

**Projet de Fin d'Etudes**  
**Licence Sciences & Techniques**  
**Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources**

**Contribution à l'étude de la tolérance d'une collection  
d'olivier au stress hydrique**

**Présenté par :**

**- Elhaik Hafssa**

**Encadré par :**

**- Mr. Razouk Rachid**

**- Mr. Rachiq Saâd**

**Soutenu le :**

Devant le jury composé de :

- **Dr. Razouk Rachid** INRA de Meknès
- **Pr. Rachiq Saâd** FST de Fès
- **Pr. Mikou Karima** FST de Fès

**Année universitaire**  
**2020/2021**

## Remerciements

*Avant toute chose, on remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience  
d'accomplir ce modeste travail*

*J'adresse aussi mes sincères remerciements au **Pr. Rachiq Saâd** à la faculté des sciences et des  
techniques FES pour son aide et ses conseils qu'il m'a apportés lors des différents suivis  
et pour son orientation, sa disponibilité tout au long de la période du stage  
et durant la préparation de la soutenance.*

*Je tiens tout particulièrement à adresser mes plus sincères remerciements accompagnés  
de mon profond respect à mon encadrant **Dr. Rachid RAZOUK**, chercheur  
au Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès et chargé de l'unité de Recherche sur  
l'agronomie et la physiologie végétale, 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,  
son aide précieuse, ses conseils ses remarques, ses qualités humains  
et pour la confiance qu'il m'a accordée.*

*Je remercie également chaleureusement ma famille, mes amis qui par leurs prières et leurs  
encouragements, j'ai pu surmonter tous les obstacles.*

*Enfin, je souhaite adresser nos remerciements les plus sincères à tous ceux et toutes celles  
Qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

## *Dédicaces*

Je dédie ce présent travail :

*À mes chers parents*

Qui tiennent une place immense dans mon cœur.

Aucune dédicace ne serait exprimé la reconnaissance, le respect et l'estime.

Que Dieu vous donne bonne santé et longue vie.

*À mes chers frères et sœurs*

Pour leur véritable et sincère amour.

Je leur souhaite une vie pleine de succès et de bonheur.

*À mes formateurs*

Qui m'ont dirigé vers le chemin de succès par leur compréhension et leurs conseils.

*À tous mes amis et collègues*

Et particulièrement les plus intimes, en témoignage des moments inoubliables, des sentiments purs,  
et des liens solides qui nous unissent.

*À toutes les personnes*

Qui me reconnaissent et qui m'ont aidé et contribué à la réalisation de ce travail.

## Liste des abréviations

ABA : *Acide Abscissique*

DS : Densité stomatique

ET : Ethylène

ISS : Indice de la surface stomatique

INRA : Institut national de la recherche agronomique.

SF : Surface foliaire

$\Psi$  : Potentiel hydrique

## Liste des figures

Figure 1 : Stades phénologiques de l'olivier selon Colbrant et Fabre, 2011 .....	5
Figure 2 : Effet du stress hydrique sur la photosynthèse (Meyer et Genty, 1998).....	9
Figure 3 : Des oliviers dans le domaine expérimental d'Ain Taoujdate de l'INRA.....	12
Figure 4 : Observation microscopique des trichomes d'olivier .....	14
Figure 5 : La variation de la surface foliaire des 32 variétés d'olivier étudié.....	16
Figure 6 : La variation de la densité stomatique de 32 variétés d'olivier .....	17
Figure 7 : La variation de la densité des trichomes de 32 cultivars étudiés.....	18
Figure 8 : Variation de la longueur des trichomes de 32 variétés d'olivier étudié.....	19
Figure 9 : Variation de la teneur en sucres solubles de 32 cultivars d'olivier étudiés.....	20
Figure 10 : Variation de la teneur en cires cuticulaires chez 32 cultivars d'olivier étudiés .....	21
Figure 11 : Variation de résistance cuticulaire chez 32 cultivars d'olivier étudiés .....	22

# Présentation du centre régional de la recherche agronomique



Le centre régional de la recherche Agronomique de Meknès INRA qui a pour mission d'entreprendre les recherches pour le développement agricole .C'est un établissement public dont les origines remontent à 1914 avec la création des premiers Service de recherche agricole officiel. Il a connu dernièrement une réorganisation structurelle visant la modernisation de son processus de gestion. La finalité de la nouvelle organisation est de doter l'institution :

- \*Planification stratégique adéquate pour renforcer les capacités prospectives d'adaptation, de réaction et d'anticipation de la demande sociale de recherche.

- \*Politique de proximité en se basant sur la régionalisation et la déconcentration de la recherche.

- \*Système intégrée de suivi, l'évaluation et de contrôle.

- \*Gestion intégrée et rationnelle des ressources.

- \*Politique de valorisation de ses produits.

- \*Politique cohérente d'information et de coopération

L'INRA opère à travers dix centres régionaux de la recherche agronomique et 23 domaines expérimentaux répartis sur le territoire national et couvrant les divers agrosystèmes du pays.

Les projets de recherche de l'INRA sont définis avec la participation des partenaires clients et des prescripteurs régionaux. Ils sont menés au sein de recherche hébergés par

les Centres Régionaux. Ils sont encadrés à l'échelle centrale par département scientifique à vocation disciplinaire

Pour accomplir sa mission et être au diapason de l'actualité scientifique, l'INRA entretient des relations de partenariats avec des organisations nationales et internationales, les structures de développement, le secteur privé et les organisations non gouvernementales (INRA, 2017).

## Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

### Partie I : Revue bibliographique

Généralité sur l'olivier.....	2
I. Classification botanique et description morphologique de l'olivier .....	2
1. Classification botanique de l'olivier.....	2
2. Description morphologique de l'olivier .....	3
II. Culture de l'olivier .....	4
1. Longévité de l'olivier .....	4
2. Phénologie de l'olivier .....	4
III. Exigences écologique de l'olivier.....	6
1. Exigences édaphiques.....	6
2. Exigences climatique .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Problème du stress hydrique.....	8
I. Réponse de l'olivier au contrainte hydrique.....	8
2. Effet du stress hydrique sur l'olivier.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
II. Mécanisme d'adaptation des plantes vis-à-vis du stress hydrique.....	11

### Partie II : Matériel et Méthodes

Cadre du travail .....	12
I. Matériel végétal et conditions de culture .....	12
II. Paramètres mesurés .....	12
1. Paramètres morphologiques .....	12
2. Paramètres biochimiques .....	14
3. Analyses statistiques .....	15

### Partie III : Résultats et discussion

I. Les paramètres morphologiques .....	16
--	----



1. Variation de la surface foliaire.....	16
2. Variation de la densité stomatique.....	17
3. Variation de la densité des trichomes : .....	18
4. Variation de la longueur des trichomes : .....	19
II. Les paramètres biochimiques.....	20
1. Variation de la teneur en sucres solubles : .....	20
2. Variation de la teneur en cires cuticulaires : .....	21
3. Variation de la résistance cuticulaire .....	22

## **Introduction**

L'olivier (*Olea europea L*) est un arbre rustique produisant des fruits sans l'intervention de l'homme. Il fait partie de la famille des Oléacées, est l'une des plus anciennes espèces arboricoles. Sa culture est dispersée dans plusieurs régions du monde, dont principalement le bassin méditerranéen, l'Asie de l'Est, l'Europe et l'Amérique du Nord et du Sud.

L'olivier est parmi les arbres fruitiers les plus diversifiés au monde, avec plus de 2600 variétés identifiées dans le monde, ce nombre est certainement plus élevé à cause du manque d'informations pour beaucoup de cultivars locaux et écotypes. La plus grande partie de ces cultivars vient des pays du sud de l'Europe comme l'Italie (538 cultivars), l'Espagne (183 cultivars), France (88 cultivars) et la Grèce (52 cultivars). Vu la richesse de ce germoplasme, l'olivier est un cas exceptionnel entre les cultures horticoles et sa biodiversité peut représenter une source riche de variabilité pour l'amélioration génétique de cette plante.

Dans le bassin méditerranéen, l'olivier constitue une essence fruitière principale, tant par le nombre de variétés cultivées que par l'importance sociale et économique de sa culture et de son rôle environnemental. Au Maroc en tant que pays de la région, les oliviers ont une partie importante de l'agriculture marocaine.

Actuellement, l'olivier souffre de plusieurs problèmes qui affectent aussi bien sa production que son effectif, la sécheresse a été considérée parmi les stress abiotiques les plus importants au Maroc. Pour faire face à ce problème l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Meknès avait entamé une étude d'adaptation d'olivier aux conditions climatiques de Saïss, basée sur une caractérisation multi-variée d'une collection de 32 cultivars de l'olivier. L'objectif global de cette étude est la promotion de cette culture à valeur ajoutée dans la région tout en proposant à la culture des cultivars productifs, de qualité et résistants aux changements climatiques, notamment en termes de stress hydrique.

Le présent travail constitue une contribution à cette caractérisation globale de la collection, dont l'objectif est la caractérisation de la variabilité génotypique de la tolérance au stress hydrique au sein de la collection INRA d'oliviers, composée de 32 cultivars installés au domaine expérimental d'Ain Taoujdate, à travers la détermination des paramètres physiologiques fiables liés à la croissance végétative, la transpiration et au statut hydrique des arbres, susceptibles d'être les plus influents dans la tolérance à ce stress hydrique.

## **Partie 1: Revue bibliographique**

### **Généralité sur l'olivier**

Les premières traces sauvages de l'olivier ont été retrouvées en Asie mineure et date d'il y a plus de 14000 ans AJ (Loumou et Giourga, 2002).

Bien que les historiens et les archéologues ne soient pas d'accord sur le pays d'origine de l'olivier, cet arbre s'est parfaitement adapté au climat méditerranéen dès 3000 avant J-C et il est cultivé dans le Croissant fertile, aire englobant l'Egypte, la Syrie, la Palestine et la Phénicie (Leroy, 2011), ensuite les phéniciens diffusent l'olivier dans toute la Grèce et à partir du VI<sup>ème</sup> siècle avant J.-C., sa culture s'est étendue à tout le bassin méditerranéen en passant par la Lybie, la Tunisie, la Sicile puis l'Italie (Fouin et Sarfati, 2002).

L'introduction de l'olivier au Maroc est discutée selon deux postulats, le premier stipule une introduction par la voie des oasis à partir de l'Est de la Méditerranée via l'Egypte. Tandis que le deuxième postulat stipule que l'olivier a été introduit par voie de mer à partir de l'Est de la méditerranée ou de la Bétique voisine (Moukhli et al., 2013).

L'olivier est aujourd'hui cultivé dans toutes les régions du globe se situant entre les latitudes 30° et 45° des deux hémisphères, des Amériques (Californie, Mexique, Brésil, Argentine, Chili), en Australie et jusqu'en Chine, en passant par le Japon et l'Afrique du Sud. On compte actuellement plus de 9 millions d'oliviers cultivés à travers le monde, mais le bassin méditerranéen est resté sa terre de prédilection, avec près de 95 % des oliveraies mondiales (Mourida, 2014).

### **I. Classification botanique et description morphologique de l'olivier**

#### **1. Classification botanique de l'olivier**

L'olivier fait partie de la famille des Oléacées. Le naturaliste suédois Carl Von Linné a regroupé au XVIII<sup>ème</sup> siècle les variétés d'olivier sous le genre d'*Olea* comportant diverses espèces parmi lesquelles seule *Olea europaea* L. porte des fruits comestibles et qui se subdivise en trois sous-espèces : *euromediterranea*, *laperrini* et *cuspidata* (Ghout et Hadjam, 2013).

La sous- espèce *euromediterranea* se subdivise en deux variétés:

-L'oléastre ou olivier sauvage (*Olea europaea* var. *oleaster*) : arbuste d'aspect buissonnant et épineux au ras du sol. Branches disposées plus régulièrement aux rameaux plus en mois quadrangulaire se terminant souvent en une pointe raide et piquante. Petites feuilles (4cm de long

environ), plus clairsemées, plus étroites, plus courtes et plus vertes. Fruits nombreux mais plus petits, moins charnus, plus luisants. Donne une huile fine mais peu abondante plus rustique, résiste mieux aux excès de température. Sa longévité et les qualités de son bois surpassent celles de l'olivier cultivé. Sa racine pivotante va chercher la nourriture à de grandes profondeurs (Maillard, 1995).

-L'olivier cultivé ou olivier domestiqué (*Olea europaea* var. *sativa*) : arbre vigoureux non coupé d'une hauteur de 10 à 15 m. Généralement, la hauteur ne dépasse pas 3 à 4 m, la floraison (selon les variétés) de mai à juin à juillet produit de gros fruits de formes variétés mais peu nombreux en grappes terminales axillaires (Pagnol, 1996).

La classification botanique de l'olivier est la suivante (Guignard, 2004) :

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicotylédones

Sous classe : Astéridées

Ordre : Oléales

Famille : Oléacées

Genre : *Olea*

Espèce : *Olea europaea*

## **2. Description morphologique de l'olivier**

### **a. Partie aérienne**

#### ➤ Tronc

Il est lisse et circulaire, de couleur grise verdâtre jusqu'à la deuxième année environ. Il devient noueux et crevassé, fendu et élargi à la base. Il prend une teinte grise foncée presque noire (Boucher, 2011).

#### ➤ Feuille

Les feuilles de l'olivier courtement pétiolées, persistantes, lisses, coriaces, vert cendré au dessus et suivant la variété, plus ou moins blanc en dessous (Larabi, 2016).

➤ Fleurs

Les fleurs sont petites, blanches, odorantes, forment des grappes courtes et serrées à l'aisselle des feuilles de l'année précédente (Boucher, 2011).

➤ Fruit ou Drupe

Le fruit ou la drupe, ovoïde, globuleuse, bacciforme ou capsulaire. L'épicarpe (peau) et le mésocarpe sont charnus et étroitement liés. Le fruit est vert ou noir à maturité avec noyau très dur à amandes huileuses, dont l'une avorte presque toujours (Larabi, 2016).

**b. Partie racinaire**

L'olivier présente deux à trois racines pivotantes qui donnent naissance à des racines secondaires et des radicelles (Kasraoui, 2010). Le système racinaire de l'olivier semble être conçu pour absorber l'eau des pluies légères et intermittentes habituelles dans son habitat, plutôt que pour absorber l'eau des couches profondes. La plupart des racines principales semblent pousser plus ou moins parallèlement à la surface du sol, sans racine pivotante dominante. La répartition des racines peut être fortement influencée par les conditions du sol, par les arbres voisins et par la pratique de l'irrigation. Les racines d'olivier sont capables de réagir rapidement après une longue période de sécheresse, en absorbant l'eau immédiatement disponible dans le sol (Brito et al ,2019).

**II. Culture de l'olivier**

**1. Longévité de l'olivier**

L'olivier est un arbre de longue vie et à feuillage persistant, qui peut atteindre à taille adulte un maximum de 15 mètres et une propagation de 9 mètres. Il a une longévité qui dépasse de très loin celle du cèdre, sa durée de vie dépasse généralement plus de 500 ans, certains arbres âgés de plus de 2.000 ans ont été enregistrés (Ogba et Zoudji, 2017).

**2. Phénologie de l'olivier**

**a. Cycle biologique de l'olivier**

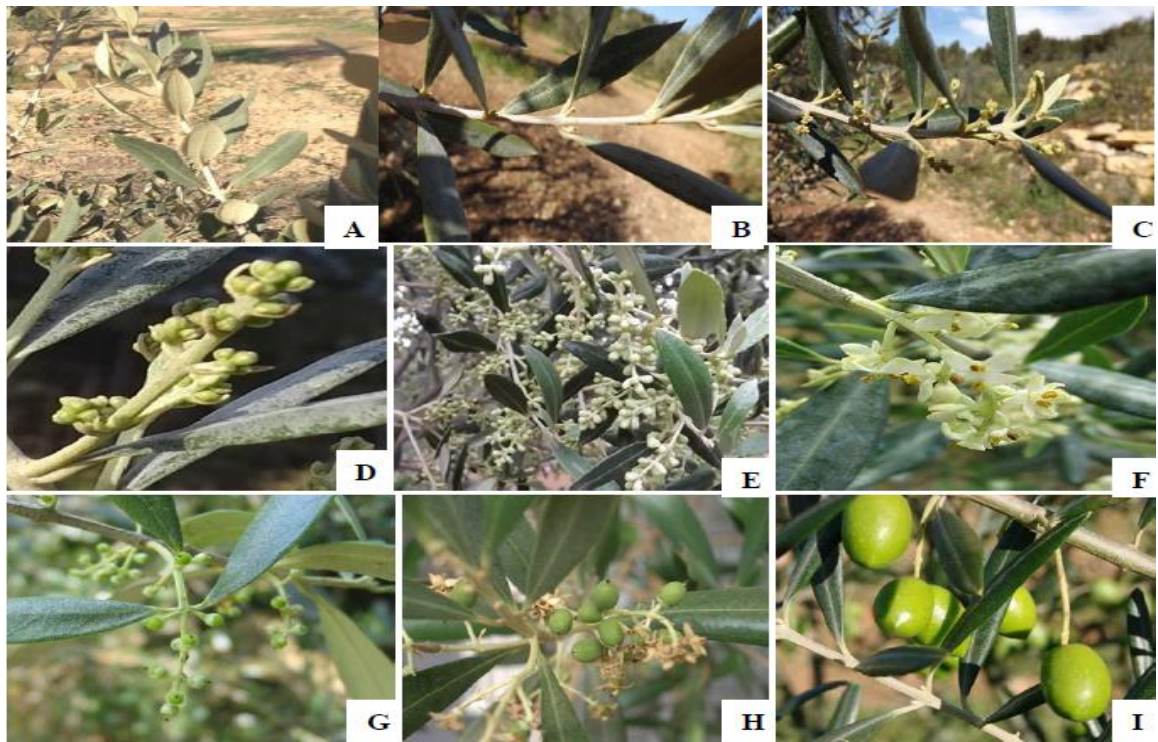
Le cycle biologique de l'olivier comprend toute la durée de vie de l'arbre, il est souvent divisé en quatre stades (Fabbri, 2004):

- 1- stade improductif : durant ce stade, le taux de croissance de l'arbre est élevé, il est caractérisé par l'absence de floraison et de fructification, le manque de production est dû uniquement à l'absence d'un équilibre suffisant entre la canopée (couvert) et le système racinaire, ce stade ne doit pas être confondu avec le stade juvénile qui est typique uniquement des semis.

- 2- stade de la production intense : l'arbre augmente sa capacité de production au fur et à mesure que le temps passe, sa canopée se développe, ainsi que le nombre de bourgeons qui sont sensibles à l'induction florale.
- 3- Stade de maturité : Durant cette période, la taille et le rendement des plantes ont atteint leur maximum .La productivité peut être considérée comme constante, même si elle varie considérablement d'une année à l'autre. A ce stade, les oliveraies produisent le plus
- 4- Stade de la sénescence : tous les processus typiques du vieillissement (faible activité végétative, réduction de l'expansion du système racinaire, une floraison abondante suivie d'une mauvaise nouaison, sensibilité aux maladies, apparaissent et indiquent une tendance de l'arbre à s'affaiblir et à mourir.

### b. Stades de l'olivier

Les oliviers productifs passent par un cycle annuel qui est décrit par une succession des stades phénologiques (Colbrant et Fabre, 2011).



**Figure 1 : Stades phénologiques de l'olivier selon Colbrant et Fabre (2011).**

A :stade hivernal ,B :débourrement et élongation ,C : formation des grappes florales, D : gonflement des boutons floraux ,E :différenciation de la corolle, F :début de la floraison , G :chut des pétales après une pleine floraison, H :nouaison (grossissement des fruit) , I : maturation des fruits.

### III. Exigences écologiques de l'olivier

La culture de l'olivier dans le monde est limitée par les facteurs édapho-climatiques des zones méditerranéennes. Le climat méditerranéen est généralement doux et humide en hiver et chaud et sec en été (Giorge et al., 2008). Comme il s'agit de la région méditerranéenne, elle est généralement exposée à des radiations quotidiennes élevées, y compris les rayons UV. La température est le facteur environnemental le plus important qui limite les zones de culture de l'olivier, tandis que la disponibilité en eau est le facteur le plus important qui limite le rendement des olives (Brito et al., 2019).

#### 1. Exigences édaphiques

Tous les terrains sont susceptibles à la plantation de l'olivier à l'exception des sols très argileux. Cependant il est préférable que le sol soit profond et perméable. La texture doit être équilibrée avec un rapport éléments fins/éléments grossiers de l'ordre de 50/50 (Tombesi et Tombesi, 2007).

Tableau 1 : Caractéristiques d'un sol jugé adéquat pour l'oléiculture (Tombesi et Tombesi, 2007)

Phase du cycle de végétation et de production	Période	Effet du déficit hydrique
Croissance végétative	Fin été-automne	Développement réduit des bourgeons à fleurs et des pousses de l'année suivante
Formation des bourgeons à fleurs	Février-avril	Réduction du nombre de fleurs ; avortement ovarien
Floraison	Mai	Réduction de la fécondation
Nouaison	Mai-juin	Réduction de la fécondation
Croissance initiale du fruit	Juin-juillet	Diminution de la taille du fruit (moins de cellules /fruits)
Croissance postérieure du fruit	Aout-novembre	Diminution de la taille du fruit (cellules de fruits plus petites)
Lipogénèse	Juillet-novembre	Teneur plus faible huile/fruit

La croissance et le développement de l'olivier sont principalement contrôlés par les conditions climatiques (Moriondo et al., 2015 ; Orlandi et al., 2012).

### **a. Pluviométrie**

L'olivier est considéré comme l'arbre le plus plastique sur le plan de l'alimentation en eau par les pluies (Baldy, 1990).

Les olives sont un des espèces très tolérantes à la sécheresse, avec une limite inférieure pour les précipitations annuelles autour de 350 mm (Ponti et al., 2014), en effet les précipitations doivent être supérieures à 350 mm jusqu'à 600 mm, elles sont acceptables jusqu'à 800 mm et bonnes jusqu'à 1 000 mm. La distribution doit permettre qu'il n'y ait pas de périodes de sécheresse supérieures à 30-45 jours ni d'inondations prolongées (Tombesi et al, 2007).

### **b. La température**

La température conditionne le déroulement des différents processus physiologiques de la croissance et du développement chez l'olivier (Kasraoui, 2010), en effet elle a un fort impact sur le rendement des cultures (Vossen et al., 2007).

C'est l'un des plus importants critères d'adaptation aux conditions, En effet les zones aptes à la culture de l'olivier sont caractérisées par un climat avec des températures minimales non inférieures à - 6 ou - 7°C, seuil en dessous duquel les feuilles sont gravement affectées. Une température de - 3 ou - 4 °C peut abîmer les fruits ayant une teneur élevée en eau qui n'auraient pas encore été récoltés, avec des conséquences négatives sur la qualité de l'huile. Les zones de plus grande diffusion de l'olivier sont caractérisées par des hivers doux, des températures rarement inférieures à zéro degré et des étés secs avec des températures élevées. Dans les régions chaudes, il est nécessaire de satisfaire les exigences en froid de la culture car des températures constamment supérieures à 16°C empêchent le développement des bourgeons fleur. Les températures doivent en effet être inférieures à 11-12°C pendant au moins un mois. Enfin, les températures élevées durant la maturation du fruit provoquent une augmentation de l'acide linoléique dans l'huile et une forte réduction de l'acide oléique (Tombesi et Tombesi 2007).

### **c. Lumière**

L'olivier étant exigeant en lumière, l'insolation est à considérer dans le choix de l'orientation des arbres et la densité de plantation. En effet, l'aspect le plus important pour une bonne productivité est l'exposition importante à la lumière du soleil de toute la cime de l'arbre (Sikaoui, 2006). L'insuffisance de la lumière provoque des diminutions des substances élaborées par les feuilles et par conséquent la diminution des bourgeons floraux, de la nouaison et du volume des olives matures et sa teneur en huile (Kasraoui, 2010).



## **Problème du stress hydrique**

### **I. La réponse de l'olivier au contrainst hydrique**

#### **1. Effet du stress hydrique sur l'olivier**

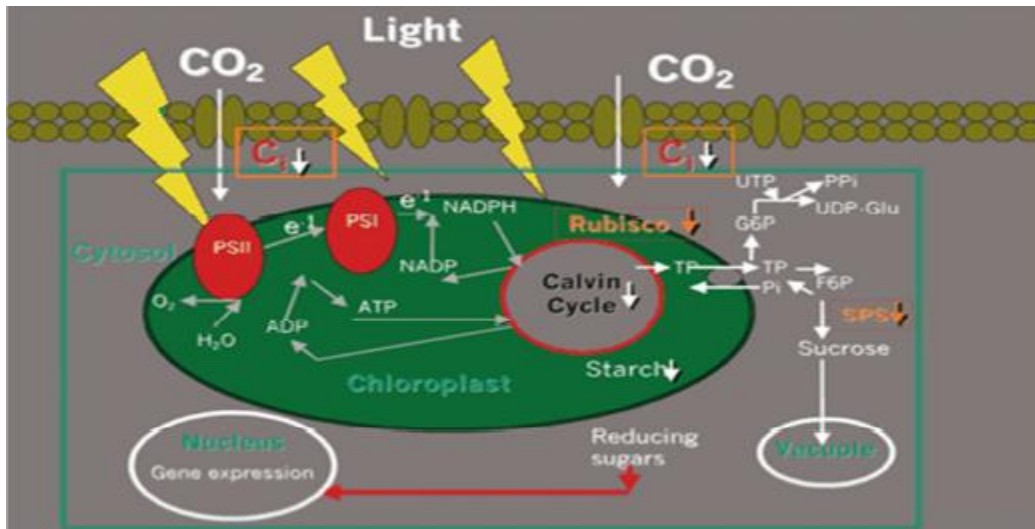
Le déficit hydrique est l'un des facteurs les plus importants qui limite la production des cultures dans le monde (Brito al., 2019 ; Ashraf, 2010). En verger, le premier rôle de l'irrigation est d'apporter aux arbres les doses d'irrigation nécessaires à leur développement, durant les différentes périodes de croissance du fruit. La gestion de l'irrigation inclut les objectifs de production en termes du rendement et de qualité, ainsi que le maintien de l'équilibre végétatif des arbres. Cependant, les conditions climatiques, le type du sol, la technique d'entretien du sol, le porte-greffe, la charge des arbres et la fréquence d'irrigation sont des facteurs qui influencent la consommation en eau d'un verger. L'utilisation efficace de l'eau est le défi principal dans les pratiques agricoles mondiales où les problèmes du manque d'eau sont répandus. Dans ce contexte, l'efficacité de l'utilisation de l'eau de l'agriculture doit être optimisée (Chenafi, 2017).

L'olivier est principalement cultivé dans les régions arides et semi-arides, où les plantes sont fréquemment soumises à des températures élevées et à la rareté d'eau. Pendant l'été, la végétation méditerranéenne est souvent soumise à des périodes de forte sécheresse, qui peuvent causer des pertes importantes du rendement ( Boussadia et al, 2008) .

##### **a. Effet sur la photosynthèse**

La photosynthèse est le processus bioénergétique qui permet aux végétaux de synthétiser de la matière organique en utilisant l'énergie lumineuse. La matière organique est synthétisée à partir du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), de l'eau et des sels minéraux. En situation du stress hydrique, le défaut d'alimentation en eau entraîne une chute de photosynthèse, initialement due à la fermeture des stomates qui entraîne une diminution de la concentration de  $\text{CO}_2$  intercellulaire (Chaves et al., 2003).

Quand la teneur en eau du sol est réduite, les racines envoient des signaux chimiques à la tige puis à la feuille. En réponse, les stomates se ferment pour empêcher l'évaporation. C'est un des premiers événements de réponse à la sécheresse. La réponse stomatique entraîne une modification d'autres facteurs tels que la diminution de l'absorption du  $\text{CO}_2$  et donc de la photosynthèse. L'assimilation en carbone diminue alors en faveur de la photorespiration, avec fixation d' $\text{O}_2$  à la place de  $\text{CO}_2$ , Ce processus biochimique de conversion coûte de l'énergie à la plante et résulte en une perte nette en  $\text{CO}_2$ . Il y a également un autre mécanisme d'arrêt de la photosynthèse non lié aux stomates mais à l'appareil photosynthétique



**Figure 2 : Effet du stress hydrique sur la photosynthèse (Meyer et Genty, 1998).**

Cette figure montre qu'en cas de déficit hydrique modéré, le CO<sub>2</sub> intercellulaire diminue en raison de la fermeture des stomates, tandis que la capacité photosynthétique est maintenue. Cette diminution de CO<sub>2</sub> peut induire une inhibition réversible de certaines enzymes (par exemple, le SPS : Saccharose-Phosphate Synthase). Dans le même temps, la teneur en amidon diminue et les sucres réducteurs sont maintenus, voire augmentent (Journal Experimental Biology, 2004).

#### **b. Effet du stress hydrique sur la croissance et la morphologie des plantes**

Avec l'imposition de la sécheresse, lorsque la teneur en eau des plantes diminue, les cellules se rétrécissent, et la paroi cellulaire se détend, ce qui entraîne une perte de turgescence (Farooq, 2012), provoquant une réduction du potentiel hydrique des feuilles ( $\Psi$ ) et de la division des cellules (Farooq, M, 2009). Si un déficit en eau est imposé au début du développement, l'inhibition de la division et de l'expansion des cellules entraîne une réduction de la surface foliaire, alors que si elle est imposée après qu'une surface foliaire importante se soit développée, les feuilles vont se sénescérer et peuvent tomber. Le nombre de feuilles peut également être affecté, associé à une diminution du nombre de branches et du taux de croissance (Farooq, 2012). Ces réactions limitent la production de photosynthèse et contribuent ainsi au déclin de la photosynthèse sur l'ensemble du couvert végétal (Taiz et al., 2006).

L'une des principales conséquences de la sécheresse est la régulation de l'ouverture stomatique pour limiter les pertes d'eau (Hernandez-Santana, 2016). L'olivier présente un contrôle étroit du comportement stomatique pour maintenir  $\Psi$  dans un niveau adéquat, en évitant les valeurs critiques et en les maintenant dans une fourchette sûre pour éviter l'embolie (Torres-Ruiz et al., 2015).

### **c. Influence sur l'alimentation minérale**

Le stress de la sécheresse affecte l'absorption, le transport et la distribution des minéraux dans la plante (Farooq et al., 2009), causant un déséquilibre dans la nutrition de la plante. Ce déséquilibre peut entraîner des perturbations importantes des fonctions physiologiques et de l'accumulation de la biomasse (Brito et al., 2018), car les minéraux servent à de nombreuses fonctions dans les plantes, comme les composants structurels des macromolécules, les cofacteurs des réactions enzymatiques, les solutés osmotiques et le maintien de l'équilibre des charges dans les compartiments cellulaires (Grusak, 2001).

Il est bien admis que la réduction de la disponibilité de l'eau entraîne une absorption limitée des nutriments (Silva et al., 2011) puisque la sécheresse réduit le taux de transpiration de la plante entière, en raison d'une conductance stomatique diminuée et une surface foliaire totale faible (Brito et al., 2018), elle diminue le potentiel hydrique du sol, ralentissant la vitesse de diffusion des nutriments entre la matrice du sol et la surface des racines (Farooq et al., 2009) et elle réduit aussi l'apport en nutriments par minéralisation (Sanaullah, 2012).

### **d. Effet sur la dynamique hormonale**

Les conditions de stress stimulent souvent des changements dans la production, la distribution ou la transduction du signal de phytohormones. En effet, par l'action de ces molécules, les plantes répondent à ces conditions en modifiant leur physiologie et leur biochimie (Colebrook, 2018) telles que la biosynthèse et l'accumulation de l'hormone ABA (Pantin, 2013), l'action de l'éthylène (ET), une autre hormone de stress importante, pourrait inhiber la croissance des plantes (Xiong et al., 2007) et elle est impliqué dans la l'abscission, et donc, dans la réduction de la perte d'eau (Gómez-Cadenas et al., 1996). De plus, il a été suggéré que sous l'effet du stress, l'ABA et l'ET agissent de manière antagoniste (Wilkinson, 2012). L'éthylène prévient l'accumulation d'ABA et inhibe l'effet stomatique induit par l'ABA (Tanaka, 2005) et, d'autre part, des concentrations plus élevées d'ABA empêchent une production excessive d'ET, qui permet la croissance des pousses et des racines dans des conditions de sécheresse (Sharp et al., 2002).

### **e. Influence du stress hydrique sur le rendement et la qualité des cultures oléicoles**

En général, un déficit en eau a un effet négatif sur le rendement, la masse sèche des fruits et l'accumulation de l'huile (Patumi et al., 2002), tandis qu'il accélère la maturation des fruits

(Machado, 2013). Les compositions phénoliques de l'huile d'olive augmentent avec l'augmentation de l'intensité de la sécheresse (Servili, 2009).

## II. Mécanisme d'adaptation des plantes vis-à-vis du stress hydrique

Les plantes réagissent pour s'adapter et survivre dans des conditions d'humidité limitées en induisant différentes stratégies, qui peuvent être divisées en trois mécanismes distincts (Chaves et *al.*, 2007) :

- L'échappement : la plante est capable de terminer son cycle de vie avant que les effets du déficit hydrique ne se produisent. Cette stratégie est utilisée en zones arides où les plantes natives sont capables d'utiliser au maximum les ressources du sol afin d'avoir des taux de croissance importants tant que l'humidité du sol est maintenue, et un cycle de vie court.
- L'évitement à la sécheresse permet de limiter les pertes en eau et d'optimiser l'utilisation de la ressource en eau disponible : elle permet d'éviter une perte d'homéostasie. Les plantes utilisent une variété de traits adaptatifs afin d'empêcher la déshydratation tissulaire, soit en maintenant un potentiel hydrique élevé, soit en tolérant un potentiel bas.
- La tolérance se réfère à la capacité de la plante à maintenir ses grandes fonctions physiologiques (nutrition, photosynthèse, reproduction...) pendant des périodes où le potentiel hydrique dans les tissus est bas.

Ces stratégies ne sont pas exclusives, et en pratique les plantes peuvent combiner différents types de réponses.

## Partie II : Matériel et Méthodes

### Cadre de travail

La présente étude a consisté en la caractérisation physiologique de la collection de l'olivier pour la tolérance au stress hydrique en période de floraison, par l'analyse de paramètres physiologiques susceptibles d'être les plus influents en termes de tolérance au stress hydrique.

Cette caractérisation a été réalisée sans application effective du stress hydrique. En fait, elle s'est basée sur des paramètres physiologiques, parmi les plus influents dans la tolérance à ces stress suivant des travaux antérieurs de recherche sur ce sujet. Les observations ont concerné six paramètres physiologiques liés à la tolérance au stress hydrique.

### I. Matériel végétal et conditions de culture

Le matériel végétal évalué est constitué de 32 cultivars de l'olivier, plantés en collection au domaine expérimental à Ain Taoujdate–Meknès. La collection est irriguée à 100%, mais au moment des prélèvements la collection est non irriguée (sous stress hydrique). Tous les cultivars étaient dans les mêmes conditions géographiques et subissant les mêmes pratiques horticoles de conduite.



Figure 3: Des oliviers dans le domaine expérimental d'Ain Taoujdate de l'INRA

### II. Paramètres mesurés

Ces paramètres peuvent être divisés en deux types : les paramètres morphologiques et les paramètres biochimiques.

#### 1. Paramètres morphologiques

### **a. Surface foliaire**

Pour la mesure de la surface foliaire, 9 feuilles bien développées ont été choisies de chaque cultivar. La surface foliaire a été déterminée par la mesure de la longueur et la largeur de chaque feuille, en utilisant la formule de détermination de la surface d'une ellipse ( $SF = 3,14 \times L \times l$ ).

### **b. Paramètres stomatiques**

L'observation des stomates a été faite à l'aide d'un microscope optique (objectif x 40), munie d'une caméra reliée à l'ordinateur. Des échantillons de feuilles très développées ont été prélevés de chaque ramification et observés sur leurs faces inférieures. Pour chaque arbre deux répétitions ont été faites. L'observation de l'épiderme nécessite l'élimination du parenchyme chlorophyllien qui empêche l'observation des cellules épidermiques. Pour cela, une bande adhésive incolore (ruban scotch) a été utilisée pour éliminer les trichomes et les poussières de la surface de la feuille. Après élimination du parenchyme, une couche mince de vernis à ongle, de couleur transparente, est étalée sur la face de la feuille nettoyée. Après 5 min, la couche de vernis séchée, montrant l'empreinte épidermique de la feuille, est décollée doucement par ruban scotch incolore et mise sur lame pour observation au microscope. Cette observation a permis de visualiser l'empreinte des stomates et ainsi déterminer leur densité et dimensions.

#### **❖ Densité stomatique**

La densité stomatique est le nombre des stomates par unité de surface ( $\text{mm}^2$ ). Pour déterminer cette densité stomatique, l'agrandissement « objectif x 40 » du microscope a été utilisé. Pour chaque feuille un point qui contient le plus grand nombre de stomates est fixé. Ensuite, les stomates existants sur la face délimitée sont comptés et le calcul pour un champ d'un millimètre carré de surface a été fait. Pour chaque ramification, 2 feuilles ont été observées, soit 4 mesures par arbre.

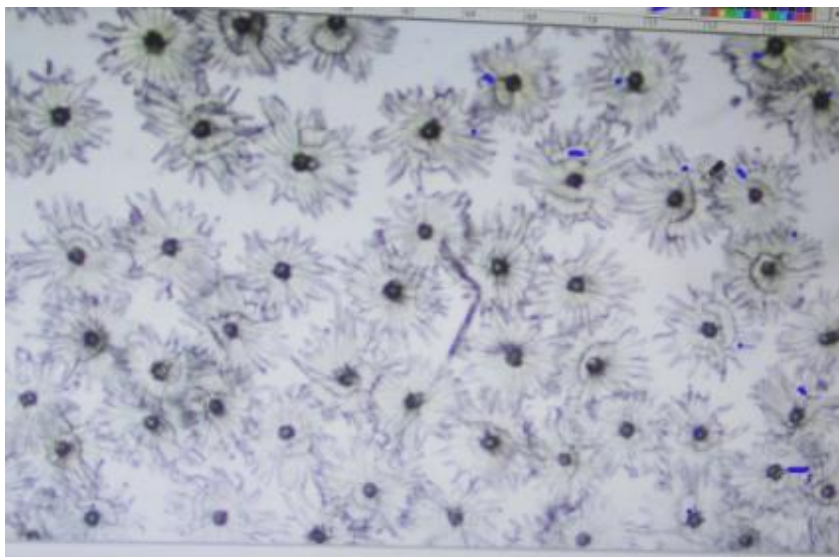
### **c. Caractéristiques des trichomes**

L'observation des trichomes a été faite à l'aide d'un microscope optique (objectif x10), munie d'une caméra reliée à l'ordinateur. Des échantillons de feuilles très développées ont été prélevés de chaque ramification et observées sur leurs faces supérieures. Pour chaque génotype trois répétitions ont été faites. Pour cela une bande adhésive incolore (ruban scotch) a été utilisée pour montrer l'empreinte épidermique de la feuille. L'empreinte est décollée doucement par ruban scotch incolore et mise sur

lame pour observation au microscope. Cette observation a permis de visualiser l'empreinte des trichomes et ainsi déterminer leur densité et dimensions.

#### ❖ Densité des trichomes

La densité des trichomes est le nombre des trichomes par unité de surface (mm<sup>2</sup>). Pour déterminer cette densité, l'agrandissement « objectif x 10 » du microscope a été utilisé. Pour chaque feuille un point qui contient le plus grand nombre des trichomes est fixé. Ensuite les trichomes existants sur la face délimitée sont comptés et le calcul pour un champ d'un millimètre carré de surface a été fait. Pour chaque ramification, 2 feuilles ont été observées, soit 4 mesures par arbre.



**Figure 4: Observation microscopique des trichomes d'olivier**

#### ❖ Longueur des trichomes

Les mesures de la longueur et de la largeur des trichomes, l'agrandissement « objectif x 20 » ont été faites par le logiciel Delta Pix, muni avec la caméra du microscope. En effet, une règle numérique est placée dans le sens de la longueur et de la largeur des trichomes permettant donc de donner directement les dimensions. Ces mesures ont été faites sur deux trichomes parmi les plus grandes choisis par feuille.

## 2. Paramètres biochimiques

### a. Les cires cuticulaires

La teneur en cires a été déterminée suivant la méthode décrite par Marcelle et Beattie (2002). En effet, les cires ont été extraites sur trois feuilles prélevées de la partie ensoleillée de chaque arbre et préalablement lavées en les remuant pendant 30 secondes dans 5ml de chloroforme concentré. La quantité de cire obtenue a été ensuite isolée par séchage de la solution d'extraction sur plaque chauffante pesée et rapportée au poids total des trois feuilles.

La quantité des cires cuticulaires est ainsi exprimée en mg /g de matière fraîche.

#### **b. Les sucres solubles**

Les sucres solubles ont été extraits suivant la méthode de Babu et al.(2002). Ainsi, 50mg des feuilles ont été broyées en présence de 1ml d'éthanol à 80%. L'extrait ainsi obtenu est centrifugé pendant 40mn sous 4°C à 2000 tr /min. Le surnageant recueilli est ensuite conservé à froid en attente du dosage.

Le dosage des sucres totaux solubles a été réalisé suivant la méthodes de Dubois et al .(1956). En effet, 0,5 ml de phénol (acide phénique) et 1,5 ml de solution d'acide sulfurique ont été ajouté à 0,5ml de l'extrait. Le mélange est chauffé au bain marie à 100°C pendant 5mn. Après refroidissement, la densité optique est mesurée à 435 nm contre un blanc dans lequel 50ul d'alcool 80% a remplacé l'extrait brut. La courbe d'étalonnage au spectrophotomètre a été obtenue moyennant une gamme de concentration d'une solution de glucose (0 à1mg/l). Les teneurs sont exprimées en mg /g de matière sèche.

#### **c. Résistance cuticulaire**

La cinétique de la résistance cuticulaire foliaire est déterminée en choisissant 3 feuilles bien développées à partir des pousses de l'année de chaque variété de l'olivier. Cette résistance est estimée en mesurant, toutes les 10 min le poids des feuilles mises à l'étuve à 40° C pendant une durée de 90 min.

### **3. Analyses statistiques**

Les résultats obtenus sont traités par le logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), en utilisant le test SNK (Student-Newman-Keuls), et l'analyse de la variance (ANOVA). Les différences entre les moyennes sont déterminées pour un niveau de signification de 5%.



## Partie III : Résultats et discussion

### I. Les paramètres morphologiques

#### 1. La variation de la surface foliaire en fonction des cultivars

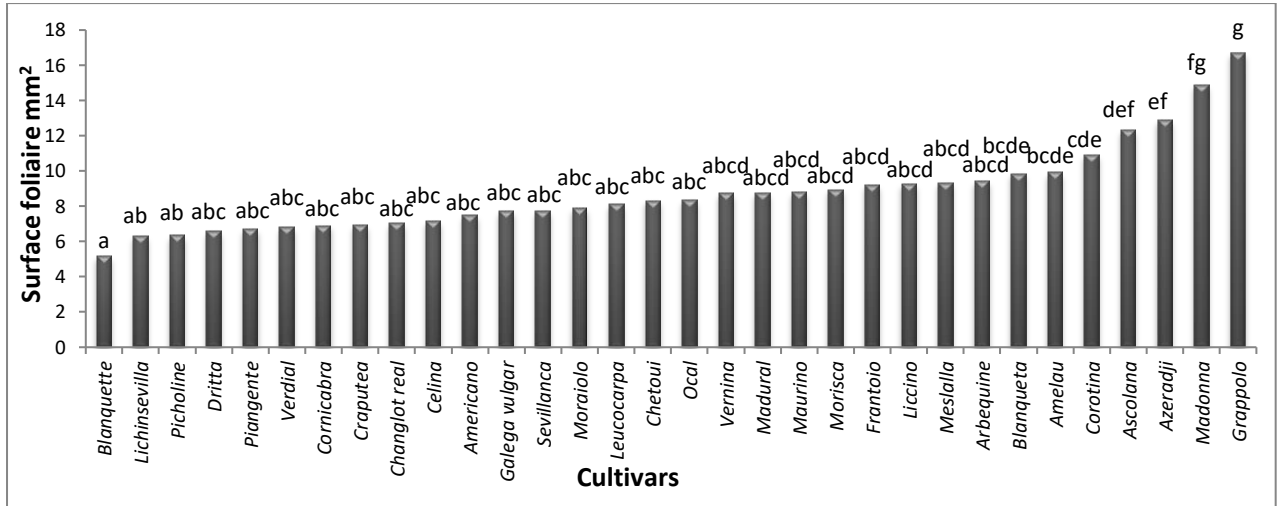


Figure 5: La variation de la surface foliaire des 32 variétés d'oliviers étudiées

Dans notre étude la surface foliaire mesurée sur les feuilles les plus développées en période de floraison, varie du 16,68 cm<sup>2</sup> pour le cultivar *Grappolo* ( valeur maximale) à 5,15 cm<sup>2</sup> pour le cultivars *Blanquette* (valeur minimale). Le test de SNK a révélé l'existence de 10 groupes de cultivars homogènes pour ce paramètre.

Une surface foliaire élevée est un indicateur de forte sensibilité du cultivar au stress hydrique. Car, plus cette dernière est élevée, plus le taux transpiratoire stomatique est important, ce qui implique un dessèchement plus rapide para rapport aux plantes ayant une faible surface.

Donc, selon ce paramètre, le cultivar *Blanquette* qui constitue le groupe (a) serait le plus tolérant au stress hydrique dans toute la collection étudié (32 cultivars). Alors que *Grappolo* qui constitue le groupe (g) serait le plus sensible dans les 32 cultivars étudiés.

Le facteur surface foliaire peut être considéré comme un indicateur du stress hydrique, avec un pourcentage d'indication qui arrive jusqu'à 24% chez certain cultivars d'olivier (Ennajeh et al., 2010).

## 2. La variation de la densité stomatique en fonction des cultivars

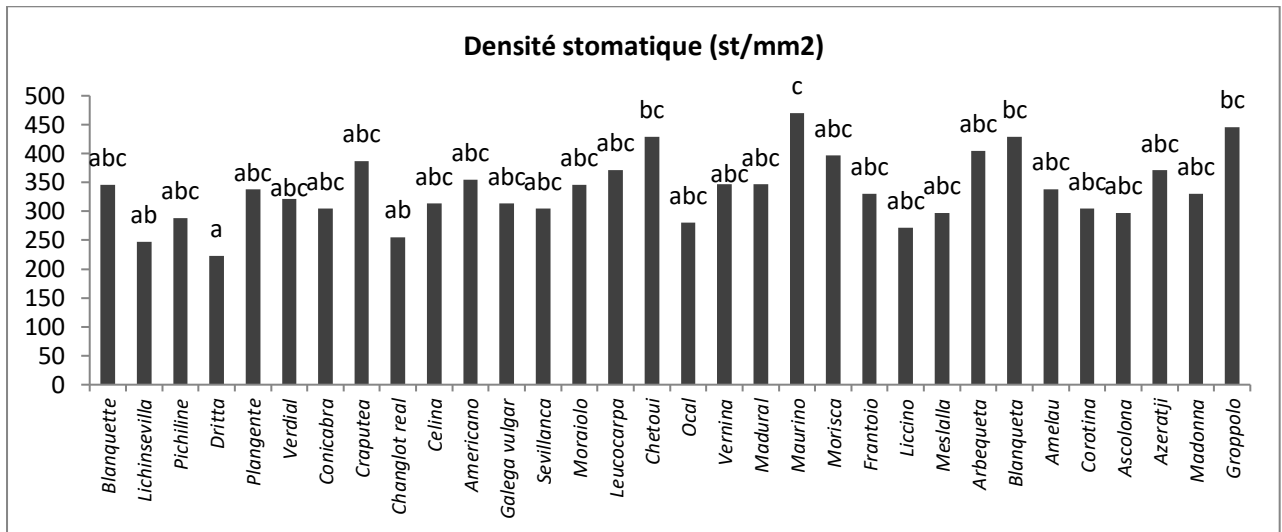


Figure 6 : La variation de la densité stomatique de 32 variétés d'oliviers

Le test de SNK a révélé l'existence de 5 groupes de cultivars homogènes pour la densité stomatique.

La valeur la plus élevée a été relevée pour le cultivar *Maurino* avec une moyenne de 457.75 stomates/mm<sup>2</sup> et la valeur la plus faible a été observée chez les cultivars *Dritta* avec 222,5 stomates/mm<sup>2</sup>

Une densité stomatique élevée est un indicateur physiologique pour une grande sensibilité de l'arbre au stress hydrique, car dans cette situation, le nombre élevé des stomates provoque la perte d'une grande quantité d'eau par transpiration.

De ce fait, le cultivar *Maurino* qui constitue le groupe (c) serait le plus sensible aux stress hydrique dans toute la collection étudiée (32 cultivars), mais le cultivar *Dritta* (groupe (a)) serait plus tolérant dans les 32 cultivars étudiés.

### 3. La variation de la densité des trichomes en fonction des cultivars:

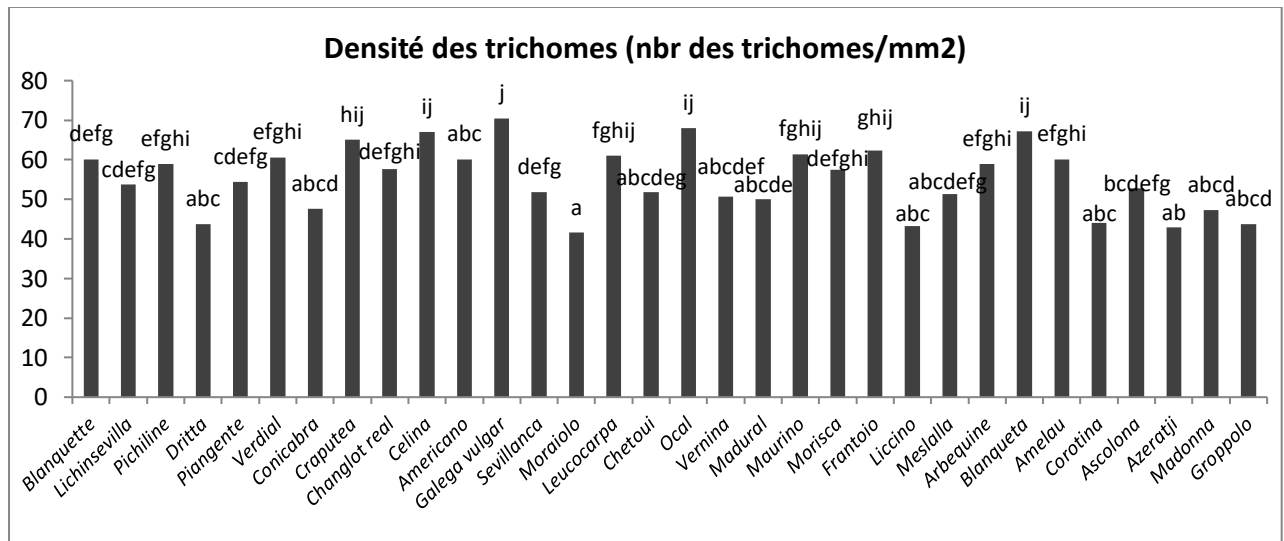


Figure 7 : La variation de la densité des trichomes de 32 cultivars étudiés

Pour la densité des trichomes, le teste de comparaison des moyennes de Student-Newman et Keuls (SNK) a fait ressortir 17 groupes homogènes moyennes pour ce paramètre.

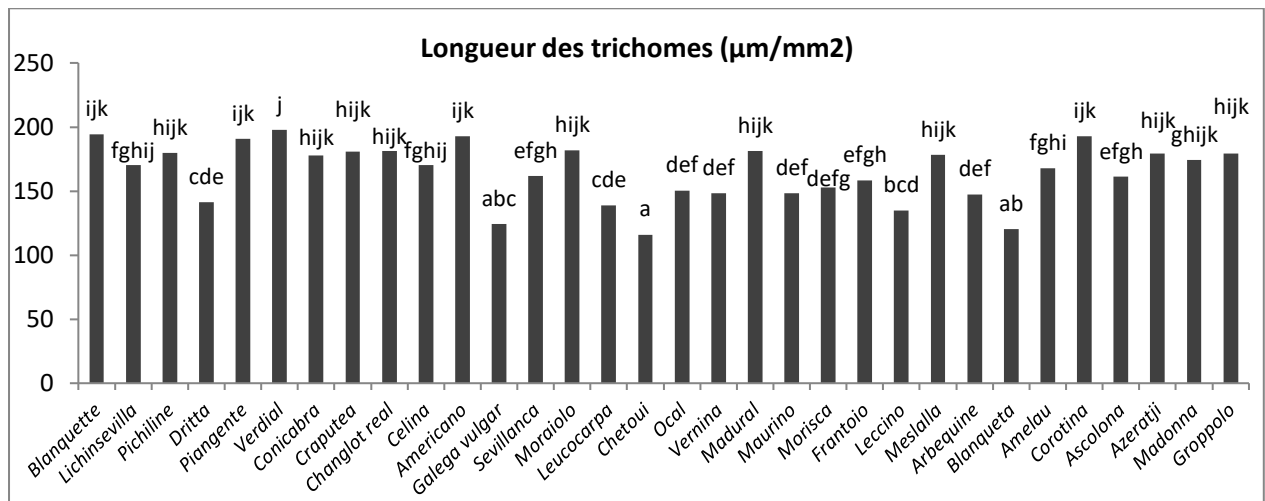
Le cultivar qui a une forte DT c'est *Galaga* (70,4900 Trichomes/mm<sup>2</sup>), et le cultivar qui présente une DT la plus faible c'est *Moraiolo* (41,5600 Trichomes / mm<sup>2</sup>).

Une densité des trichomes élevée est un indicateur physiologique pour une grande résistance de l'arbre au stress hydrique, car ils se trouvent dans les feuilles sous formes d'une couche blanche qui cache les stomates ce qui implique moins de transpiration et donc l'arbre serait tolérante.

Les trichomes forment une couche dans les feuilles qui découvre les stomates (Bacellar et al., 2004)

Donc le cultivar *Galaga* groupe (j) serait plus sensible aux stress hydrique dans toute la collection étudié (32 cultivars), alors que le cultivar *Moraiolo* serait plus tolérants dans toute la collection étudié (32 cultivars).

#### 4. La variation de la longueur des trichomes en fonction des cultivars:



**Figure 8 : Variation de la longueur des trichomes de 32 variétés d'olivier étudié**

Le teste de comparaison des moyennes de Student-Newman et Keuls (SNK) a fait ressortir 15 groupe homogènes moyenne pour ce paramètre.

La longueur des trichomes varie de 115,9867 µm/mm<sup>2</sup> pour la variété *Chetoui* (valeur minimale) à 197,8967 µm/mm<sup>2</sup> pour la variété *verdial Trans* (valeur maximale).

Plus que les trichomes sont longs plus qu'ils occupent une grande surface dans la feuille, et donc ils couvrent plus des stomates ce qui accuse une faible transpiration, alors l'arbre serait tolérante à la sécheresse.

Le cultivar *Chetoui* (groupe (a)) serait le plus sensible au stress hydrique dans toute la collection étudié (32 cultivars). Alors que le cultivar *Verdial Trans* (groupe (j)) serait le plus tolérant au stress dans toute la collection étudié (32 cultivars).

## II. Les paramètres biochimiques

### 1. La variation de la teneur en sucres solubles en fonction des cultivars:

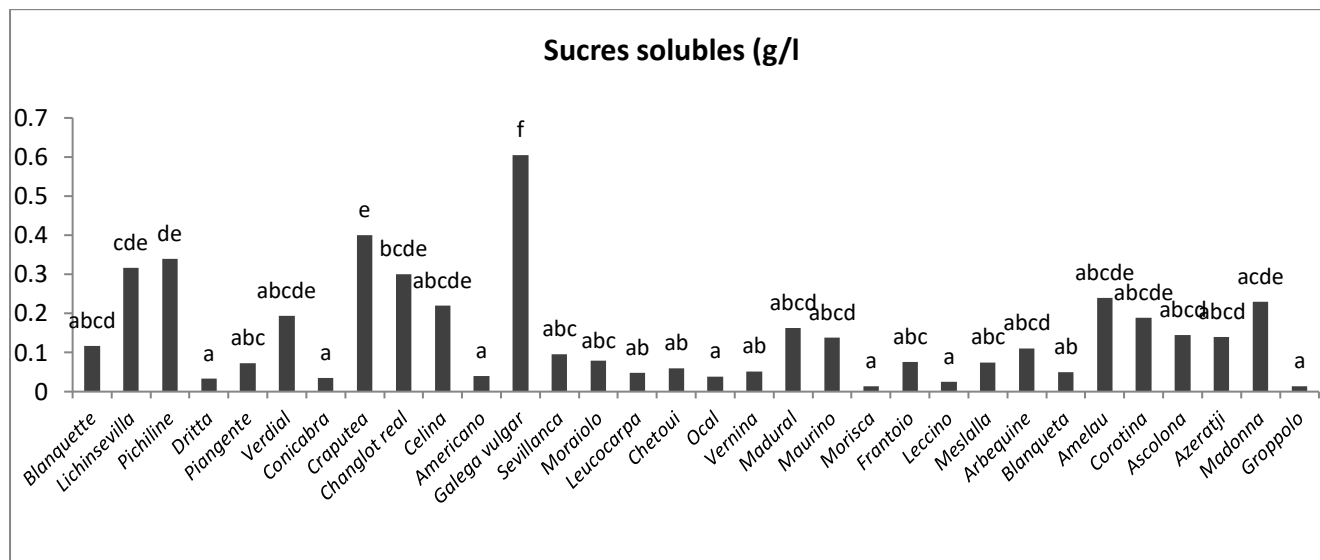


Figure 9: Variation de la teneur en sucres solubles de 32 cultivars d'olivier étudiés

Le teste de comparaison des moyennes de Student-Newman et Keuls (SNK) a fait ressortir 10 groupe homogènes moyenne pour ce paramètre.

La teneur la plus élevée en sucres a été marquée pour le cultivar *Galega Valgar* (0,60500g/l) et la plus faible a été enregistré pour *Morisca* (0,013g/l).

Sous l'action de contraintes hydriques, les plantes réagissent par une modification de leur teneur en certain composé organique. Parmi les composés organiques qui interviennent dans la régulation osmotique, on évoque souvent le nitrates, le potassium, les acides organiques, les sucres solubles et la proline (Monneveux et al., 1994).

Donc lorsqu'il y a un grand taux de sucre implique qu'il a une régulation osmotique et alors l'eau ne va sortir donc pas de transpiration c'est-à-dire que la variété est tolérante.

La teneur en sucre augmente progressivement la sévérité de la tolérance au stress (Nouri (2002).

Selon ce paramètre le cultivar *Galega Valgar* (groupe (f)) serait le plus tolérant au stress dans toute la collection (32 cultivars), alors que *Morisca* (groupe (a)) serait le plus sensible au stress hydrique dans son groupe et même dans les 32 cultivars étudiés.

## 2. Variation de la teneur en cires cuticulaires en fonction des cultivars:

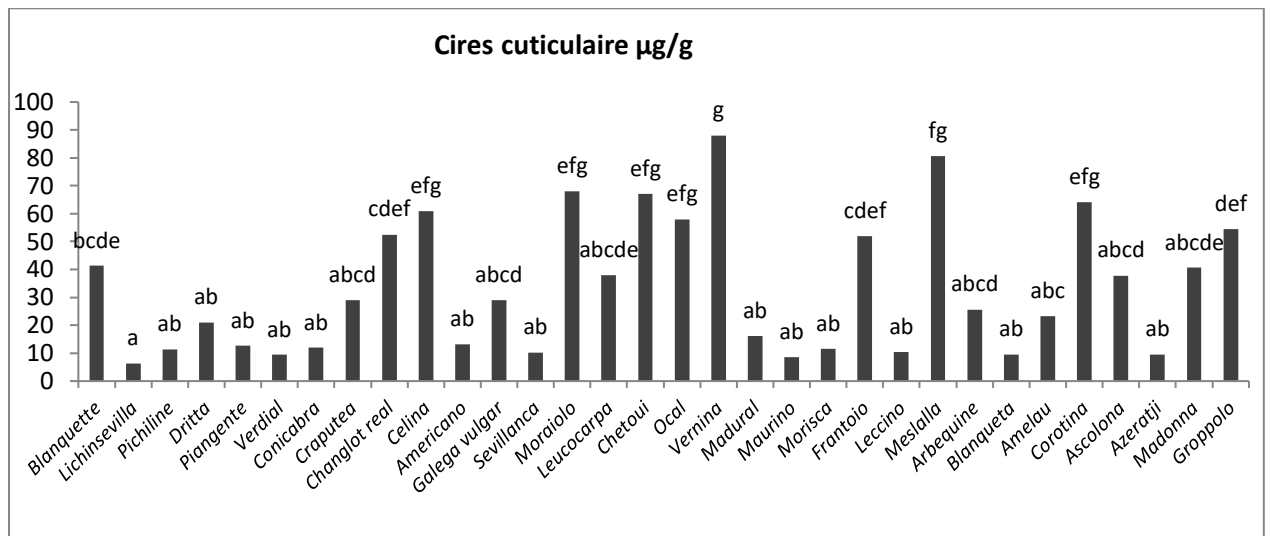


Figure 10 : Variation de la teneur en cires cuticulaires chez 32 cultivars d'olivier étudiés

La variation du taux des cires cuticulaires, le teste de comparaison des moyennes de Student-Newman et Keuls SNK nous a donné 10 groupes homogènes.

La variété *Vernina* 88 µg/g valeur minimale et la variété *Lichin Servilla* avec une valeur 6,3667 µg/g.

Les cires jouent un rôle dans la réduction d'évaporation donc ils diminuent la perte d'eau dans la feuille.

Alors plus des cires implique moins de transpiration et donc la plante serait plus tolérante.

D'après ce paramètre, le cultivar *Vernina* (groupe (g)) serait le plus tolérant dans les 32 cultivars et la variété *Lichin Servilla* (groupe (a)) serait la plus sensible au stress dans les 32 cultivars.

### 3. La variation de la résistance cuticulaire en fonction des cultivars

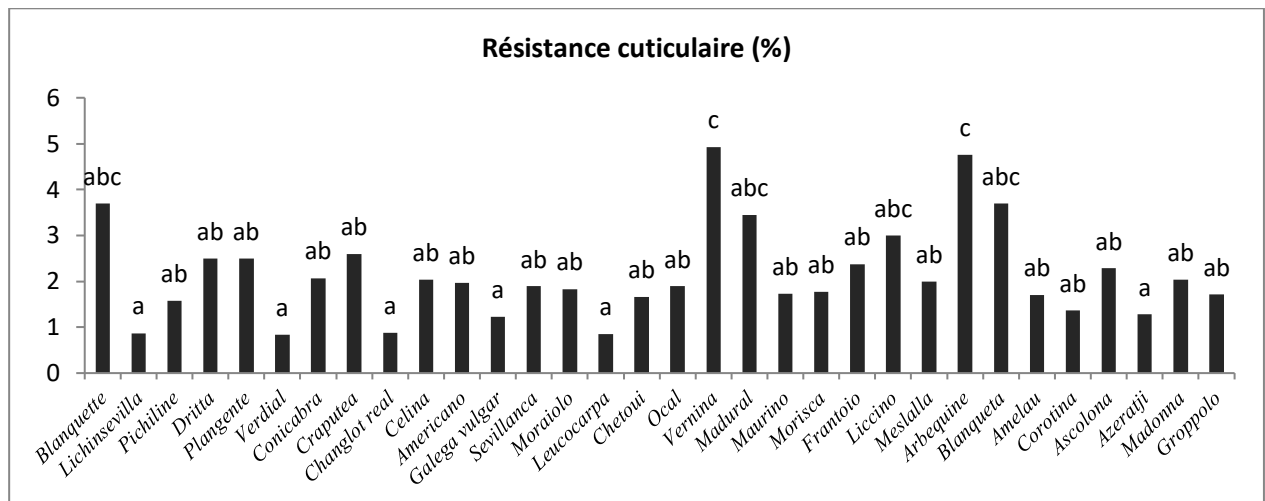


Figure 11 : Variation de résistance cuticulaire chez 32 cultivars d'olivier étudiés

Ce paramètre a varié de 0,84 % (valeur minimale) chez le cultivar *verdial* à 4,93% (valeur maximale) chez le cultivar *Vernina*, en formant 5 groupes homogènes révélés par la comparaison des valeurs moyennes à l'aide du test SNK.

La résistance cuticulaire est un indice sur la tolérance de la plante au stress hydrique. Donc plus qu'elle est grande, plus que la variété perdra moins d'eau sous contrainte hydrique et donc serait plus tolérante au stress.

Alors le cultivars *Verdial* (groupe (a)) serait le plus sensible dans les 32 cultivars et *Vernina* (groupe (c)) serait le plus tolérant dans toute la collection étudié.

## Conclusion et perspective

Ce travail consiste à la caractérisation multivariée d'une collection d'olivier à l'INRA de Meknès, composée de 32 cultivars installés au domaine expérimental d'Ain Taoujdate, en termes de tolérance au stress hydrique.

Notre étude s'intéresse à la caractérisation physiologique de 32 cultivars d'olivier pour la tolérance au stress hydrique en période de floraison, à travers la mesure des paramètres physiologiques, susceptibles d'être les plus influençants dans la tolérance de l'olivier à ce type de stress abiotique. Des différences statistiquement significatives ont été relevées pour six paramètres mesurés, ce qui montre la grande variabilité entre les cultivars de la collection en termes de tolérance au manque d'eau.

D'après les résultats des paramètres mesurés, on remarque que les cultivars *Blanquette*, *Vernnina*, *Ocal*, *Picholine*, *Celina*, *Abrequine*, *Piangente* et *Maurino* comme étant les présumés les plus tolérants au stress hydrique, alors que les cultivars les plus sensibles sont *Amelau*, *Frantoio*, *Morisca*, *Verdial*, *trans*, *Gappolo*, *Azeratji*, *Lichinsevilla* et *Chetoui*.

Notons qu'il reste nécessaire d'exposer les différents cultivars à différents niveaux de ces stress abiotiques en période de floraison afin d'étudier le déroulement de la floraison et la nouaison et ainsi confirmer ou réfuter le classement avancé des cultivars vis à vis la tolérance au stress hydrique.

Néanmoins, il est à souligner que les résultats de cette étude restent d'ordre préliminaire puisqu'ils ont été relevés sur une année. Pour une analyse plus complète et évaluation plus précise des cultivars vis-à-vis de leur tolérance et/ou sensibilité au stress hydrique, il reste important de mener cette étude sur 3 ou 4 années à venir pour tenir compte de la variabilité interannuelle et les spécificités des arbres (réserves du bois, système racinaire profond, etc.). En perspective, cette étude devrait s'intéresser d'une part aux effets de ce stress sur les paramètres de production (le rendement et le calibre du fruit, la qualité du fruit et de l'huile) et autre paramètres végétatifs (longueur des pousses, teneur en chlorophylle a et b) et d'autre part à la capacité des cultivars à tolérer d'autres types de stress biotiques et abiotiques (ravageurs, maladies, calcaire, etc.).



## Liste des références bibliographiques

- Ashraf M. 2010.** Inducing drought tolerance in plants. Recent advances. *Biotechnol. Adv.*
- Baldoni L., Belaj A. 2009.** *Olive. J.*, 13:397-421.
- Baldy Charles. Le climat de l'Olivier (Olea europaea L.). 1990.** In: *Ecologia mediterranea*, tome 16. pp. 113-121.
- Boucher Ch., Yves D., chaux D et Nestlé S. 2011.** Guide des arbres et arbustes de méditerranée. Paris, 291p
- Boussadia, O., Mariem, F. B., Mechri, B., Boussetta, W., Braham, M., & El Hadj, S. B. 2008.** Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski). *Scientia Horticulturae*, 116(4), 388-393).
- Brhadda N., Abousalim A., Loudiyi D E W., Benali D. 2003.** Effet du milieu de culture sur le microbouturage de l'olivier (*Olea europaea* L. cv. Picholine Marocaine). *BASE*.
- Brito C., Dinis L T., Meijón M., Ferreira H., Pinto G., Moutinho-Pereira J., Correia C. 2018.** Salicylic acid modulates olive tree physiological and growth responses to drought and rewatering events in a dose dependent manner. *J. Plant Physiol*, 230, 21–32.
- Brito C., Dinis L T., Meijón M., Ferreira H., Pinto G., Moutinho-Pereira J., Correia C. 2018.** Salicylic acid modulates olive tree physiological and growth responses to drought and rewatering events in a dose dependent manner. *J. Plant Physiol*, 230, 21–32.
- Brito, C., Dinis, L. T., Moutinho-Pereira, J., Correia, C. M. 2019.** Drought stress effects and olive tree acclimation under a changing climate. *Plants*, 8(7), 232.
- Chaves M M., Costa J M., Ortuno M F. 2007.** Deficit Irrigation as a Strategy to Save
- Chaves M.M., Maroco J.P., Pereira J.S. 2003.** Understanding plant responses to drought -
- Chenafi A. 2017.** Gestion de la contrainte de l'irrigation en goutte à goutte avec le double
- Colebrook E H., Thomas S G., Phillips A L., Hedden, P. The role of gibberellin signalling in plant responses to abiotic stress. 2014.** *J. Exp. Biol*, 217, 67–75.
- dans le Bassin Méditerranéen, Tripoli (Liban). Laboratoire d'Economie de la Production et de l'Intégration Internationale Groupe Energie et Politiques de l'Environnement (EPE) FRE 2664 CNRS-UPM. 8p.

**Davi H. 2015.** Impact des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers de la région méditerranéenne. Innovations Agronomiques, 1-16.

**Demarteau M., Francois L., Cheddadi R., et Roche E. 2007.** Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futures Responses of *Cedrus atlantica* when faced with

**El Maâroufi M. 2015.** Le Maroc souffre du manque d'eau. La vie éco, 3-4-5-6 p

estimated from leaf gas exchange. Plant Physiology N°. 116, pp: 947-957.

**Fabbri A, G., Bartolini M., Lambardi S., Kailis. 2004.** Olive propagation manual .National Library of Australia Cataloguing-in-Publication entry.133pages .page 8-11.

**Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S A. 2009.** Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev, 29, 185–212.

**Farooq, M.; Hussain, M.; Wahid A; Siddique K H M. 2012.** Drought stress in plants: An overview. In Plant Responses to Drought Stress—From Morphological to Molecular Features; Aroca, R., Ed.; Springer: Heidelberg, Germany, pp. 1–33.,

**Fouin J., Sarfati C. 2002.** Le guide des huiles d'olive. Paris : éd. du Rouergue. 335 p.

from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30:239-264.

gaine enterrée sur un verger de pommier de type Gala. Doctorat en sciences en Hydraulique.

**Ghout L., Hadjam K. 2013.** Contribution à l'étude morphologique de quelques variétés d'olivier (*Olea europaea* L.) algériennes. Mémoire de Master en Environnement et Sécurité Alimentaire. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia. 78p.

**Gomez-Rico, A., Salvador, M.D., Moriana, A., Perez, D., Olmedilla, N., Ribas, F., Fregapane, G. 2007.** Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. Olive orchard on virgin olive oil composition and quality. Food Chem. 100, 568–578.

**Hernandez-Santana V.; Rodriguez-Dominguez, C.M.; Fernandez, J.E.; Diaz-Espejo, A. 2016.** Role of leaf hydraulic conductance in the regulation of stomatal conductance in almond and olive in response to water stress. Tree Physiol, 36, 725–735.

Journal Experimental Biology, 2004.

**Kasraoui F. M. 2010.** L'olivier. Le site officiel de l'Ing.Med.F.Kasraoui.p2-5.

**Khaldoun A., Chery J., Monneveux P. 1990.** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeumvulgare* L.). Agronomie.Vol. 10: 369-379.  
leaves fed with abscisic acid by using chlorophyll fluorescence imaging: significance of Ci

**Leroy I. 2011.** L'huile d'olive dans tous ses états. Thèse de Doctorat en Pharmacie : Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille. Université de Lille 2. 141 p.

**Loumou A. et Giourga C. 2002.** Olive groves: the life and the identity of the mediterranean. Agriculture and Human values. (20) : pp87 – 95.

**Loussert R, Brousse G, (1978)** , L'olivier ,technique agricole et production méditerranéen ;ED : Maisonneuve et Larose ; Paris; ISBN : 2.7068.0653.2.

**LOUSSERT R; BROUSSE G** PARIS; MAISONNEUVE ET LAROSE; DA. 1978; PP. (476P.); BIBL. 12 P. 1/2; ISBN 2706806532; (TECH. AGRIC. PROD. MEDITERR

**Machado M., Felizardo C., Fernandes-Silva A A., Nunes F M., Barros A. 2013.** Polyphenolic compounds, antioxidant activity and l-phenylalanine ammonia-lyase activity during ripening of olive cv. “Cobrançosa” under different irrigation regimes. Food. Res. Int., 51, 412–421.

**Machado M., Felizardo C., Fernandes-Silva A A., Nunes F M., Barros A. 2013.** Polyphenolic compounds, antioxidant activity and l-phenylalanine ammonia-lyase activity during ripening of olive cv. “Cobrançosa” under different irrigation regimes. Food. Res. Int., 51, 412–421.

**Meghache M, Henchiri C , Martine L, Berdeaux O, Aouf N , Juaneda P, 2010,** Contribution à l'étude de la fraction insaponifiable de trois huiles d'olive issues des variétés Guasto, Rougette et Blanquette plantés dans l'est algérien ;john Libbey eurotext ; l'essentiel de l'information scientifique et médicale ; OCL VOL . 17 N°5 septembre-octobre 2010 ; 337pp

**Meyer S., Gent B. 1998.** Mapping intercellular CO<sub>2</sub> mole fraction (C<sub>i</sub>) in *Rosa rubiginosa*

**Milliard R .1975.** L'olivier, comité technique de l'olivier aix-en Provence et institut national de vulgarisation pour les fruits, légumes et champignons. Paris, P : 21.

**Moriondo M., Ferrise R., Trombi G., Brilli L., Dibari C., Bindi M. 2015.** Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. Environ. Model. Softw. 72, 387–401.

**Moukhli A.,Haouane H., El Modafar C.,Khadari B. 2013.** Histoire de l'introduction et de la diffusion de l'oléiculture au Maroc. Options Méditerranéennes, page 170 (4).

**Mourida A. 2014.** Contribution à l'étude des maladies cryptogamiques d'olivier dans la région Hannaya-Tlemcen. Mémoire de Master en agronomie. Université de Tlemcen, 87p.

M Agbani, P **Monneveux** - Revue Marocaine des ..., **1994** - agrimaroc.org

**Ogba S., Zoudji F. 2017.** Caractérisation morphologique, culturelle et pathogénique de *Verticillium dahliae* Kleb : agent causal de la verticilliose de l'olivier (*Olea europea* L.). Mémoire de Master en

agronomie, sous la direction de [Mr. MAHIOU Djamal]. Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, p2-3 ,79p.

**Pantin F., Monnet, F.,Jannaud D.,Costa J M.,Renaud J.,Muller B.,Simonneau T.,Genty, B. 2013.**The dual effect of abscisic acid on stomata. *New Phytol.*, 197, 65–72.

past and future climatic changes. *Geo-Eco-Trop*, 31, pp. 105 – 146.

**Patumi M., d’Andria, R., Marsilio V., Fontanazza, G., Morelli, G., Lanzac, B.2002.** Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *Food Chem*, 77, 27–34.

**Rousset N. et Arrus R., 2006.** L’agriculture du Maghreb au défi du changement climatique :quelle strategies d’adaptation face à la raréfaction des ressources hydriques ? Communication à WATMED 3, 3ème conférence internationale sur les Ressources en Eau

**Sanallah M., Rumpel C., Charrier X., Chabbi A. 2012.** How does drought stress influence the decomposition of plant litter with contrasting quality in a grassland ecosystem? *Plant Soil*, 352, 277–288.

**Servili M., Esposito S., Fabiani R., Urbani S., Taticchi A., Mariucci F., Selvaggini R., Montedoro G F. 2009.** Phenolic compounds in olive oil: Antioxidant, health and organoleptic activities according to their chemical structure. *Inflammopharmacology*, 17, 76–84.

**Servili M., Esposito S., Fabiani R., Urbani S., Taticchi A., Mariucci F., Selvaggini R., Montedoro G F. 2009.** Phenolic compounds in olive oil: Antioxidant, health and organoleptic activities according to their chemical structure. *Inflammopharmacology*, 17, 76–84.

**Sikaoui. 2006.** Réflexion sur les densités de plantation de l’olivier. IV salon international de l’olivier « OLEA 2006 » : L’oléiculture : Levier du développement agricole Marrakech, pp : 25-28.

**Tanaka Y. Sano T., Tamaoki M., Nakajima N., Kondo N., Hasezawa S. 2005.** Ethylene inhibits abscisic acid-induced stomatal closure in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 138, 2337–2343.

