



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques

Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

Titre

Impact des cultures intercalaires sur l'olivier *Olea europea L*
dans la plaine de Sais

Présenté par :

Kawtar Boossel

Encadré par :

- Pr Al Figuigui Jamila
- Dr Razouk Rachid

Soutenu le :06-07-2021

Devant le jury composé de :

- Pr Al Figuigui Jamila- FST Fès
- Pr Benjelloun Meryem- FST Fès
- Dr Razouk Rachid- INRA Méknas

Année universitaire

2020/2021

Remerciements

En premier lieu je remercie ALLAH le toute puissant de m'avoir donné la santé et le courage pour réaliser ce travail.

Je remercie chaleureusement mon encadrante Mme Al Figuigui Jamila Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès pour son aide précieuse et ses conseils éclairés dans la direction de mon travail, ainsi que pour sa grande disponibilité et son immense gentillesse.

J'exprime mes sincères remerciements et ma haute considération au Dr. Rachid RAZOUK, chercheur au Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès pour tout le temps qu'il m'a consacré, pour m'avoir dirigée et encouragée tout au long de ce travail, je le remercie pour sa disponibilité, ses conseils, ses remarques.

J'exprime ma reconnaissance à Mme Benjelloun Meryem Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès qui a accepté d'examiner jury.

Je remercie également toute la famille Boossel.

* Merci *

À ceux et celles qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans mon travail, je les remercie du fond du cœur.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A ma mère

A mon père

A mes frères et sœurs

A toute ma famille et belle famille

A mes amies « Bouchra, Karima, Yasmine »

A tous les collègues de ma promotion

A mon cher binôme Imane

A ceux qui m'ont aidé et contribué à la réalisation de ce travail.

En fin je dédie ce travail à moi-même

« Kawtar ».

Listes des figures

Figure 1 : Cultures intercalaires en Fève dans les oliveraies	8
Figure 2 : Cultures intercalaires en blé dans les oliveraies	8
Figure 3 : Températures (°C) maximales (Tn) mensuelles à la Plaine de Sais.....	10
Figure 4: Températures (°C) minimales (Tn) mensuelles à la Plaine de Sais	11
Figure 5: Températures (°C) moyennes (Tm) mensuelles à la Plaine de Sais.....	12
Figure 6 : Humidité relative mensuelle (%) à la Plaine de Saiss	14
Figure 7: Pluviométrie (mm) mensuelle à la plaine de Sais	15
Figure 8 : Schéma représentatif des traitements testés sur les systèmes de cultures intercalaires en oliveraies adultes.....	17
Figure 9: Poromètre	18
Figure 10 : thermomètre infrarouge	18
Figure 11: Chlorophylle-mètre portable	18
Figure 12 : Longueur des pousses de l'année et surface foliaire de l'olivier sous les différents traitements testés	19
Figure 13 : Variation de certains paramètres physiologiques de l'olivier sous les traitements testés.	21

Liste des tableaux

Tableau 1 : Températures maximales (Tx) mensuelle à la plaine de Saïs	10
Tableau 2 : Températures minimales (°C) mensuelles (Tn) à La Plaine de Sais.....	11
Tableau 3 : Températures moyennes (°C) mensuelles (Tm) à La Plaine de Sais	12
Tableau 4 : Humidité relative (%) mensuelle à la Plaine de Sais	13
Tableau 5 : Pluviométrie (mm) mensuelle à la plaine de Sais	15
Tableau 6 : Système de cultures intercalaires réalisées en oliveraies dans la plaine de Sais	16

Liste des abréviations

INRA : Institut national des recherches agronomiques

%: Pourcentage.

°C: Degré Celsius.

cm: Centimètre.

COI: Conseil Oléicole International.

mm : millimètre.

T_x : Température maximale.

T_n : Température minimale

T_m : Température moyenne.

Résumé

Au Maroc, les systèmes agroforestiers à base d'olivier sont très répandus et diversifiés. Ce travail vise à caractériser leur diversité et leurs performances dans la région de la plaine de Sais, au Nord du Maroc. Pour ce faire, sept traitements ont été réalisés sur des oliveraies adultes. Pour chacun, les systèmes agroforestiers ont été comparés à des systèmes de culture d'oliviers purs. Dans ces tests l'impact des cultures intercalaires a été analysé sous deux distances : des cultures intercalaires cultivées jusqu'à proximité des troncs, sous les frondaisons des arbres, d'autres cultivées à partir de la limite de la frondaison des arbres et des cultures intercalaires cultivées de la même manière mais avec la confection d'une cuvette autour des troncs. Les observations réalisées ont porté sur des paramètres végétatifs et physiologiques. Nos résultats suggèrent que l'association avec les légumineuses est plus productive, rentable et efficace alors que l'association avec les céréales qui s'avèrent stressant pour l'olivier. Ainsi, cette étude permettra de savoir que les systèmes de culture améliorés constituent une voie de sortie de crise pour les agriculteurs et de maintien du rendement de leurs parcelles agricoles.

Mots clés : agroforesterie - cultures intercalaires – olivier - blé - fève

Table des matières

Introduction générale	1
Revue bibliographique	
I. Généralités sur l'olivier	2
1. Origine géographique et classification.....	2
2. Caractéristiques morphologiques	2
3. Différentes variétés cultivées	3
4. Cycle végétatif et productif.....	4
5. Importance alimentaire	5
6. Utilisation des sous produits	5
II. Exigences pédo-climatiques	6
1. Température	6
2. Pluviométrie.....	6
3. Vent.....	7
4. Sol.....	7
III. Cultures associées avec l'olivier et l'effet des changements climatiques	7
1. Culture associées.....	8
2. Effet des changements climatiques.....	8
Partie pratique	
I. Paramètres climatiques	10
1. Température maximale (Tx) minimale(Tn) et moyenne(Tm)	10
2. Humidité relative	13
3. Pluviométrie.....	15
II. Impact des cultures intercalaires en association avec l'olivier	16
1. Essais suivis	16
2. Protocole expérimental	16
3. Paramètres mesurées.....	17
III. Résultats et discussion	19
1. Croissance végétative.....	11
2. Etat hydrique et nutritionnel des arbres	23
Conclusion générale	
Références bibliographique	24

Présentation de l'institut National de la Recherche Agronomique.



L'INRA est un établissement public à caractère scientifique et technologique dont les origines remontent à 1914 avec la création des premiers services de recherche agricole officiel. Il a connu dernièrement une réorganisation structurelle visant la modernisation de son processus de gestion.

❖ **Unités de Recherche**

Le CRRA de Meknès est organisé en quatre unités de Recherches :

- Unité de Recherches d'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phyto-Génétiques (URAPCRP).
- Unité de Recherches d'Agronomie et Physiologie végétale (URAPV).), au sein de laquelle nous avons effectué notre stage.
- Unité de Recherches de Gestion Durable des Ressources Naturelles et de Sociologie et d'Economie Rurales (URGDRNSER).
- Unité de Recherches de la Protection des Plantes (URPP).

❖ **Activités de recherche**

- La sélection de variétés performantes de différents fruits et plantes et optimisation des techniques culturales pour une production de qualité en conditions cultures pluviales.
- L'amélioration de la productivité des différentes espèces de plantes.
- La diversification fruitière et sélection pour le stress biotique.
- L'amélioration de la productivité et de la stabilité du système blé en régime pluvial.

Introduction générale

Les arbres sont des essences forestières d'une extrême générosité, ils ne gardent rien pour eux ils restituent tout à la nature, ils recyclent et capturent du CO₂, enrichissent le sol, régulent le cycle de l'eau, préservent et régénèrent la biodiversité.

L'agroforesterie consiste à planter des arbres en combinaison avec des cultures agricoles et ceci afin de régénérer les sols mais aussi pour augmenter la richesse des écosystèmes, des réserves en eau et en biodiversité. Bien que l'agroforesterie soit traditionnellement pratiquée au Maroc, peu de recherches scientifiques à l'échelle nationale s'y sont intéressées. A l'échelle internationale, ce sujet est entouré d'un grand intérêt notamment pour les nombreux avantages que l'agroforesterie assure.

Cette pratique est considérée comme prometteuse pour atténuer les changements climatiques et s'y adapter, tout en améliorant la productivité agricole (Feliciano et al. 2018), la sécurité alimentaire et la diversification des revenus des ménages. L'agroforesterie rend aussi des services éco systémiques comme la conservation et l'amélioration de la biodiversité, la santé des sols, l'utilisation efficace des ressources (Zhang et al., 2018) et la séquestration du carbone. Les systèmes agroforestiers sont répandus dans le monde entier, en zone tropicale humide (ex. agro-forêts à base de cacaoyers, de caféiers...), en zones tempérées (ex. présvergers, systèmes sylvo-arables à base de culture annuelle...) et en zone méditerranéenne (ex. cultures intercalaires en oliveraies, parcours arborés...). Dans cette dernière zone, l'olivier (*Olea europaea L.*) est l'une des espèces agroforestières les plus communes (Wolpert et al., 2020).

Actuellement l'agriculture est confrontée à un défi humain, sociétal, environnemental majeur celui d'augmenter sa production pour nourrir une population mondiale qui se chiffrera à 9 milliards en 2050, tout en préservant l'environnement. Par conséquent, l'agriculteur est amené à augmenter ses rendements.

Dans ce sens l'agroforesterie est devenue une nécessité pour contrer des problématiques environnementales causées, principalement, par l'exploitation de monocultures. L'association des arbres aux activités agricoles, judicieusement organisée dans l'espace et dans le temps, permet d'instaurer des relations de complémentarité (Labant P., 2010). Un cycle se met en place entre les éléments du climat, de la biodiversité, du sol, de l'eau, les cultures, les animaux et les arbres, au bénéfice de la production et des paysages.

C'est dans ce contexte cette étude est menée dont objectif principal est d'évaluer l'impact de l'agroforesterie, plus particulièrement sur l'amélioration de la croissance de l'olivier et aussi l'état hydrique de la plante.

Revue bibliographique

I. Généralités sur l'olivier

L'olivier est l'un des arbres les plus importants de Maroc connu et utilisé depuis l'antiquité. Il véhicule de nombreux symboles : paix, fécondité, purification, force, victoire et récompense

1. Origine géographique et classification botanique

a. Origine géographique

L'olivier a une origine très ancienne. Son apparition et sa culture remonterait à la préhistoire. Selon Miner (1995), l'origine de l'olivier se trouve précisément dans les pays en bordure de berceau des civilisations qu'est la méditerranée : Syrie, Égypte, Liban, Grèce ou Rome et autres, bien que d'autres hypothèses soient admises mais celle de Decandolle est la plus fréquemment retenue; qui désigne que la Syrie et l'Iran comme lieux d'origine de l'olivier (Loussert et Brousse, 1978) et l'expansion de sa culture est faite de l'Est vers l'Ouest de la méditerranée grâce aux Grecs et aux Romains lors de leur colonisation du bassin méditerranéen (Loussert et Brousse ,1978 ; Breton et al., 2006 ; Artaud, 2008).D'après le COI (1998), l'olivier a poursuivi son expansion au-delà de la Méditerranée avec la découverte de l'Amérique en 1492. Au cours de périodes plus récentes, l'olivier se trouve dans l'Afrique du Sud, l'Australie, le Japon et la Chine (Cavaillès, 1938).

b. Classification botanique

- Règne Végétal
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Eudicotes
- Sous classe : Asteridea I (gamopétales)
- Ordre : Ligustrales
- Famille : Oleaceae
- Genre : *Olea*
- Espèce : *Olea europea*

2. Caractéristiques morphologiques

La plante de l'olivier dispose d'un tronc noueux et d'une écorce brune crevassée. Ses feuilles, persistantes en hiver, opposées, portées par un court pétiole, coriaces, entières, enroulées sur les bords, d'un vert foncé luisant sur la face supérieure et d'un vert clair argenté avec une nervure médiane saillante sur la face inférieure. Ses fleurs printanières, regroupées en petites grappes, sont

blanches avec un calice, deux étamines, une corolle à quatre pétales ovales et un ovaire de forme arrondie.

➤ **Système racinaire**

Le développement du système racinaire de l'arbre dépend des caractéristiques physicochimiques du sol, sa profondeur, sa texture et sa structure. Le jeune plant issu de semi développe une racine pivotante. A l'état adulte, l'olivier présente deux à trois racines pivotantes qui s'enfoncent profondément et de celles-ci, part un système racinaire peu profond à développement latéral, qui donne naissance à des racines secondaires et des radicelles pouvant explorer une surface de sol considérable. (Kasraoui, 2010).

➤ **Système aérien**

Selon Beck et Danks (1983) le tronc est jaunâtre puis passe à la brune très claire. Il est très dur, compacte, court, trapu (jusqu'à 2m de diamètre), et port des branches assez grosses, tortueuses, et lisse.

Les feuilles sont persistantes, opposées, coriaces, ovales oblongues, à entières et un peu enroulés, portées par un court pétiole ; elles sont vert grisâtres, à vert sombre dessous blanchâtres et à une seule nervure dessous. Très souvent, elles contiennent des matières grasses, des cires, des chlorophylles, des acides (gallique et malique), des gommes et des fibres végétales (Amouretti, 1985).

Les fleurs d'olivier sont groupées en inflorescence comportant un nombre de fleurs, variables d'un cultivar à un autre de 10 à plus de 40 par grappe en moyenne. Les fleurs individuelles peuvent être hermaphrodites ou staminées (Loussert et Brousse ,1978).

La période de la mise à fruit s'étale d'octobre à novembre les fruits sont ovoïdes gros (1.5 à 2 cm), longtemps verts, puis noirs à complète maturité, de forme variable suivant les variétés à pulpes charnue huileuse (Rol et Jacamon, 1988).

3. Différentes variétés cultivées

La principale variété cultivée au Maroc est la picholine du Maroc qui représente 90 % des vergers. Elle est à double fin : huile d'olive et olives de table. L'huile extraite est de bonne qualité et de longue conservation grâce aux antioxydants naturels contenus dans cette huile même si le rendement oléique est moyen par rapport à d'autres variétés en l'occurrence 18 %.

La densité des plantations va, selon l'âge du verger et sa situation géographique, de 80 à 400 pieds par hectare, rarement plus.

Malheureusement, c'est une variété qui présente une forte alternance augmentée par la méthode traditionnelle de récolte par gaulage ainsi qu'une relative sensibilité à certaines maladies et ravageurs: œil de paon, mouche de l'olivier, psylle, cochenille provoquant la fumagine, etc. Le rendement moyen en olive par arbre est de l'ordre de 50 kg.

Deux clones de la picholine du Maroc ont été développés par l'INRA Maroc il s'agit de Haouzia et Menara qui apportent de meilleurs rendements plus de 60 kg/arbre, une alternance réduite, une forte teneur en huile jusqu'à 24 % ainsi qu'une bonne résistance au *Cycloconium*. Ces plants sont maintenant disponibles en pépinières agréées.

Depuis quelques années, des variétés d'origine espagnole et destinées uniquement à la trituration occupent des surfaces de vergers industriels de plus en plus importantes. Il s'agit essentiellement d'*Arbequina*, *Arbosana* qui est plantée en haies sous forme d'arbustes avec une densité pouvant atteindre 1800 plants/ha. Tout peut-être mécanisé, de la plantation à la récolte en passant par la taille. Les rendements en olives peuvent être supérieurs à 15 tonnes/ha au bout de quelques années. Le rendement en huile est de l'ordre de 20 %.

Le reste du patrimoine est constitué de Meslala, olive de conserve, de Picholine du Languedoc, Dehbia, concentrées essentiellement en cultures irriguées (Haouz, Tadla, El Kelaâ).

4. Cycle végétatif et productif

Au cours de son cycle annuel de développement, l'olivier passe par les phases suivantes:

- (1) Janvier, Février: induction, initiation et différenciation florale;
- (2) courant Mars: croissance et développement des inflorescences à l'aisselle des feuilles que portent les rameaux de l'année précédente;
- (3) Avril: pleine floraison;
- (4) Fin Avril-début Mai: fécondation et nouaison des fruits;
- (5) Juin: début de développement et grossissement des fruits;
- (6) Septembre: véraison;
- (7) Octobre: maturation du fruit et son enrichissement en huile et
- (8) novembre à Janvier: récolte des fruits.

La période la plus intense du cycle annuel se déroule de Mars à Juin. Au cours de cette phase, les besoins en eau et en nutriments de l'arbre sont les plus intenses. La durée de vie de l'olivier s'étale sur plusieurs dizaines d'années à des siècles. Les rendements sont variables en fonction de l'âge des arbres, des densités de plantation et des soins culturaux. Pour des vergers de 400 arbres/ha conduits en irrigué, les rendements sont de 3 T/ha à 4-5 ans et de 15 T/ha à 8-9 ans

5. Importance alimentaire

Arbre typiquement méditerranéen, l'olivier est cultivé notamment pour son fruit, l'olive, dont l'huile est un élément clé du régime méditerranéen. Cet ingrédient incontournable utilisé dans les cuisines méditerranéennes. La forte consommation de l'huile d'olive à travers le monde est due à ses vertus nutritionnelles et diététiques ainsi qu'à ses propriétés organoleptiques ainsi que toutes les études montrent que les régimes alimentaires à base d'huile d'olive sont bénéfiques pour la santé humaine en diminuant le risque de plusieurs maladies (maladies cardiovasculaires, désordres neurologiques, cancers du sein et du colon). Ces bienfaits sont liés l'un à l'autre grâce à la richesse de l'huile d'olive en acides gras bien équilibrée, où l'acide oléique est le composant principal et la présence des biomolécules mineures, compte tenu de ses propriétés, l'huile d'olive apparaît comme un véritable aliment fonctionnel susceptible d'avoir d'autres effets positifs sur la santé que de répondre aux besoins nutritionnels de base. Comme la large popularité de l'huile d'olive dans l'alimentation des pays méditerranéens, l'olive verte ou noire intervient ainsi dans la composition de nombreux plats méditerranéens.

6. Utilisation des sous-produits

Les principaux déchets engendrés lors de l'élaboration d'huile d'olive sont de deux types solides et liquides qui sont respectivement les grignons et les margines. En outre, l'olivier, à travers la taille génère des feuilles, des brindilles et du gros bois.

Les sous-produits de l'oléiculture sont partiellement ou totalement perdus pour certains pays, alors que leurs possibilités d'utilisation sont multiples, en effet la valorisation de ces sous-produits permet entre autres de minimiser les problèmes de pollution engendrés par les effluents des huileries et de contribuer à compenser le déficit fourrager surtout dans les pays d'Afrique du nord et du Moyen orient.

a. Résidus de la taille et de la récolte

La taille de l'olivier génère de nombreux résidus (feuilles, grosses branches et des brindilles). Ces résidus, en plus de leur utilisation dans l'alimentation du bétail, ils peuvent être employés comme combustibles, servir à la préparation du compost et constituer la matière première pour la fabrication du papier.

Actuellement utilisés comme composants de substitution du glucose dans des produits pour diabétiques, Les résidus de taille et notamment les feuilles sont employées dans l'industrie pharmaceutique.

b. Sous-produits d'huileries

Comme il a été précédemment indiqué, les grignons et les margines sont les principaux déchets élaborés par l'industrie oléicole

➤ Les grignons

Les grignons d'olives sont les résidus solides obtenus de pressoirs et de systèmes en trois phases lors de l'élaboration d'huile d'olive (CAR/PP., 2000). Ils sont riches en matières sèches de l'olive (peau, pulpe, semences et morceaux de noyaux) avec une certaine quantité d'eau de végétation et une partie résiduelle d'huile (Martinez Niet., 2009). La richesse de ces déchets en matières azotées, matières grasses, fibres, ...etc., favorise leur valorisation et leur réutilisation dans de nombreux domaines. A cet effet, les grignons d'olive peuvent être transformés selon (Nefzaoui, 1991; CAR/PP, 2000 ; Martinez Nieto., 2009) en :

- Aliment pour le bétail
- Combustible
- Engrais organique

➤ Les margines

Les margines sont les résidus aqueux qui sont générés lors de la phase de séparation solide-liquide par centrifugation ou sédimentation après le pressage. Ce sont des liquides de couleur plus ou moins rouge foncé, contient en suspension des restes de tissus, de pulpe, mucilages, pectines, ... etc. Les margines sont des effluents acides, riches en poly phénols donc en éléments minéraux et organiques comme l'azote et le phosphore (Martinez Nieto., 2009). Cette composition fait que les margines sont des polluants (CAR/P., 2000). Ces effluents peuvent être valorisés et employés pour la production de certains composants de valeur ajoutée. Ainsi, certaines études ont démontré que l'épandage des margines sur quelques cultures (l'olivier, la vigne, la tomate et le maïs) améliore leur croissance et production et augmente la fertilité et l'activité biologique du sol.

II. Exigences pédoclimatiques

1. Température

L'olivier résiste jusqu'à -8 à -10°C en repos végétatif hivernal. Mais à 0 à -1°C, les dégâts peuvent être très importants sur la floraison. A 35-38°C, la croissance végétative s'arrête et à 40°C et plus, des brûlures endommagent l'appareil foliacé et peuvent faire chuter les fruits, surtout si l'irrigation est insuffisante.

2. Pluviométrie

Avec 600 mm de pluie bien répartis, l'olivier végète et produit normalement. Entre 450 et 600 mm, la production est possible à condition que les capacités de rétention en eau du sol soient suffisantes (sol

profond argilo-limoneux). Avec une pluviométrie inférieure à 200 mm, l'oléiculture est économiquement non rentable.

3. Vent

Les vents chauds au cours de la floraison, les brouillards et les fortes hygrométries, la grêle et les gelées printanières sont autant de facteurs défavorables à la floraison et à la fructification.

4. Sol

Le sol doit être profond, perméable, bien équilibré en éléments fins (50% d'argile + limons) et 50% en éléments grossiers (sables moyens et grossiers). Le pH peut aller jusqu'à 8 à 8,5 avec, cependant des risques d'induction de carence en fer et en magnésie (cas de sols trop calcaires).

III. Cultures associées avec l'olivier et l'effet des changements climatiques

1. Cultures associées

Dans la zone méditerranéenne, l'olivier est l'une des espèces agroforestières les plus communes (Wolpert et al., 2020). Dans les oliveraies traditionnelles, les cultures intercalaires sont des céréales, des légumineuses alimentaires ou des cultures fourragères en conditions pluviales, ou des cultures maraîchères en conditions irriguées (Razouk et al., 2016)

Au nord du Maroc, la plaine de saïs, forme l'une des régions les plus favorables à la culture pluviale des céréales, des légumineuses et des arbres fruitiers méditerranéens, dont l'olivier. Le climat est méditerranéen, caractérisé par des hivers doux et humides et des étés très chauds et secs. Les précipitations annuelles moyennes sont de 580 mm avec une forte variabilité interannuelle (CCA, 2018). Les températures minimales et maximales annuelles moyennes sont de 11 °C et 28 °C. Les céréales, blé tendre (*Triticum aestivum*), blé dur (*Triticum durum*) et orge (*Hordeum vulgare*), dominent la production agricole ; les légumineuses alimentaires, fève (*Vicia faba*), pois chiche (*Cicer arietinum*) et lentille (*Lens culinaris*), les cultures fourragères et les arbres fruitiers sont aussi cultivés à grande échelle (Centre de Conseil Agricole, 2018). Concernent les légumineuses elles sont conduites en lignes et peuvent donc être éloignées de l'olivier réduisant ainsi la compétition entre les deux strates (figure 1 et 2). Cette même compétition se trouve aussi amoindrie par le fait que les légumineuses d'automne sont souvent récoltées avant la reprise de la croissance de l'olivier. Les légumineuses pourraient enfin faire bénéficier l'olivier de la fixation biologique d'azote qu'elles sont réputées réaliser.

Dans ce contexte, la pratique des légumineuses s'avère donc être une option fort intéressante pour la réussite de la reconversion. C'est aussi une réelle opportunité d'extension des superficies limitées

dédiées à ces spéculations, variant actuellement entre 400 et 500 000 ha, sur la voie du million d'ha visés.



Figure 1 : Cultures intercalaires en Fève dans les oliveraies



Figure 2 : Cultures intercalaires en blé dans les oliveraies

2. Effet des changements climatiques

L'olivier est une plante qui s'adapte bien à différentes températures, néanmoins il a besoin de suffisamment d'eau, de lumière et de chaleur. Ce sont en effet trois éléments très importants pour le maintien d'une bonne santé de la plante et par la suite pour une production satisfaisante. Les excès ou les limitations impliquent une plus grande sensibilité aux maladies (œil de paon, lèpre, etc.), une réduction considérable du poids des drupes et des modifications de sa composition.

Ainsi pour la température, le risque de changements rapide lié aux changements climatiques, constitue une autre source d'incertitude pour les oléiculteurs. Un excès de chaleur entraîne un manque d'eau dans la plante, il réduit ses activités physiologiques en attendant des temps meilleurs. Cependant, une réduction prolongée de l'activité physiologique affaiblit la plante, qui devient plus susceptible aux attaques d'organismes nuisibles et de maladies. En revanche, des températures trop basses pourraient causer des dommages à la fin de l'automne pour les plantes non encore acclimatées, ainsi qu'en en début du printemps pour les plantes précoces.

Partie pratique

I. Paramètres climatiques

Une matrice de données climatiques a été recueillie de la station climatologique installée au domaine expérimental de l'INRA que nous avons présentée par des tableaux et des graphes suivants :

1. Températures maximales (Tx), minimales (Tn) et leur moyenne (Tm)

Les différentes valeurs de température sont données par le tableau 1 et illustrées par la figure 3

Tableau 1 : Températures maximales (Tx) mensuelle à la plaine de Sais

année	Jan	Feb	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Tm
2016	18,9	17,1	17,13	20,86	24,86	31,01	35,21	36,19	30,72	27,55	18,93	16,19	24,55
2017	14,9	17,19	19,84	25,67	28,25	33,83	34,95	35,49	31,03	29,67	22,93	14,92	25,72
2018	14,54	14,34	16,62	18,49	21,02	25,15	30,64	35,01	30,46	23,5	17,65	19,17	22,22
2019	16,76	19,7	22,74	23,2	30,89	30,6	32,99	36,01	32,45	27,45	18,96	18,18	25,83

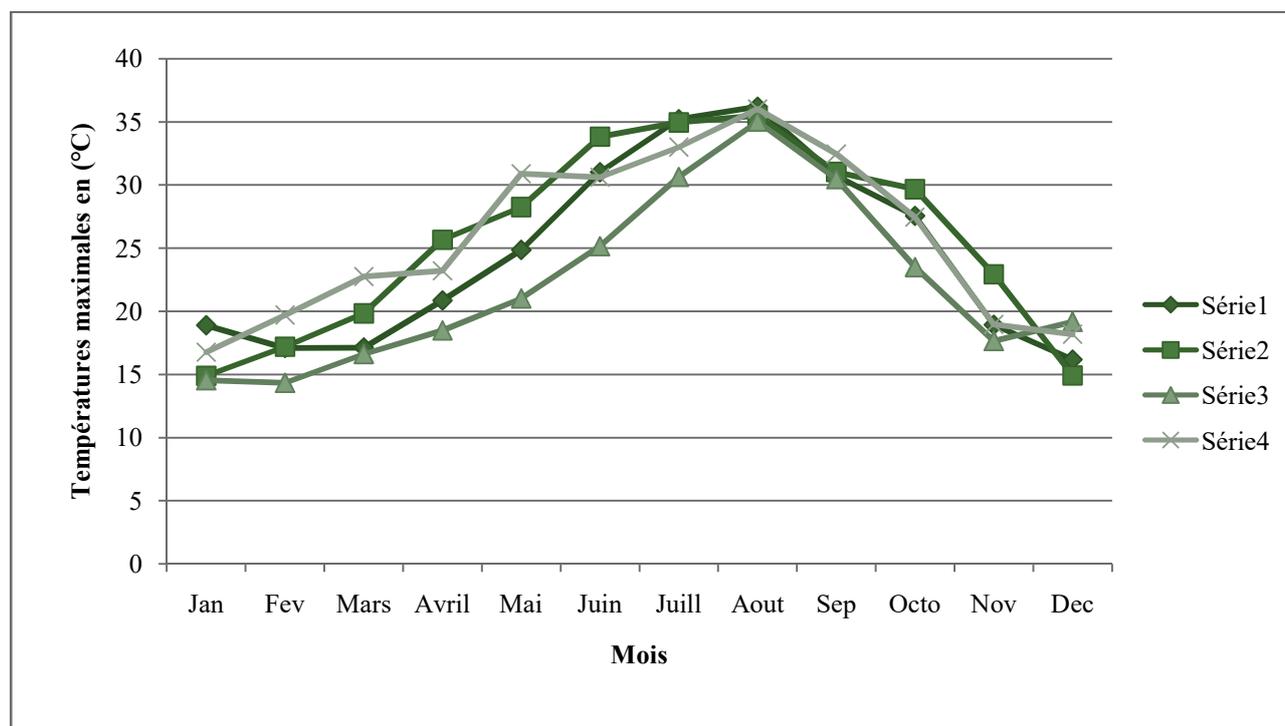


Figure 3 : Températures (°C) maximales (Tx) mensuelles à la Plaine de Sais

Durant les quatre années analysées, nous constatons que les températures les plus élevées sont enregistrées dans les mois de juillet et d'Aout

- 35.21°C et 36.19°C en 2016
- 34.95°C et 35.46°C en 2017
- 30.64° C et 35.01°C en 2018
- 32.99°C et 36.01°C en 201

Ces températures record correspondent ainsi à une période de demande en eau.

Tableau 2 : Températures minimales (°C) mensuelles (Tn) à La Plaine de Sais

Année	Jan	Feb	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Tm
2016	6,44	5,1	4,81	7,71	11,47	13,47	19,25	19,44	14,57	13,38	7,41	5,27	10,72
2017	2,51	6,18	5,9	5,81	13,19	16,07	16,57	18,76	13,8	14,22	7,04	3,45	10,29
2018	3,54	2,6	7,08	8,25	9,85	12,49	14,72	17,71	16,66	11,74	7,17	4,96	09,73
2019	3,67	4,24	7,1	8,23	12,11	12,89	16,32	17,97	15,77	12,81	8,57	7,03	10,59

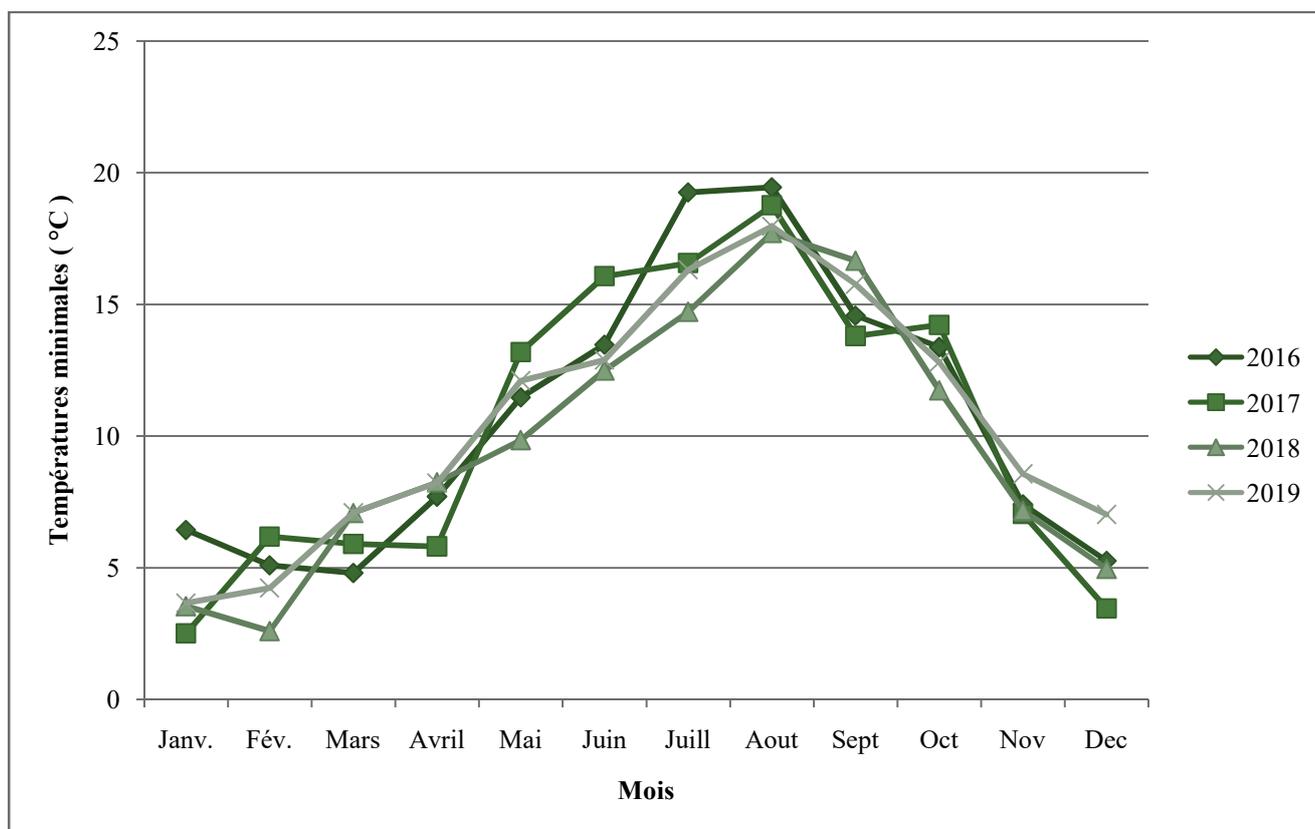


Figure 4: Températures (°C) minimales (Tn) mensuelles à la Plaine de Sais

Pour les températures les plus froides (tableau 2 et figure 4), on remarque que en 2016 les mois les plus froids sont février, mars et décembre avec des valeurs respectivement : 5,1°C, 4,81°C et 5,27 °C. En l'année 2017 le mois janvier et décembre s'avère les mois les plus froids avec des valeurs de 2,51 °C et 3,45 °C respectivement. En 2018 et 2019 les températures minimales sont enregistrées durant le mois de janvier et février avec les valeurs suivant :

- 3,51°C et 2,6 °C en 2018
- 3,67 °C et 4,24 °C en 2019

Tableau 3 : Températures moyennes (°C) mensuelles (Tm) à La Plaine de Sais

Année	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Tm
2016	12,71	11,1	10,97	14,29	18,17	22,4	27,23	27,82	22,65	20,47	13,17	10,73	17,64
2017	8,71	11,69	12,87	15,74	20,72	24,95	25,76	27,11	22,42	21,95	14,99	9,19	18,01
2018	9,04	8,47	11,85	13,37	15,44	18,82	22,68	26,36	23,56	17,63	12,41	12,07	15,97
2019	10,62	11,97	14,92	15,72	21,5	21,75	24,66	26,99	24,11	20,13	13,77	12,61	18,19

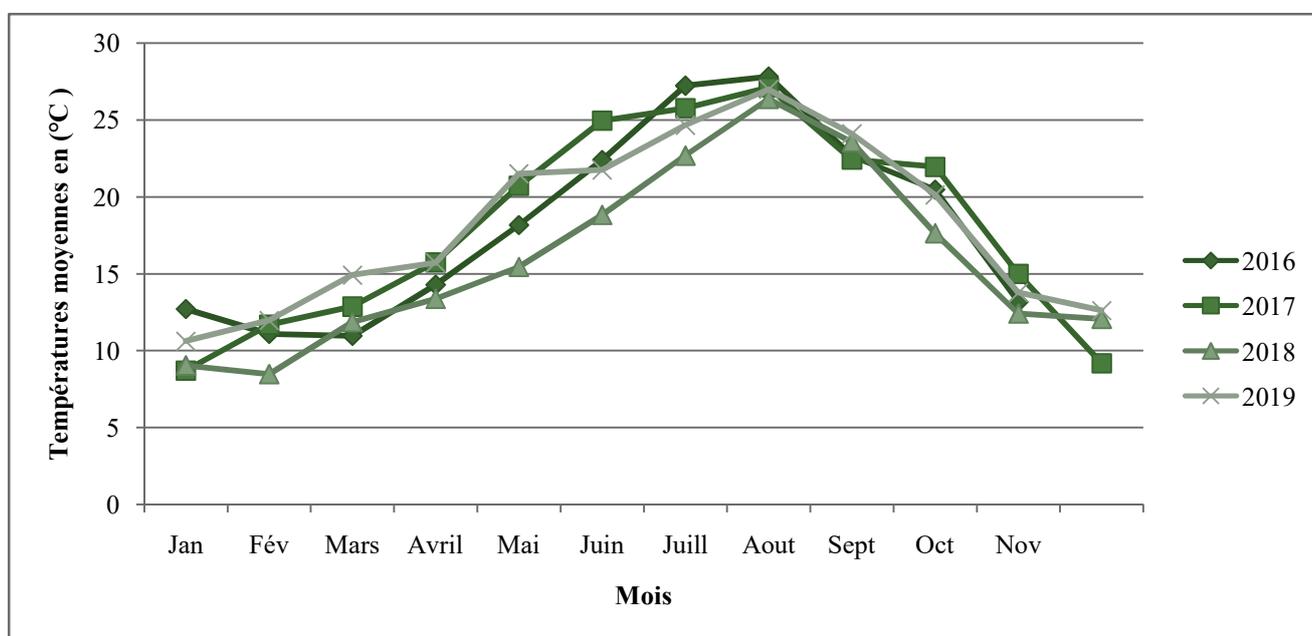


Figure 5: Températures (°C) moyennes (Tm) mensuelles à la Plaine de Sais

En 2016, la température moyenne la plus élevée (27,82 °C) est enregistrée durant le mois d'Aout alors que la température moyenne minimale (10,73 °C) est enregistrée dans le mois de décembre.

Pour l'année 2017 la température moyenne la plus élevée est aussi enregistrée durant le mois d'aout avec une valeur de 27,11°C et la température moyenne minimale est enregistrer dans le mois de janvier avec une valeur de 8,71°C, On remarque la même chose pour les températures moyennes maximales en 2018 et 2019, toujours sont enregistrer dans le mois d'aout avec des valeurs respectivement : 26,36°C et 26,99°C. Et pour les températures moyennes minimales sont toujours enregistrer dans le mois de Janvier avec des valeurs respectivement 9,04°C et 10,62°C

2. Humidité relative

Les résultats de ce paramètre sont résumés dans le tableau 4 et la figure 7

Tableau 4 : Humidité relative (%) mensuelle à la Plaine de Sais

Année	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
2016	65,8	70,74	76,56	76,89	73,08	54,89	48,25	39,98	57,44	62,51	78,03	86,85	65,92
2017	77,35	89,07	80,09	67,09	66,83	53,15	46,31	47,06	59,56	45,6	45,73	82,29	63,34
2018	88,06	86,95	91,05	91,24	87,36	83,78	65,09	52,66	66,46	79,52	92,1	82,45	80,89
2019	77,14	78,61	75,01	76,47	56,69	56,1	62,61	49,44	55,1	58,14	84,79	88,37	68,21

Pour 2016, décembre est le mois avec la valeur la plus élevée, l'humidité relative est d'environ 86,85%.

Pour 2017, février est le mois avec la valeur la plus élevée, l'humidité relative est d'environ 89,07 %.

Pour 2018, novembre est le mois avec la valeur la plus élevée, l'humidité relative est d'environ 92,1%.

Pour 2019, décembre est le mois avec la valeur la plus élevée, l'humidité relative est d'environ 88,37 %.

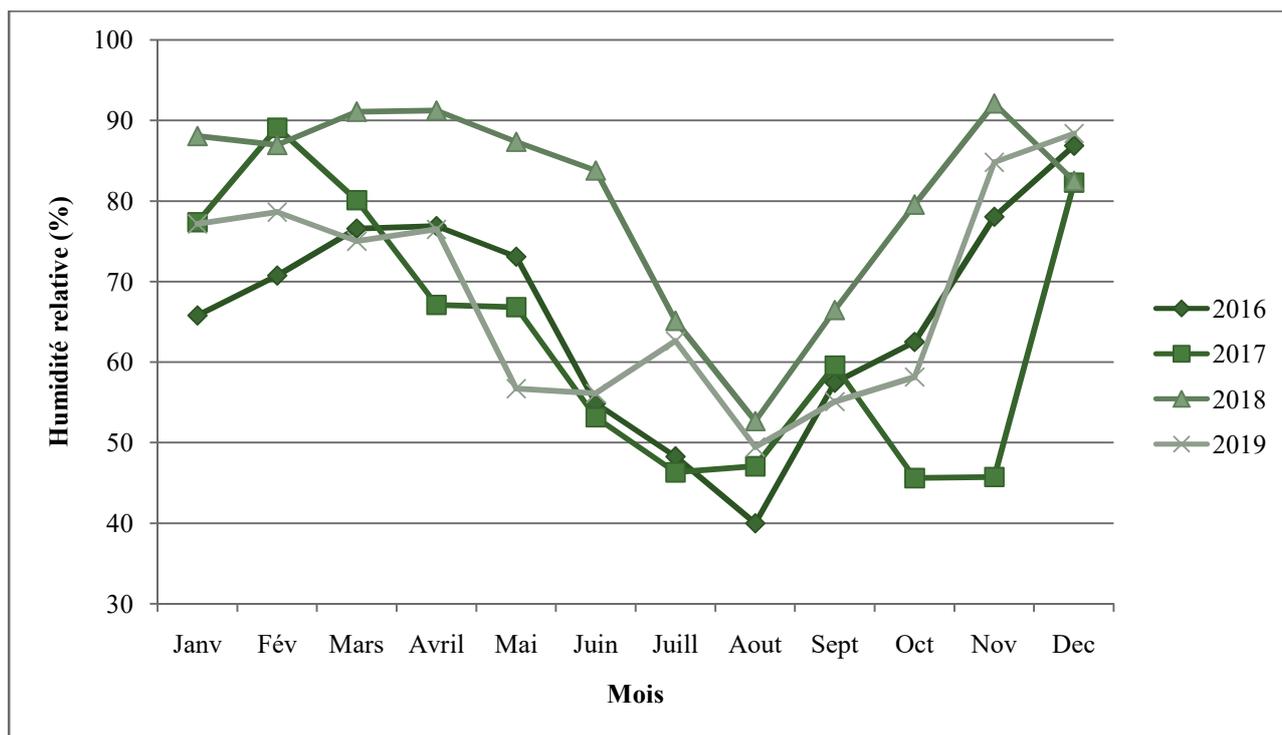


Figure 6 : Humidité relative mensuelle (%) à la Plaine de Saïss

D'après la figure 7 nous remarquons que la valeur d'humidité relative la plus élevée a été enregistrée en 2018 (80,89 %) marquant ainsi une année très humide, en revanche la plus faible valeur a été enregistrée en 2017 (63,34%) qui s'est caractérisé par un automne moins humide par rapport aux autres années.

Une humidité au mois de Mars-Avril, coïncidant avec la floraison, peut nuire à la pollinisation et donc à la production. En outre, une humidité au mois de Novembre-décembre, coïncidant avec la maturité des fruits, peut entraîner une dégradation de leur qualité. En général, une humidité relative élevée présente un risque élevé de développement de maladies, dont principalement les champignons. Ce qui exige par conséquent une attention particulière en termes de traitements phytosanitaires.

3. Pluviométrie

Les données sont résumées dans le tableau 5 et la figure 7

Tableau 5 : Pluviométrie (mm) mensuelle à la plaine de Sais

Année	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
2016	0	102,8	94,4	40,2	60,6	5,8	0	14,8	7,8	42,4	76,2	94,6	539,6
2017	33,4	60,6	31	22,8	11,6	0	0	16,8	0	11,2	35,4	49,6	272,4
2018	114,2	65,2	162,4	93	48	2	0	2	44,2	174,6	55,8	9	770,4
2019	36,4	32,4	21,8	31,4	0,2	2	0	0	3	13,6	69,8	38	250,6

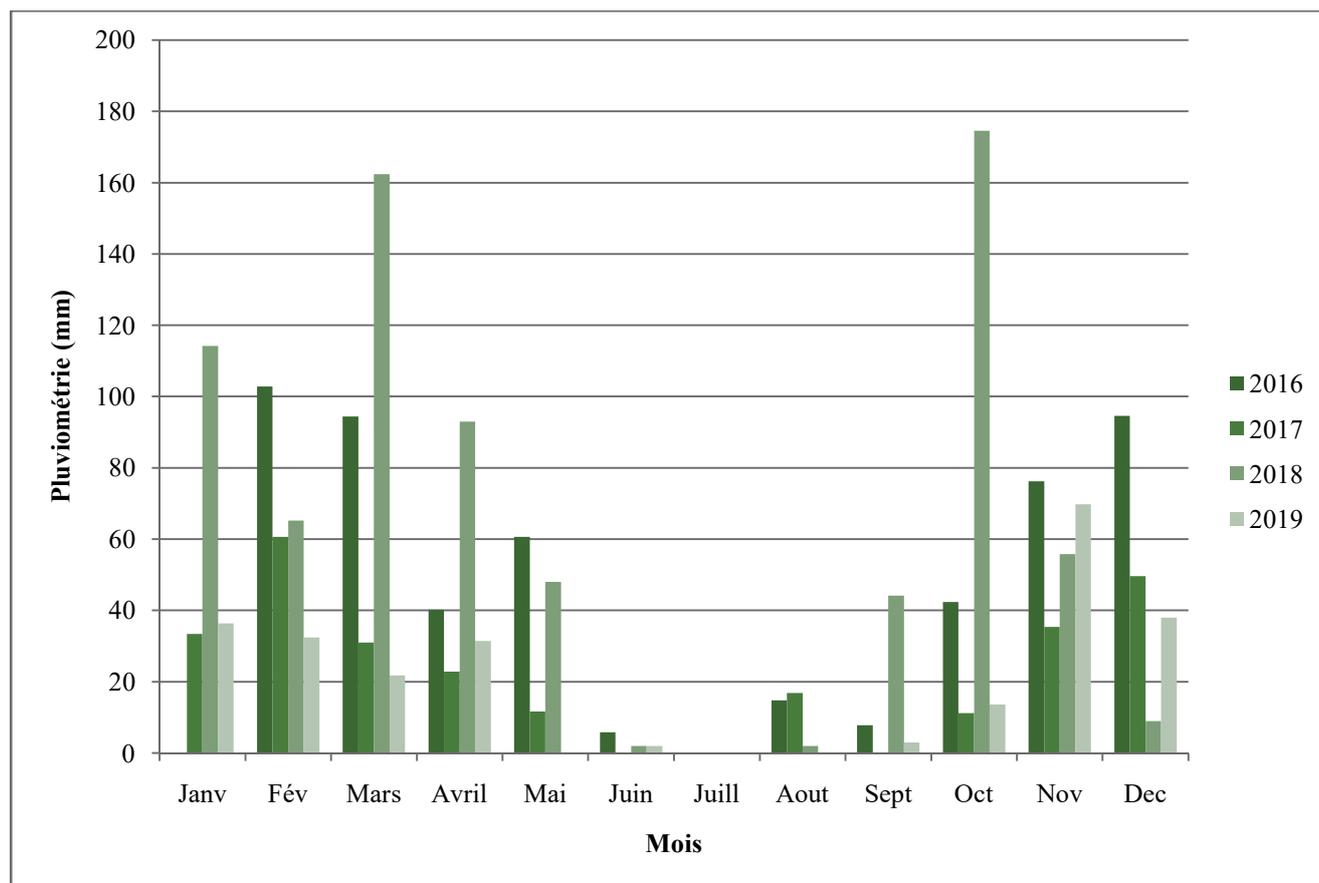


Figure 7: Pluviométrie (mm) mensuelle à la plaine de Sais

D'après les données de la figure 7 les niveaux pluviométriques enregistrés sur les quatre années analysées montrent un déficit pluviométrique important de Juin à Aout, coïncidant avec la période de croissance active des fruits d'olivier. Cette période de sécheresse exige le recours à l'irrigation pour maintenir un bon calibre du fruit et ainsi que des rendements satisfaisants.

II. Impact des cultures intercalaires en association avec l'olivier

Dans plusieurs zones pluvieuses du Maroc, des cultures intercalaires et oliviers peuvent partager la même parcelle pendant plusieurs années, environ 15 à 20 ans, jusqu'à ce que l'ombre des arbres inhibe la croissance des plantes annuelles. Dans d'autres cas où la densité des oliveraies est très

faible, l'ombre n'est pas un facteur limitant ; la culture intercalaire est généralement maintenue tout au long de la vie de l'olivier.

Cette étude a été réalisée dans la plaine de Sais au nord du Maroc et visait spécifiquement à déterminer l'occupation optimale de l'espace pour les oliveraies adultes afin d'obtenir une bonne croissance et production du système. Les plantes intercalaires étudiées sont le blé et la fève.

1. Essais suivis

Afin d'approcher l'occupation optimale de l'espace des cultures intercalaires d'oliviers pluviaux, 7 expériences ont été menées dans la plaine de Saïss. Cependant, les conditions climatiques de l'année de l'expérience caractérisées par une sécheresse très marquée ont fait échouer certains tests. Ainsi dans l'objectif de collecter plus de données, des observations relatives à l'occupation spatiale ont été réalisées sur des systèmes des cultures intercalaires habituellement installés et conduits par les agriculteurs des régions d'étude. Le tableau ci-dessous présente les différentes associations présentes.

Tableau 6 : Système de cultures intercalaires réalisées en oliveraies dans la plaine de Sais

Code	Association culturelle	Age de l'oliveraie
1	Olivier-fève	30 ans
2	Olivier-blé	30 Ns

2. Protocol expérimental

Pour les essais installés, le montage expérimental a été établi non seulement dans l'objectif est d'optimiser l'occupation spatiale des cultures intercalaires mais aussi pour montrer aux agriculteurs les avantages de confectionner des cuvettes autour des arbres d'olivier. Ainsi un dispositif en DCA, avec 3 répétitions, a été mis en place dans chaque verger expérimental avec deux facteurs variables : la présence ou l'absence de la cuvette et l'éloignement de la culture intercalaire par rapport aux arbres. Les sept traitements « olivier – culture intercalaire » ont été comparés (figure 8, 12)

- OS : olivier seul
- OB1 : olivier – blé tendre sous la frondaison
- OB2 : olivier – blé tendre à la limite de la frondaison
- OB3 : OB 1 + cuvette
- OF1 : olivier - fève sous la frondaison
- OF2 : Olivier – fève à la limite de la frondaison

- OF3 : OF 1 + cuvette

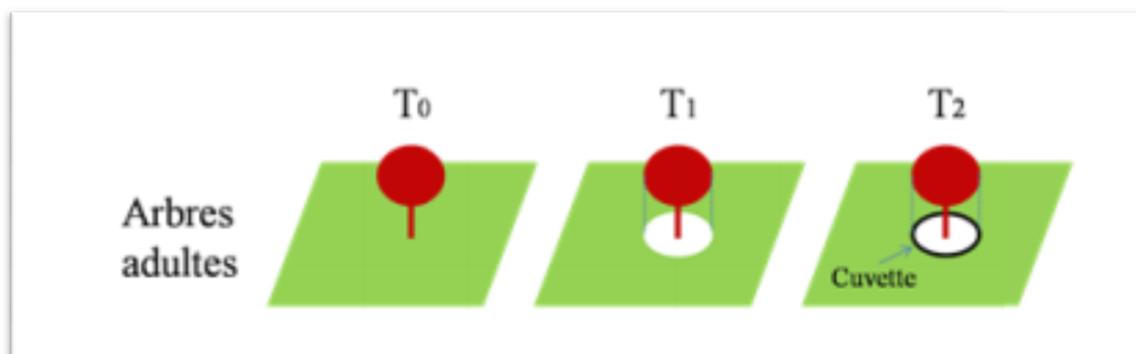


Figure 8 : Schéma représentatif des traitements testés sur les systèmes de cultures intercalaires en oliveraies adultes

T0 : (OB1 et OF1)

T1 : (OB2 et OF2)

T2 : (OB3 et OF3)

3. Paramètres mesurés

❖ Paramètres végétatifs :

Ils sont évalués par l'importance et la croissance des pousses de l'année et aussi par la surface foliaire.

- Importance des pousses de l'année :

Elle est évaluée visuellement en comparant l'importance de la verdure claire entre les arbres sous les différents traitements.

- Croissance des pousses de l'année :

Cette composante est mesurée en pleine croissance, en mois de juin, coïncidant avec la maturité des cultures intercalaires (blés, fève). Elle est estimée par mesure de la longueur totale des pousses de l'année, primaires et secondaires, portées par 6 branches fructifères de 2 ans, choisies aléatoirement des deux côtés de la culture.

- Surface foliaire :

Elle est estimée par régression linéaire préalablement établit entre les dimensions de la feuille (longueur et largeur) et la surface de la feuille au planimètre. Les observations ont été réalisées en pleine croissance, en mois de juin.

❖ Paramètres physiologiques :

Ils ont porté notamment sur des indicateurs de l'état hydrique des arbres (conductance stomatique et température foliaire) et un paramètre de l'état nutritionnel (chlorophylle).

- Conductance stomatique :

Nous l'avons mesurée par un poromètre en pleine croissance de l'olivier (juin) sur 5 feuilles de partie ombragée des plantes.

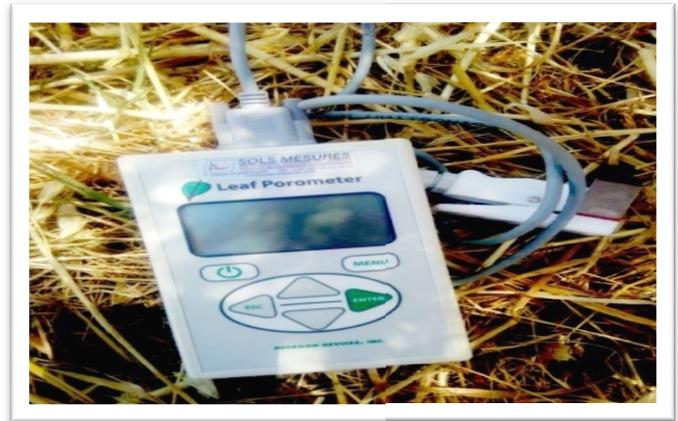


Figure 9: Poromètre

- Température foliaire :

Elle a été mesurée sur 5 feuilles par arbre à l'aide d'un thermomètre infrarouge à l'ombre du côté nord des plantes, en plein croissance des arbres (juin)



Figure 10 : thermomètre infrarouge

- Concentration en chlorophylle :

Elle a été estimée par la mesure de l'indice de la chlorophylle par un chlorophylle-mètre portable (SPAD) sur cinq feuilles par arbre.



Figure 11: Chlorophylle-mètre portable

III. Résultats et discussion

1. Croissance végétative

Il a concerné la longueur des pousses de l'année et la surface foliaire dont les résultats sont illustrés par la figure 12.

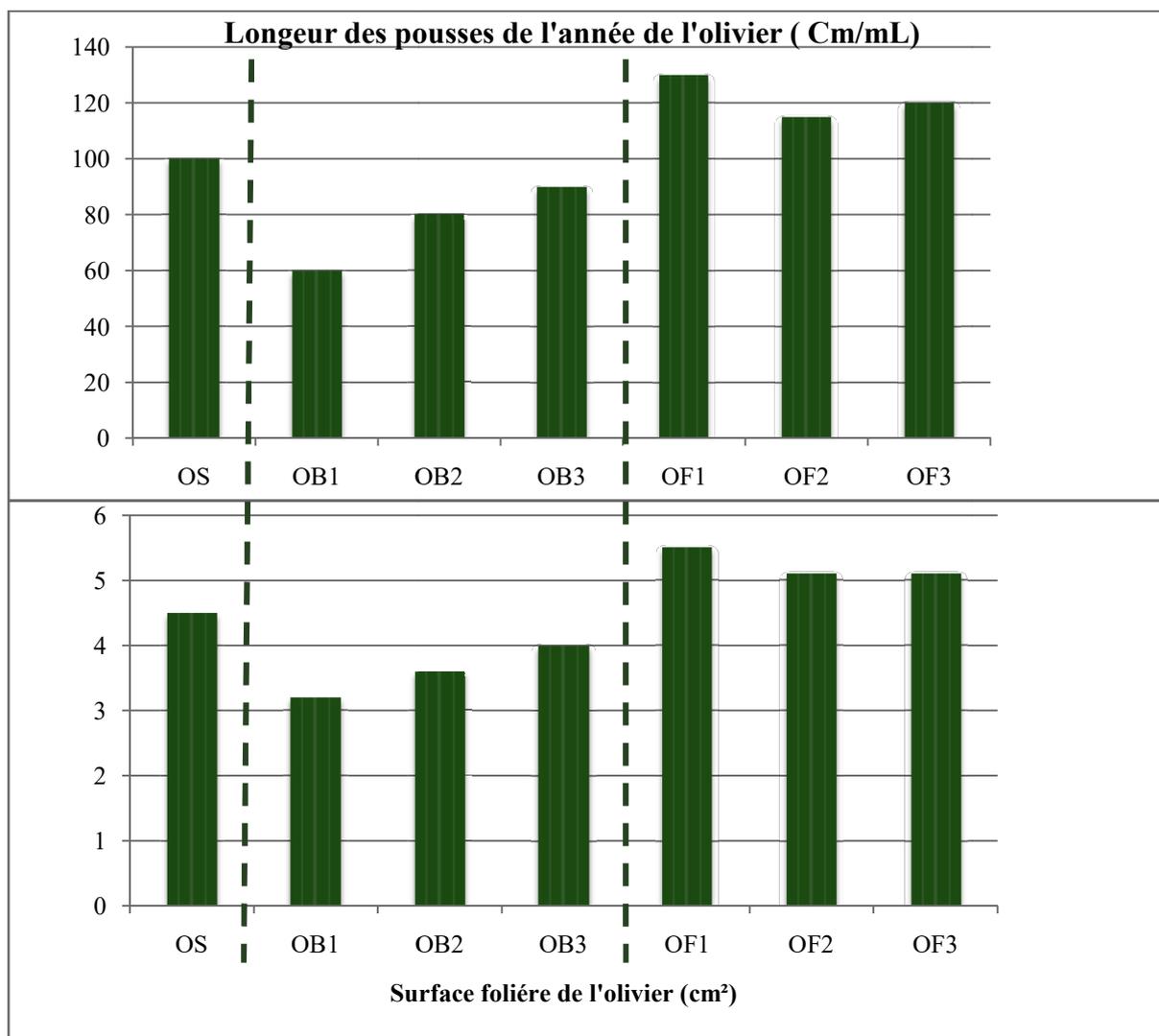


Figure 12 : Longueur des pousses de l'année et surface foliaire de l'olivier sous les différents traitements testés

La croissance végétative des arbres d'olivier a été affectée différemment par l'espèce en intercalaire et sa distance de culture par rapport aux arbres (Figure 12). Associé au blé, l'olivier adulte a développé moins de pousses comparativement à une oliveraie conduite en monoculture et ce pour les différents traitements testés. Avec une culture sous les frondaisons, la longueur des pousses et la surface foliaire ont été observées réduites respectivement de 40% et 28 %. Cette réduction s'est atténuée par une culture à la limite des frondaisons, ayant réduit la croissance des pousses et la

surface foliaire respectivement de 20%. Cette dernière réduction n'a été compensée que de 50 % par la confection des cuvettes autour des arbres, fort probablement, du fait de la faiblesse de la pluviométrie.

Les réductions constatées dans la croissance végétative de l'olivier en association avec le blé seraient dues en grande partie à la compétition vis-à-vis des eaux de pluies, ayant été disponibles durant l'année de l'étude en de très faibles quantités, n'arrivant pas à atteindre en quantités importantes la profondeur d'enracinement des oliviers.

Toutefois, l'association avec la fève a amélioré la croissance végétative de l'olivier. En outre, il semble que plus cette culture cultivée à proximité des troncs, plus son effet sur la croissance de l'olivier n'est plus marqué. Ceci s'explique par le fait que bien que la fève ralentisse sa croissance et commence sa maturité, sous l'effet de l'élévation de la température, avant le démarrage de la croissance de l'olivier, elle laisse aux arbres d'olivier une partie considérable d'azote fixé par symbiose. Avec une culture de la fève sous les frondaisons des arbres (traitement OF 1), la croissance des pousses et la surface foliaire se sont améliorées respectivement de 30% et 22% comparativement à une oliveraie en monoculture. Avec une distance de culture à la limite de la frondaison, l'effet positif de la fève est resté toujours significatif avec une amélioration de la longueur de la pousse de 14% sans confection de la cuvette (traitement OF 2) et de 20 % en présence d'une cuvette (traitement OF 3). Il s'avère ainsi que les racines des oliviers adultes (âgés de 30 ans) ont une rhizosphère qui dépasse la limite des frondaisons et bénéficient des bienfaits de la fève, dont la fixation d'azote.

2. Etat hydrique et nutritionnel des arbres

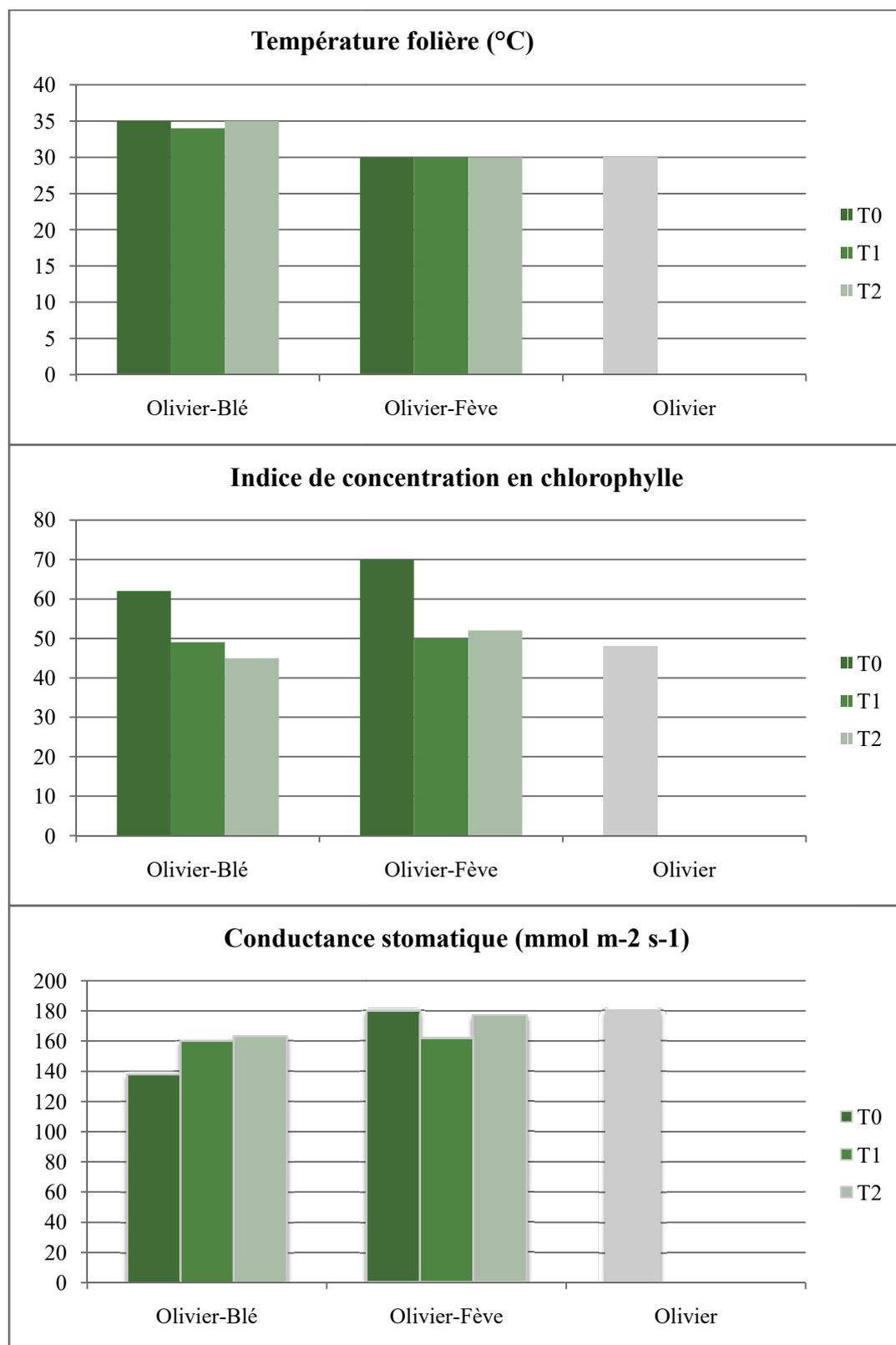


Figure 13 : Variation de certains paramètres physiologiques de l'olivier sous les traitements testés

L'analyse de la variation des paramètres physiologiques, présentés dans la Figure 13, montre que la culture du blé tendre en intercalaire exerce un effet dépressif sur l'état hydrique de l'olivier adulte même en cas de semis à la limite de la frondaison. Comparativement à une oliveraie conduite en monoculture, la conductance stomatique des feuilles a diminué sous les effets de compétition exercés par la culture du blé respectivement de 25 et 22 %. Cet effet est atténué de l'ordre de 45 % par un semis à la limite de la frondaison. En revanche, la culture de la fève montre des tendances d'amélioration de l'état hydrique des arbres d'olivier et ce pour les deux distances de semis testées. Ceci serait due au fait que ces deux cultures ont arrivé à maturité avant le démarrage végétatif de l'olivier.

Quant à l'indice de chlorophylle, il n'a pas connu de diminution sous l'effet des cultures intercalaires pour les deux distances de semis testées. Au contraire, une amélioration de cet indice a été constatée sous le traitement et qui a été plus marquée par l'association de la fève. L'amélioration de concentration en chlorophylle est probablement liée au pouvoir fixateur de l'azote atmosphérique dans le cas de la fève et à la réduction de la surface foliaire des feuilles d'olivier et/ou à l'apport d'engrais azoté dans le cas du blé.

Conclusion générale

Tenant compte des spécificités de l'olivier en tant qu'espèce pérenne nécessitant plusieurs années pour exprimer une réponse nette aux traitements testés et tenant compte aussi des conditions climatiques relativement difficiles en cette année de l'étude (sécheresse, vague de chaleur en été, ...), il est à signaler que les résultats obtenus ne permettent pas de se prononcer sur une occupation spatiale optimale des cultures intercalaires dans les oliveraies adultes conduites sous les conditions pluviales.

Toutefois, des tendances des effets révèlent que l'occupation spatiale des cultures intercalaires peut être optimisée en fonction de l'espèce intercalaire et la hauteur des arbres. En oliveraie adulte, le blé exerce un effet dépressif sur la croissance et l'état hydrique de l'olivier, même cultivé à la limite des frondaisons. Alors que, ces paramètres ont resté presque inchangés et nettement améliorés par une culture de la fève. D'une manière globale, il ressort des résultats obtenus que les légumineuses en cultures intercalaires n'affectent pas négativement la croissance et le rendement de l'olivier, mêmes cultivés à proximité des troncs, au contraire, une amélioration des rendements et de l'état nutritionnel des arbres, peut être notée avec l'association des légumineuses. Cependant, les blés se sont montrés stressants pour les oliviers adultes même dans le cas de sa culture à la limite des frondaisons des arbres.

Références bibliographique

- Amouritti M., et Comet G., 1985. Le livre de l'olivier. Ed. Edisud
- Artaud M., 2008. L'olivier, Sa contribution dans la prévention et le traitement du syndrome métabolique.
- Beck J.S., Danks F., 1983. Determinación del umbral de tratamientos para la mosca del olivo (*Bactrocera oleae* Gmel, Diptera, Tephritidae) en olivar destinado a la producción de aceite. Bol.Sanid. Vegetal Plagas Vol. 21 n° 4, 1995. P. 577-588.
- Breton C., Medial F., Pinatel C., et Berville A., 2006. De l'olivier à L'oléastre : Origine et domestication de l'*Olea europaea* L dans le Bassin méditerranéen .Cahiers agricultures vol.15, n°4, juillet-août 2006.
- CAR/PP (Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre)., 2000. Prévention de la pollution dans la Production d'huile d'olive. Plan d'Action pour la Méditerranée. 140p.
- Cavailès H., 1938. L'olivier dans le bassin méditerranéen. In: Annales de Géographie., t. 47, n°270. pp. 617-620.
- C O I., 1998. L'olivier, l'olive, l'huile. Pp: 1-18.
- Centre de conseil agricole., 2018. Monographie agricole du centre de conseil agricole de Béni Amar. Meknes, Maroc.
- Feliciano D., Ledo A., Hillier J., Nayak DR., 2018. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? Agriculture, Ecosystems and Environment 254: 117–129. DOI: 10.1016/j.agee.2017.11.032.
- Kasraoui. F. Med., (2010). L'olivier. Le site officiel de l'Ing. Med.p2-5.
- Labant P., 2010. *Analyse du potentiel agroforestier des exploitations agricoles*, Mémoire de Master 2 préparatoire à la thèse, inédit, Université de Toulouse, 16 juin 2010, page 15.
- Loussert R et Brousse E., 1978. L'olivier. Ed. maisonneuve et Lose, Paris.464 p.
- Martinez Nieto L., 2009. Valorisation des sous-produits de l'olivier et des effluents liquides de l'industrie d'huile d'olive : biomasse et production d'énergie. Journées Méditerranéennes de l'Olivier du 19 au 21 octobre 2009 à Meknès.
- Miner J.M.M., 1995. L'huile d'olive, un luxe quasi éternel. Revue Olivae N ° 59 décembre 1995. Pp36-37.
- Nefzaoui A., 1991. La valorisation des sous-produits de l'olivier. Option méditerranéennes CIHEAM. P: 101-108.

- Razouk R., Daoui K., Ramdani A., Chergaoui A., 2016. Optimal distance between olive trees and annual crops in rainfed intercropping system in northern Morocco. *Journal of Crop Science Research* 1(1): 23–32.
- Rol R., et Jacamon M., 1988. *Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux*. Ed. La Maison rustique, Paris, p51.
- Wolpert F., Quintas-Soriano C., Plieninger T., 2020. Exploring land-use histories of tree-crop landscapes: a cross-site comparison in the Mediterranean Basin. *Sustainability Science* 15: 1267–1283. DOI: 10.1007/s11625-020-00806-w.
- Zhang D., Du G., Sun Z., Bai W., Wang Q., Zheng J., et al., 2018. Agroforestry enables high efficiency of light capture, photosynthesis and dry matter production in a semi-arid climate. *European Journal of Agronomy*. DOI: 10.1016/j. eja.2018.01.001.