



**HAL**  
open science

# Caractérisation des systèmes agroforestiers à base d'oliviers en Tunisie

Ferdaous Rezgui

► **To cite this version:**

Ferdaous Rezgui. Caractérisation des systèmes agroforestiers à base d'oliviers en Tunisie. Amélioration des plantes. 2020. dumas-03642005

**HAL Id: dumas-03642005**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03642005v1>**

Submitted on 14 Apr 2022

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

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

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Présenté pour l'obtention du diplôme Ingénieur Agronome

Option Production Végétale Durable

# Caractérisation des systèmes agroforestiers à base d'oliviers en Tunisie



Par Ferdaous REZGUI

Année de soutenance : 2020

Organisme d'accueil : L'Institut National Agronomique de Tunisie

# **MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE**

Présenté pour l'obtention du diplôme Ingénieur Agronome

Option Production Végétale Durable

## **Caractérisation des systèmes agroforestiers à base d'oliviers en Tunisie**

Par Ferdaous REZGUI

Année de soutenance : 2020

Mémoire préparé sous la direction de :

Brigitte BRUNEL

Organisme d'accueil

Institut National Agronomique de Tunisie

Présenté le 26/11/2020

Devant le Jury :

Hugo FERNANDEZ-MENA

Karim BARKAOUI

Brigitte BRUNEL

Maitres de stage

Jihène Ben YAHMED (INAT)

Crystèle LEAUTHAUD (Cirad)

## Résumé

Les agriculteurs tunisiens sont confrontés à plusieurs problèmes, parmi lesquels des revenus faibles et des terres arables limitées. Les agriculteurs se sont adaptés à cette situation en adoptant de nouvelles pratiques telles que l'agroforesterie. Ce travail vise à caractériser les systèmes agroforestiers en Tunisie et à comprendre le contexte dans lequel l'agroforesterie est adoptée.

Cette étude a été réalisée en trois étapes. La première étape a consisté en une analyse cartographique permettant une description des systèmes oléicoles selon des caractéristiques agro-climatiques, et le choix de sites d'études représentatives de la diversité des oliveraies en Tunisie. La deuxième étape, sous forme d'un diagnostic agronomique suivi d'une analyse statistique par analyse factorielle de données mixtes et d'une classification hiérarchique ascendante, a permis de recueillir les données nécessaires à la classification des systèmes agroforestiers selon des caractéristiques structurelles à la parcelle, et la dernière phase a été la réalisation d'enquêtes auprès des agriculteurs pour comprendre les déterminants des pratiques.

La première étape a conduit à une caractérisation générale des oliveraies en Tunisie sur la base de topographie, irrigation et climat : Le nord tunisien est la région la plus diversifiée en termes de systèmes oléicoles. Le centre est la région qui contient le plus de surface en oliveraies. Le sud du pays contient moins de superficies en oliviers et moins de diversité à cause des conditions pédoclimatiques qui sont difficiles.

La deuxième étape a permis l'établissement d'une classification des systèmes agroforestiers en fonction des caractéristiques structurelles a conduit à l'établissement d'une typologie. Cinq groupes différents se distinguent en fonction de la localisation, la composition spécifique et de la gestion de l'eau. Le premier groupe comprend les systèmes agroforestiers irrigués dans le nord. Ces systèmes sont basés sur une association d'oliviers et d'espèces maraîchères mixtes. Un deuxième groupe représente les systèmes d'agroforesterie irriguée du centre. Ces systèmes sont en association avec des cultures maraîchères en monoculture. Un troisième groupe représente les systèmes à base de fourrage présents dans le nord et le centre. Un quatrième système est basé sur l'association avec des arbres fruitiers, en particulier des amandiers, en pluvial. Le cinquième système est caractérisé par l'association d'oliviers et de céréales, tous deux pluviaux dans le nord du pays.

La troisième étape a permis de mieux comprendre la perception des agriculteurs de l'agroforesterie. En effet, les agriculteurs pratiquent l'association pour des raisons économiques et foncières. Les avantages et inconvénients de cette pratique de point de vue des agriculteurs sont multiples. Les principaux avantages évoqués sont une meilleure utilisation de l'espace et d'une meilleure gestion de l'eau. Quant aux inconvénients, la transmission des maladies et la compétition entre les différentes espèces sont les plus évoquées.

Cette étude est un premier pas vers une meilleure étude de l'agroforesterie tunisienne. D'autres aspects de l'agroforesterie tunisienne peuvent être étudiés, tels qu'une évaluation écologique de l'effet de cette pratique.

Mots-clés : Tunisie, agroforesterie, typologie, perception de l'agriculteur

## Abstract

Tunisian farmers face several problems, including low incomes and limited arable land. Farmers have adapted to this situation by adopting new practices such as agroforestry. This work aims to characterize agroforestry systems in Tunisia and to understand the context in which agroforestry is adopted.

This study was carried out in three stages. The first stage consisted in a cartographic analysis allowing a description of the olive-growing systems according to agro-climatic characteristics, and the choice of study sites representative of the diversity of olive groves in Tunisia. The second stage, in the form of an agronomic diagnosis followed by a statistical analysis by factorial analysis of mixed data and an ascending hierarchical classification, made it possible to collect the data necessary for the classification of agroforestry systems according to structural characteristics at the plot level, and the last stage was the carrying out of surveys among farmers to understand the determinants of practices.

The first stage led to a general characterization of olive groves in Tunisia on the basis of topography, irrigation and climate: Northern Tunisia is the most diversified region in terms of olive-growing systems. The center is the region that contains the most surface area in olive groves. The south of the country contains less surface area in olive groves and less diversity because of the difficult soil and climate conditions.

The second stage allowed the establishment of a classification of agroforestry systems according to structural characteristics, leading to the establishment of a typology. Five different groups can be distinguished according to location, specific composition and water management. The first group includes irrigated agroforestry systems in the north. These systems are based on an association of olive trees and mixed vegetable species. A second group represents the irrigated agroforestry systems in the center. These systems are in association with monoculture market gardening. A third group represents the fodder-based systems present in the north and center. A fourth system is based on the association with fruit trees, particularly almond trees, in rainfed systems. The fifth system is characterized by the association of olive trees and cereals, both rainfed in the north of the country.

The third stage allowed a better understanding of the farmers' perception of agroforestry. Indeed, farmers practice the association for economic and land reasons. The advantages and disadvantages of this practice from the farmers' point of view are multiple. The main advantages mentioned are a better use of space and better water management. As for the disadvantages, disease transmission and competition between different species are the most evoked.

This study is a first step towards a better study of Tunisian agroforestry. Other aspects of the Tunisian agroforestry can be studied, such as an 'ecological assessment of the effect of this practice.

Keywords: Tunisia, agroforestry, typology, perception of the farmer

## Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu les personnes présentes à ce comité : Karim Barkaoui, Hugo Fernandez Mena et Brigitte Brunel pour votre disponibilité et l'intérêt que vous avez porté à cette étude.

J'en profite pour remercier mes maîtres de stage, Crystèle Léauthaud et Jihène Ben yahmed, sans qui cette étude n'aurait jamais été si intéressante. Merci pour votre confiance, votre accompagnement sans faille tout au long du stage, vos critiques constructives et votre simplicité devant mes complexités.

Merci à tous les agriculteurs et experts enquêtés pour votre temps, votre compréhension, votre patience. Plus particulièrement, merci à Imed Bahri pour son aide.

Merci à Walid et Med Ali, mes chauffeurs, d'avoir été si patients et d'avoir rendu les longues journées de chaleur plus supportable.

Je remercie toute l'équipe enseignante de l'option PVD et les intervenants pour leur professionnalisme, l'écoute et l'exemple qu'ils m'ont montré.

Merci à Fida et Ahmed sans qui cette aventure à Montpellier aurait eu beaucoup moins de saveur. Je remercie également khoulood et sa famille pour leur hospitalité et les bons repas qu'ils m'ont toujours offerts.

Enfin, je tiens à remercier ma famille pour leur soutien. Je te remercie Zohra , Ibitssem et Houssem pour votre présence malgré la distance, et pour tout ce que vous m'apportez au quotidien. Maman, merci pour tout ce que t'as fait, sans toi rien ne serait jamais possible

## Sommaire

1	Introduction .....	11
2	État de l'art .....	12
2.1	Définition de l'agroforesterie .....	12
2.2	Les services écosystémiques de l'agroforesterie .....	12
2.3	L'agroforesterie dans le monde .....	13
2.3.1	Les systèmes agroforestiers tropicaux .....	13
2.3.2	Les principaux systèmes agroforestiers méditerranéens.....	14
2.3.2.1	Les dehasas/montados .....	14
2.3.2.2	Les oasis .....	15
2.3.2.3	Les associations à base de figuier de barbarie .....	15
2.3.2.4	Les associations à base d'oliviers.....	15
2.4	L'agroforesterie en Tunisie .....	16
2.5	Classification des systèmes agroforestiers .....	17
2.5.1	Les méthodes de classification des systèmes agroforestiers.....	17
2.5.2	Les classifications des systèmes à base d'oliviers.....	17
3	Problématique et démarche .....	18
4	Matériel & méthode.....	19
4.1	Zonage agroécologique des systèmes oléicoles par analyse cartographique.....	19
4.2	Diagnostic agronomique des SAF à base d'olivier par observation directe.....	20
4.3	Enquêtes auprès des agriculteurs et des experts .....	21
5	Résultats .....	23
5.1	Une large gamme de systèmes oléicoles en Tunisie.....	23
5.1.1	Caractéristiques pédoclimatiques des systèmes oléicoles tunisiens .....	23
5.1.2	Classification des systèmes oléicoles tunisiens selon des caractéristiques pédo-climatiques.....	23
5.1.3	Critères de sélection des sites d'étude .....	25
5.2	Des SAF différents selon leurs caractéristiques structurelles.....	25
5.2.1	La première classe : oliviers + maraichage plurispécifique.....	29
5.2.2	La deuxième classe : oliviers + maraichage (monospécifique).....	29
5.2.3	La troisième classe : oliviers + fourrage.....	29
5.2.4	La quatrième classe : oliviers + arbres fruitiers (amandier) .....	30
5.2.5	La cinquième classe : oliviers + céréales.....	30
5.3	Les perceptions des agriculteurs sur l'agroforesterie .....	30
5.3.1	Échantillon agriculteurs.....	30
5.3.2	Trajectoires de constitution des SAF.....	30

5.3.3	L'agroforesterie à la tunisienne .....	31
5.3.4	Perceptions des systèmes agroforestiers.....	32
5.3.5	Conditions de mise en place d'un système agroforestier .....	33
5.3.6	L'intérêt de l'installation des SAF.....	35
6	Discussion .....	37
6.1	Discussion des résultats.....	37
6.2	Avantages et limites de la démarche .....	39
6.3	Perspectives de l'étude .....	40
7	Conclusion.....	41
8	Bibliographie.....	42
9	Annexes .....	46



**Liste des tableaux :**

TABLEAU 1: VARIABLES ET CLASSES UTILISEES DANS LE ZONAGE AGROECOLOGIQUE .....	20
TABLEAU 2 : COMPOSITION DES SYSTEMES AGROFORESTIERS UTILISES DANS LE QUESTIONNAIRE.....	22
TABLEAU 3: TYPOLOGIE DES SYSTEMES OLEICOLES TUNISIENS .....	23
TABLEAU 4: LISTE DES VARIABLES UTILISEES DANS L'AFDM .....	27
TABLEAU 5: AVIS DES AGRICULTEURS VIS-A-VIS DES SYSTEMES AGROFORESTIERS PREEXISTANTS ...	34

## Liste des figures :

FIGURE 1 :L'AGROFORESTERIE DANS LE MONDE D'APRES ZOMER ET AL. (2009).....	14
FIGURE 2: DEMARCHE SUIVIE.....	19
FIGURE 3: LA QUALITE DE REPRESENTATION DES VARIABLES .....	26
FIGURE 4:QUALITE DE REPRESENTATION DES MODALITES SUR LE PLAN (1*2) ET ( 2*3).....	26
FIGURE 5:LES GROUPES ISSUS DE LA CAH	FIGURE 6:LE GAIN EN
INERTIE .....	26
FIGURE 7: TYPOLOGIE DES SAF .....	29
FIGURE 8:HISTORIQUE DE CONSTITUTION DES SAF A BASE D'OLIVIERS DANS LES EXPLOITATIONS DU NORD.....	31
FIGURE 9:CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTES DES SYSTEMES AGROFORESTIERS .....	32
FIGURE 10:LES SERVICES FOURNIS PAR LES SAF SELON LES AGRICULTEURS .....	32
FIGURE 11:LES CONDITIONS NECESSAIRES A L'INSTALLATION D'UN SYSTEME AGROFORESTIER POUR LES AGRICULTEURS .....	33
FIGURE 12: RAISONS EVOQUEES PAR LES AGRICULTEURS POUR LA MISE EN PLACE DE SAF .....	35

**Liste des annexes :**

Annexe 1 : Les avantages de l'agroforesterie en fonction des services écosystémiques

Annexe 2 : Un système multi-strate oasien du sud tunisien (D'après Battesti, 2013)

Annexe 3 : Le microclimat oasien (D'après En vie d'Oasis, 2009)

Annexe 4 : Répartition de la production oléicole en Tunisie (D'après FAO, 2018)

Annexe 5 : Méthodes de classification des systèmes agroforestiers

Annexe 6 : Classifications existantes des systèmes agroforestiers à base d'oliviers

Annexe 7 : Couches vectorielles utilisées

Annexe 8 : Répartition géographique des enquêtes

Annexe 9 : Questionnaire agriculteurs

Annexe 10 : Questionnaire experts

Annexe 11 : Cartes de la Tunisie

Annexe 12 : Les différentes combinaisons possibles des systèmes oléicoles

Annexe 13 : Caractéristiques générales des agriculteurs

# 1 Introduction

Au cours des cinquante dernières années, l'homme a drastiquement modifié les écosystèmes, ce qui a entraîné de nombreuses perturbations des systèmes écologiques et physiques à l'échelle mondiale, et notamment des changements climatiques, la dégradation des sols et des terres, et le déclin de la biodiversité mondial d'environ 11 à 14 % (Special Report on Climate Change and Land — IPCC site, 2019). En effet, sur les 9 limites planétaires qui décrivent les limites environnementales dans lesquelles l'humanité peut fonctionner en toute sécurité, 4 limites sont dépassées ou sur le point de l'être (Steffen et al., 2015). L'agroécologie se positionne comme une réponse à ces enjeux environnementaux en mettant la biodiversité et les processus écologiques au cœur du fonctionnement des agrosystèmes. L'agroécologie peut être définie comme une science pluridisciplinaire, un mouvement social et un ensemble de pratiques agricoles (Wezel et al., 2009). Dans cette étude, on s'intéresse plutôt aux pratiques agroécologiques, dont l'agroforesterie constitue une des plus importantes (FCRN, 2013). L'agroforesterie désigne ainsi selon l'association française d'agroforesterie « les pratiques, nouvelles ou historiques, associant arbres, cultures et/ou animaux sur une même parcelle agricole, en bordure ou en plein champ ». L'agroforesterie soutenue par des organisations internationales, telles que l'ICRAF ou la FAO, est une composante technique qui peut contribuer à de meilleures durabilités de l'agriculture, sécurité alimentaire et gestion des ressources naturelles (Aumeeruddy-Thomas et Michon, 2018) qui figurent dans les objectifs de développement durable (ODD) soutenus par les nations unies.

L'agroforesterie est pratiquée dans le monde entier y compris dans le bassin méditerranéen. En effet, les systèmes agroforestiers sont typiques des paysages ruraux traditionnels méditerranéens (Marinelli, 2010). Les systèmes agroforestiers à base d'oliviers sont très répandus en méditerranée où les oliviers peuvent être associés avec d'autres cultures telles que les céréales, les légumineuses ou les cultures fourragères (Eichhorn et al., 2006) ou avec de l'élevage.

En Tunisie, différents types d'associations sont présents du nord au sud du pays. Encore peu étudiés, les systèmes agroforestiers à base d'oliviers sont peu classés ou décrits. Les raisons et choix de mise en place de cette pratique sont également peu connus. L'objectif de ce stage est ainsi **d'identifier, caractériser les systèmes agroforestiers à base d'oliviers en Tunisie, dans leur pluralité. Comprendre les logiques des agriculteurs** dans l'adaptation de ce type des systèmes est aussi un objectif de cette étude. Ce travail sera réalisé au travers des **analyses de données cartographiques, d'observations de terrain et d'entretiens.**

La première partie de ce document fait un état des lieux des différents systèmes agroforestiers existants dans le monde, selon leur composantes (les espèces d'arbres, les espèces des cultures en association ou l'élevage), leur zones agroécologiques (type du sol, l'étage bioclimatique, etc.). Ensuite, l'intérêt est donné aux systèmes agroforestiers du bassin méditerranéen y compris ceux de la Tunisie. Puis, les méthodes de classification de systèmes agroforestiers sont détaillées. La méthodologie mise en place afin de répondre à la problématique est décrite dans une seconde partie. La troisième partie donne les résultats obtenus. Ces résultats sont discutés dans une quatrième partie au regard de la littérature scientifique actuelle.

## 2 État de l'art

### 2.1 Définition de l'agroforesterie

L'étude de l'agroforesterie a pris de l'ampleur notamment avec la création en 1977 du Conseil international pour la recherche en agroforesterie (ICRAF), connu aujourd'hui sous le nom de Centre mondial d'agroforesterie. Ceci a marqué l'institutionnalisation de l'agroforesterie en tant que science multidisciplinaire (Nair, 2014).

L'agroforesterie est un mot relativement nouveau qui désigne un ensemble de pratiques anciennes. Les premières définitions scientifiques de l'agroforesterie apparaissent dans les années 1970. Elle est considérée comme « *un système de gestion de terre durable qui augmente le rendement des terres, combine la production de cultures (y compris l'arboriculture) et les herbacées et/ou les animaux simultanément ou successivement sur la même unité de terre, et applique des pratiques de gestion compatibles avec les pratiques culturelles de la population locale* » (Nair, 1993).

Dans la définition de l'ICRAF de 1993, l'existence des interactions à la fois écologiques et économiques entre les différentes composantes d'un système agroforestier a été incluse. En 2008, l'ICRAF a élargi la définition pour inclure les effets bénéfiques de cette pratique. L'agroforesterie est donc « *un système dynamique et écologique de gestion des ressources naturelles qui, en intégrant les arbres dans les exploitations et les paysages agricoles, contribue à diversifier et à soutenir la production pour un meilleur bénéfice économique, environnemental et social* ». Les définitions sont ainsi multiples, mais c'est le concept qui est important (Nair, 2011). Le consensus généralement adopté sur l'agroforesterie est que c'est un système, incluant l'agriculture, la sylviculture et éventuellement de l'élevage, qui engendre de multiples impacts.

L'agroforesterie est promue depuis longtemps, tant dans les régions tropicales que tempérées, comme une pratique qui fournit un certain nombre de services écosystémiques. Cependant, ceci dépend d'un certain nombre de facteurs spécifiques tels que les caractéristiques du sol, la composition des espèces, l'âge des plantes, la durée de rotation et le mode de gestion (Bateni et al., 2019). Ces services sont détaillés dans la section suivante.

### 2.2 Les services écosystémiques de l'agroforesterie

Parmi les mérites attribués à l'agroforesterie, l'amélioration des services écosystémiques est toujours mise en avant. Les services écosystémiques sont les bénéfiques que les gens tirent des écosystèmes (Millineum Environmental Assesment, 2005). Les services écosystémiques tels que décrits dans le MEA sont : les services d'approvisionnement (les produits fournis par les écosystèmes), les services de régulation (régulation des phénomènes naturels), les services de support (les services de base nécessaires à la création des autres services) et les services culturels (les services qui contribuent au bien être humain) (Millineum Environmental Assesment, 2005). L'annexe 1 résume ces avantages en fonction des services écosystémiques tels qu'ils sont décrits dans le MEA.

L'agroforesterie assure d'abord un service d'approvisionnement. Par exemple, aux Etats-Unis, la monoculture de noyers noirs pour la production de bois ne justifie pas les dépenses liées à la mise en place de la culture. L'installation de cultures intercalaires pendant les premières années permet de fournir des revenus le temps que le bois soit prêt à être collecté (Nair, 1993). Quant aux services de régulation, les arbres garantissent une couverture permanente au sol le protégeant de l'érosion éolienne et hydrique. Ceci crée d'une part, un microclimat favorable au développement de l'activité biologique du sol. D'autre part, grâce à leurs biomasses ligneuses aériennes et souterraines et à leurs litières, les arbres augmentent le stockage en carbone. En plus, l'agroforesterie contribue à l'amélioration de la biodiversité. Les arbres constituent des couloirs de déplacement de la faune qui évitent d'habitude les espaces ouverts. Les systèmes agroforestiers attirent de la microfaune y compris les ennemis naturels des ravageurs des cultures (Louppe et

Mille, 2015). En ce qui concerne les services de support, l'agroforesterie contribue au recyclage des éléments nutritifs. En effet, les racines des arbres explorent plus profondément le sol et récupèrent ainsi des éléments minéraux lessivés. Pour les services culturels, il est connu que les systèmes agroforestiers sont des paysages ouverts, attractifs et favorables aux activités de loisirs humaine (Fourrier, 2002; Penot et Feintrenie, 2014). Cette pratique est répandue depuis dans différentes parties du monde. Dans la section suivante, un état de lieu des systèmes existants dans le monde est mis en avant.

Cependant, l'agroforesterie présente également des limites. Par exemple, la compétition peut s'établir entre les différentes espèces. Une diminution des superficies cultivables en intercalaire est également observée. Comme ils attirent différentes espèces de microfaune, les systèmes agroforestiers peuvent également être un réservoir des nuisibles de la culture (Loupe et Mille, 2015). D'autres limites à l'adoption de cette pratique peuvent être d'ordre organisationnel, avec un accès aux parcelles plus restreint ou une augmentation du temps de travail associé à la parcelle. Des problèmes fonciers sont aussi présents dans les cas où les arbres sont la propriété d'une personne autre que celle cultivant les cultures intercalaires rendant ainsi le système complexe (Penot et Feintrenie, 2014). Le coût d'installation relativement élevé s'ajoute à ces limites.

### 2.3 L'agroforesterie dans le monde

L'agroforesterie est un système agricole répandu qui existe depuis de nombreuses siècles dans tous les continents habités (Nair, 1993) et très diversifié. La figure 1 (Zdruli, 2012) présente sous forme de différentes couleurs le pourcentage du recouvrement des terres agricoles en arbres. Elle représente ainsi la répartition géographique potentielle des systèmes agroforestiers mondiaux, en excluant les systèmes forestiers cultivés. Le pourcentage le plus élevé (>45 %) est détenu par les zones tropicales. Un pourcentage moyen de 10 à 30 % se retrouve dans les zones tempérées de l'Europe centrale et occidentale et du Midwest de l'Amérique du nord. La frontière sud du Sahara, les prairies du nord de l'Amérique du Nord et le sud-ouest de l'Australie sont les zones agricoles avec un pourcentage inférieur à 10 %. Le bassin méditerranéen appartient ainsi à cette dernière classe.

Dans cette partie, l'accent est mis en premier lieu sur les systèmes agroforestiers tropicaux étant les plus nombreux (Nair, 1993). En deuxième lieu, ce sont les systèmes agroforestiers méditerranéens qui seront présentés étant au cœur de l'étude.

#### 2.3.1 Les systèmes agroforestiers tropicaux

Les systèmes agroforestiers tropicaux peuvent être classés selon les différentes zones climatiques (Nair, 1993), en les subdivisant en systèmes de plaines humides, plaines semi-arides ou montagneuses.

Dans les **plaines humides**, le climat chaud et humide toute l'année favorise la croissance rapide d'un grand nombre d'espèces végétales, notamment les arbres. Parmi les systèmes agroforestiers existants, il y a les cultures itinérantes sous couvert forestier et les cultures en taungya. Les cultures itinérantes résultent d'une réimplantation d'arbres après abattis complet d'une parcelle de forêt *naturelle*. Les taungya sont des plantations sous ombrage d'arbres ou arbustes *cultivés*, comme le caféier, le cacaoyer (Penot et Feintrenie, 2014) ou le bananier.

Les zones tropicales **semi-arides et arides** sont caractérisées par une ou deux saisons des pluies et au moins une longue saison sèche. Les principaux systèmes agroforestiers de ces zones sont les arbres à usage multiples sur les terres cultivées. Ce sont notamment des systèmes basés sur l'acacia *Faidherbia albida*, trouvé dans les zones sèches d'Afrique, et le système basé sur l'acacia *Prosopis cineraria*, trouvé dans les zones sèches d'Inde (Nair, 1993).

Les régions tropicales des **hauts plateaux** sont caractérisées par des températures annuelles globales faibles. Les majeurs systèmes agroforestiers de cette zone sont des systèmes de production à base de caféier et/ ou du théier (Nair, 1993).

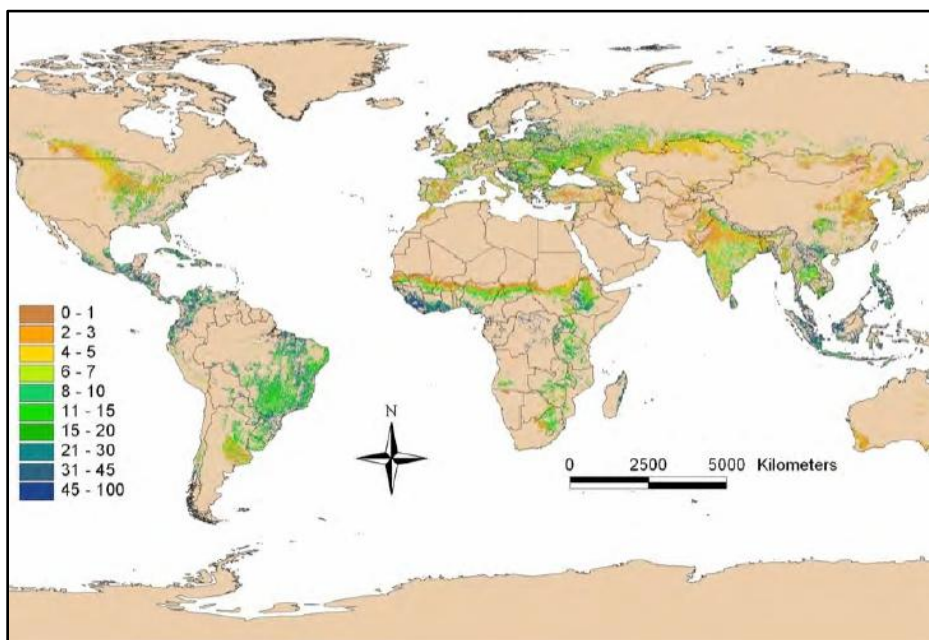


Figure 1 :L'agroforesterie dans le monde d'après Zomer et al. (2009).

### 2.3.2 Les principaux systèmes agroforestiers méditerranéens

Comme sous les tropiques, une longue tradition d'agroforesterie existe dans les zones tempérées répondant aux besoins humains, à la fois par des associations efficaces d'arbres, d'animaux et de cultures et par une gestion judicieuse des écosystèmes naturels (den Herder, 2017; Nair, 1993). Dans cette partie, l'intérêt est porté sur les systèmes agroforestiers méditerranéens qui sont très diversifiés (den Herder, 2017). Principalement basés sur des espèces d'arbres endémiques telles que les chênes, le caroubier, l'arganier et l'olivier, sans pour autant exclure l'utilisation d'espèces non méditerranéens tels que les figuiers de barbarie. Des associations typiques s'effectuent avec les chênes donnant les dehesas en Espagne et les montados en Portugal (Rigueiro-Rodríguez et al., 2009). Les oliviers, les palmiers dattiers, les arganiers et les figuiers de barbarie construisant des systèmes agroforestiers à base d'arbres fruitiers sont également répandus en Méditerranée (Lauri et al., 2019).

#### 2.3.2.1 Les dehesas/montados

Typiques de la péninsule ibérique et s'étendant sur 3 millions d'hectares, les dehesas sont le résultat d'une simplification de la structure et de la diversité spécifique des forêts méditerranéennes. En effet, la densité en arbres est réduite et le matorral est éliminé. L'élevage de races traditionnelles à faible densité de population est pratiqué dans les montados. Les montados sont conçues généralement pour le pâturage mais peuvent être utilisées aussi pour produire du liège, du bois de chauffage, du gibier, des champignons et du miel. Ces systèmes sont formés de deux strates. La strate arborée est généralement dominée par les chênes, notamment verts et liège. Ces chênes produisent des glands utilisés pour l'alimentation du bétail. Des oliviers et des caroubiers peuvent être aussi trouvés dans ce type de systèmes. Ces derniers ont une importance économique et sociale considérable, notamment en Afrique du nord. La strate herbacée est formée par des herbes annuelles. Les dehesas sont des systèmes de production adaptés à la faible fertilité des sols et la topographie généralement ondulée de la péninsule ibérique (Rigueiro-Rodríguez et al., 2009). Ces systèmes se retrouvent également dans les zones à plus forte pluviométrie et moyenne altitude, en Afrique du Nord.

Les dehesas, qui représentent 50 % des terres de pâtures espagnoles. Elles permettent ainsi de valoriser des terres rudes par la production d'animaux de haute qualité et d'autres produits. Elles sont aussi un mode traditionnel de gestion des terres fortement apprécié. Elles sont considérées comme un réservoir de biodiversité à fort potentiel touristique. Ceci leur confère un rôle économique et social important.

### 2.3.2.2 Les oasis

Les oasis, caractéristiques des déserts se trouvant dans la partie sud de la région méditerranéenne. Elles sont des systèmes agroforestiers complexes. Le sud tunisien faisant partie du Sahara abrite ces oasis. Les oasis se sont développés grâce à leur rôle de relais sur la route commerciale saharienne de l'or (Battesti, 2005). Elles sont considérées comme des écosystèmes particuliers caractérisés par une structure végétale verticale en trois strates, associant une agglomération humaine à une palmeraie liée à des sources dans un milieu désertique (Battesti, 2013). Le palmier dattier *Phoenix dactylifera L.* en est l'emblème. Ce dernier est certes l'espèce clé du système oasien (Lauri et al., 2019) mais il n'est qu'une des espèces cultivées, parmi de nombreuses autres. Plusieurs espèces sont cultivées sur un espace relativement réduit conférant une biodiversité élevée au système (Battesti, 2005).

L'annexe 2 montre les trois strates typiques d'une oasis : la plus haute est constituée par les palmiers dattiers, la strate intermédiaire est composée d'arbres fruitiers (olivier, figuier, vigne, amandier, grenadier, abricotier, bananier, oranger, etc.), et à l'ombre de cette dernière sont cultivées des cultures annuelles (maraîchage, fourrage, céréales) (Battesti, 2013; Lauri et al., 2019). Cette superposition crée un microclimat interne spécifique aux oasis. En effet, la strate arborée représentée par les palmiers sert de voûte qui protège en premier lieu les herbacées contre les rayons solaires. En deuxième lieu, elle piège l'eau transpirée par les végétaux sous la chaleur du jour. Cette eau se condense la nuit pour être réutilisée (annexe 3).

### 2.3.2.3 Les associations à base de figuier de barbarie

Originaire du Mexique, l'espèce *Opuntia ficus-indica* s'est naturalisée dans d'autres régions notamment en Méditerranée. Cette espèce est fortement développée au Maghreb, en Espagne, au Portugal et en Italie. La culture de figuiers de barbarie au Maghreb est arrangée en allée ainsi qu'en haies. La culture en allée est une technique d'agroforesterie (Nair, 1993). Ils sont simultanément cultivés en rangs larges avec une culture annuelle (orge, avoine, etc.) dans l'inter-rang.

En Tunisie, la surface couverte par les cactus est d'environ 600 000 ha. Leurs usages sont multiples. Ils sont cultivés en association avec notamment de l'orge dans le centre du pays. Les cactus, agissant en brise-vent, produisent des cladodes qui peuvent être broyées et servies aux animaux en période d'étiage fourrager (Alary et al., 2007). Les fruits sont vendus au marché (FAO, 2018)

Des nombreuses études (Alary et al., 2007 ; Daly-Hassen et al., 2019) ont montré l'effet bénéfique de ces associations avec le figuier de barbarie. En effet, en comparaison avec une culture céréalière pure, la biomasse céréalière augmente en association avec du cactus (FAO, 2018). En outre, cultiver une céréale avec du cactus s'est avéré économiquement plus rentable que de cultiver une céréale avec des oliviers (Daly-Hassen et al., 2019).

### 2.3.2.4 Les associations à base d'oliviers

La Méditerranée détient 90 % de la surface mondiale en oliviers (Zdruli, 2012). Les oliveraies couvrent environ 9 millions d'hectares. Les autres pays hors du bassin méditerranéen (Chili, Australie, Californie ...) détiennent 2,7 millions d'hectares (Gharbi et al., 2014). Le bassin méditerranéen assure 95 % de la production mondiale (Allalout et Zarrouk, 2013).



L'olivier, endémique de la Méditerranée, est un arbre rustique. En effet, il est apte à tolérer la sécheresse ainsi qu'une légère salinisation d'eau (Gharbi et al., 2014). Il est aussi adapté à différents contextes édaphiques à l'exception des sols très argileux (Allalout et Zarrouk, 2013).

Les oliviers constituent la base des systèmes agroforestiers méditerranéens. En effet, au Maroc, 75 % des oliveraies adultes sont associées à des cultures annuelles (Razouk et al., 2012). Plusieurs cultures sont plantées sous les oliviers, telles que des vignes, des céréales (blé, orge, seigle, avoine...), des fourrages, des légumineuses ou des cultures maraîchères. Les oliviers sont aussi associés à d'autres arbres tels que les figuiers, les caroubiers ou les amandiers. Le bétail est présent dans ces systèmes : les chèvres et les moutons pâturent le sous-bois après la récolte commerciale des olives. Les espèces du sous-bois non destinées aux troupeaux sont principalement broutées au printemps. La conduite en association a des effets sur le développement physiologique des espèces associées, sur le sol ainsi que sur la gestion de l'eau (Karray et al., 2008 ; Kizos et Plieninger, 2008 ; Rigueiro-Rodríguez et al., 2009).

## 2.4 L'agroforesterie en Tunisie

La pratique de l'agroforesterie est ancienne en Tunisie (Gharbi et al., 2014). En effet, les systèmes agroforestiers sont pratiqués par « les fellahs<sup>1</sup> des oasis et les exploitants des souanis<sup>2</sup>, sans doute sans le savoir » (Saadani, s. d.). Le sud du pays est connu par ses systèmes oasiens qui représentent un système agroforestier complexe. Des systèmes agroforestiers à base de figuiers de barbarie sont également présents notamment dans le centre du pays (Daly-Hassen et al., 2019). Le nord du pays est occupé par des subéraies qui sont pâturées par le cheptel animal faisant penser aux dehesas espagnoles. Les systèmes agroforestiers à base d'oliviers sont les plus répandus dans le pays. En effet, les oliviers sont cultivés en association avec d'autres cultures annuelles (céréales ou arbres fruitiers tels que les agrumes, la vigne ou les amandes) au nord et dans certaines zones du Centre, tandis qu'au Sud, ils sont exclusivement cultivés en monoculture (Allalout et Zarrouk, 2013). Etant déjà abordé dans la section ci-dessus, les systèmes agroforestiers tunisiens autres que ceux basés sur l'olivier ne figureront pas dans cette partie. En effet, cette section est réservée pour présenter plus en détail le secteur oléicole tunisien étant une composante indispensable de ces systèmes.

En Tunisie, l'oléiculture est une culture stratégique de l'économie. Adapté aux conditions édaphiques et climatiques du pays, l'olivier à huile s'étend sur la totalité des terres agricoles et occupe actuellement 30 % de la SAU du pays avec plus de 65 millions d'oliviers. Elle emploie 57% des agriculteurs (Zaied et Zouabi, 2016). L'olive est le premier produit agricole d'exportation de la Tunisie. L'huile d'olive représente plus d'un quart des exportations alimentaires du pays (FAO, 2015). Le secteur fait vivre plus d'un million de personnes. Il représente en effet, 20 % du travail agricole. Il représente en outre 15% de la valeur totale de la production agricole finale. Les oliviers sont répartis sur toute la Tunisie (Gharbi et al., 2014). L'oléiculture est axée sur deux principaux cultivars : le cultivar Chétoui, dans le Nord, et le cultivar Chemlali, dans le Centre et le Sud du pays. La variété Chétoui se caractérise par une huile fruitée. Quant à la variété Chemlali, l'huile est peu amère et peu piquante (Gharbi et al., 2014).

Le nord de la Tunisie est spécialisé en céréaliculture. Néanmoins, l'oléiculture y est présente. Bien que la pluviométrie est irrégulière, cette région bénéficie en moyenne de 400 à 600 mm/an. Plusieurs périmètres irrigués existent aussi ce qui facilite l'installation des oliveraies à des densités plus élevées (100 arbres/ha) que celles du centre et du sud. Les variétés cultivées produisent une huile de qualité à des teneurs d'acidité plus faibles que celles du centre et du sud (FAO, 2015).

Le centre concentre 65 % de la surface oléicole tunisienne. Les systèmes oléicoles y sont plus extensifs que dans la région nord. L'oléiculture est souvent traditionnelle. Les oliveraies sont

---

<sup>1</sup> Fellah : petit propriétaire agricole

<sup>2</sup> Souanis : ensemble de vergers maraîchers

conduites en extensif, sans irrigation et avec peu voire pas d'intrants (utilisation des déchets du bétail). Les oliviers sont plus âgés (FAO, 2015).

Le sud du pays représente des systèmes oléicoles extensifs à cause des faibles précipitations (17 arbres / ha) (annexe 4). La plupart sont cultivés en monoculture (FAO, 2015).

Les documents scientifiques qui décrivent les systèmes oléicoles sont nombreux (FAO, 2015; Gharbi et al., 2014; Zaied et Zouabi, 2016). Cependant les articles qui traitent les systèmes agroforestiers à base d'oliviers sont moins fréquents. Les classifications de ces systèmes sont encore peu étudiées à l'exception de quelques articles qui s'intéressent le plus souvent aux pays du nord de la Méditerranée. Les études de classification dans les pays du sud de la méditerranée sont rares. Ainsi, les systèmes agroforestiers tunisiens n'ont jamais été entièrement classés à l'échelle du pays.

## **2.5 Classification des systèmes agroforestiers**

La classification des systèmes agroforestiers est effectuée pour différentes raisons. Il peut s'agir de comprendre et d'évaluer les systèmes agroforestiers existants et de développer des plans d'action pour leur amélioration (Stepler et Nair, 1987). Cela peut aussi concerner l'identification des différents types d'agroforesterie et le regroupement de ceux qui sont similaires, pour faciliter la communication et le stockage organisé des informations sur ces systèmes (Sinclair, 1999). Ces différentes raisons ont conduit à différentes méthodes de classification qui seront détaillées ci-dessous. Cette analyse permet de décrire les principales variables utilisées dans la classification des systèmes agroforestiers.

### **2.5.1 Les méthodes de classification des systèmes agroforestiers**

Les premiers travaux de classification des systèmes agroforestiers ont débuté dans les années 70 (Nair, 1993). Cependant, Nair les considérait comme des exercices de développement de concepts plutôt que des aides à l'évaluation et à l'analyse de systèmes agroforestiers basés sur des données du terrain. L'annexe 5 illustre des classifications des pratiques agroforestières selon différentes types de variables.

Les méthodes de classification peuvent être décrites comme générales et spécifiques. Quand elles sont générales, elles peuvent être appliquées dans différents contextes d'agroforesterie dans le monde ce qui réduit le niveau de précision des descriptions établies. Par exemple, une classification des systèmes agroforestiers tropicaux pourrait être appliquée à des systèmes des zones tempérées mais elle ne sera pas aussi précise qu'une méthode de classification conçue spécifiquement pour une agroforesterie des zones tempérées. Quand les classifications sont spécifiques, les variables utilisées décrivent mieux un contexte donné, ce qui permet d'obtenir une meilleure précision. Les avantages et les inconvénients de chacune de ces méthodes sont évalués par rapport au contexte Tunisien. En effet, certaines données, telles que les données socio-économiques, sont jugées difficiles à obtenir du fait qu'elles ne peuvent être obtenues que par des enquêtes en Tunisie. En contrepartie, les données accessibles telles que les composantes de système peuvent être dégagées directement à partir des cartes agricoles sans nécessité d'aller sur le terrain et cela facilite le travail de classification.

### **2.5.2 Les classifications des systèmes à base d'oliviers**

L'accent a été longtemps mis sur l'agroforesterie tropicale plutôt que tempérée (Nair, 1993). Cela explique l'abondance des articles écrits sur la classification des systèmes d'agroforesterie tropicale alors que la classification des systèmes à base d'oliviers n'est que peu documentée, à l'exception de quelques articles (Daoui et Fatemi, 2014; Fleskens, 2008; Kmoch, 2018; Rühl et al., 2011).

L'annexe 6 résume les principaux travaux de classification des systèmes agroforestiers à base d'oliviers dans le monde.

Bien que les méthodes de classification puissent légèrement différer les unes des autres selon les contextes des pays, la tendance générale est de classer selon des traits socio-économiques. En général, trois types de variables sont régulièrement employés : les variables agronomiques, socio-économiques et écologiques. Il est également clair que certaines de ces variables figurent fréquemment dans les classifications des systèmes agroforestiers à base d'oliviers. C'est en particulier le cas des deux variables "pente" (pour décrire les topographies) et "irrigation".

### 3 Problématique et démarche

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet VIANA (Vulnérabilités et capacités adaptatives de l'agriculture irriguée au Maghreb, <http://viana.cirad.fr/>), coordonné par le CIRAD, avec les partenaires maghrébins, en particulier l'INAT en Tunisie. Ce projet porte sur la caractérisation et l'évaluation de pratiques agricoles à potentiel agroécologique, c'est-à-dire sur la compréhension et l'évaluation de choix opérationnels effectués par les agriculteurs à l'échelle de l'exploitation ou de la parcelle qui valorisent les processus écologiques. Une large gamme de pratiques ont été identifiées (Ameur et al., accepté), dont l'agroforesterie. Ce travail de stage s'inscrit dans l'objectif de mieux décrire les systèmes agroforestiers existant en Tunisie, et d'en comprendre les déterminants de mise en place.

L'olivier est l'arbre le plus cultivé en Tunisie (1/3 de la SAU). Les systèmes agroforestiers à base d'oliviers sont ainsi les plus susceptibles de se trouver dans le pays. Cependant d'autres types de SAF existent (systèmes à base de chênes au Nord, oasis au Sud). Le choix d'étudier les systèmes d'agroforesterie basés sur l'olivier tire sa légitimité de la distribution de l'oléiculture sur l'ensemble du territoire tunisien par rapport à d'autres systèmes qui sont spécifiquement situés au nord ou au sud du pays.

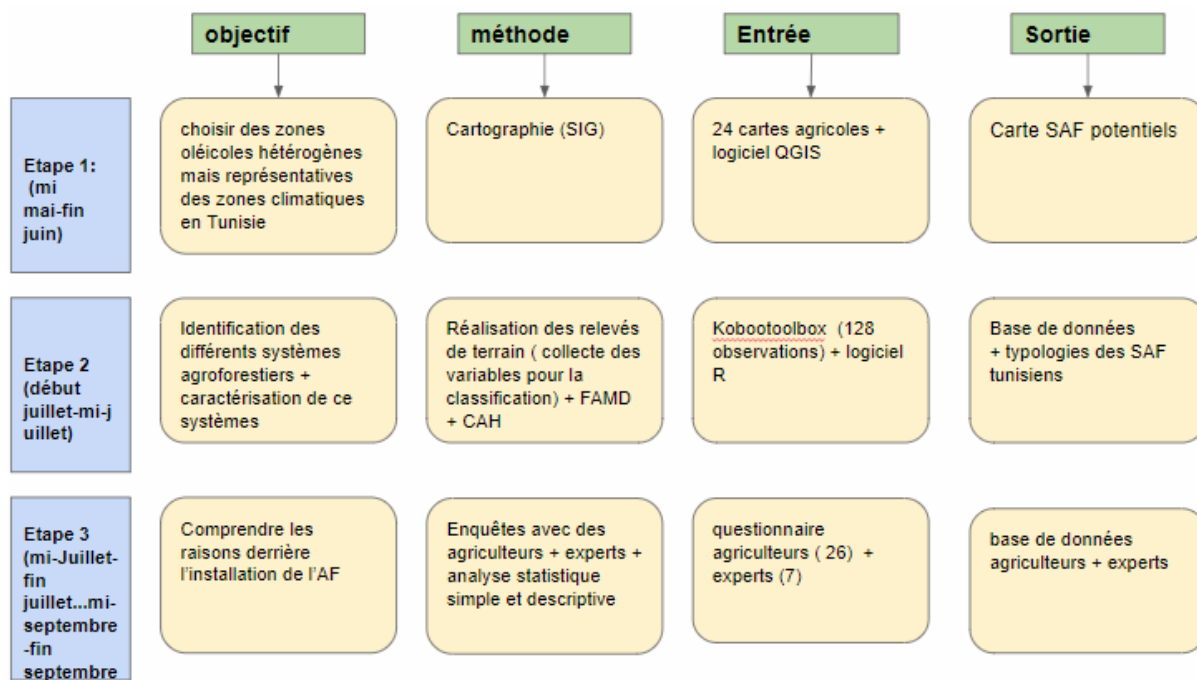
Ce présent stage apporte des réponses à la question suivante : **Quels systèmes agroforestiers à base d'oliviers existent en Tunisie ?**

Le but étant de classer ces systèmes agroforestiers selon leurs principales caractéristiques structurelles (espèces et organisation au sein de la parcelle). Les raisons d'adaptation de l'agroforesterie sont également étudiées ainsi que la perception des agriculteurs des avantages et inconvénients liés à cette pratique.

Les hypothèses de travail sont donc les suivantes :

- L'agroforesterie à base d'oliviers existe en Tunisie. Différentes typologies de systèmes agroforestiers à base d'oliviers peuvent être ainsi identifiées.
- L'adoption de l'agroforesterie est expliquée par plusieurs facteurs agronomiques et socio-économiques.
- Le modèle agroforestier tunisien peut contribuer à une meilleure durabilité de l'agriculture du pays.

La démarche employée pour tester ces hypothèses et répondre à la problématique est présentée dans la figure 3.



**Figure 2: Démarche suivie**

La première étape a comme objectif de sélectionner des zones oléicoles représentatives de la diversité des systèmes oléicoles et de leurs potentielles associations. Le résultat est une première classification des systèmes oléicoles sur la base des variables pédoclimatiques et agronomiques. La deuxième étape a porté sur un diagnostic à l'échelle parcellaire d'un nombre réduit de zones représentatives des classes de ces systèmes obtenus, pour décrire ces systèmes sur la base de variables structurelles issues d'observations de terrain. En troisième étape, des entretiens auprès d'agriculteurs et d'experts ont été effectués pour comprendre les logiques soutenant cette pratique d'agroforesterie.

Cette méthodologie est en partie établie en se basant sur le mode d'acquisition de ces variables, en proposant des étapes successives utilisant d'abord des données facilement accessibles sur l'ensemble du pays, à des étapes nécessitant l'acquisition de données de plus en plus précises et chronophage.

## 4 Matériel & méthode

### 4.1 Zonage agroécologique des systèmes oléicoles par analyse cartographique

L'objectif de cette étape est de décrire, à l'échelle du pays, les systèmes oléicoles à partir d'un nombre limité de variables structurelles. Cette description permet de sélectionner des zones représentatives des différents systèmes oléicoles existants. La description des systèmes oléicoles est réalisée par la création d'une carte, qui décrit le parcellaire à partir de quatre variables : la présence d'oliviers, le type de climat, la pente, et la disponibilité en eau d'irrigation. Ces variables, déterminantes pour le choix des cultures associées et la structuration du parcellaire, permettent de décrire les systèmes agroforestiers (SAF). En effet, le climat influence la variété utilisée des oliviers, la densité, etc. L'irrigation - combinée avec la variable climat - reflète le niveau d'intensification des systèmes de production, le nombre et le type des espèces conduites en intercalaire. La pente influence l'arrangement spatial des parcelles. Deux des trois variables (pente et irrigation) étaient utilisées dans la majorité des méthodes de classification des systèmes

agroforestiers (Daoui et Fatemi, 2014; Fleskens, 2008; Kmoch, 2018; Rühl et al., 2011). Enfin, seules ces données sont disponibles, et relativement certaines, à l'échelle de la Tunisie.

Les données proviennent des cartes agricoles de la Tunisie (Ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources Hydrauliques, 2003). La Tunisie est subdivisée territorialement en 24 gouvernorats, avec une carte par gouvernorat. Le travail est conduit sur tous les gouvernorats. Les couches informatisées utilisées sont décrites en annexe 7. En premier lieu, les 24 couches de données pour chaque variable (occupation du sol, pente, irrigation et climat) ont été fusionnées pour obtenir quatre cartes à l'échelle nationale. En deuxième lieu, ces couches ont été regroupées en un nombre limité de classes. A titre d'exemple, le climat qui règne en Tunisie est classé en 7 classes selon la classification de Koppen. Ces 7 classes ont été regroupées en 4 classes dans ce document. Concernant la couche « Occupation du sol », la classe « arbres fruitiers » a été utilisée pour distinguer la présence d'oliviers, en faisant l'hypothèse que la grande majorité des arbres cultivés en Tunisie sont des oliviers ou cultivés en association avec des oliviers.

L'analyse cartographique a été entièrement réalisée à l'aide du logiciel « qgis 3.8 » (QGIS.org, 2019)

Cette classification préliminaire aboutit à 21 types oléicoles différents, décrits dans les résultats.

**Tableau 1: Variables et classes utilisées dans le zonage agroécologique**

<b>Variable</b>	<b>Classes carte originale</b>	<b>Classes retenues</b>
<b>Climat</b>	Humide, subhumide, semi-aride (supérieur et inférieur), aride (supérieur et inférieur) et saharien	Humide, Subhumide, Semi-aride, Aride
<b>Pente</b>	(0-3%), (3 – 5 %), (5-10%), (10-15%), (15 – 25),(>25%)	Pente faible (0-5 %), Pente moyenne (5-15%), Pente élevée (>15 %)
<b>Irrigation</b>	Irrigué, sec et mixte	Périmètre irrigué, Superficies non irriguées
<b>Occupation du sol</b>	Culture maraichère de printemps sous oliviers, cultures maraichères d'été sous oliviers, oliviers, verger, palmeraies, oliviers-cultures fourragères, verger-cultures maraichères-cultures fourragères, arboriculture, palmiers-vergers, palmiers-cultures fourragères, palmiers-vergers-cultures fourragères, palmiers-vergers-cultures maraichères, palmiers-cultures fourragères-cultures maraichères-vergers	Présence d'oliviers, Absence d'oliviers

#### **4.2 Diagnostic agronomique des SAF à base d'olivier par observation directe**

L'objectif de cette étape est d'étudier les SAF dans les zones préalablement choisies à travers la construction d'une base de données (variables structurelles et contacts des agriculteurs) qui servent à classer ces systèmes et de mener les enquêtes ultérieurement.

Cette étape a ainsi permis la collecte des données inspirées de la littérature scientifique (Nair, 1993), en particulier dans la région méditerranéenne. Des adaptations nécessaires au contexte tunisien ont été mises en place. Ces données concernent la structuration de la parcelle agroforestière et sa composition. L'étape 1 du travail a permis de sélectionner deux zones d'études à visiter : la première étant au nord du pays représentée par les deux gouvernorats de Béja et Jendouba et la deuxième étant au centre représentée par le gouvernorat de Sfax. En préparation au travail de terrain, les représentations régionales de l'UTAP (union tunisienne de l'agriculture et de la pêche) et le CRDA (commissariat régional de développement agricole) ont été contactés pour affiner le choix des zones à visiter au sein des gouvernorats. Le jeu de données collecté contient au final 229 observations comprenant 20 variables (2 quantitatives et 18 qualitatives). L'application informatique « kobotoolbox<sup>3</sup> » a été utilisée pour récolter et stocker ces données. Cette application facilite le travail en construisant un relevé de terrain au préalable qui est rempli et sauvegardé automatiquement grâce à un smartphone.

Les données structurelles à l'échelle du parcellaire ont été analysées en deux étapes, d'abord par une analyse factorielle de données mixtes, et ensuite par une classification ascendante hiérarchique. L'Analyse Factorielle des Données Mixtes (AFDM) est une méthode destinée à analyser un jeu de données contenant à la fois des variables quantitatives et qualitatives (Pagès, 2004). Elle permet d'analyser la similitude entre les individus en prenant en compte des variables mixtes. De plus, on peut explorer l'association entre toutes les variables, tant quantitatives que qualitatives. L'AFDM se comporte comme une ACM pour les variables qualitatives donc plus il y a de modalités plus y aura des dimensions pour expliquer l'inertie. Le but est de résumer l'inertie en un nombre restreint d'axes, ce qui augmente l'inertie des premiers axes. Pour se faire, les variables comprenant le plus des modalités ont été modifiées soit par un regroupement de modalités ou par la création d'une nouvelle variable qui garde l'information mais avec moins de modalités. D'autres variables sont traitées comme des variables supplémentaires (elles ne contribuent pas à la formation des axes) mais peuvent être sollicitées pour expliquer les résultats obtenus. L'AFDM a permis de réduire le nombre des dimensions étant donné le nombre élevé des variables. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) sert à identifier des groupes d'individus présentant des traits communs à travers un arbre de regroupement hiérarchique. Le principe est d'augmenter autant que possible l'homogénéité intra-classe et de diminuer autant que possible l'homogénéité interclasse pour aboutir à des individus similaires au sein de la même classe et à des classes dissemblables entre elles. Le choix de niveau de coupure a été effectué grâce au critère de gain en inertie. Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R (R Development Core Team, 2008).

### 4.3 Enquêtes auprès des agriculteurs et des experts

L'objectif de cette étape est de déterminer la perception des systèmes agroforestiers par les agriculteurs et de déterminer le point de vue des experts sur les pratiques agroforestières actuelles des agriculteurs tunisiens.

Des premiers contacts d'agriculteurs ont été obtenus par l'UTAP et les CRDA régionaux. Ces contacts ont ensuite été complétés pendant la phase de terrain. Quarante-quatre agriculteurs et 8 experts<sup>4</sup> ont été enquêtés entre le nord et le centre. La répartition géographique des agriculteurs est illustrée en annexe 8. Le choix des agriculteurs à enquêter a dépendu de la disponibilité des contacts des agriculteurs en veillant à prendre des contacts de différents profils d'agriculteurs. Chaque entretien a duré en moyenne 1 heure. Le questionnaire construit pour les agriculteurs est semi-directif. Il est structuré en deux grandes parties : la description de l'exploitation et la description des SAF. Les thèmes abordés dans le questionnaire (Annexe 9) sont les suivants :

#### **Description de l'exploitation :**

---

<sup>3</sup> Kobotoolbox : disponible sur <https://kf.kobotoolbox.org/>

<sup>4</sup> Formateur dans un centre de formation en arboriculture, ingénieur en chef de l'O.T.D Chaal, trois ingénieurs chercheurs de l'institut de l'olivier, deux jeunes ingénieurs fondateurs d'un bureau d'études en agronomie



- Contexte général et présentation de l'exploitation (historique, productions, surface, type de conduite (conventionnel, agriculture biologique, ...), type du sol, fertilisation, charge de travail.

- Conduite des cultures (assolement, rendement, adventices et maladies rencontrées, traitements phytosanitaires).

**Systèmes agroforestiers (SAF) :**

- Caractérisation des SAF présents sur l'exploitation (âge oliviers, variété, taille, rendement, cultures en association, animaux en association, conditions d'associations).

- Fonctions agronomiques accomplies par le système agroforestier.

- Avantages et inconvénients des SAF, tels que perçus par l'agriculteur.

- Perspectives des agriculteurs : intention d'associer au futur ou non et pourquoi ?

- Avis des agriculteurs concernant 5 différents systèmes agroforestiers identifiés dans l'étape 2. Ces systèmes se différencient par la culture associée aux oliviers (partie questionnaire photos)

**Tableau 2 : Composition des systèmes agroforestiers utilisés dans le questionnaire**

Système	Culture associée aux oliviers
Système 1	fourrage
Système 2	bétail
Système 3	céréales
Système 4	maraichage
Système 5	amandier

Le questionnaire expert (annexe 10) est un questionnaire ouvert et ne comporte pas de questions spécifiques. Il aborde les thèmes suivants :

- Connaissances dans le domaine de l'agroforesterie

- Avis vis-à-vis de cette pratique en Tunisie (avantages, inconvénients, services, implication de l'état, recommandation de ce type de pratique ou non...)

Les données des enquêtes agriculteurs ont été analysées à travers une analyse descriptive alors que les données des enquêtes experts ont été réservées pour la discussion. L'analyse descriptive a consisté au calcul du nombre d'occurrences des réponses des agriculteurs. Par exemple, pour la partie « perceptions positives de l'agroforesterie », les réponses des agriculteurs ont été classées sous quatre services écosystémiques (productif, régulateur, culturel et protectif). Ainsi, pour chacun de ces services, le nombre total de réponses appartenant à ce service a été calculé et représenté graphiquement. Les réponses des experts ont servi de support pour juger la pertinence des pratiques actuelles des agriculteurs tunisiens.

## 5 Résultats

### 5.1 Une large gamme de systèmes oléicoles en Tunisie

#### 5.1.1 Caractéristiques pédoclimatiques des systèmes oléicoles tunisiens

La Tunisie est subdivisée en 4 étages bioclimatiques : l'humide, le subhumide, le semi-aride et l'aride (Annexe 11). Il existe un gradient croissant de température et de pluviométrie en passant du climat humide à celui aride. Les températures du premier sont les moins élevées et les précipitations sont les plus importantes. L'annexe 11 montre le territoire tunisien classé selon trois modalités de pente : une pente faible de 0 à 5 %, une pente moyenne comprise entre 5 et 15 %, une pente forte de plus de 15 %. La carte montre que la majorité du territoire tunisien est caractérisé par une pente faible. Les pentes moyennes et fortes sont quasi-limitées au nord-ouest du pays. Elle montre aussi que la majorité des agrosystèmes sont conduits en pluvial. Néanmoins, l'irrigation est pratiquée aussi dans quelques régions, tels que le Jendouba ou le Sfax. Les eaux d'irrigation au nord-ouest proviennent en majorité des eaux de la surface (barrages, lacs caulinaires..). Au centre et sud du pays ce sont les eaux souterraines qui sont exploitées pour des fins d'irrigation. L'annexe 11 montre que l'oléiculture est pratiquée sur la quasi-totalité du territoire tunisien. L'oléiculture est concentrée au nord, centre et sud-est du pays mais avec des densités différentes (annexe 4)

#### 5.1.2 Classification des systèmes oléicoles tunisiens selon des caractéristiques pédoclimatiques

La superposition des trois cartes (pente, climat et irrigation) avec la carte de répartition des oliviers en Tunisie permet de produire une carte des systèmes oléicoles tunisiens, qui comportent 21 systèmes différents.

**Tableau 3: Typologie des systèmes oléicoles tunisiens**

Système	Caractéristiques pédoclimatiques	Superficie (ha)	Description des systèmes
<b>S1</b>	Climat humide, pente faible et conduite en pluvial.	39016	Localisé à Jendouba, Béja et Bizerte. Ce système est limité à l'extrême nord du pays. Les surfaces en oliviers sont moins denses au nord de ces gouvernorats qu'à leurs sud. C'est probablement l'effet de la présence des forêts de chênes dans le nord qui limite les surfaces disponibles pour l'oléiculture. Les précipitations varient entre 1000 et 800 mm/an.
<b>S2</b>	Climat humide, pente faible, conduite en irrigué	36935	Présent principalement à Béja et Jendouba. Mais il n'est pas nécessairement limité à ces deux gouvernorats, les gouvernorats de Bizerte et de Nabeul en contiennent aussi. Ces systèmes sont dispersés et répartis autour des périmètres irrigués.
<b>S3</b>	Climat humide, pente moyenne, conduite en pluvial.	32583	Ce système occupe des surfaces à Jendouba, Béja et Bizerte. La pente est dû probablement à la présence des chaînes de montagne de Kroumirie-Mogods qui traversent le nord de ces trois gouvernorats.
<b>S4</b>	Climat humide, pente moyenne, conduite en irrigué.	10135	La localisation principale de ce type de systèmes se trouve à Jendouba. Mais il se peut qu'il se présente à des endroits limités à Béja ou Bizerte. La pente semble être la contrainte principale qui rend difficile l'exploitation de ces endroits et surtout la mise en place d'un système d'irrigation.
<b>S5</b>	Climat humide, pente forte, conduite en pluvial.	10014	Ce système se présente principalement à Béja à proximité du l'oued de kasseb ce qui explique le caractère d'irrigation attribué à ce s5. Il en existe quelques surfaces aussi à Jendouba.
<b>S6</b>	Climat humide, pente forte, conduite en irrigué.	10672	Ce système est difficile à être installé du fait de la combinaison de deux facteurs limitants : la pente et l'irrigation. Le seul endroit qui abrite ce type système peut se trouver à Nabeul.
<b>S7</b>	Climat subhumide,	126555	Ce système se trouve le plus au sud du Bizerte et à l'extrême nord du cap



	pente faible, conduite en pluvial.		bon. Les précipitations varient entre 800 et 600 mm/an permet un bon développement des oliveraies.
<b>S8</b>	Climat subhumide, pente faible, conduite en irrigué.	44983	Ce système se trouve le plus à Bizerte mais à une moindre étendue à Béja. C'est la présence des périmètres irrigués qui conditionne l'existence de ce système. La répartition des oliviers au sein de ce système est diffuse. La pente faible aide à une conduite ordinaire de ces oliviers.
<b>S9</b>	Climat subhumide, pente moyenne, conduite en pluvial.	32145	Ce système se trouve au Kef sur les frontières tuniso-algériennes. C'est la délégation de sidi Youssef qui représente le plus ce type de systèmes. La répartition des oliviers est moins dense qu'à d'autres régions du même gouvernorat. C'est l'effet de la pente qui a constitué un facteur limitant à l'existence de ce type de système
<b>S10</b>	Climat subhumide, pente moyenne, conduite en irrigué.	7351	Ce système se trouve principalement à Jendouba plus précisément à la délégation d'oued meliz. Ceci explique la présence de l'irrigation à ces endroits malgré la pente (proximité de l'oued oued-meliz)
<b>S11</b>	Climat subhumide, pente forte, conduite en pluvial.	38986	Ce système se trouve au sud du Béja et Siliana. Ce système est peu répandu à cause de la présence de pente forte qui limite l'implantation des oliveraies. Les précipitations importantes caractéristiques du climat subhumide encouragent en contrepartie la plantation des oliveraies.
<b>S12</b>	Climat subhumide, pente forte, conduite en irrigué.	12784	Ce système se trouve dans le gouvernorat du Nabeul. La répartition des oliviers est également homogène.
<b>S13</b>	Climat semi-aride, pente faible, conduite en pluvial.	239436	Ce système se trouve le plus dans le gouvernorat du Kef et le nord du Kasserine. Le gouvernorat du Béja et du Zaghouan en contiennent aussi quelques délégations. Les pluviométries du climat semi-aride varient de 300 à 600 mm /an garantissent un développement ordinaire des oliviers.
<b>S14</b>	Climat semi-aride, pente faible, conduite en irrigué.	137793	Ce système est répandu dans différents gouvernorats : Béja , Jendouba, Kef ,Nabeul et Bizerte. Les surfaces en oliviers sont importantes.
<b>S15</b>	Climat semi-aride, pente moyenne, conduite en pluvial.	54864	Ce système est concentré au nord-ouest du pays. Ceci est dû à la présence du dorsale tunisienne (chaîne de montagne) dont la pente est de 5 à 15 %. Les gouvernorats concernés par ce système sont le Kef, le Kasserine et à une moindre étendue le Béja et le Siliana.
<b>S16</b>	Climat semi-aride, pente moyenne, conduite en irrigué.	48317	La répartition de ce système est hétérogène au sein des gouvernorats de : Nabeul, Kasserine, Siliana, Zaghouan et Sousse.
<b>S17</b>	Climat semi-aride, pente forte, conduite en pluvial.	92540	Ce système se trouve principalement au nord du Kairouan et sud de Siliana. Il est très peu représenté par rapport à d'autres systèmes du climat semi-aride. Les superficies en oliviers sont plus importantes à Kairouan.
<b>S18</b>	Climat semi-aride, pente forte, conduite en irrigué.	21057	Ce système se trouve au Sud du Cap Bon. La pente limite une large répartition de ce système.
<b>S19</b>	Climat aride, pente faible, conduite en pluvial. Médenine.	767988	Ce système est le plus répandu des toutes les systèmes. Ceci est dû au climat aride qui couvre une grande surface du territoire tunisien. Ce système est concentré au sahel tunisien commençant par Sousse et allant jusqu'à Médenine .Les pluviométries de l'ordre de 200 mm/an permet de cultiver des variétés locales résistantes à la sécheresse
<b>S20</b>	Climat aride, pente faible, conduite en pluvial.	163244	Les gouvernorats qui sont concernés par ce type de système sont : Kairouan, Sidi-Bouzyd et nord du Gafsa. Le Kairouan et Sidi-Bouzyd sont connues pour être des régions d'agriculture irriguée avec les eaux souterraines. Ceci rend possible de cultiver des oliviers avec des précipitations de 200 à 150 mm/an. Des grandes surfaces en oliviers sont aussi présentes. Elles sont concentrées à Kairouan et à Sidi-Bouzyd.
<b>S21</b>	Climat aride, pente moyenne, conduite en irrigué.	33752	Ce système est présent au centre-est du Kasserine, Sud-ouest de Kairouan et nord-est de Gafsa. Les gouvernorats de Kasserine et de Kairouan ont le plus de surfaces en oliviers au sein de ce type de système

Sur les 24 combinaisons possibles (annexe 12), 21 types de systèmes ont en effet pu être confirmés par l'analyse cartographique. La classification est basée uniquement sur trois variables (climat, pente et irrigation). Le nord tunisien est la région la plus diversifiée en termes de systèmes

oléicoles. Par exemple, le gouvernorat de Béja et de Jendouba présentent chacun 18 types de systèmes. Le centre tunisien est la région qui contient le plus de surface des oliveraies par rapport aux deux autres régions. La diversité des systèmes au sein des gouvernorats est moyenne : 6 types de systèmes au maximum pour le gouvernorat de Kairouan par exemple. Le sud du pays contient moins de superficies en oliviers et moins de diversité à cause des conditions pédoclimatiques (pluviométrie et type du sol) qui sont devenues difficiles. L'objectif de ce travail est de sélectionner des zones intéressantes afin de les visiter.

### 5.1.3 Critères de sélection des sites d'étude

Au sein de ces systèmes oléicoles aux caractéristiques très différentes, l'on suppose qu'il peut exister des systèmes agroforestiers variés. Nous choisissons donc de visiter des gouvernorats regroupant l'ensemble de ces systèmes. Le critère de choix est le nombre de systèmes existants par gouvernorat. Il était aussi préférable de choisir 2 gouvernorats par région climatique (nord, centre et sud).

Au nord, Jendouba, Béja et Kef contiennent 18 des systèmes oléicoles chacun. Ces trois gouvernorats sont limitrophes et peuvent ne pas présenter de vraies différences entre eux. Du nord-Est, Nabeul semble aussi être un choix intéressant à regarder. Cependant, les expertises consultées ont confirmé le choix de Béja et Jendouba. Nabeul a en effet été déconseillé du fait qu'elle est plutôt une région d'agrumiculture. En plus, les oliviers qui en existent sont conduites en hyper intensif et donc la possibilité de trouver des associations est faible. Au centre, Kairouan et Sidi-Bouazid sont les plus intéressants à voir, avec 6 types de systèmes possibles chacun. En plus, leurs superficies en oliviers sont élevées ce qui augmente davantage la chance de trouver des associations. Ce choix a été confirmé par les expertises consultées. Ils ont aussi suggéré le gouvernorat de Sfax, région qui compte la surface la plus élevée d'oliveraies en Tunisie. Au sud, les gouvernorats de Médenine et Gabes comptent 6 types de systèmes entre eux deux. Les expertises ont suggéré plutôt le gouvernorat de Gafsa. Il y avait une incohérence entre les résultats cartographiques et expertises pour différentes raisons. Parmi ces raisons, le manque de données a été la principale raisons.

Sur la base de l'analyse cartographique, **Jendouba, Béja et Sfax** sont les gouvernorats qui ont été choisis pour la visite.

Il est pertinent de souligner que les oliviers peuvent être trouvés également en association dans les oasis. Cependant, cette étude s'intéresse aux oliviers mis à part ceux des oasis qui sont un système compliqué de culture qui nécessite une attention spécifique que le temps ne le permet pas dans ce contexte.

## 5.2 Des SAF différents selon leurs caractéristiques structurelles

Le but de cette étape est d'identifier et de caractériser les SAF du Nord et du Centre tunisien selon les variables structurelles collectées sur le terrain. Le tableau 4 illustre les variables utilisées dans l'analyse de données.

Le critère de coude a permis de choisir les trois premiers axes factoriels pour effectuer l'analyse. En effet, un saut significatif se trouvant juste après la troisième valeur propre sur l'histogramme des valeurs propres. Ces trois axes représentent 35,68% de l'inertie totale du nuage.

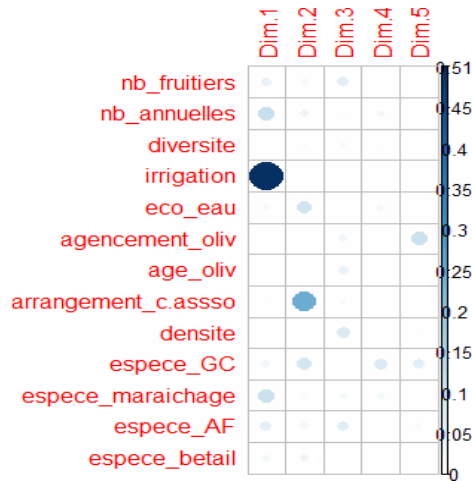


Figure 3: La qualité de représentation des variables

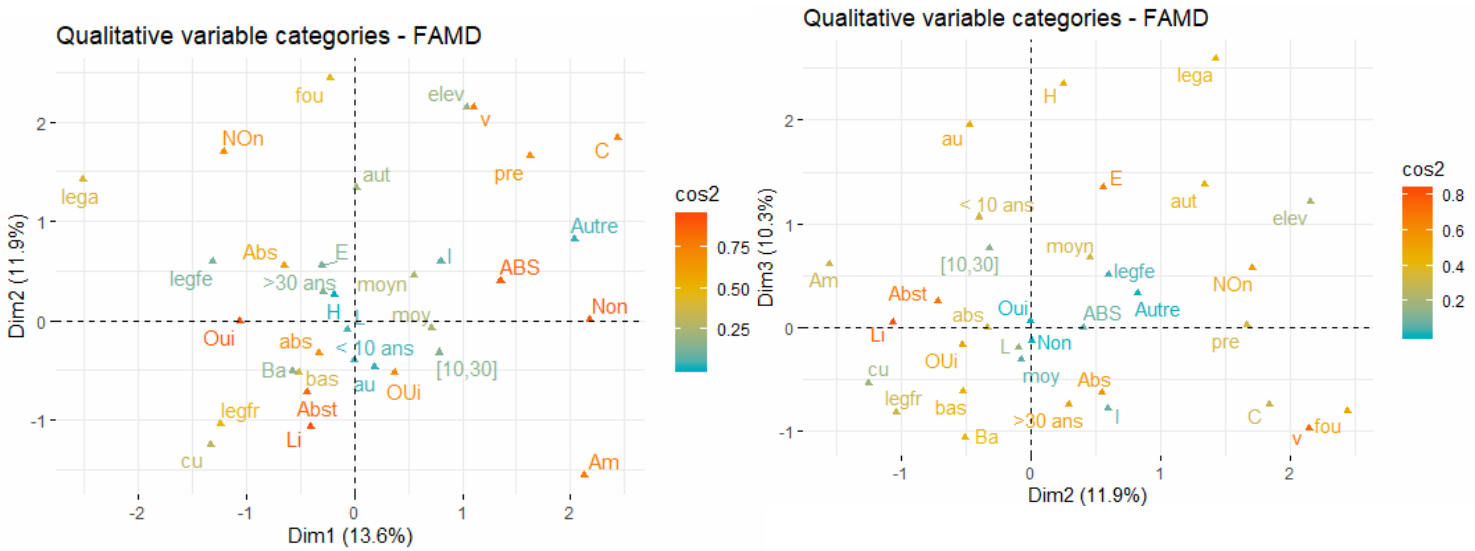


Figure 4: qualité de représentation des modalités sur le plan (1\*2) et 2\*3)

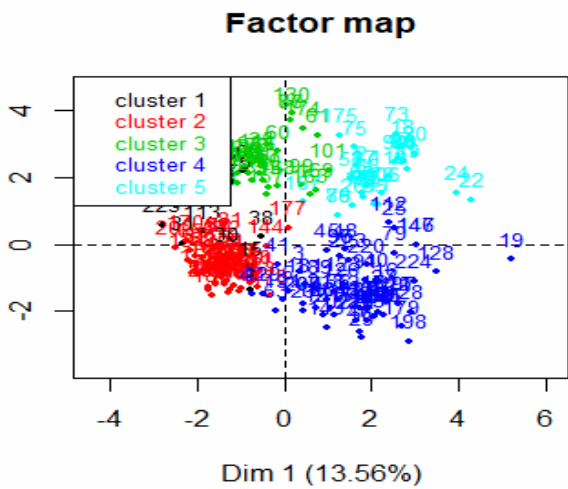


Figure 5: Les groupes issus de la CAH

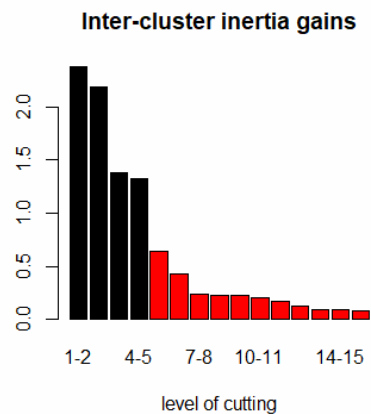


Figure 6: Le gain en inertie

**Tableau 4: Liste des variables utilisées dans l'AFDM**

Catégorie variable	Variable	Type	Modalités	Signification
Caractéristiques du paysage	amenagement	facteur	oui et non	Présence d'aménagements antiérosifs sur la parcelle
	Typ_paysage	facteur	Ag (agricole), JP (jardin potager) et F (forestier)	La parcelle est agricole, jardin potager ou de type forestier
	Région	Facteur	N (nord) et C (centre)	Localisation de la parcelle
	Forme _canopée	facteur	C (circulaire) et au (autre)	Forme de la frondaison des oliviers ou autres = forme allongée présente généralement chez les jeunes oliviers
	Pente	facteur	Forte, moyenne et faible	Pente des parcelles (déterminée à partir de la cartographie)
Caractéristiques parcelaires	irrigation	facteur	Oui et Non	Parcelle irriguée ou en pluvial
	haies	facteur	o (oui) et n (non)	Présence ou non des haies
	Veg_spontanee	Facteur	OUI et NON	Présence ou non de la végétation spontanée sur la parcelle
	diversité	facteur	Bas (basse <= 1 type d'association), moye (2 <=moyenne <=3), elev (élevée >3)	Caractérisation du nombre total de type d'association (arbres fruitiers, maraichage, bétail, présence de haie et présence de végétation spontanée)
	Eco_eau	facteur	NON et OUI	Si pas d'irrigation ou irrigation en goutte à goutte économes d'eau, si irrigation avec asperseurs, cuvettes, séguias, pas d'économie
Caractéristiques des oliviers	Agencement _oliv	facteur	H (haie), L (ligne) et I (isolé)	Arrangement spatial des oliviers
	age _oliv	facteur	<10 ans, [10,30] ans, >30 ans	Age oliviers
	Densité	facteur	Ba (basse <10 m), moy (11<moyenne<20) et E (20 m>élevée)	En fonction de l'écartement (m) entre oliviers
Caractéristiques des cultures en association	Culture_asso	facteur	Af (arbres fruitiers), GC (grandes cultures), M (cultures maraichères) et AUTRES	Type de culture en association avec olivier ou autres = différents types d'association entre Af, GC et M
	Espece_betail	facteur	abs (Pas d'élevage), pre (present)	Présence visible (animaux, traces d'animaux) sur les parcelles
	Espece_Af	facteur	Abs (absent), Am (amandier) et au (autres)	Espèce d'arbres fruitiers en association avec oliviers ou autres =grenadiers, figuiers, abricotier, pêcher, pommier, pins, noyer, agrumes, vigne et pistachier
	nb_fruitiers	numérique	[0,6]	Nb total d'arbres fruitiers sur une même parcelle
	nb_annuelles	numérique	[0,5]	Nb total des cultures annuelles sur une même parcelle
	Arrangement c. en asso	facteur	L i (ligne), V (vrac) et aut (autres)	L'arrangement des cultures en association (annuelles ou fruitiers) ou autres= en bassins (fourragères sud et légumes feuilles et des associations de différents types d'arrangements)
	espece_GC	facteur	C (céréales), fou (fourrage : luzerne, maïs, sorgho), abst (absence), autres (tournesol, fêverole)	les espèces des grandes cultures
	espece_maraichage	facteur	ABS (absence), legfr (légumes fruits notamment des solanacées), legfe( légumes feuilles notamment la corète potagère) et lega (association de différentes espèces de légumes et cu (cucurbitacées : pastèque, melon, courge et fakous)	les espèces maraichères cultivées

## Résultats AFDM

Le premier axe explique 13,7 % de la variabilité. Les variables irrigation, espece\_maraichage et nb\_annuelles ressortent le plus sur le premier axe. Le deuxième axe représente environ 12% de la variabilité et est défini par les variables suivantes : arrangement\_c.asso, espece\_GC et eco\_eau. Le troisième axe explique 10 % de la variation. Il est défini par les variables densite et nb\_fruitiers (annxe 18).

### Étude des variables quantitatives

Pour le plan factoriel (1\*2), c'est la variable nb\_annuelles qui a le cos le plus élevé (0,55) donc c'est la variable la mieux représentée sur ce plan factoriel. Par contre pour le plan (2\*3) c'est la variable nb\_fruitiers qui est la mieux représentée (cos 2 =0.38).

### Étude des variables qualitatives

Pour l'axe 1, les modalités qui ressortent le plus (avec bonnes qualités) sont irrigation\_Oui, économie d'eau\_NOn , espece\_AF\_Abs , espece-maraichage\_ABS, irrigation\_Non , arrangement c.en asso\_V et espece\_GC\_C d'un côté, et arrangement c.en asso\_Li , espece\_GC\_Abst, espece\_AF\_Am et économie d'eau\_OUi de l'autre côté. Cet axe oppose donc les SAF à base de céréales et d'oliviers aux SAF à base d'oliviers et d'amandiers.

Pour l'axe 2, les modalités qui ressortent le plus sont irrigation\_Oui , économie d'eau\_NOn , espece\_AF\_Abs, c.en asso\_Li , espece\_GC\_Abst d'un côté, et espece-maraichage\_ABS, irrigation\_Non , arrangement c.en asso\_V , espece\_GC\_C, espece\_AF\_Am et économie d'eau\_OUi de l'autre côté. Cet axe oppose donc les SAF irrigués qui ne sont pas économiques en eau d'irrigation aux SAF conduits en pluvial qui permettent une économie d'eau.

Pour l'axe 3, les modalités qui ressortent le plus sont arrangement c.en asso\_Li, espece\_GC\_Abst et espece\_AF\_au d'un côté et, arrangement c.en asso\_V, espece\_GC\_fou et espece\_Abs de l'autre côté. Ce plan oppose donc les SAF à base d'oliviers et d'autres arbres fruitiers (grenadiers et figuiers) aux SAF à base d'oliviers et de fourrage.

En conclusion, le premier et le troisième portent une information sur la composition du système et l'arrangement spatial des cultures en association alors que le deuxième donne une idée sur la gestion de la composante eau des SAF. L'AFDM a permis de réduire les dimensions. Ensuite, une CAH a été effectuée sur le résultat de cette AFDM. Cela conduit à des groupes plus stables.

## Résultats CAH

La CAH a permis donc de distinguer 5 groupes distincts de parcelles différentes. Les critères principaux (les modalités qui sont communes au maximum des parcelles) sur lesquels sont classées les parcelles sont : la localisation (Nord ou Centre), le recours à l'irrigation ou non, l'économie en eau ou non et les composantes principales du système (oliviers & maraichage, oliviers& arbres fruitiers, oliviers & grandes cultures). Le gain en inertie est de plus élevé dans le cas où le découpage est effectué au niveau de 5 groupes. Si on découpe de plus , le gain n'est plus important.

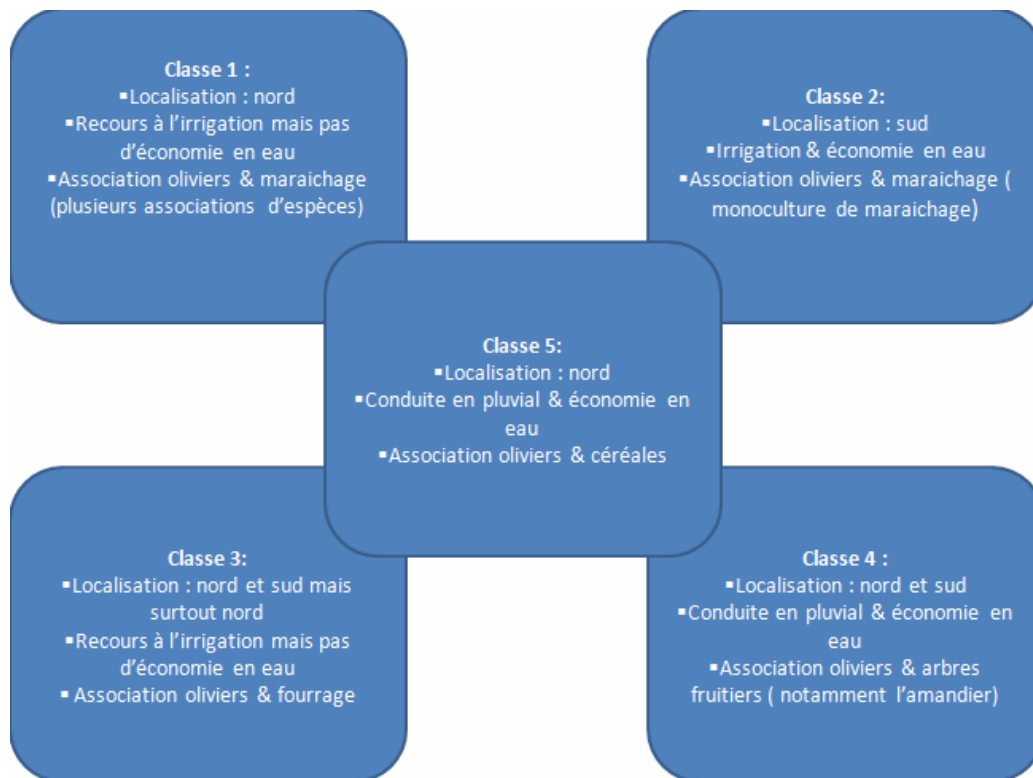


Figure 7: Typologie des SAF

### 5.2.1 La première classe : oliviers + maraichage plurispécifique

Cette classe est caractérisée par des systèmes localisés au Nord, irrigués sans être en mode économie d'eau. Ce sont les parcelles avec des modes d'irrigation en aspersion ou séguias. Ce sont des parcelles associant oliviers et maraichage de type légumes associées (un mélange d'espèces de maraichage). Ces parcelles ont une diversité moyenne c'est-à-dire elles ont entre 2 à 3 types d'association dont un type est exclusivement des espèces de haies ou de végétation spontanée. 1/5 de ces systèmes sont en milieux accidentés (pente élevée). Il est vrai que le maraichage est le type d'association le plus dominant dans cette classe, mais il y a un tiers des systèmes qui contiennent en plus des arbres fruitiers de type autres (figuiers ou grenadiers).

### 5.2.2 La deuxième classe : oliviers + maraichage (monospécifique)

Cette classe est caractérisée par des systèmes localisés au Centre, irrigués avec une gestion en eau qui permet une économie d'eau. Ce sont les parcelles avec des modes d'irrigation en goutte à goutte. Ces parcelles sont associées la plupart du temps avec du maraichage (mono-spécifique) de légumes fruits (tomate, piment...) ou avec des cucurbitacées. Le milieu d'installation n'est pas accidenté (pente faible). La densité des oliviers est faible étant donné que la majorité des oliviers est cultivé à un écartement de 24\*24 m. La diversité est faible pour les 3/4 des parcelles. C'est-à-dire qu'il n'y pas de haies ni de végétation spontanée.

### 5.2.3 La troisième classe : oliviers + fourrage

La classe 3 est caractérisée par des SAF de type (oliviers-fourrage). Ces systèmes se trouvent majoritairement au nord mais peuvent exister au centre. Les parcelles sont irriguées souvent par aspersion.

#### **5.2.4 La quatrième classe : oliviers + arbres fruitiers (amandier)**

Le quatrième cluster est défini par des SAF de type association oliviers-amandiers localisés au nord et au centre du pays. La majorité de ces systèmes sont conduits en pluvial. La conduite est en pluvial. La diversité est moyenne c'est-à-dire elles ont entre 2 à 3 types d'association dont un type est exclusivement des espèces de haies ou de végétation spontanée.

#### **5.2.5 La cinquième classe : oliviers + céréales**

La classe 5 est caractérisée par des parcelles cultivées en céréales au nord du pays. Elles sont conduites en pluvial. La présence de bétail est observable dans cette classe. La diversité est basse. Il n'y a ni haies ni végétation spontanée. ¼ des parcelles sont en milieux accidentés.

Cette classification a abouti à cinq groupes différents dont la composition du système constitue le critère principal de classification.

### **5.3 Les perceptions des agriculteurs sur l'agroforesterie**

Les enquêtes ont été conduites auprès de 44 agriculteurs. 18 des agriculteurs se localisent au nord alors que 25 sont au centre. Les objectifs étaient de déterminer le niveau de connaissance des agriculteurs des systèmes agroforestiers, pour comprendre leur arguments d'adoption de la pratique, leur perception des avantages et contraintes potentiels, pour comprendre comment ils concevraient un tel système, et pour déterminer s'ils envisageraient de continuer à mettre en place un tel système.

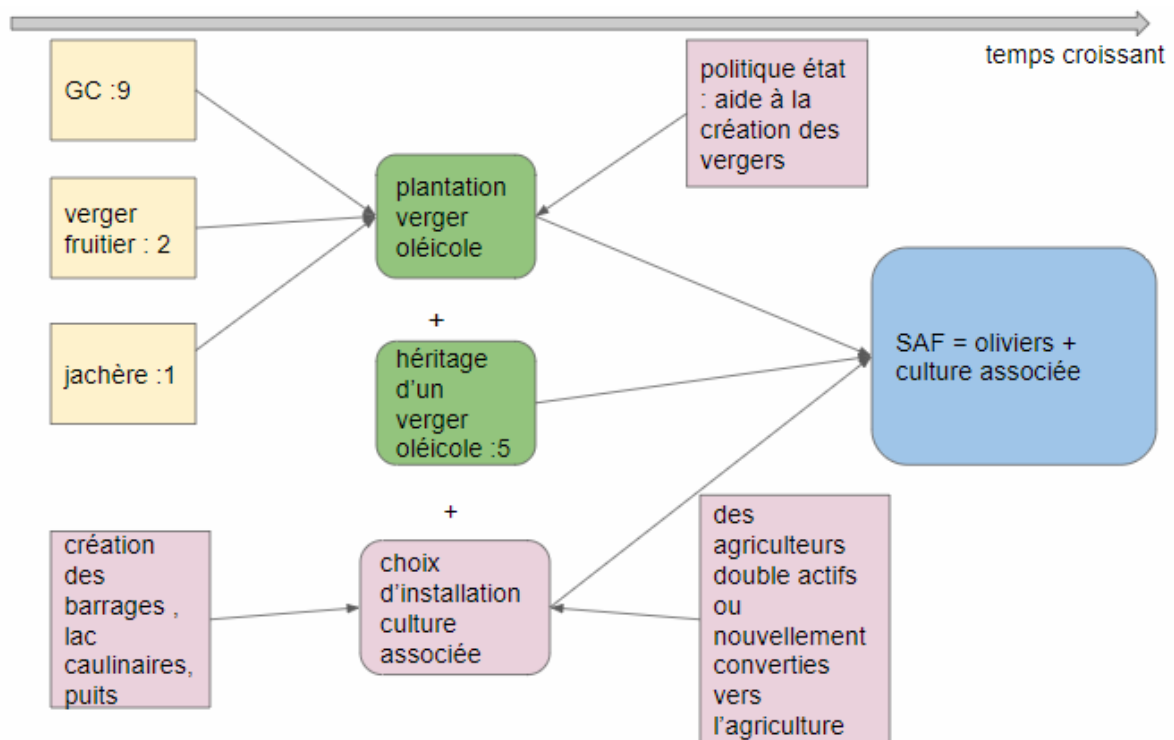
#### **5.3.1 Échantillon agriculteurs**

Dans les 2 régions de l'échantillon, les personnes interrogées étaient des agriculteurs propriétaires (79 %) et des agriculteurs locataires. L'âge moyen était de 50 ans. La superficie moyenne cultivée des exploitations était de 8,5 ha. Toutefois, cette superficie varie de 0,15 ha à 40 ha. Dans l'ensemble de l'échantillon, les agriculteurs possédaient en moyenne 71 % de la surface irriguée. 75% des exploitations sont conduites en mode conventionnel (annexe14).

#### **5.3.2 Trajectoires de constitution des SAF**

Les réponses à la question " histoire de l'exploitation" a permis de distinguer deux différentes voies d'évolution vers des systèmes agroforestiers entre le nord et le centre.

Les terres du nord ont toujours été plus spécialisées en céréaliculture qu'en oléiculture. La moitié des agriculteurs du nord ont déclaré que la parcelle agroforestière actuelle était à l'origine une parcelle de grande culture (GC). Le passage à l'oléiculture a été encouragé par la politique agricole du pays qui encourage la plantation d'oliviers. Près d'un tiers des agriculteurs du nord ont déclaré avoir hérité d'oliveraies. Le démarrage de l'association dépend principalement de la disponibilité en eau d'irrigation (construction des barrages ou des lacs collinaires). Les agriculteurs qui ont choisi d'associer sont par ailleurs majoritairement de nouveaux arrivants au domaine agricole.



**Figure 8: Historique de constitution des SAF à base d'oliviers dans les exploitations du nord**

Quant aux parcelles du centre, elles étaient déjà toutes en oliveraie. L'évolution des oliveries en termes de composition (ajout de nouveaux oliviers ou association avec d'autres cultures ou arbres fruitiers) est encouragée par l'obtention de l'eau d'irrigation (construction des fourrages). Cependant, certaines des vergers autour des anciennes villes comme Sfax, les oliviers étaient traditionnellement associés à d'autres arbres fruitiers (amandiers, vignes, figuiers...). Ce système traditionnel a été conçu pour nourrir les villageois à l'intérieur.

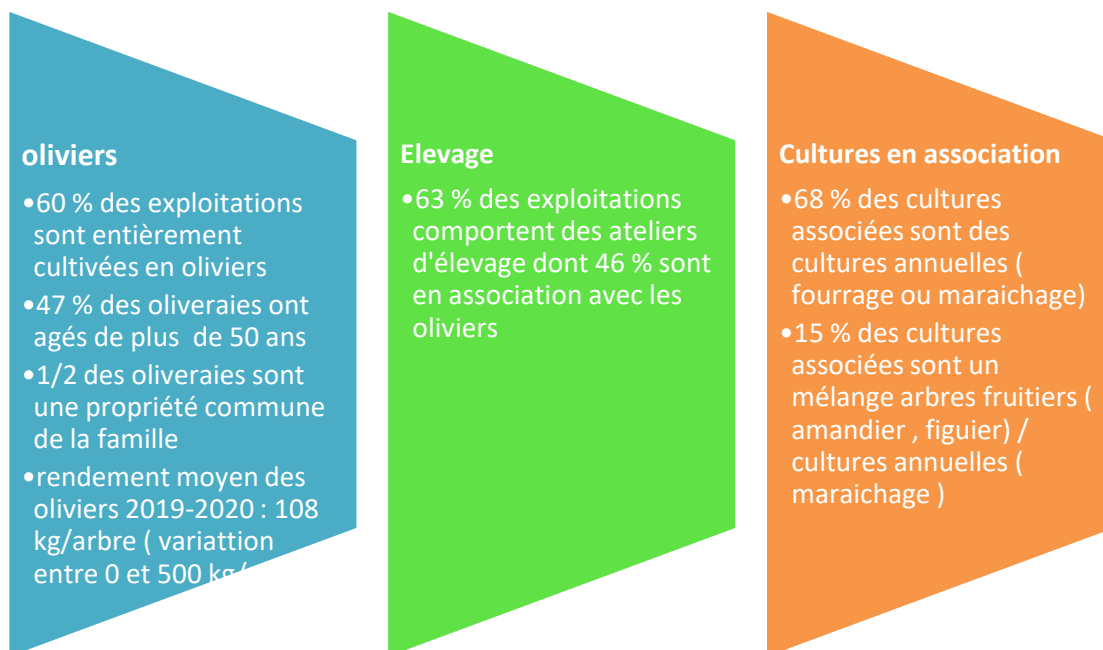
En conclusion, les systèmes agroforestiers du centre ont été les plus faciles à instaurer étant donné que les oliveraies étaient déjà présentes : il ne manquait que la mise en place des cultures en association. Concernant les systèmes du nord, l'ajoute d'arbres a permis le passage au système agroforestier, ce qui nécessite un temps plus long. Les deux demandent l'acquisition de savoir-faire pour la nouvelle culture associée.

### 5.3.3 L'agroforesterie à la tunisienne

Sur les sites de l'échantillon, seuls 15% des agriculteurs ont déclaré avoir entendu parler du terme "agroforesterie" et étaient prêts à en proposer une définition. Ils considéraient qu'il s'agissait de sylviculture.

L'échantillon des exploitations visitées se caractérise par des terres cultivées majoritairement en oliviers. La moitié des oliveraies ont dépassé les 50 ans ce qui explique les rendements (108 kg/ arbre) dans une année de bonne production. Malgré la présence d'un atelier d'élevage sur plus de la moitié des exploitations, seuls 46 % des agriculteurs mettent leurs bétails dans les vergers d'oliviers. 63 % des cultures annuelles mises en association sont des cultures maraichères.





**Figure 9:caractéristiques des composantes des systèmes agroforestiers**

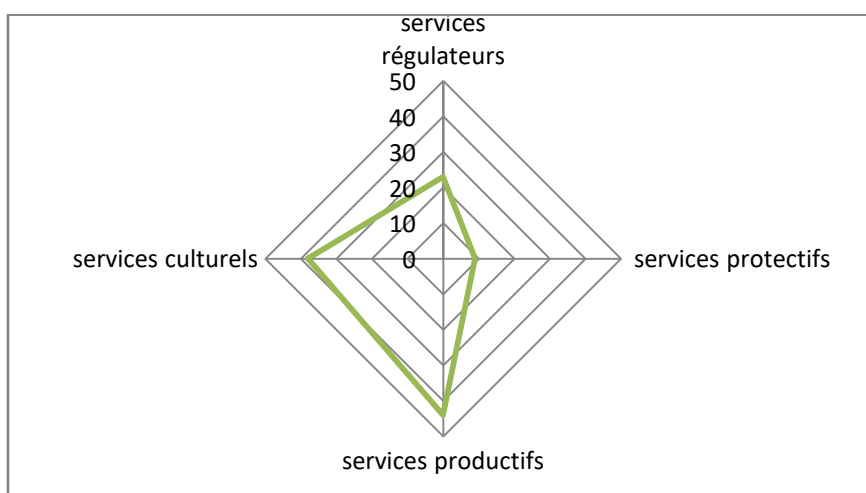
### 5.3.4 Perceptions des systèmes agroforestiers

Les agriculteurs ont identifiés les avantages et inconvénients possibles des systèmes agroforestiers.

#### Perceptions positives

Les avantages des SAF reconnus sont de deux types : environnementaux et économiques.

Pour identifier l'ampleur de l'implication environnementale des agriculteurs à travers leurs SAF. Les agriculteurs ont eu le choix entre 4 options représentant les quatre services écosystémiques tels que définis par le MEA. Pratiquement, les services écosystémiques ont été expliqués aux agriculteurs et ils ont répondu celui qu'ils pensent avoir sur leurs SAF. La figure suivante illustre les services écosystémiques que les agriculteurs pensent avoir dans leur SAF.



**Figure 10:Les services fournis par les SAF selon les agriculteurs**

Le premier service reconnu par les agriculteurs est le service productif suivi par le service culturel. Le service régulateur (régulation de l'eau, purification du sol, maintien de la flore sauvage...) et le service protectif (effet brise vent des oliviers, facilitation entre les arbres et les cultures annuelles...) sont les moins reconnus.

Les agriculteurs ont également évalué la rentabilité économique de l'association. 79 % des agriculteurs pensent que ces associations sont rentables. La rentabilité est due en premier lieu à la diminution des coûts. C'est l'exemple des agriculteurs éleveurs qui cultivent du fourrage pour leur bétail ce qui supprime ou diminue les dépenses consacrées à l'alimentation du bétail. En deuxième lieu, la diversification des revenus qui est évoquée. En effet, au lieu d'avoir une seule campagne agricole par année, les agriculteurs peuvent bénéficier d'au moins de deux campagnes par année culturale. En troisième lieu, ce sont les effets agronomiques bénéfiques de l'association (amélioration du rendement et augmentation de l'efficacité de l'utilisation des ressources) qui sont mentionnés. C'est par exemple, l'effet bénéfique de l'irrigation et de la fertilisation des cultures associées sur l'olivier permettant d'améliorer le rendement de ce dernier. Sans association, les oliviers reçoivent rarement de l'irrigation et de la fertilisation. Les agriculteurs pensent aussi que l'eau et les engrais sont absorbés par les oliviers, diminuant ainsi les pertes.

En ce qui concerne la culture la plus rentable, 47 % des agriculteurs pensent que ce sont les cultures en association. En contrepartie, 53 % des agriculteurs pensent que les oliviers sont les cultures les plus rentables.

### Perceptions négatives

L'aspect négatif le plus souvent cité (moitié des agriculteurs) était la compétition entre les oliviers et les cultures en association sur les ressources naturelles (eau, lumière...), suivi des inconvénients phytosanitaires (transmission des maladies entre les différentes espèces) (1/3 des agriculteurs). Sur les 2 régions, 25 % des répondants identifient le temps de travail élevé comme inconvénient suivi par la diminution des surfaces pour les cultures annuelles.

### 5.3.5 Conditions de mise en place d'un système agroforestier

Dans cette partie de l'enquête, les agriculteurs ont été sollicités pour déterminer les conditions favorables à l'installation d'un système agroforestier. Ils ont ensuite été invités à évaluer certains systèmes agroforestiers existants.

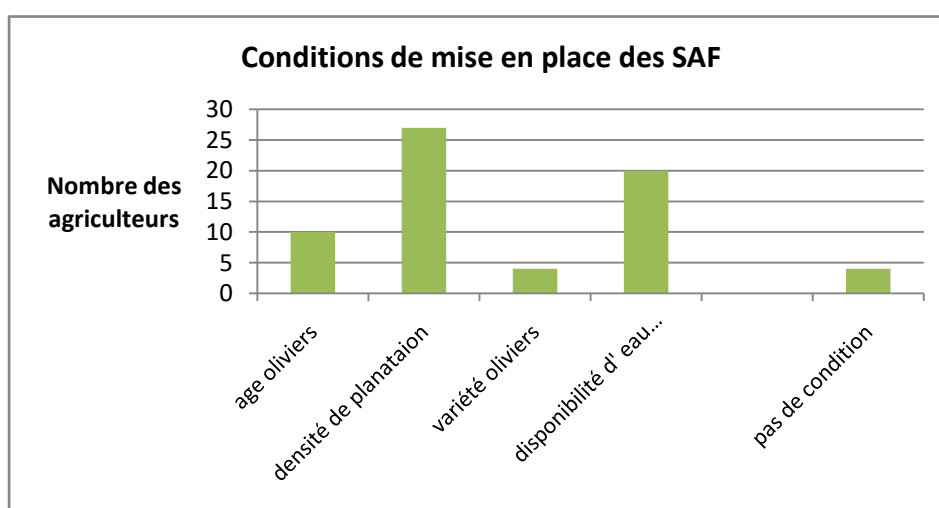


Figure 11: Les conditions nécessaires à l'installation d'un système agroforestier pour les agriculteurs

La majorité des agriculteurs (notamment les agriculteurs du nord) pensent que la densité de plantation est la condition principale à l'installation des cultures en association. Au centre, les

densités sont déjà très faibles (17 arbres /ha), les inter-rangs sont assez espacés pour mettre en place des cultures en association. La deuxième condition mentionnée étant la disponibilité de l'eau d'irrigation. Au centre, à la disponibilité de l'eau, s'ajoute la qualité de cette eau. En effet, la majorité des eaux sfaxiennes de mauvaise qualité et sont concentrées en sel. D'autres déterminants de l'existence des SAF ont été mentionnés tels que les caractéristiques des oliviers (âge et la variété des oliviers). L'âge a été plus mentionné par les agriculteurs du nord parce que les inter-rangs sont serrés et une fois l'arbre est âgé, les frondaisons commencent à se toucher et il est donc impossible de cultiver en dessous. Cependant, quatre des agriculteurs pensent que rien ne peut conditionner la mise en place des SAF.

Le nombre maximal d'espèces qu'une oliveraie peut abriter au même temps est demandé aux agriculteurs. La majorité des grands agriculteurs (propriétaires de grandes surfaces) a parlé d'une seule espèce. En effet, ce groupe pense qu'il est difficile de gérer plus qu'une espèce en termes de fertilisation et de phytoremédiation. Toutefois, les petits agriculteurs n'hésitaient pas à penser à une multitude d'espèces qui peuvent être mise en place, en association sous les oliviers.

**Tableau 5: Avis des agriculteurs vis-à-vis des systèmes agroforestiers préexistants**

Type de système	Nombre « pour »	d'agriculteurs	Nombre « contre »	d'agriculteurs
<b>Oliviers / fourrage (luzerne, maïs et sorgho)</b>	38		6	
<b>Oliviers/bétail</b>	16		28	
<b>Oliviers/ céréales</b>	14		30	
<b>Oliviers/maraichage</b>	42		2	
<b>Oliviers/amandier</b>	33		11	

Les réponses des agriculteurs sont prises au général. C'est-à-dire, leurs réponses ne sont pas basées sur des thèmes bien déterminés (agronomie, économie ou environnement).

Les agriculteurs qui sont pour le premier système « oliviers/fourrage » expliquent qu'avec l'irrigation, l'association avec du fourrage peut réussir. La luzerne a été mise en avant en particulier, étant donné que c'est une légumineuse, donc une excellente culture d'association. Les agriculteurs contre le fourrage en association ont expliqué que les modes d'irrigation adaptés à ce type de culture, notamment les asperseurs, peuvent nuire aux oliviers par la création d'un climat humide favorisant le développement de maladies fongiques des oliviers.

La majorité des agriculteurs ont déconseillé le deuxième système oliviers / bétail. La raison principale est la détérioration des oliviers, car le bétail broute les écorces des oliviers ce qui limite leur développement, et les feuilles, ce qui limite les rendements. En plus, avoir du bétail sur le verger entasse la terre, rendant difficile son labour. Or le labour régulier en système pluvial est considéré comme essentiel pour assurer une bonne infiltration des eaux de pluie. Les agriculteurs qui sont pour la mise en commun du bétail et des oliviers expliquent cet que le bétail peut bénéficier de l'ombre des oliviers tant que ces derniers sont gardés dans les inter-rangs du verger, loin des arbres. Les oliviers peuvent être fertilisés grâce aux déjections du bétail. Le bétail par pâturage désherbe également les vergers. Ceci limite à la fois les dépenses pour du fourrage extérieur et facilite le travail du sol pour la mise en place des nouvelles cultures.

L'association oliviers/céréales n'est soutenue que par 14 agriculteurs, dont la majorité sont au nord et pratiquant déjà ce type d'association. Le reste des agriculteurs qui sont contre ce type de système sont majoritairement dans le sud. Ils pensent que les céréales affaibliraient les oliviers.

Le maraichage en association avec les oliviers est soutenu par 42 agriculteurs. Ils pensent en premier lieu que l'irrigation du système en goutte-à-goutte diminue les risques phytosanitaires de

développement de champignons. En deuxième lieu, les oliviers peuvent bénéficier aussi des engrais qui sont excessivement appliquées en cultures maraichères. A noter dans ce contexte que l'Institut de l'olivier ne recommande absolument pas les cultures maraichères en vergers d'oliviers à cause de la grande possibilité de transmettre des maladies fongiques aux oliviers tel que le verticillium.

Les oliviers avec les amandiers semblent construire un système idéotype pour 33 agriculteurs. Ces agriculteurs disent que les deux arbres sont résistants à la sécheresse et peuvent coexister ensemble sans qu'un arbre domine l'autre. Ceci est dû surtout à leurs cycles de développement qui sont échelonnés. Cette même raison a été évoquée par les agriculteurs qui sont contre ce type de système. En effet, quand les amandiers sont prêts à être récoltés et ne doivent plus être irrigué (afin de favoriser la déhiscence des fruits), les oliviers ont déjà dépassé le stade nouaison, à partir duquel l'irrigation assure le bon développement des fruits.

### 5.3.6 L'intérêt de l'installation des SAF

Le passage en agroforesterie s'effectue pour différentes raisons.

La majorité des agriculteurs pensent que l'association leur procure une diversification des revenus. En effet, avoir plus d'une production par année culturale est tentant. Ceci rend les exploitations plus résilientes face aux aléas du marché tel que la forte variabilité des prix d'un produit agricole.

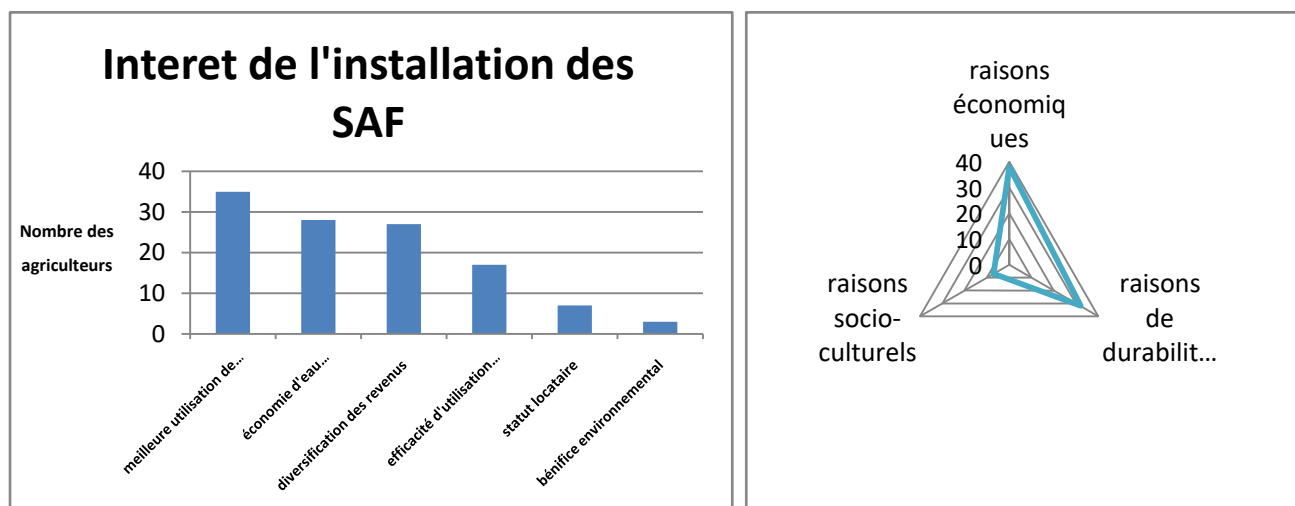


Figure 12: Raisons évoquées par les agriculteurs pour la mise en place de SAF

En plus, la limitation des pertes des intrants chimiques (par lessivage) et d'eau d'irrigation (par infiltration) grâce à la présence d'un système racinaire arboricole constitue une des raisons majeures derrière l'adoption de l'agroforesterie. Seuls 3 agriculteurs ont évoqué un bénéfice environnemental comme l'un des raisons pour l'installation des systèmes agroforestiers. C'est ce qui a été mis sous le terme de « durabilité agronomique ».

Des raisons socioculturelles ont figuré aussi dans les réponses des agriculteurs. Le statut foncier des terres est souvent évoqué. En effet, être propriétaire mais avec des terres majoritairement occupées en oliviers oblige l'agriculteur à associer. Un non-propriétaire de terres est aussi obligé de louer des terres qui sont souvent cultivées en oliviers. A Sfax par exemple, les terres sans oliviers sont rares à trouver. Même être un propriétaire de terres peut obliger l'agriculteur à associer du fait de la limitation des surfaces. En général, c'est la raison la plus déterminante dans l'installation des systèmes sfxiens.

En ce qui concerne les avantages de l'association, les agriculteurs pensent que les cultures associées ont un effet positif sur les oliviers par l'irrigation et la fertilisation. Par contre, les oliviers n'ont aucun effet positif sur les cultures en association. Au contraire, les oliviers sont en compétition avec les autres cultures sur les ressources naturelles du milieu ce qui peut dégrader la qualité de développement de ces cultures associées. Certains agriculteurs ont affirmé aussi que les cultures en association peuvent construire une source de contamination de maladies fongiques aux oliviers.

En leur demandant s'ils pensent continuer à associer dans le futur, 77 % des agriculteurs ont répondu par oui. Ceci est dû aux surfaces agricoles limitées. En plus, ils craignent de perturber le nouvel équilibre hydraulique établi par les oliviers. En effet, le système racinaire des oliviers en association est perturbé : il est coupé et rendu superficiel pour profiter au maximum de l'eau d'irrigation. Arrêter l'association conduira à la perturbation de cycle de développement sur l'olivier ce qui peut nuire aux rendements.

## 6 Discussion

Cette étude a eu d'abord pour but d'identifier et de caractériser les systèmes agroforestiers qui peuvent exister du nord et au sud de la Tunisie, et ensuite, de comprendre les logiques des agriculteurs dans la mise en place de tels systèmes. Pour répondre à ces questions, une démarche en trois étapes a eu lieu. Les hypothèses évoquées au début de ce rapport ont pu être testées et sont discutées ci-dessous.

### 6.1 Discussion des résultats

**Hypothèse 1 :** L'agroforesterie à base d'oliviers existe en Tunisie. Différentes typologies de systèmes agroforestiers à base d'oliviers peuvent être ainsi identifiées.

Cette étude a permis d'identifier 5 typologies différentes de systèmes agroforestiers tunisiens. Ces systèmes sont basés majoritairement sur quatre variables : la composition spécifique du système, sa localisation, et la disponibilité d'eau. A l'échelle nationale, aucune étude n'a été menée sur la question de la classification des systèmes agroforestiers. Cependant, quelques études existent à des échelles locales. (Fleskens, 2008), qui fait une analyse comparative des plantations en zone de montagne méditerranéenne, analyse les SAF dont les SAF à base d'oliviers au centre tunisien (Haffouz à Kairouan). Ainsi, le système d'agroforesterie a été classé comme très extensif sur la base des variables socio-économiques. Bien qu'il y ait une différence dans les types des variables utilisées dans la classification de fleskens et dans la présente classification, il a été montré qu'il y a au moins 3 types de SAF dans la région centrale de la Tunisie (oliviers + maraichage monospécifique, oliviers+ maraichage plurispécifique, oliviers+ fourrage). Il y a eu également quelques études complémentaires, qui ont toujours étudié l'agroforesterie en tant que pratique agroécologique prometteuse d'une meilleure gestion de l'environnement face aux changements climatiques (Abid Karray et al., 2008; Alary et al., 2007; Daoui et Fatemi, 2014). A l'échelle régionale, certaines études ont été menées sur la classification des systèmes agroforestiers, en particulier au Maroc (Kmoch, 2018). Dans cette étude, la classification est basée sur des variables biophysiques (type du sol, topographie...) et des variables socio-économiques (niveau d'intensification, propriété des terres). La différence entre l'étude de Kmoch et la présente est l'implication des agriculteurs dans la classification. Alors que dans notre cas, c'était impossible parce que les données sur les agriculteurs n'étaient pas disponibles pour tous les SAF diagnostiqués. Toutefois, les deux études ont une semblance dans l'utilisation de la variable pente comme critère principale de classification. A l'échelle méditerranéenne, plusieurs études se sont menées sur la classification des systèmes agroforestiers à base d'oliviers (den Herder, 2017; Kizos et Plieninger, 2008; Lauri et al., 2019; Rühl et al., 2011). Ces classifications sont basées notamment sur la fonction et la composition du système. L'étude du Rhul est particulièrement la plus ressemblante à cette étude en termes de classes trouvées. En effet, Rhul a classé les systèmes agroforestiers principalement sur la base du type d'association dans la région de cécilie. Il a pu trouver 6 typologies différentes alors que nous avons pu en trouver 5. La moitié de ses classes ont également été trouvées en Tunisie. Il s'agit en effet des classes (oliviers+ amandiers ; oliviers+ maraichage, oliviers+ fourrage).

**Hypothèse 2 :** L'adoption de l'agroforesterie est expliquée par plusieurs facteurs agronomiques et socio-économiques.

Cette étude a montré que les agriculteurs tunisiens ont recours à l'agroforesterie car :

- La gestion des cultures intercalaires profite aussi à l'olivier en particulier en termes d'irrigation et de fertilisation
- La diversification des productions améliore le revenu des agriculteurs
- Les superficies agricoles par exploitant sont en diminution, à la fois par une dégradation des terres (salinisation, érosion, urbanisation) (refs?) et par une augmentation de la population.

Daoui et fatemi (2014) ont montré que les agriculteurs marocains pratiquent l'agroforesterie pour des raisons semblables dont une meilleure efficacité d'utilisation des ressources naturelles (eau, sol..) et une diversification des revenus. D'autres agriculteurs le font par continuité historique. Cette pratique est ainsi transmise d'une génération à l'autre. C'est le cas des oliviers et des dehasas en méditerranée (Rigueiro-Rodríguez et al., 2009). Les logiques derrière l'adaptation de l'agroforesterie en zones tropicales sont différentes. Les petits agriculteurs la pratiquent pour des raisons de subsistance. En effet, avec une surface par agriculteur limitée, cultiver plusieurs espèces pour la souveraineté alimentaire familiale semble être la tendance générale (Nair, 1993).

**Hypothèse 3 :** Le modèle agroforestier tunisien assure une meilleure durabilité de l'agriculture du pays.

L'agriculture durable favorise les processus naturels (la fixation biologique de l'azote, la reconstitution des sols et les ennemis naturels des ravageurs...). Elle utilise des pratiques limitant l'érosion et la dégradation des sols, réduit l'usage d'intrants pour protéger les ressources en eau et elle protège la biodiversité.

Cette étude a montré que la majorité des agriculteurs tunisiens ne sont pas encore conscients des avantages de l'agroforesterie pour l'environnement. Ces avantages qui pourraient résoudre certains problèmes dont ils souffrent (pression maladie, excès d'utilisation des pesticides...). En effet, les agriculteurs continuent à utiliser massivement les pesticides (14 produits phytosanitaires en moyenne sont utilisés dans chacune des exploitations). Cela a entraîné une grave dégradation de l'environnement naturel manifestée par l'absence de la végétation spontanée. "Les pesticides ont tout tué et nous n'avons plus d'animaux ni de végétation spontanée" a affirmé un des agriculteurs enquêtés. En outre, l'amélioration de la qualité du sol (application de la rotation ou le passage à l'agriculture de conservation) n'est pas toujours garantie par les pratiques agricoles actuelles. En effet, seulement ¼ des agriculteurs pratiquent une forme de l'agriculture de conservation (exclusion du labour et rotation diversifiée) pour des raisons économiques que agronomiques. Ce sont les petits agriculteurs qui ne peuvent pas se permettre de labourer profondément à cause du coût élevé de ce service.

Cependant, les agriculteurs se sont montrés conscients de l'effet bénéfique de l'association sur la gestion de l'eau et de la fertilisation. Ils associent pour mieux exploiter ces deux ressources ce qui peut être considéré comme un acte vers la durabilité.

Pour discuter de cette partie, on revient sur les entretiens experts. En effet, ils pensent que l'agroforesterie peut résoudre de nombreux problèmes dont souffre actuellement l'agriculture tunisienne, tels que la division foncière des terres agricoles et le changement climatique.

Cependant, ils ont souligné que la pratique de l'agroforesterie ne monte pas toujours à la hauteur des attentes en termes de bénéfices escomptés. En effet, le type d'association le plus existant est de loin celui des oliviers avec du maraîchage. Même si l'irrigation, nécessaire à cette production dans ce contexte, peut être profitable à l'olivier, le risque de transmission de pathogènes

(Verticillium, Fusariose...) rend cette combinaison moins rentable. En réalité, l'Institut de l'olivier de Sfax ne recommande pas la mise en association du maraichage avec des oliviers.

Même si l'agroforesterie permet une meilleure gestion de l'eau en limitant les pertes, la question de la pertinence d'irriguer est toujours soulevée. Dans le nord du pays, l'irrigation est basée sur des eaux de surface contrairement au centre et au sud où l'irrigation est réalisée à partir des eaux souterraines. L'épuisement des nappes menace la pérennité de la ressource aquatique ainsi que la sécurité alimentaire du pays dans les années à venir. "C'est en effet un crime contre les générations futures» a déclaré un des experts.

Certains experts pensent qu'il vaut mieux promouvoir l'agroforesterie dans le nord du pays plutôt que dans le centre et le sud. D'autres ont même appelé la pratique de l'association dans le centre et le sud « une forme d'intensification des systèmes agricoles » plutôt qu'une technique agroécologique.

L'agroforesterie telle qu'elle est pratiquée actuellement en Tunisie pourrait être considérée comme une solution à l'agriculture durable. La durabilité est souvent résumée par les trois piliers de développement durable (une dimension sociale vivable, une dimension économique équitable et une dimension écologique viable). Dans le contexte tunisien, l'agroforesterie a pu garantir jusqu'à présent 2 des 3 dimensions de la durabilité (économique et sociale). Bien qu'elle permette une meilleure gestion des ressources (intrants et eau) tout en intensifiant les systèmes de culture, l'agroforesterie au centre où ces ressources sont déjà rares n'est pas aussi durable qu'elle le semble. En effet, comme il a été souligné précédemment, elle épuise les ressources en eau, contribue à la salinisation des terres. L'utilisation excessive d'intrants liés généralement au maraichage qui est le type d'association le plus répandu au centre, contamine les nappes phréatiques et détruit le milieu naturel (axillaires, végétation spontanée...). Il serait peut-être préférable que l'agroforesterie soit pratiquée dans le nord où les conditions sont plus favorables à l'installation de cette pratique. Il est également préférable que le maraichage soit exclu de l'association car il constitue une menace sérieuse pour les olives (contamination fongique). Les céréales et les amandiers en mode pluvial pourraient être les meilleurs systèmes agroforestiers à assurer la durabilité de l'agriculture tunisienne.

En conclusion, des trois hypothèses émis au départ, l'étude a permis de bien répondre aux deux premières hypothèses. Quant à la troisième hypothèse, il était difficile de bien la mettre en évidence en absence des critères bien déterminés conçus pour l'évaluation de la durabilité de ces SAF. Néanmoins, ceci ne nie pas le fait que cette étude a donné une idée générale sur la durabilité des systèmes agroforestiers tunisiens, même si elle est que du point de vue de l'agriculteur et n'a pas été soutenue par une étude scientifique approfondie. Méthodes.

## **6.2 Avantages et limites de la démarche**

La caractérisation des systèmes agroforestiers réalisée dans ce mémoire, est basée en premier lieu sur un travail de cartographie. L'analyse cartographique a été un moyen facile à utiliser pour repérer les zones oléicoles intéressantes. Cette méthode pourrait être utilisée à l'avenir pour effectuer une analyse rapide. En effet, cette méthode a déjà été utilisée par zdrulli (2009, 2014), den herder(2017) et lauri et al (2019) mais n'a jamais été utilisée à notre connaissance dans des articles tunisiens traitant le sujet de l'agroforesterie. Cependant, Il convient de souligner que les cartes agricoles datent de 2003. Or, en 17 ans, il y a eu des évolutions importantes du couvert végétal, notamment une augmentation des surfaces oléicoles. Il est à noter aussi que les données relatives à



l'irrigation ne sont pas complètes. Alors les résultats de la cartographie devraient être pris avec précaution.

À la suite de ce travail, il a été décidé de visiter les gouvernorats suivants : Béja et Jendouba au Nord ; Kairouan et Sidi-Bouzyd et Sfax au Centre ; Gafsa au Sud. Pour des raisons logistiques liées à la situation sanitaire, la région du Sud n'a pas pu être visitée. Au centre, les visites ont été limitées à un seul gouvernorat : Sfax.

En deuxième lieu, un diagnostic agronomique a été effectué et des relevés de terrain ont été pris. La collecte de données était facile et rapide en utilisant l'application kobotoolbox. Toutefois, la collecte aurait pu être plus détaillée avec d'autres variables, tel le type du sol qui est considéré comme l'un des déterminants les plus importants de l'installation de systèmes agroforestiers (Bateni et al., 2019).

En troisième lieu, des enquêtes ont été conduites auprès des agriculteurs. L'utilisation d'un questionnaire pré-rédigé était pratique car une sorte d'homogénéité de réponse a été recherchée afin de faciliter l'analyse statistique. Le seul regret est qu'en raison des contraintes du temps et de la situation sanitaire, il y a eu une répartition hétérogène des agriculteurs enquêtés. La diversité observée pendant le diagnostic agronomique n'était pas entièrement représentée par l'échantillon de personnes interrogées. En effet, interroger au moins un agriculteur par délégation visitée n'était pas toujours possible. Étant donné que pour obtenir les contacts des agriculteurs, nous nous sommes basés sur le fait de trouver l'agriculteur sur sa parcelle au moment de visite pendant le diagnostic. Ceci a conduit à la visite de 228 parcelles, mais à seulement 44 enquêtes.

En ce qui concerne l'évaluation des impacts de l'agroforesterie, nous avons été limité dans cette étude à l'évaluation relative de chaque agriculteur. Initialement, l'idée était de mener notre propre évaluation en faisant quelques analyses (analyse des sols, étude des rendements des cultures associées) mais cela n'a pas été possible à nouveau en raison de la situation sanitaire.

### **6.3 Perspectives de l'étude**

Cette étude qui est la première de son genre en Tunisie a permis une première classification basée sur des variables structurelles. Il est à espérer que d'autres études suivront dans ce domaine encore peu étudié par rapport aux autres pays méditerranéens. Ce travail n'a été mené que dans 3 gouvernorats (2 au nord-ouest et un au centre-est). Il représente en effet une partie de la diversité des systèmes agroforestiers à base d'oliviers en Tunisie mais il n'est pas représentatif de toute la diversité qui existe dans les systèmes agroforestiers y compris ceux à base d'oliviers. Comme mentionné dans l'introduction, il existe d'autres SAF à savoir les systèmes à base de chênes au nord et les oasis au sud. Des associations culturales sont également mises en place en hiver. D'autres types de systèmes agroforestiers basés sur l'olivier pourraient exister mais n'ont pas été repérés dans cette étude en raison de la limitation en termes de surface des régions visitées. Il serait intéressant, dans une prochaine étape, de mener une étude sur un nombre plus important de sites.

Cette classification pourrait également être améliorée par l'utilisation d'autres types de variables (socio-économiques et biophysiques) dans la classification des systèmes agroforestiers.

Une évaluation scientifique adéquate de l'impact écologique et agronomique de l'agroforesterie pourrait également être réalisée.

## 7 Conclusion

Notre étude avait pour objectif de décrire les systèmes agroforestiers à base d'oliviers existant en Tunisie, et d'en comprendre les déterminants de mise en place. Ce travail a été réalisé en trois parties : une partie identification des systèmes oléicoles tunisiens, une partie classification des systèmes agroforestiers et une partie étudiant les perceptions des agriculteurs vis-à-vis la pratique de l'agroforesterie. Les trois hypothèses de bases autour desquelles s'est articulé le mémoire sont les suivantes : 1) L'agroforesterie à base d'oliviers existe en Tunisie. Différentes typologies de systèmes agroforestiers à base d'oliviers peuvent être ainsi identifiées, 2) L'adoption de l'agroforesterie est expliquée par plusieurs facteurs agronomiques et socio-économiques, et 3) Le modèle agroforestier tunisien assure une meilleure durabilité de l'agriculture du pays.

Il a fallu, dans un premier temps, cartographier les systèmes oléicoles tunisiens pour choisir les régions susceptibles d'abriter une diversité des SAF. 21 systèmes différents ont été repérés sur la base de la pente, du climat et de l'irrigation. Le nord a le nombre le plus élevé des systèmes diversifiés. Ensuite, un diagnostic agronomique à travers un relevé de terrain a été effectué sur un nombre restreint de zones afin pouvoir regrouper les parcelles par leurs caractéristiques structurelles communes. Cinq groupes de SAF distincts ont été trouvés. Le premier groupe concerne les SAF irrigués du nord. Ces systèmes sont basés sur une association oliviers-mélange d'espèces maraichères. Un deuxième groupe représente les SAF irrigués du centre, en association avec du maraichage en monoculture. Un troisième groupe représente les systèmes fourragers présents au nord et au centre. Un quatrième système est basé sur l'association avec des arbres fruitiers notamment de l'amandier. Un dernier système caractérisé par l'association oliviers et céréales conduits les deux en mode pluvial dans le nord du pays. Ensuite, l'accent est mis sur les perceptions des agriculteurs concernant les systèmes agroforestiers. Les agriculteurs pratiquent l'agroforesterie pour des raisons variées, mais souvent liées à des contraintes économiques ou foncières. En effet, des superficies par exploitant limitées et la diversification des revenus sont les premiers arguments avancés par les agriculteurs pour la mise en place des SAF. L'agroforesterie permet aux agriculteurs d'optimiser l'utilisation des ressources naturelles notamment l'eau. Cependant, cette pratique peut présenter quelques limites telles que la compétition entre les différentes espèces et transmission des maladies. Pour les agriculteurs, les systèmes qui sont les plus compatibles dans les conditions du pays et qui semblent être les plus rentables sont les systèmes à base de maraichage en premier rang, de fourrage en deuxième rang et les arbres fruitiers en sec en dernier rang.

Quant aux experts, ils pensent que l'agroforesterie au nord est celle qui remplit au plus la définition avancée par les études scientifiques. Alors que l'agroforesterie au centre épuise les ressources naturelles. Pour eux, l'agroforesterie est une solution potentielle aux problèmes de l'agriculture tunisienne. Toutefois, elle donne les bénéfices escomptés si elle est installée au nord plus qu'au centre ou au centre.

L'Etat n'a pas encore développé de stratégie pour promouvoir ou réguler cette pratique. Des projets sont actuellement à l'étude. En effet, le projet « diversify » dans sa deuxième phase a été récemment lancé en coopération avec l'Institut de l'olivier Sfax pour mener des études approfondies sur l'agroforesterie à base d'oliviers en Tunisie.

## 8 Bibliographie

- Abid Karray, J., Lhomme, J. P., Masmoudi, M. M., & Mechlia, N. B. (2008). Water balance of the olive tree–annual crop association : A modeling approach. *Agricultural Water Management*, 95(5), 575-586. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.12.006>
- Alary, V., Nefzaoui, A., & Jemaa, M. B. (2007). Promoting the adoption of natural resource management technology in arid and semi-arid areas : Modelling the impact of spineless cactus in alley cropping in Central Tunisia. *Agricultural Systems*, 94(2), 573-585. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.02.003>
- Allalout, A., et Zarrouk, M. (2013). CULTURE HYPERINTENSIVE DE L'OLIVIER DANS LE MONDE ET APPLICATIONS EN TUNISIE. 32.
- Aumeeruddy-Thomas, Y., & Michon, G. (2018). Agroforestry. In H. Callan (Éd.), *The International Encyclopedia of Anthropology* (p. 1-7). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118924396.wbiea1708>
- Bateni, C., Ventura, M., Tonon, G., & Pisanelli, A. (2019). Soil carbon stock in olive groves agroforestry systems under different management and soil characteristics. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00367-7>
- Battesti, V. (2005). *Jardins au désert*. IRD Éditions. <http://books.openedition.org/irdeditions/10160>
- Battesti, V. (2013). *Des ressources et des appropriations Retour, après la révolution, dans les oasis du Jérid (Tunisie)*.
- Daly-Hassen, H., Annabi, M., & King-Okumu, C. (2019). SOCIAL AND PRIVATE PROFITABILITY OF TREE-BASED ADAPTATION OPTIONS TO CLIMATE CHANGE IN A DRYLAND AREA OF TUNISIA. *New Medit*, 18(2), 89-104. <https://doi.org/10.30682/nm1902f>
- Daoui, K., et Fatemi, Z. E. A. (2014). Agroforestry Systems in Morocco : The Case of Olive Tree and Annual Crops Association in Saïs Region. In *Science, Policy and Politics of Modern Agricultural System*.

- den Herder, M. (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. 121-132.
- Dollinger, J., & Jose, S. (2018). Agroforestry for soil health. *Agroforestry Systems*, 92(2), 213-219. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0223-9>
- Eichhorn, M. P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L. D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V. P., Pilbeam, D. J., Pisanelli, A., & Dupraz, C. (2006). Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects. *Agroforestry Systems*, 67(1), 29-50. <https://doi.org/10.1007/s10457-005-1111-7>
- FAO. (2015). Tunisie : Analyse de la filière oléicole. 186.
- FAO. (2018). Ecologie, culture et utilisation du figuier de barabarie (p. 250).
- Fleskens, L. (2008). A typology of sloping and mountainous olive plantation systems to address natural resources management. 283-297.
- Fourrier, C. (2002). L'agroforesterie du Domaine départemental de Restinclières (Hérault) : Une expérience originale au service des professionnels du bois et de l'agriculture. - Notre bibliothèque—Forêt Méditerranéenne. <http://www.foret-mediterraneenne.org/fr/catalogue/id-811-1-agroforesterie-du-domaine-departemental-de-restinclieres-herault-une-experience-originale-au-service-des-professionnels-du-bois-et-de-l-agriculture->
- Gharbi, I., Issaoui, M., et Hammami, M. (2014). La filière huile d'olive en Tunisie. *OCL*, 21(2), D202. <https://doi.org/10.1051/ocl/2013040>
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits : An overview. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Kay, S. (2018). Assessment of ecosystem services provided by agroforestry systems at the landscape scale. <https://doi.org/10.5167/UZH-158640>
- Kizos, T., et Plieninger, T. (2008). AGROFORESTRY SYSTEMS CHANGE IN THE MEDITERRANEAN: SOME EVIDENCE FROM GREEK AND SPANISH EXAMPLES.
- Kmoch, L. (2018). Using Local Agroecological Knowledge in Climate Change Adaptation : A Study of Tree-Based Options in Northern Morocco.

Lauri, P.-É., Barkaoui, K., Ater, M., Essaadi, A., & Rosati, A. (2019). Agroforestry for sustainable agriculture (p. 518). Burleigh Dodds Science Publishing.

Loupe, D., et Mille, G. (2015). Mémento du forestier tropical. Éditions Quae.

Millineum Environmental Assesment (p. 59). (2005).

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche Maritime (2003) Carte agricole de la Tunisie QGIS [logiciel]. Version 3.8.3

---

Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry Systems and Environmental Quality : Introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40(3), 784-790. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076>

Nair, P.K.R. (1993). *An Introduction to Agroforestry*.

Nair, P.K.R. (2014). Agroforestry : Practices and Systems. In *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*.

Pagès, J. (2004). Analyse Factorielle de Données Mixtes. *Revue Statistique Appliquée*, 4, 93-111.

Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussement, T., Janssens, P., & Verheyen, K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018>

Penot, E., et Feintrenie, L. (2014). L'agroforesterie sous climat tropical humide : Une diversité de pratiques pour répondre à des objectifs spécifiques et à des contraintes locales. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 321(321), 5. <https://doi.org/10.19182/bft2014.321.a31212>

P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, R. van Diemen, E. Haughey, J. Malley, M. Pathak, J. Portugal Pereira (eds.) *Technical Summary, 2019*. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

QGIS.org, 2020. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

Razouk, R., Ramdani Abdelhamid, Chargaoui Abdelaziz, Daoui, K., & Bendidi Abderrazzak. (2012). Optimisation de l'occupation spatiale des cultures intercalaires dans les oliveraies pluviales cas des plantations adultes 2012. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36522.06084>

Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J. H., & Mosquera-Losada, M. R. (Éds.). (2009). *Agroforestry in Europe : Current status and future prospects*. Springer.

R Development Core Team (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

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 - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 145(1), 120-130. <https://doi.org/10.1080/11263504.2010.540383>

Saadani, Y. (s. d.). IMPORTANCE DE L'AGRO-FORESTERIE DANS L'AMENAGEMENT ET LA CONSERVATION DU MILIEU DANS LES ZONES MONTAGNEUSES DU NORD-OUEST DE LA TUNISIE.

Sinclair, F. L. (1999). A general classification of agroforestry practice. 161-180.

Special Report on Climate Change and Land—IPCC site. (2019). <https://www.ipcc.ch/srccl/>

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sorlin, S. (2015). Planetary boundaries : Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855-1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

Steppler, H. A., et Nair, P. K. R. (1987). *Agroforestry a decade of development*.

Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), 503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>

Zaied, Y. B., et Zouabi, O. (2016). Impacts of climate change on Tunisian olive oil output. *Climatic Change*, 139(3-4), 535-549. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1801-3>

Zdruli, P. (2012). LAND RESOURCES OF THE MEDITERRANEAN: STATUS, PRESSURES, TRENDS AND IMPACTS ON FUTURE REGIONAL DEVELOPMENT.

## 9 Annexes

Annexe 1 : Les avantages de l'agroforesterie en fonction des services écosystémiques (Dollinger et Jose, 2018; Jose, 2009; Kay, 2018; Nair, 2011; Nair, 2014; Pardon et al., 2017)

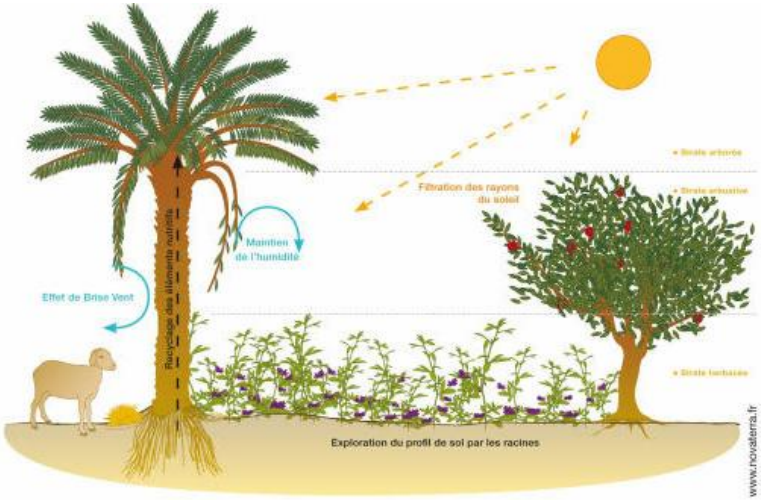
Services d'approvisionnement	Services de régulation	Services support	de Services culturels
Production de fruits, fibre, bois, produits d'élevage et produits issus des cultures intercalaires	Régulation de l'eau : purification de l'eau Régulation de l'érosion  Régulation de la qualité d'air : réduction des émissions de C  Régulation du climat : séquestration du carbone  Conservation de la biodiversité	Conservation des sols : amélioration de la matière organique du sol et recyclage des nutriments	Valeur paysagère et esthétique, patrimoine (maintien des paysages historiquement importants), écotourisme

Annexe 2 : Un système multi-strate oasien du sud tunisien (D'après Battesti, 2012)

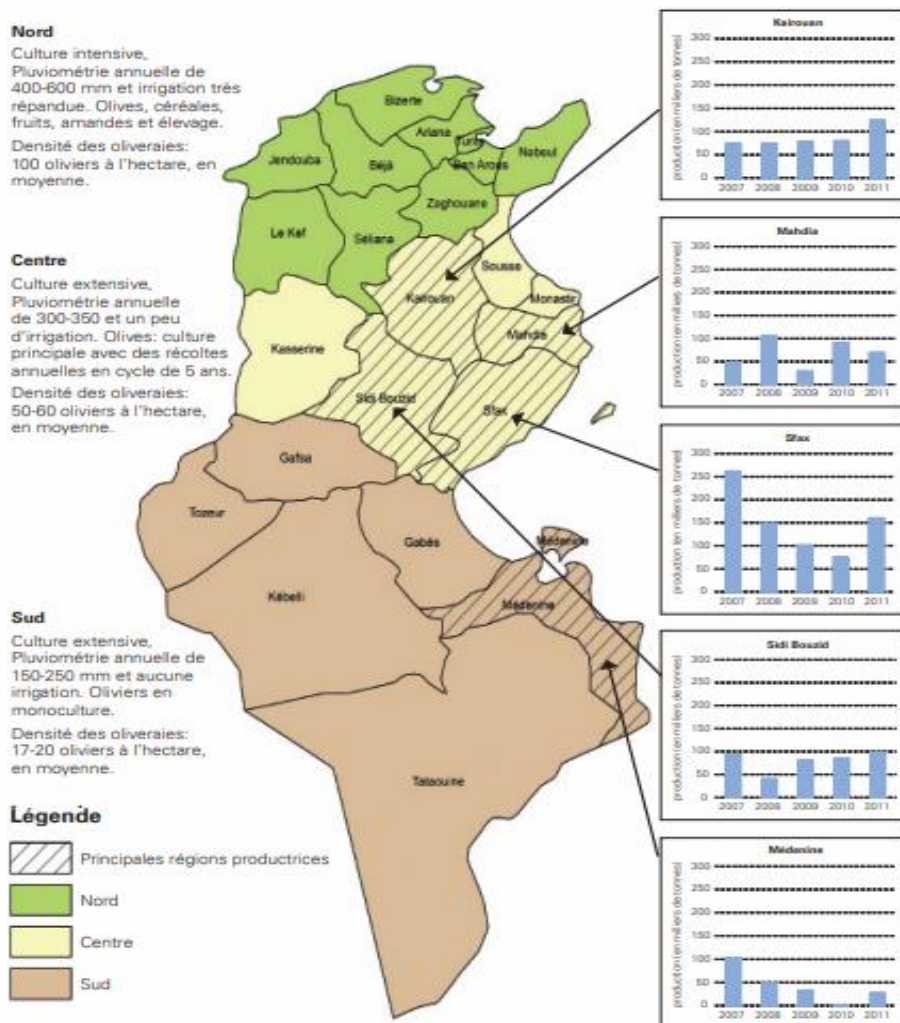




Annexe 3 : Le microclimat oasien (D'après En vie d'Oasis, 2009)



Annexe 4 : Répartition de la production oléicole en Tunisie (D'après FAO, 2018) DGPA)



Annexe 5 : Méthodes de classification des systèmes agroforestiers

<b>Bases de classification</b>	Composition du système	L'utilisation prédominante des systèmes	La structure spatiale et temporelle	La zone agroécologique	Le statut économique	socio-économique	Fonction du système
<b>Description de la classification</b>	Elle se base sur les différentes composantes d'un système agroforestier (arbres, animaux et cultures associées) L'agrisylviculture : association des cultures et des arbres La silvopastoralisme : association des pâturages et / ou des animaux avec des arbres L'agrosilvopastoralisme : association	La culture principale est : Les arbres : verges des fruitiers Les cultures en association/ animaux : cas de l'élevage ou encore le cas des jardins potagers	Description de l'arrangement spatial et temporel des arbres et/ ou les cultures en association : Arrangement spatial : la façon dans les arbres sont plantés (en lignes, sur les bords des parcelles, dans des allées) la densité de plantation (clairsemés ou serrés) Arrangement temporel : l'existence	Basée sur les caractéristiques du milieu (l'étage bioclimatique, les reliefs, le type de sol...)	Prend en compte les facteurs socio-économiques des systèmes agroforestiers tels que la taille des exploitations, rendements, l'utilisation des intrants chimiques, la commercialisation ou l'autoconsommation des produits, etc.	Prend en compte les facteurs socio-économiques des systèmes agroforestiers tels que la taille des exploitations, rendements, l'utilisation des intrants chimiques, la commercialisation ou l'autoconsommation des produits, etc.	La classification se fait selon la fonction des arbres dans le système à savoir : La fonction productive : les arbres créent de la biomasse (fruits, matières premières (liège, bois d'œuvre résine..), le bois de chauffage, La fonction d'habitat : la contribution des arbres à la conservation des écosystèmes naturels et de la biodiversité.
<b>Avantages</b>	Classification simple Données simples à saisir	Classification simple Adaptée à différents contextes	Classification assez simple Données spatiales	Classification précise Adaptée à différents contextes	Classification précise Adaptée à différents contextes	Classification précise Adaptée à différents contextes	Classification précise Adaptée à différents contextes
<b>Inconvénients</b>	Classification générale et non adaptée	Classification générale et non adaptée	Données temporelles	Accès non garanti à toutes les données	Accès non garanti à toutes les données	Accès non garanti à toutes les données	Données difficilement accessibles
<b>références</b>	Rhul, 2011	Nair 1993	Nair, 1993	Kmochn, 2018	Fleskens, 2008	Nair, 1993	Nair, 1993

Annexe 6 : Classifications existantes des systèmes agroforestiers à base d'oliviers

Méthode de classification	Classification économique	socio-	Composition du système	Description générale	Zone agroécologique et classification socio-économique
Nombre de classes	6		5		5
Classification	Systèmes très extensifs Systèmes traditionnels extensifs Systèmes semi-intensifs à bas niveau d'intrants Systèmes semi-intensifs à haut niveau d'intrants Systèmes intensifs		Oliviers+ cultures maraichères oliviers + amandiers oliviers + vignes oliviers+fourrages céréales oliviers+ chênes	Pas de classes, une simple description de ce qui existe	Agriculteurs propriétaires de vergers irrigués Agriculteurs de la plaine fertile Agriculteurs des basses terres cultivant des terres
Variables utilisées	<b>Variables socio-économiques</b> (taille des exploitations, produits secondaires de l'agroforesterie, culture biologique) <b>Variables écologiques</b> (caractéristiques du sol, topographie, pente et localisation géographique)		<b>Variables structurelles</b> (espèces en association avec les oliviers, arrangement spatial) <b>Variables socio-économiques</b> (taille des exploitations, orientation commerciale) <b>Variables écologiques</b> (Pente) <b>Variables fonctionnelles</b> (fonction du système agroforestier)	<b>Variables structurelles</b> (espèces cultivées entre les rangées d'oliviers, la densité des oliviers, les distances laissées entre l'olivier et la première ligne des	<b>Variables structurelles</b> (irrigation, espèces en association avec les oliviers, arrangement spatial) <b>Variables socio-économiques</b> (orientation
Pays	Espagne, Portugal, Tunisie, Italie et Grèce		Sicile (Italie)	Maroc	Maroc
Référence	Fleskens, 2008		Rhul, 2011	Daoui et fatmi, 2014	Kmoch, 2018

Annexe 7 : couches vectorielles utilisées

Couche	Information apportée
TAG.shp	Occupation du sol
Mox_clm.shp	Climat
Pen.shp	pente
Mox.shp	Irrigation

Annexe 8: Répartition géographique des enquêtes



## Annexe 9 : Questionnaire agriculteurs

NOM – Prénom :

Statut :

- propriétaire
- locataire
- métayer
- autre

Adresse :

Tél :

Historique de l'exploitation (exploitation précédente) :

0.1.0. Quelles sont vos productions principales ?

0.1.1. Quelles sont vos productions secondaires ?

0.1.2. Présence d'atelier(s) d'élevage ?

- Oui
- Non

0.1.3. Pouvez-vous détailler la SAU totale de votre exploitation ?

<b>Grandes cultures =</b>	<b>Maraîchage =</b>
<b>Cultures arboricoles autres que oliviers =</b>	<b>oliviers =</b>
<b>jachères</b>	<b>autres=</b>

0.1.4. Quel est le type de conduite sur votre exploitation ?

- Conventionnel (utilisation des produits phytosanitaires, labour fréquent et profond)
- Agriculture de conservation (réduction du travail du sol, réduction de l'utilisation des produits chimiques, diversification des espèces végétales)
- TCS (techniques culturales simplifiées) : réduction du labour (travail superficiel), déchaumage, semis direct, paillage)
- Agriculture biologique
- Autre : .....

0.1.5. Avez vous des surfaces irriguées ?

- Oui, quelle surface (ha) :
- Non

0.1.6. Pouvez-vous décrire le type de sol sur votre exploitation, et ses atouts / contraintes en lien avec le climat ?

0.1.7. Pouvez vous nous décrire la main d'œuvre et la charge de travail sur votre exploitation ?

- Main d'œuvre familial :
- Main d'œuvre extérieure (temporaire et permanente) :
- Agriculteur double actif
- Autres fonctions occupées (représentant, élu):
- Nombre d'heure de travail par semaine moyen :
- Période(s) surcharge de travail :

Surface 2020	Surface 2019	Culture	Rendement moyen (2020)	Rendement moyen (2019)

0.1.8. Votre parcellaire est plutôt

- Groupé
- Dispersé

0.1.9 Pouvez-vous me décrire votre assolement actuel ( année culturale ) des cultures en association ou non avec des oliviers ?

0.2.0 Si atelier d'élevage : intégrez-vous certaines de ces cultures dans la ration de votre bétail ? Etes vous en autonomie alimentaire vis-à-vis votre cheptel ?

0.2.1 Quelles sont les différentes successions culturales mises en place ?

Surface (ha)

Durée

Cultures de la succession

Choix de la rotation : pourquoi ?

succession 1

succession 2

succession 3

0.2.3. Rencontrez-vous des problèmes particuliers liés à la pression des adventices ? Si oui, lesquels, et pourquoi ?

- Oui
- Non

Quels problèmes ?

0.2.4 Pouvez vous listez les principaux produits phytosanitaires utilisés ? Utilité de chacun de ces produits ?

Comment estimez votre utilisation de produits phytosanitaires ?

- Forte
- Moyenne
- Faible

0.2.6. Rencontrez-vous des problèmes particuliers liés à la pression des maladies / ravageurs ? Si oui, lesquels, et pourquoi ?



- Oui
- Non

Quels problèmes ?

0.2.7. Quelle est votre stratégie de commercialisation de votre production (animale / végétale) ?

- Circuits courts : vente directe → lesquels ?
- Circuits longs : négoce / usine de transformation → lesquels ?

### **1.SAF de l'exploitation:**

NB : focaliser sur l'exploitation du l'enquêté dans les 2 dernières années.

1.0.Âge des oliviers :

- <10 ans
- 10-50 ans
- >50 ans

1.1. Plantation des oliviers

- Progressive
- Intergénérationnelle
- Accentuée à un moment donné

1.2. Oliviers partagés avec la famille ?

- Oui, quelle surface (ha ) ? / nombre ?
- Non

1.3. Quelles sont la (les) variété (s) de vos oliviers:

1.4. A quelle fréquence taillez vous vos oliviers?

- chaque année
- 1 année/2
- autres

1.5. Pouvez vous faire une estimation du rendement moyen de vos oliviers (prise en compte de l'alternance) ? Le minimum et maximum / année ?

1.6.Avez -vous des problèmes particuliers liés à vos systèmes oléicoles?

- oui
- non

Si oui, lesquels?

1.7. Avez vous mis en place des associations de cultures avec des oliviers ?

- oui
- non

Si oui, lesquelles? Depuis quand? (bref historique)

1.8. Quel type d'association ,pratiquez-vous ?

- cultures céréalières
- cultures maraichères
- arbres fruitiers :
  - à noyaux
  - à pépins
- animaux

1.9. Si animaux, à quelle fréquence laissez-vous votre cheptel pâturer dans vos vergers oléicoles ? Quand? Ou (sur toute la surface du verger? à des endroits spécifiques ( sous vieux oliviers, proche de la maison ?) Le pâturage change-t-il la manière dont vous conduisiez vos oliviers (taille, fertilisation, mise en place des équipements d'irrigation..) ?

2.0. Laissez-vous la végétation naturelle pousser spontanément ou cultivez-vous des fourrages pour les animaux?

2.1. Le but principal derrière l'association des oliviers avec du cheptel animal est :

- autonomie alimentaire du cheptel
- désherbage mécanique des vergers
- support physique pour les animaux ( ombre , lieu de stabulation)
- fertilisation des vergers
- autres

2.2. Quelle végétation naturelle subsiste dans ces SAF ?

- arbres (chênes, pins, oléastre, aubépine...)
- arbustes (armoïse, alfa, jujubier...)
- herbacées (romarin , thym...)

2.3. De quels services jouissiez-vous dans le cadre de cette pratique ?

- productif (fruits, fourrage, bois de chauffage, bois d'œuvre...)
- protectif (brise vent, protection du bétail...)
- régulateur (conservation du sol, abri pour faune sauvage ...)
- culturel (paysage, bien-être humain...)
- autres

2.4. Pensez-vous être capable d'associer jusqu'à combien d'espèces/animaux (tout type d'association inclus) ?

2.6. Est-ce que l'on peut faire des associations avec n'importe quel type de verger d'oliviers ?

- oui
- non

Si oui pourquoi ?

- densité de plantation
- âge des arbres
- faire-valoir

- type de taille
- autres

2.7. Pourquoi vous faites ces associations ?

- Meilleure efficacité d'utilisation de l'espace
- Meilleure efficacité d'utilisation des intrants chimiques
- Diversification des revenus
- Bénéfice environnementale
- Economie de l'eau d'irrigation
- Statut locataire (sorte d'obligé...)
- Autres

2.8. Remarquez-vous des avantages spécifiques aux oliviers ?

- oui
- non

Si oui lesquels ?

2.9. Remarquez-vous des avantages spécifiques aux cultures / élevage en association?

- oui
- non

Si oui lesquels ?

3.0. Quelle espèce pensez-vous bénéficie le plus de cette association ? Pourquoi ?

3.1. Remarquez-vous des inconvénients de ce type d'association?

- Compétition entre les différentes cultures et/ou arbres? (rendement, croissance...)
- Dégâts du cheptel sur les arbres
- temps de travail plus élevé ( avec des pics de surcharge éventuelle?)
- Problèmes de transmission de maladies entre les différentes espèces
- Autres

3.2. Quelle espèce pensez-vous bénéficie le moins de cette association ? Pourquoi ?

3.3. Quelle est la culture qui a le plus d'intérêt pour vous ? Pourquoi ?

3.4. Qualifiez-vous ce type d'association comme économiquement rentable ? Pourquoi ?

- Diminution des coûts
- Augmentation de productivité
- Amélioration du rendement

3.5. Si vous avez le choix absolu, conduisiez-vous vos agrosystèmes en association?

- oui
- non

Pourquoi? Quelles espèces vous préconisez-le

3.6. Sur une échelle de 1 à 5, à combien estimez votre satisfaction de ce type d'association? (1 étant peu satisfait et 5 très satisfait)

3.7. Pensez-vous continuer d'associer des cultures au futur? Peut être en augmenter la surface ?

- oui
- non

Pourquoi?

3.8. Est-ce que d'autres agriculteurs dans cette région pratique un type d'agroforesterie que vous ne le faites pas ?

- oui
- non

Si oui, pourquoi ?

3.9. Recommandez-vous ce type de pratique à d'autres agriculteurs

- oui
- non

Pourquoi?

4.0. Avez-vous entendu parler de l'agroforesterie?

- oui
- non

Si oui, qu'est ce que c'est ?

4.1. Montrer des images des différents systèmes agroforestiers existants en Tunisie et demander l'avis de l'agriculteur

Annexe 10 : questionnaire experts  
Informations générales

NOM – Prénom :

Fonction

Organisme du travail :

Expérience dans le domaine de l'oléiculture

Avez-vous entendu parler de l'agroforesterie?

oui

non

Si oui, qu'est ce que c'est ? ( des expériences dans ce domaine)

Rencontrez-vous des SAF à base d'oliviers dans votre travail?

oui

non

Si oui , ou ? et pouvez vous nous décrire ce que vous avez rencontré ?

Quel type d'association ,pensez vous existe le plus en Tunisie ?

cultures céréalières

cultures maraîchères

arbres fruitiers :

▪ à noyaux

▪ à pépins

animaux

En cas d'association des animaux avec les oliviers , quel est le but principal selon vous derrière cette association ?

autonomie alimentaire du cheptel

désherbage mécanique des vergers

support physique pour les animaux ( ombre , lieu de stabulation)

fertilisation des vergers

autres

Quels sont les services jouis dans le cadre de cette pratique ?

productif (fruits, fourrage, bois de chauffage, bois d'œuvre...)

protectif (brise vent, protection du bétail...)

régulateur (conservation du sol, abri pour faune sauvage ...)

culturel (paysage, bien-être humain...)

autres

Pensez-vous être capable d'associer jusqu'à combien d'espèces/animaux (tout type d'association inclus) ?

Est-ce que l'on peut faire des associations avec n'importe quel type de verger d'oliviers ?

- oui
- non

Si oui pourquoi ?

- densité de plantation
- âge des arbres
- faire-valoir
- type de taille
- autres

Pourquoi les agriculteurs font ces associations ?

- Meilleure efficacité d'utilisation de l'espace
- Meilleure efficacité d'utilisation des intrants chimiques
- Diversification des revenus
- Bénéfice environnementale
- Economie de l'eau d'irrigation
- Statut locataire (sorte d'obligé...)
- Autres

NB : les avantages et inconvénients diffèrent en fonction de l'agencement des SAF (espèces associées et de leurs agencements spatio-temporels)

Existe-t- il des avantages spécifiques aux oliviers dans le cadre de cette pratique?

- oui
- non

Si oui lesquels ?

Existe -t- il des avantages spécifiques aux cultures / élevage en association?

- oui
- non

Si oui lesquels ?

Quelle espèce pensez-vous bénéficie le plus de cette association ? L'olivier ou la culture en association? Pourquoi ?

Quels sont les inconvénients de ce type d'association selon vous?

- Compétition entre les différentes cultures et/ou arbres? (rendement, croissance...)

- Dégâts du cheptel sur les arbres
- temps de travail plus élevé ( avec des pics de surcharge éventuelle?)
  - Problèmes de transmission de maladies entre les différentes espèces
  - Autres

Quelle espèce pensez-vous bénéficie le moins de cette association ? Pourquoi ?

Comment qualifiez-vous ce type d'association sur le plan économique ?

- Oui
- Non

Si oui, Pourquoi ?

- Diminution des coûts
- Augmentation de productivité
- Amélioration du rendement

Est ce que vous recommandez ce type de pratique à d'autres agriculteurs dans le cadre de votre travail?

- Oui
- Non

Pourquoi?

L'état est-il- impliqué dans la vulgarisation des agriculteurs à propos du sujet de l'agroforesterie?

L'état tunisien possède -t- il des stratégies pour cibler le développement du secteur agroforestier ?

Montrer des images des différents systèmes agroforestiers existants en Tunisie et demander l'avis de l'expert

Annexe 11 : Cartes de la Tunisie



Figure 3a : climat de la Tunisie

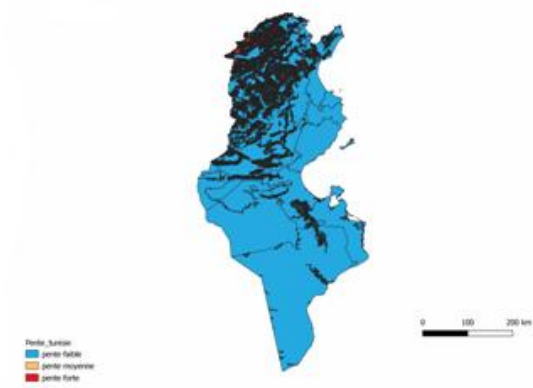


Figure 3b : pente de la Tunisie



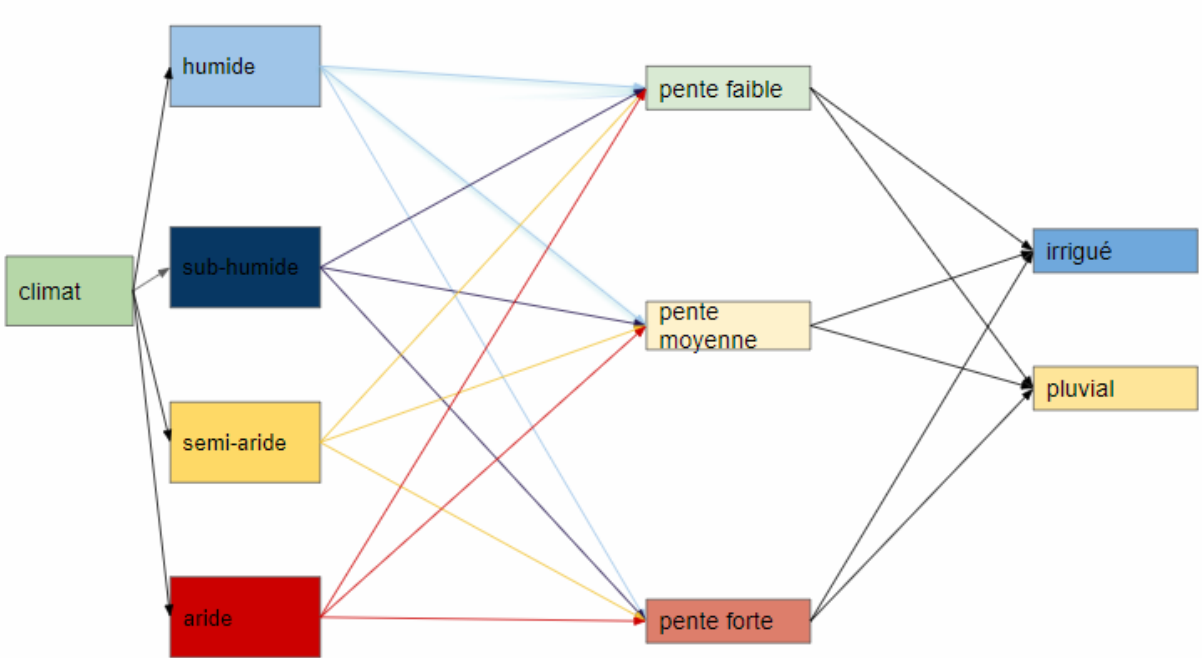
Figure 3c : L'irrigation en Tunisie



Figure 3d : systèmes oléicoles tunisiens de la Tunisie



Annexe 12 : Les différentes combinaisons possibles des systèmes oléicoles



Annexe 14 : Caractéristiques générales des agriculteurs

Surface des exploitations (n=44)	>10 ha	11
	<10 ha	8
	<5	25
Mode de conduite (n=44)	Agriculture de conservation	10
	conventionnel	33
	TCS	1
	Sans élevage	28
Part de la SAU en irrigué	≥50%	30
	<50 %	11
	Non	3
Part de la SAU réservé aux oliviers (n =42)	<50 %	10
	>50%	6
	100%	26
Statut agriculteur	propriétaire	35
	locataire	7
	autres	2
	Non	33