs de départ concernant la mise en place du MAF lesquels sont atteints ?
- Quel(s) bénéfice(s) avez-vous observé de l'interaction arbres-cultures ? (vis-à-vis de l'organisation du travail, de la production, sentiment personnel ...)

3.3. Projets

- Avez-vous des projets futurs concernant la ferme et/ou le MAF ?
- Si c'était à refaire comment aurez-vous conçu votre système MAF à l'heure d'aujourd'hui après votre expérience ?

Annexe 6 : Guide d'entretien utilisé pour la deuxième phase de terrain.

En bleu, des commentaires sur le type de réponses attendues, pour faciliter les relances si nécessaires.

Guide d'Entretien – Enquête 2 : (durée estimée : 2h)

« Analyse des performances technico-économiques des SdC MAF au sein des fermes »

1. Données générales de la ferme

1.1. Économie

- Quels sont les différents ateliers présents sur la ferme ? (MAF, maraîchage plein champ, élevage, transfo ...) ?
- Si plusieurs, lesquels entrent en interaction avec le MAF ? De quelle manière ? (ex : élevage pour l'apport de fertilisation, fruits qui va en transfo ...)
- Quel est le CA total de la ferme et la proportion relative pour chaque atelier ?
- Quels sont les différents débouchés (commercialisation) et quelle est leur proportion respective (%production et %CA) ?
- Estimation de la part d'autoconsommation (essayer de distinguer les fruits, les légumes et les produits transformés) ?
- Subventions ?

1.2. Équipements

- Liste des équipements (outils, tracteurs, système d'irrigation, bâches ...)

NB : Différencier ceux utilisés pour le VM et noter la puissance des tracteurs

- Coût de ces équipements et durée d'utilisation (amortissement)

1.3. Main d'œuvre

- Estimation de la main d'œuvre sur l'année : en fonction des saisons / mois
- Si main d'œuvre supplémentaire : spécialisation pour certaines activités ? (ex : maraîchage, arboriculture, transfo ...)
- Coût de la main d'œuvre (préciser si salariée ou stagiaire) et nombre de jours / d'heures travaillées en fonction de saisons / mois

2. Données économiques relatives au verger-maraîcher

Année 2023

2.1. Focus arboriculture

- Nombre d'arbres par espèce
- Rendement par espèce et prix de vente (produit brut)
- Charges :

1- Irrigation (volume d'eau et le coût d'électricité + système d'irrigation : type et fréquence de changement)

2- Traitements

3- Fertilisation / Amendement

4- Protection physique (ex : filets)

5- Si travail du rang au tracteur / motoculteur, estimation du coût d'essence

6- Autres ?

- Proportion vendue en frais et transfo (même en ce qui concerne l'autoconsommation)
- Préciser si achat-revente (part dans le CA)

7- Si haie(s) dans système, estimer les coûts d'entretien + valeur ajoutée si haie fruitière (récoltes)

NB : estimer le coût d'entretien du site (essence) + temps de travail global : prise en compte des allées, passe-pieds, haies, abris, nichoirs ...

2.2. Focus maraîchage

- Surface totale (en m2) du maraîchage cultivé au niveau de la zone VM + surface maraîchère totale de la ferme
- Durée de production sur l'année (quel(s) mois sans production) : pics et arrêts
- Grands types d'espèces cultivées et nombre de cycle(s) de cultures / an
- Produit brut (au total sur la ferme : si possible distinguer les serres, le VM et le maraîchage plein champ)
- Sur quelques espèces, estimer le rendement (en fonction de la surface cultivée) et le prix de vente (et si différent en fonction du débouché)
- Charges (estimation des consommations intermédiaires totales) :

1- Achat des plants / semences

2- Engrais et amendements

3- Traitements

4- Irrigation (estimer le volume d'eau et le coût d'électricité + système d'irrigation : type et fréquence de changement)

5- Si bâches / couverture du sol : temps d'utilisation et coût

6- Travail du sol (coût de l'essence)

7- Autres ?

- Proportion vendue en frais et transfo
- Préciser si achat-revente (part dans le CA)
- Si différents systèmes de culture, voir lesquels entrent en rotation et s'il y a des différences de cultures au niveau de la zone VM (espèces cultivées, rendement ...) : expliquer ces choix (ex : climat, sol, présence des arbres ...)

2.4. Coût d'implantation du système de culture (liée aux arbres)

Essayer d'avoir le coût d'installation global et distinguer en fonction :

- Plants
- Préparation du sol (ex : engrais vert, sous solage ...)
- Protection (ex : tuteurs, clôtures ...)
- Paillage
- Système d'irrigation (si présent)
- Main d'œuvre (soit montant soit nombre de personnes sur combien de temps)
- Autres ?

3.1. Qu'est-ce qui structure l'organisation du travail ?

- Atelier(s) / tâche(s) prioritaire(s), non décalable(s) dans le temps ?
- Travaux d'astreinte (ex : irrigation, surveillance des maladies ...) ?
- Atelier(s) / tâche(s) résiliable(s) réalisée(s) sur le « temps libre », décalable(s) dans le temps car jugée(s) non prioritaire(s) ? Et pourquoi ?

3.2. Focus arboriculture

- Détail de l'ITK (temps de travail et à quelle(s) période(s))

1- Irrigation

2- Taille

3- Traitement / Amendement

4- Fertilisation

5- Gestion du rang et de l'inter-rang (si double rang)

6- Éclaircissage

7- Récolte

8- Commercialisation (si débouché différent du maraîchage) : à quelles périodes ?

9- Autres ? (ex : mise en place d'un engrais vert)

- Si transfo, estimation du temps consacré et à quelle(s) période(s) / fréquence(s)

3.3. Focus maraîchage

- Estimation du temps de travail global et essayer de distinguer :

1- Pépinière

2- Production

3- Commercialisation

- Si transfo, estimation du temps consacré et à quelle(s) période(s) / fréquence(s)
- Distinction du temps de travail (pics, moments plus calmes) en fonction des saisons / mois

4. Évolution du MAF au cours de années (économique et temps de travail)

- Depuis l'implantation du MAF jusqu'à aujourd'hui, estimation de la part du CA de l'arboriculture par rapport au maraîchage, pour chaque année ?
- Même question concernant le temps de travail ?

Annexe 7 : Trajectoire d'introduction des légumineuses dans les exploitations agricoles, avec un focus sur les motivations du changement, les connaissances et ressources nécessaires et les processus d'apprentissage (Mawois et al., 2019).

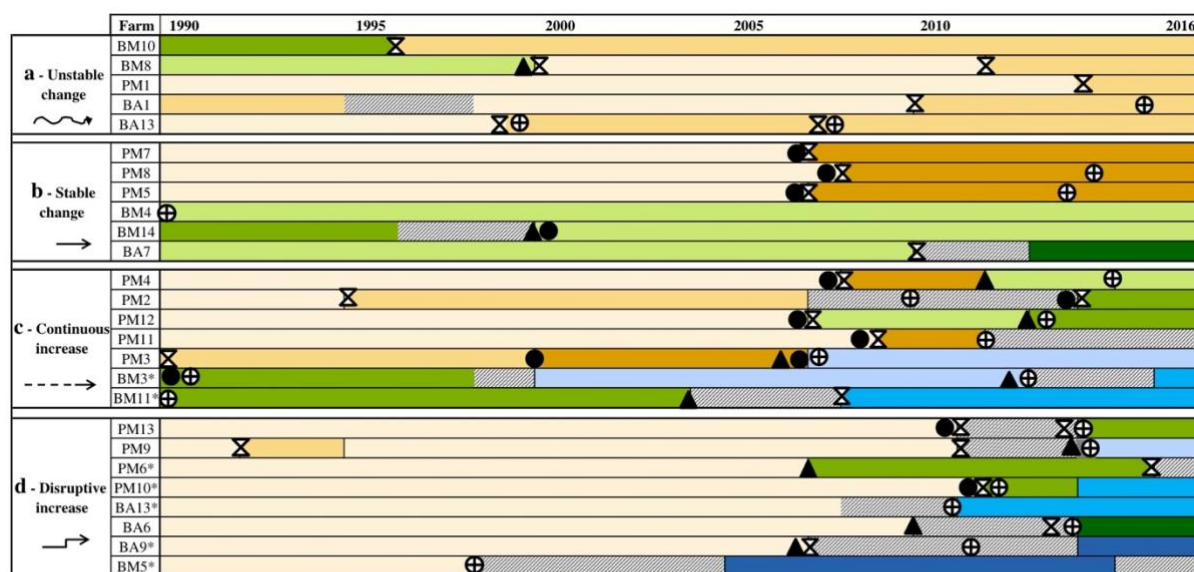


Fig. 3 Transitional pathways in farms with respect to legumes insertion. B = farms located in zone B; P = farms located in zone P; M = mixed farms; A = arable farms; * = organic farms. The trajectories of change of the 26 farms are characterized by successive agronomic-coherence phases: class 0; class 1a; class 1b; class 2a; class 2b; class 2c; class 3a; class 3b; class 3c and for transitional

periods. The transition from one coherence phase to another is triggered by one or multiple drivers of change: X economic and regulatory context; ● outlet (livestock management or market opportunities); ⊕ valorization of pre-crop benefits; ▲ change in available resources (areas, labor, livestock farming, materials)

Annexe 8 : « Subtilités » des modes de calculs pour les performances technico-économiques des SdC MAF : application au cas par cas.

1 - Estimation du Produit Brut :

Pour les produits transformés : si absence de rendements de la production primaire, partir de la production transformée (ex : nombre de litres de jus, nombre de pots de confitures ...) afin d'estimer la production primaire. Demander aux agris pour chaque produit transformé, la quantité de fruits ou légumes nécessaires. Si l'agri vend en frais, prendre son prix de vente. Sinon, prendre le prix de vente en frais chez un autre agri avec le même débouché (et même département si possible) OU chercher les références de vente en bio (même débouché et même région).

Si la vente est en magasin de producteur, un taux de commission (ici 20%) de mise en marché qui va au fonctionnement du magasin. Donc le prendre en compte cela pour ne pas fausser les données.

Si achat-revente : enlever cette production vendue au PB.

2 - Estimation des Consommations Intermédiaires :

Homogénéisation de certains coûts entre fermes :

- 1L d'essence « rouge » (tracteur) = 1,25€ / 1L d'essence classique (tondeuse, débroussailleuse) = 1,80€
- 1m³ d'eau (eau + électricité) = 0,30€
- 1t de fumier de mouton = 20€
- 1t de fumier de volaille = 40€
- 1m³ de BRF (bois raméal fragmenté) = 60€

Pour les fermes où l'amendement ou engrais est auto-produit sur la ferme ou récupéré chez un voisin, un coût lui est attribué. Estimation des quantités utilisées selon les dires des agris.

Pour les produits transformés, estimation des charges selon les dires d'agris (ex : bocaux, sucre ...)

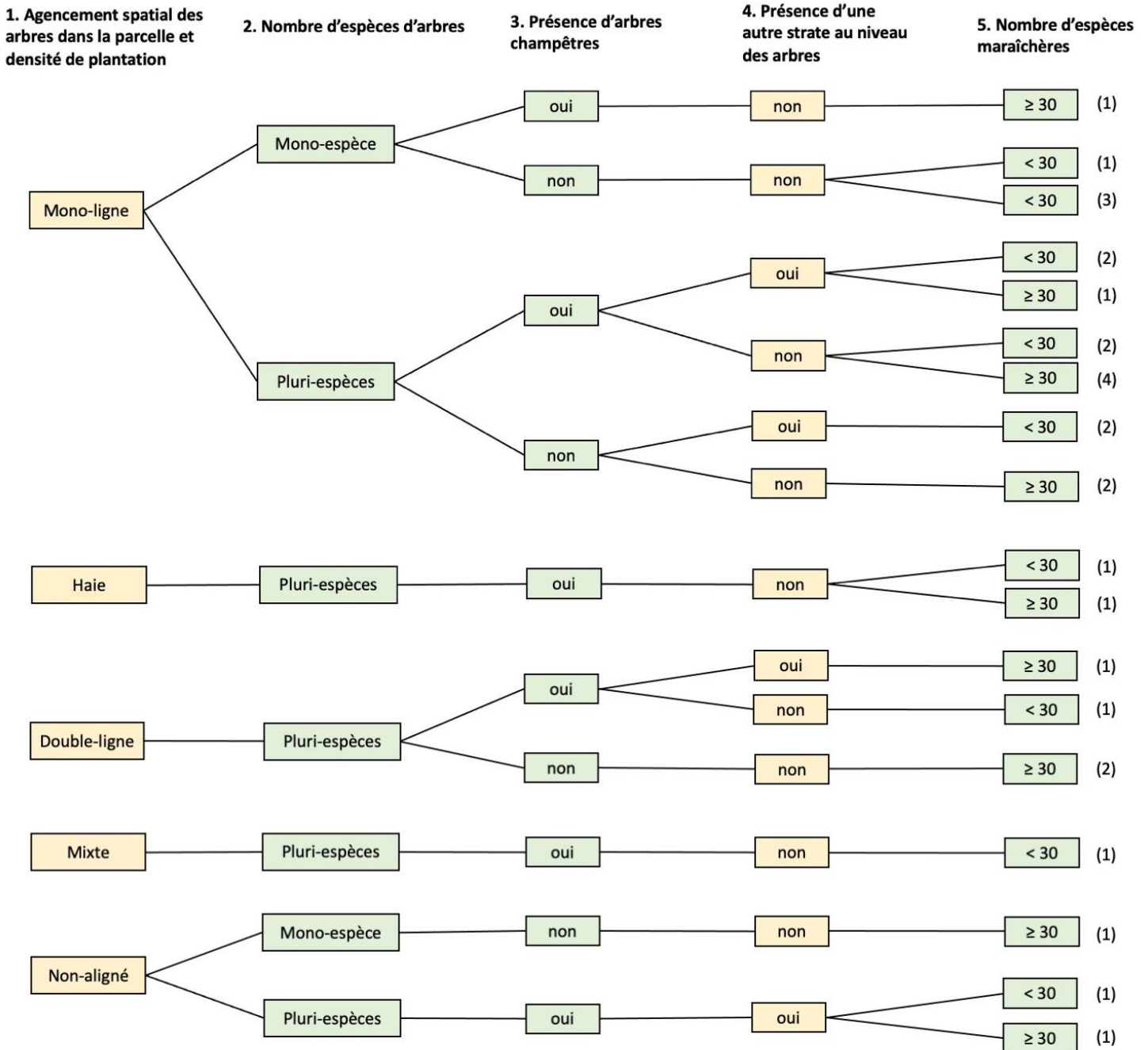
Annexe 9 : (a) Tableau récapitulatif des ressources disponibles (main d'œuvre, équipements, foncier ...) et des surfaces cultivées au sein des fermes enquêtées ; (b) Tableau récapitulatif des productions, des ateliers et des débouchés au sein des fermes enquêtée.

(A)	Issu du milieu agricole	Reconversion professionnelle	Ingénieur(s) agronome ou École du paysage	Type de Ferme	Foncier	Statut	UTH Agricole	Formation Maraîchage	Formation Arboricole	Formation MAF	Responsable Arboricole	Niveau de Mécanisation	SAU Cultivée (ha)	SAU MAF (ha)	% MAF	% Serres ou Tunnels
F1	non	oui	non	Société	Achat	SCOP	5	oui	oui	non	non	tracteur	25	2	8	5
F2	non	oui	non	Familiale	Achat	El	1	oui	oui	non	non	tracteur	7	0,35	5	2
F3	non	oui	non	Familiale	Achat	El	1	oui	oui	non	non	motoculteur	0,8	0,2	25	13
F4	non	oui	non	Familiale	Achat	El	1	non	non	non	non	motoculteur	1,2	1,2	100	2
F5	oui	oui	non	Familiale	Familial	El	2	non	non	non	non	tracteur + motoculteur	5	2	40	10
F6	non	oui	non	Société	Fermage	El	2	oui	oui	non	non	tracteur + motoculteur	3,5	3	86	5
F7	oui	oui	oui	Société	Familial	El	2	non	non	oui	non	motoculteur	3	0,2	7	5
F8	non	oui	oui	Société	Achat	SCEA	3,5	non	non	oui	non	tracteur + motoculteur	2	1,6	80	8
F9	oui	non	non	Familiale	Achat	Association	1	oui	oui	non	non	manuel	2	0,1	5	0
F10	oui	oui	non	Familiale	Achat	El	3	oui	oui	non	non	petit tracteur + motoculteur	3	1	33	40
F11	non	oui	non	Familiale	Achat	El	2,5	oui	non	oui	non	manuel	3,2	0,35	11	0
F12	oui	oui	non	Société	Familial	GAEC	4	oui	non	non	non	tracteur	15	3	20	4
F13	non	oui	non	Familiale	Achat	El	1	oui	oui	non	non	manuel	0,5	0,5	100	0
F14	non	oui	non	Familiale	Fermage	El	1	oui	non	non	non	manuel	0,4	0,4	100	8
F15	non	oui	oui	Familiale	Achat	El	2,5	non	non	non	non	tracteur	4,3	1,5	35	8
F16	non	oui	oui	Société	Achat	SARL	2	oui	oui	non	oui	motoculteur	1	0,5	50	5
F17	non	oui	non	Familiale	Achat	El	2	oui	oui	oui	non	microtracteur + motoculteur	0,3	0,3	100	12
F18	non	oui	non	Familiale	Familial	El	1	oui	oui	oui	non	tracteur (prestation)	1,8	1	56	5
F19	non	oui	oui	Société	Familial	SMIA	8	non	non	non	oui	tracteur	3	0,3	10	3
F20	non	oui	oui	Société	Fermage	GAEC	4	non	non	oui	oui	tracteur	3,5	3,5	100	5

(B)	Maraîchage Plein Champ	Élevage	Céréales	Verger ou autres Cultures Pérennes	Transformation des Fruits	Autre(s) Atelier(s)	Atelier(s) Principal(aux)	Débouchés(s) Principal(aux)
F1	non	oui	oui	non	≥50%	Accueil	Accueil	Restaurant à la Ferme
F2	non	oui	non	non	≥50%	Gîte + Prairies	Gîte	Magasins de Producteurs
F3	non	non	non	non	≥50% (prestation)	non	Maraîchage	Magasins de Producteurs
F4	non	non	non	non	non	non	Maraîchage	Magasins de Producteurs
F5	non	oui	oui	non	<50% (prestation)	non	Maraîchage	Magasin à la Ferme + Restaurants
F6	oui	non	non	non	non	non	Maraîchage	Paniers
F7	non	non	non	oui	≥50% (prestation)	non	Cultures Pérennes	Restaurants + Autoconsommation
F8	oui	non	non	non	non	Semences	Maraîchage	Agrosemens
F9	non	oui	non	oui	≥50% (prestation)	Formations	Tous	Paniers
F10	non	non	non	oui	≥50% (prestation)	non	Maraîchage	Marchés
F11	oui	oui	non	non	non	non	Maraîchage	Magasin de Producteurs + Marchés
F12	non	oui	oui	non	non	non	Maraîchage	Marchés
F13	non	non	non	non	≥50%	Pépinière + Formations	Transformation + Pépinière	Magasins Spécialisés
F14	non	non	non	non	≥50%	Pépinière + Traiteur	Pépinière + Traiteur	Marchés + Traiteur
F15	non	oui	non	oui	non	Prairies	Maraîchage	Paniers
F16	non	oui	non	oui	non	Formations	Maraîchage + Formations	Paniers
F17	non	oui	non	non	≥50%	non	Maraîchage + Élevage	Marchés
F18	non	non	non	oui	≥50%	Semences	Transformation	Marchés + Partenariats
F19	oui	oui	non	non	<50% (prestation)	Traiteur	Maraîchage + Traiteur	Marchés + Traiteur
F20	non	non	non	non	<50% (prestation)	non	Maraîchage	Paniers + Magasins Spécialisés

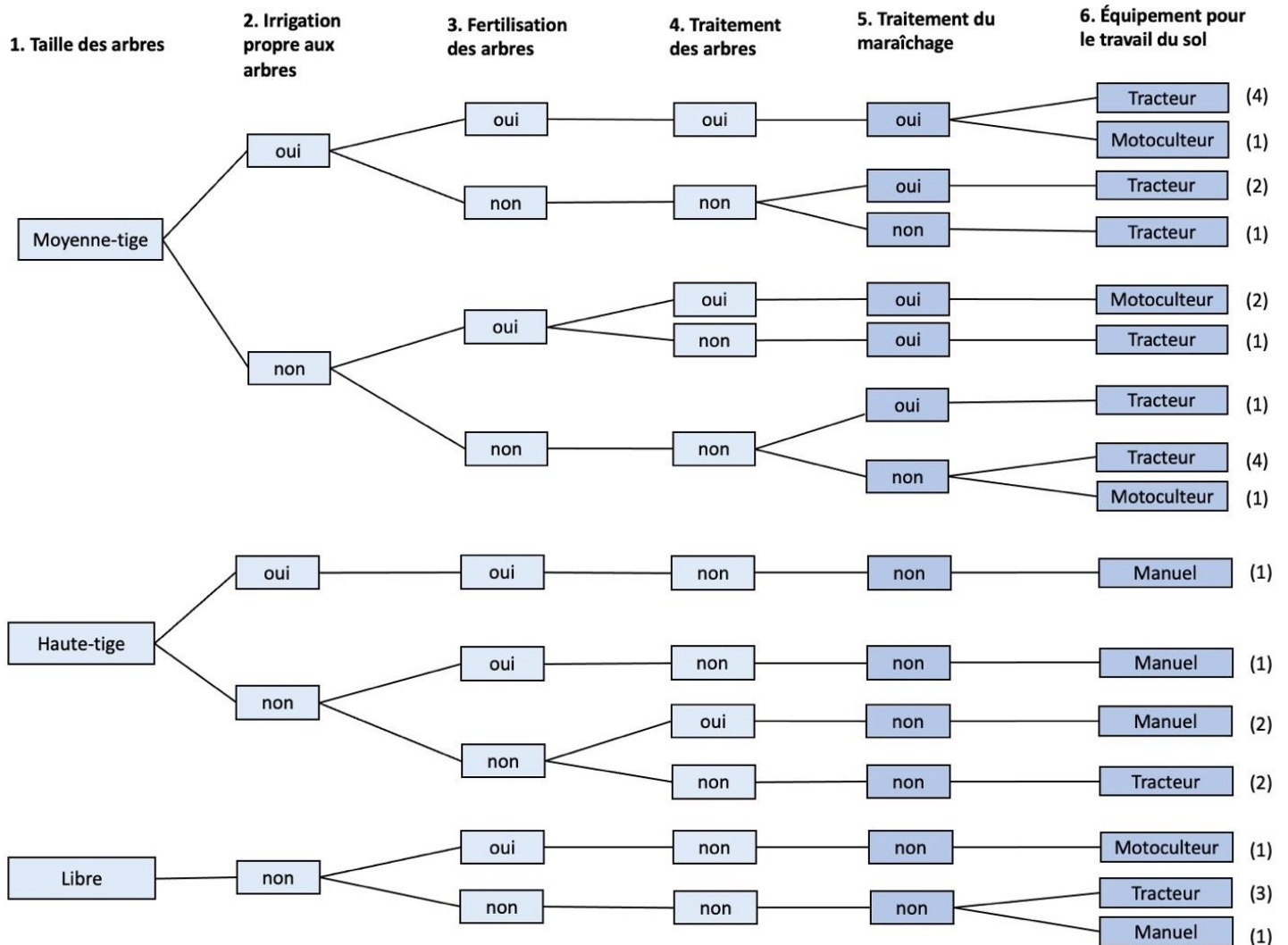
Annexe 10 : Typologie des structures des SdC MAF.

En jaune sont représentés **2 critères de l'agencement spatial** des espèces pérennes (arbres et présence ou non d'une strate arbustive) et en vert **3 critères de biodiversité cultivée** (nombre et type d'espèces). Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de SdC MAF associé à la combinaison spécifique des 5 critères.



Annexe 11 : Typologie des modes de conduite des SdC MAF.

En bleu clair sont représentés les **4 critères liés aux modes de conduite des arbres** et en bleu foncé les **2 critères liés aux modes de conduite du maraîchage**. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de SdC MAF associé à la combinaison spécifique des 6 critères.



Annexe 12 : Photo de l'élagage des haies au sein du SdC MAF de F1.



Annexe 13 : Tableau compilant les verbatims qui expliquent les raisons de la diminution du maraîchage au sein de 6 SdC MAF de fermes différentes.

Fermes	Raisons évoquées : économiques , environnementales/climatiques , sociales , organisationnelles , défaut de conception , création d'un nouvel atelier
F7	« ...jusqu'à cette année je n'avais pas l'autorisation pour me raccorder au réseau électrique de la ville donc j'irriguais au groupe électrogène (1h30 d'irrigation au goutte-à-goutte par jour. Sans irrigation le maraîchage c'est beaucoup de travail pour peu de rendements... » ; « ...je faisais principalement du maraîchage l'été et je vendais à des restaurants car j'ai fait le choix de ne pas vendre sur les marchés pour avoir une vie de famille. Depuis le covid les restaurants sont en train de fermer un par un... » ; « ...le maraîchage tu te tues et tu ne gagnes rien : ce n'est pas assez rentable pour le temps consacré surtout en travail manuel. Je suis en train de me rendre esclave du maraîchage et je ne veux plus continuer comme ça. Je vais continuer le maraîchage mais pour la famille et non avec un objectif économique... » ; « ...je souhaite diversifier ma parcelle d'oliviers avec des cultures pérennes comme les agrumes où les récoltes coïncident avec celle des olives. Je cherche des petites niches plus rentables, par exemple je viens de planter des morilles dans les Cévennes... » ; « ...je cultive sur deux parcelles éloignées à 1h30 de route donc quand j'ai la récolte des petits fruits dans les Cévennes j'ai aussi la récolte du maraîchage dans le Gard et ce n'est pas tenable. Et les petits fruits c'est plus rentable que les pommes-de-terre... »

F3	« ...une partie de mon maraîchage n'est pas accessible en véhicule donc j'ai abandonné le maraîchage et je vais densifier cette partie en espèces pérennes (arbres fruitiers et petits fruits)... » ; « ...en travaillant seul à l'année c'est compliqué de tout faire... » ; « ...j'ai décidé de freiner mon activité et de prendre un mi-temps (24h/semaine) en tant que salarié au magasin de producteur. Je continue la production mais plus doucement... » ; « ...l'année dernière ça a été compliqué car il y a eu beaucoup de grêle et de pluie au printemps et donc beaucoup de maladies, le ruisseau où je pompe l'eau qui a séché. Ça m'a mis un grand coup au moral... » ; « ...j'ai trop serré mes rangs d'arbres et cela m'embête pour les récoltes car je galère à circuler. Je pense que j'enlèverais facilement 1 rang sur 2 et que j'espacerais plus pour mes lignes pour avoir des plus grandes zones maraîchères entre les arbres... »
F14	« ...j'ai diminué mon maraîchage parce que planches de vivaces, et zones arborées comprises, s'étoffent et que c'était aussi le but que le jardin évolue avec mon âge et mes problèmes de santé. Je veux que l'essentiel de la nourriture soit en place d'une année à l'autre et ne pas recommencer chez année à zéro avec que des plantes annuelles... » ; « ...ça ne m'embête pas que les planches de vivaces s'étendent sur les planches d'annuelles car plus il y a des vivaces et moins j'ai de travail... » ; « ...le jardin est sans enjeu économique direct du fait de mes activités de pépinière et de traiteur et ça c'est précieux pour moi... »
F18	« ...avant la covid je faisais plus de diversité maraîchère mais parce que je faisais des paniers mais j'ai arrêté et je fais vraiment plus que les produits transformés. Ce n'était plus rentable de faire les paniers donc j'ai encore réduit la diversité et je me suis recentrée uniquement sur les produits transformés... » ; « ...j'ai déjà réduit ma partie maraîchère à cause des vols et car je n'ai pas les moyens de clôturer... » ; « ...j'ai réduit aussi un peu mon maraîchage. Je ne produis plus que pour mes produits transformés... » ; « ...j'arrêterai certainement le maraîchage quand je continuerai à planter des arbres c'est ça c'est certain... » ; « ...je ne rajeunis pas et je commence à fatiguer, le maraîchage j'y passe beaucoup de temps et ça me prend énormément d'énergie et je perds en qualité de vie... » ; « ...c'est beaucoup de travail et je suis seule sur la ferme... » ; « ...le maraîchage c'est bien au début pour faire de la trésorerie... »
F9	« ...j'ai commencé par faire du maraîchage mais très vite je me suis abîmée au niveau physique, donc j'ai diminué, et c'est là que j'ai vraiment commencé à planter beaucoup d'arbres... » ; « ...c'est très difficile de se rémunérer avec le maraîchage et ça demande beaucoup d'énergie... » ; « ...la partie potagère ne va pas s'agrandir, je suis seule et il faudrait être plusieurs pour la rendre performante... » ; « ...les annuelles ne sont pas la priorité pour moi... » ; « ...j'ai commencé à donner des formations il y a maintenant 3 ans une fois que le jardin est devenu crédible... »
F13	« ...le maraîchage ça me prend trop de temps de travail par rapport à ce que cela me rapporte. Je trouve que l'on ne paye pas assez cher nos légumes pour que cela soit viable... » ; « ...au début je vendais des paniers de légumes mais vu les surfaces que j'ai c'est une hérésie de vendre en frais. Maintenant je fais de la transformation et j'ai de fait diminuer le maraîchage... » ; « ...cette année je me suis lancée dans la pépinière d'hiver et la grande majorité des blocs de maraîchage ont été remplacé par des zones de pépinière ou des zones à biomasse. J'ai réduit mon maraîchage et mes transformations... » ; « ...initialement dans mon projet agricole il n'y avait pas de maraîchage. Mon design n'est

	<i>pas pratique pour le maraîchage par rapport à la circulation (au milieu des zones de vivaces), il est dans des petits bacs et cela demande plein de raccords d'irrigation, il aura fallu penser ces zones avant la plantation des vivaces et les faire plus grandes, plus ergonomiques... » ; « ...mon système est très voire trop diversifié et me prend une grande charge mentale. J'ai donc fait le choix de diminuer le maraîchage et de me recentrer sur les vivaces comme à mon projet de départ... »</i>
--	--

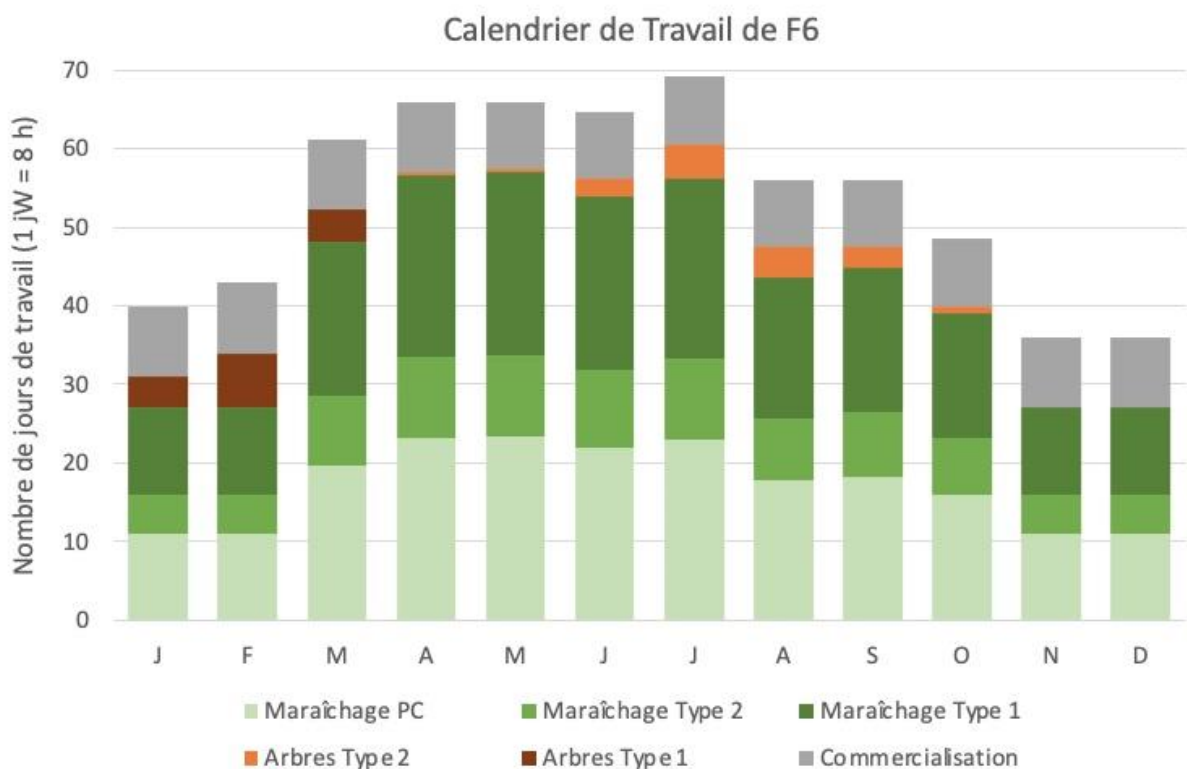
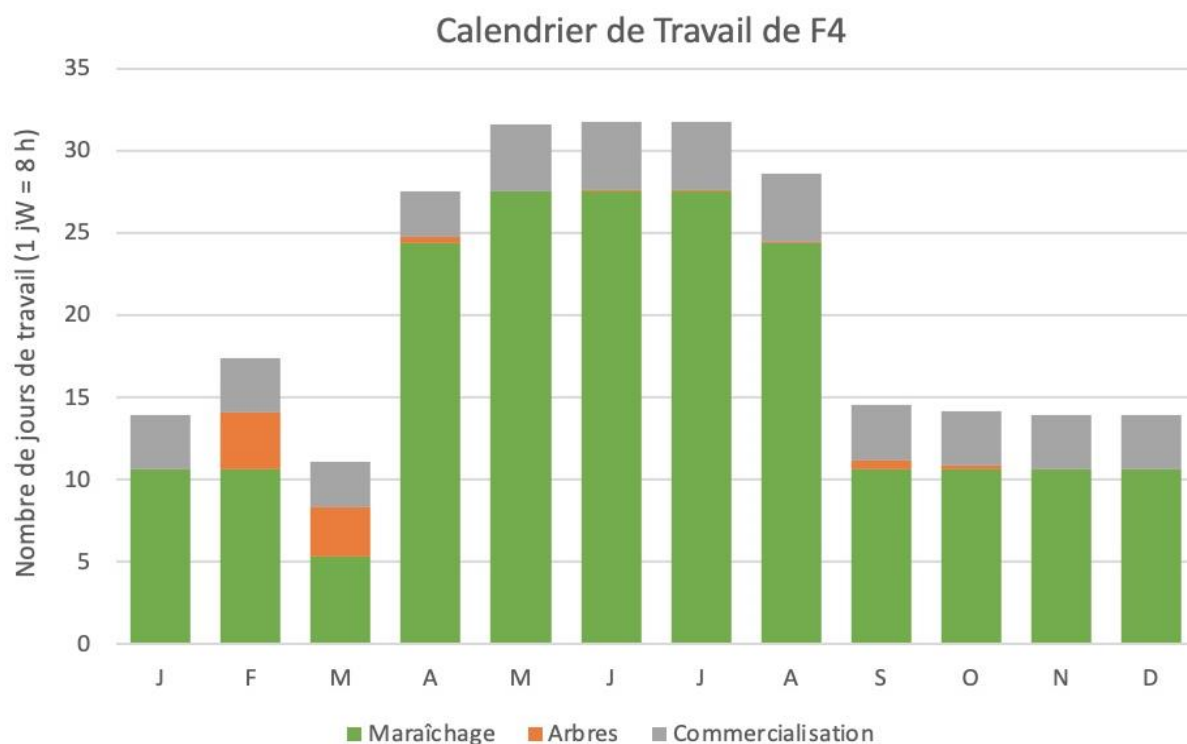
Annexe 14 : Tableau récapitulatif des indicateurs et performances technico-économiques pour les 11 SdC MAF étudiés.

SdC MAF	Fermes	SAU MAF (ha)	PB (€)	CI (€)	CI/ha	jW	VAB (€)	VAB/ha	VAB/jW
Type 1	F6	2	20581,8	5077,1	2538,6	327	15504,7	7752,4	47,4
Type 2	F1	0,5	12991,5	1668,2	3336,4	120	11323,3	22646,6	94,4
Type 2	F4	1,2	14185,8	2604,5	2170,4	250	11581,3	9651,1	46,3
Type 2	F6	0,4	7597,3	2275,7	5689,3	108	5321,6	13304,0	49,3
Type 2	F12	3	66226,4	10235,1	3411,7	511	55991,3	18663,8	109,6
Type 3	F1	1,5	21076,2	3848,1	2565,4	221	17228,1	11485,4	78,0
Type 3	F12	1	22425,8	4141,6	4141,6	263	18284,2	18284,2	69,5
Type 4	F19	0,3	16136,6	854,1	2847,0	69	15282,5	50941,7	221,5
Type 4	F20	3,5	116715,3	25194,7	7198,5	665	91520,6	26148,7	137,6
Type 5	F13	0,5	8439,5	1682,0	3364,0	153	6757,5	13515,0	44,2
Type 5	F17	0,3	22892,7	5262,0	17540,0	382	17630,7	58769,0	46,2
Avec Transfo	F13	0,5	18475,0	3508,7	7017,4	183	14966,3	29932,6	81,8
Avec Transfo	F17	0,3	26413,6	5873,3	19577,7	389	20540,3	68467,7	52,8

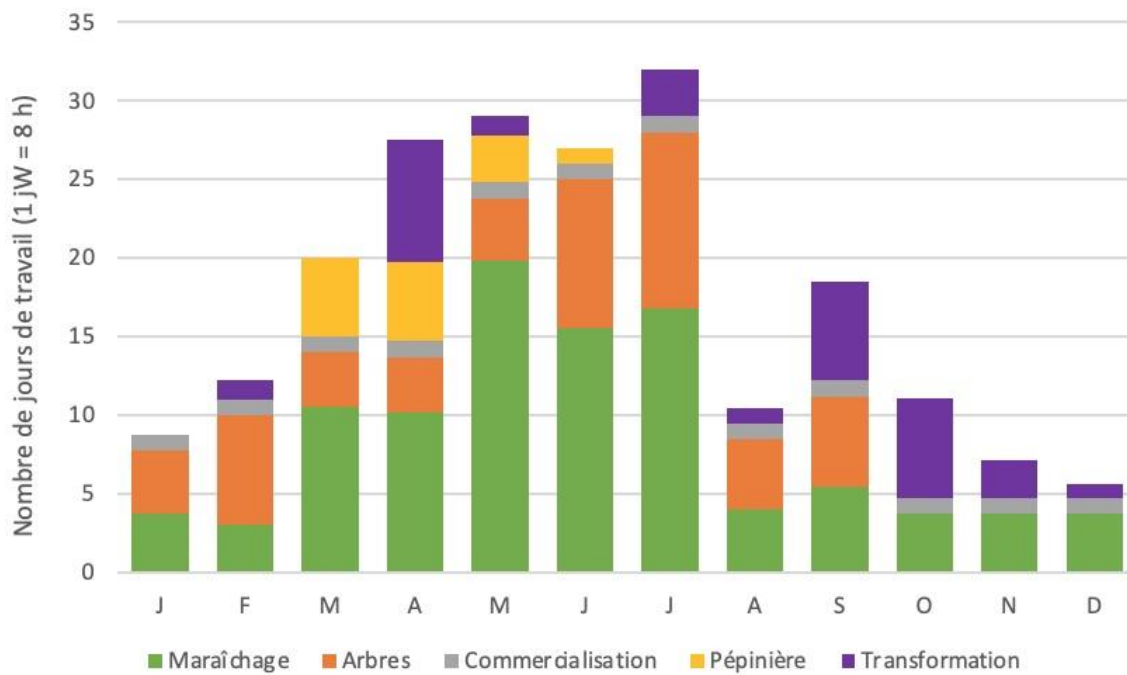
Annexe 15 : Tableau récapitulatif des performances technico-économiques des 11 SdC MAF étudiés avec le nombre moyen de cycles de cultures maraîchères par an, le niveau de mécanisation et la main d'œuvre agricole au sein des fermes.

SdC MAF	Fermes	VAB/ha	VAB/jW	Nb cycles / an	Niveau de Mécanisation	Main d'œuvre	Responsable Arboricole
Type 1	F6	7752,4	47,4	1	tracteur + motoculteur	2	non
Type 2	F1	22646,6	94,4	1	tracteur	5	non
Type 2	F4	9651,1	46,3	1	motoculteur	1	non
Type 2	F6	13304,0	49,3	1,5	tracteur + motoculteur	2	non
Type 2	F12	18663,8	109,6	2	tracteur	4	non
Type 3	F1	11485,4	78,0	1	tracteur	5	non
Type 3	F12	18284,2	69,5	1	tracteur	4	non
Type 4	F19	50941,7	221,5	3	tracteur	8	oui
Type 4	F20	26148,7	137,6	1,5	tracteur	4	oui
Type 5	F13	13515,0	44,2	1	microtracteur + motoculteur	2	non
Type 5	F17	58769,0	46,2	3	manuel	1	oui

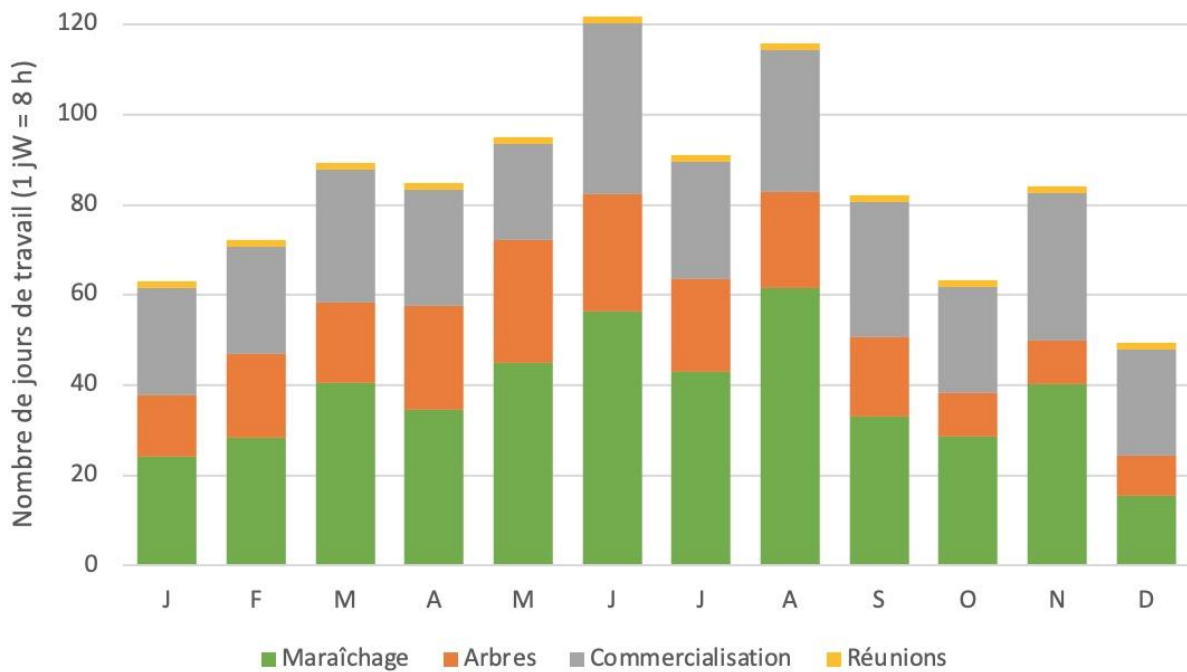
Annexe 16 : Présentation de 4 calendriers de travail au sein des fermes en MAF. En plus du travail consacré aux arbres et aux cultures maraîchères, est représenté le travail des activités d’astreinte au sein des fermes. L’intégralité des calendriers de travail pour les 8 fermes où les performances ont été étudiées sont présentées dans les fiches fermes du dossier annexe.



Calendrier de Travail de F13



Calendrier de Travail de F20



Annexe 17 : Tableau référençant l'indicateur de biodiversité sommée et l'indicateur de biodiversité incrémentée par type de SdC MAF étudiés.

Les 11 SdC MAF où les performances technico-économiques ont été calculées sont représentées en gras.

Type de SdC MAF	Fermes	Biodiversité Sommée	Biodiversité Incrémentée
1	F6	41	3
1	F7	31	3
1	F8	21	2
1	F10	31	3
2	F1	51	4
2	F2	31	4
2	F3	74	5
2	F4	20	3
2	F5	115	6
2	F6	52	5
2	F10	33	4
2	F11	30	6
2	F11	19	4
2	F12	62	6
2	F14	131	7
2	F15	34	4
3	F1	105	5
3	F12	97	4
4	F16	35	4
4	F18	22	5
4	F19	90	7
4	F20	48	5
5	F9	80	7
5	F13	87	7
5	F17	54	6

Annexe 18 : Typologie de 4 fermes types en MAF réalisée selon 9 indicateurs (Tharel, 2019).

	1. Très petite surface, grande proportion VM	2. Installation récente, petite surface	3. Moyenne surface, beaucoup de main d'oeuvre, très diversifié	4. Spécialisée, petite proportion de VM, vente en gros
Installation	2000-2009	>2015	>2015	2010-2014*
Surface cultivée (ha)	<1 ha*	1-4 ha	4-10 ha*	>10 ha
Proportion VM	>75 %	25-50 %	10-25 %*	<10 %
Associés				
Main d'oeuvre supplémentaire				
Espèces maraîchères	 20 - 40	 20 - 40	 > 40	 < 20
Espèces de fruitiers	 5 - 10	 < 5	 >10*	 < 5
Commercialisation	Circuits courts	Circuits courts	Circuits courts	Circuits longs
Transformation	++	-	+	+

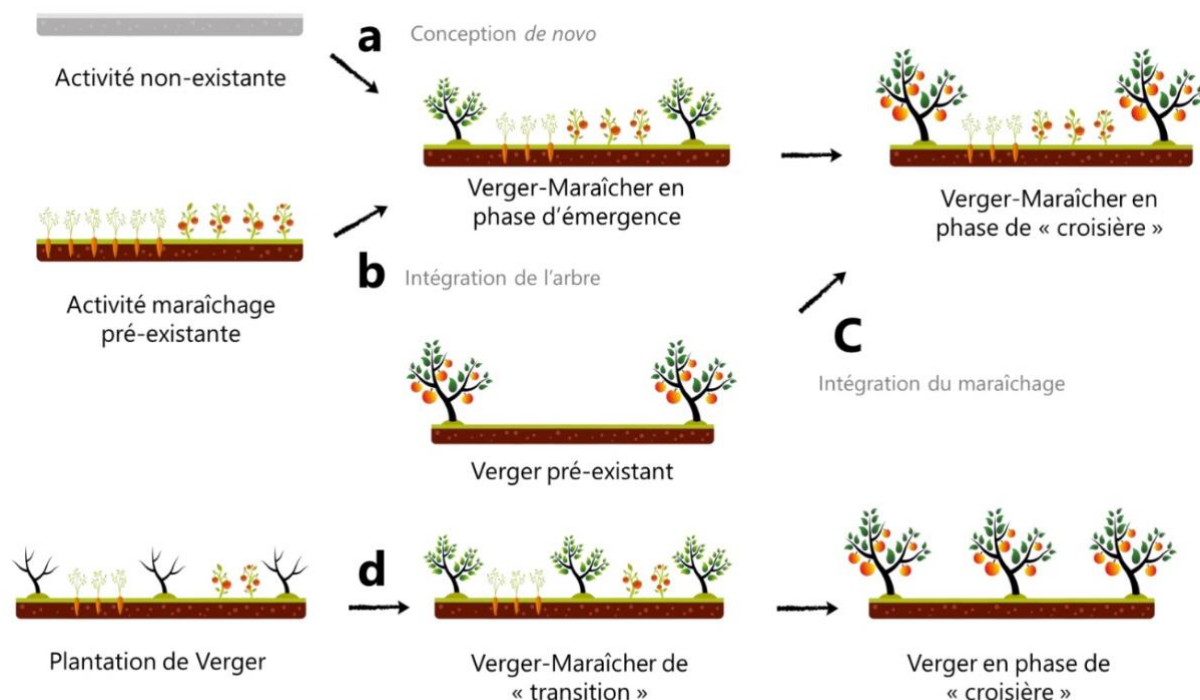
Annexe 19 : Typologie de 3 fermes types en MAF réalisée selon leur surface totale cultivée, leur activité principale et la contribution du MAF au chiffre d'affaires (Guessous, 2021).

Groupes typologiques	Activité principale (chiffre d'affaires)	Contribution du VM au chiffre d'affaires	Surface totale cultivée	Taille de l'échantillon	Codes fermes
Groupe 1 : microfermes maraîchères	Maraîchage bio diversifié		≤ 1,5 ha	n=6	F2, F4, F12, F13, F14, F16
Groupe 2 : fermes maraîchères « classiques »	Maraîchage bio diversifié		[1,5 – 5 ha]	n=6	F1, F3, F7, F9, F11, F15
Groupe 3 : fermes mixtes avec au moins un des ateliers suivants : grandes cultures, arboriculture et/ou polyculture-élevage	Céréales, arboriculture et/ou élevage		>15 ha	n=4	F5, F6, F8 F10
Groupe 4 : microfermes maraîchères à forte contribution VM		Plus de 75%	≤ 1,5 ha	n=5	F2, F4, F13, F14, F16
Groupe 5* : fermes maraîchères « classiques » à forte contribution VM		Plus de 75%	[1,5 – 5 ha]	n=4	F1, F3, F11, F15
Groupe 6 : fermes à faible contribution VM		Minoritaire	Très variable [1,45-28 ha]	n=7	F5, F6, F7, F8,F9,F10,F12

Annexe 20 : Photos de vignes dans une serre (à gauche) et de kiwis dans une pépinière (photo de droite) au sein de F5.



Annexe 21 : Typologie des trajectoires des systèmes MAF correspondant à différentes options de gestion du cycle productif de l'arbre (Paut, 2021).



Annexe 22 : Performances technico-économiques du maraîchage et de l'arboriculture en cultures pures (données : Roblin, 2018 ; Roblin, 2019).

Cultures	Rdt (kg/ha)	Prix (€/kg)	Charges (€/ha)	W (jW/ha)	VAB/ha	VAB/jW
Aubergines tunnel	110000	2,5	51291	396,1	223709	564,7
Carottes	25000	1	2911	69,8	22089	316,7
Choux cabu	15200	1,8	8011	25,9	19349	747,8
Concombres tunnel	100000	2	25502	304,0	174498	574,0
Courges musquées	30000	1,2	3127	23,1	32873	1421,5
Courgettes PC	35000	1,4	13581	105,8	35419	334,9
Laitues PC	84175	0,6	16787	111,3	33718	302,9
Oignons blancs	18000	2	4840	117,9	31160	264,3
Poireaux	6250	2,5	5908	35,0	9717	277,8
Pdt	25000	0,8	5581	10,6	14419	1357,1
Tomates tunnel	120000	1,65	3009	410,6	194991	474,9
Moyenne maraîchage			12777,1	146,4	71994,7	603,3
Abricots	25000	3	4086	120,0	70914	591,0
Poires Conférence	10000	1,6	2655	41,3	13345	323,5
Poires Guyot	20000	1,5	4234	55,5	25766	464,3
Pommes Golden	35000	1,5	3435	94,3	49065	520,6
Pommes Gala	25000	1,5	4062	88,6	33438	377,3
Moyenne arboriculture			3694,4	79,9	38505,6	455,3