

## EFFICIENCE DE L'UTILISATION DE L'EAU : UN OUTIL D'AIDE POUR LE CHOIX VARIÉTAL EN OLIVERAIE INTENSIVE ?

Masmoudi-Charfi C.<sup>1</sup>, Msallem M.<sup>1</sup> et Ben Abdallah S.<sup>3</sup>

1. *Laboratoire d'Amélioration de la Productivité de l'Olivier et Qualité du Produit, Institut de l'Olivier, Station de Tunis Sis INRAT. -Tunisie*

2. *Institut de l'Olivier, Station de Tunis Sis INRAT. -Tunisie*

**Résumé:** Ce travail a été réalisé sur une collection variétale d'oliviers (*Olea europaea L.*) cultivée au Nord de la Tunisie dans l'objectif d'évaluer la capacité de ces variétés à valoriser l'eau et d'en établir une classification sur la base de leurs efficacités de l'utilisation de l'eau pour la croissance des pousses et des fruits ( $EUE_{\text{pousse}}$  et  $EUE_{\text{fr}}$ , mm de croissance /m<sup>3</sup> I+P) et pour la production d'olives (kg/m<sup>3</sup> I+P). Ces dernières ainsi que les productions par arbre ont été suivies pendant 3 campagnes sur 29 variétés, représentées chacune par 3 arbres. Les résultats ont montré des différences importantes au niveau des valeurs de EUE. Pour les fruits, les efficacités ont varié de 0.20 à 6.22 mm/m<sup>3</sup> selon la variété avec des moyennes de 1.0 mm/m<sup>3</sup> en 2010, 4.2 mm/m<sup>3</sup> en 2012 et 3.3 mm/m<sup>3</sup> en 2013. Des efficacités supérieures à 2 mm/m<sup>3</sup> ont été obtenues chez les cultivars Barouni et Madurel et inférieures à 1 mm/m<sup>3</sup> chez 'Koroneiki', 'Arbequina', 'Chemlali' et 'Coratina'. Les efficacités moyennes pour la production d'olives  $EUE_p$  ont atteint 1.49 kg/m<sup>3</sup> en 2010, 2.02 kg/m<sup>3</sup> en 2012 et 3.28 kg/m<sup>3</sup> en 2013, avec des maximales observées chez 'Chemlali' (2.11 kg/m<sup>3</sup> en 2010 et 10.06 kg/m<sup>3</sup> en 2012) et 'Galega' (7.74 kg/m<sup>3</sup>) et des minimales obtenues pour 'Arbequina' en 2010 (0.72 kg/m<sup>3</sup>), 'Manzanille' en 2012 (0.03 kg/m<sup>3</sup>) et 'Sayali' en 2013 (0.59 kg/m<sup>3</sup>). Pour conclure, on peut dire que les variétés valorisent l'eau différemment. Les valeurs de l'EUE présentées pourront être utilisées pour guider l'oléiculteur dans le choix variétal, qui sera fait selon le but escompté. Les valeurs de l' $EUE_{\text{fr}}$  sont utiles pour le choix des variétés d'olives de table alors que celles relatives à la production ( $EUE_p$ ) conviennent pour les vergers à olives à huile. Les valeurs de  $EUE_{\text{pousse}}$  sont convenables pour les parcs à bois et le bouturage herbacé. Une attention particulière devra être attribuée au taux de couverture du sol, qui est une composante essentielle dans la détermination des besoins en eau de la culture et qui se trouve liée à l'EUE.

**Mots clés :** Couverture du sol, retraction du diamètre du fruit, pomologie, productivité, corrélations.

### EFFICIENCY OF WATER USE: A TOOL FOR AID FOR VARIETY CHOICE IN INTENSIVE OLIVERAIE?

**Abstract:** This work was carried out in northern Tunisia on a varietal olive (*Olea europaea L.*) collection, with the aim to evaluate the ability of these varieties to valorize water and to classify them following their water use efficiencies for shoot and fruit growth ( $WUE_{\text{shoot}}$  and  $WUE_{\text{fr}}$ , mm of fruit increase/m<sup>3</sup> I+P) and for olive production (kg/m<sup>3</sup> I+P). Growth parameters as well as the productions per tree were determined during 3 campaigns on 29 olives varieties accounting for 3 trees per cultivar. Results showed important differences between water use efficiencies. Those relative to fruits  $WUE_{\text{fr}}$  ranged between 0.20 and 6.22 mm/m<sup>3</sup> following the cultivar, with averages of 1.0 mm/m<sup>3</sup> in 2010, 4.2 mm/m<sup>3</sup> in 2012 and 3.3 mm/m<sup>3</sup> in 2013. Values of up to 2 mm/m<sup>3</sup> were obtained for cultivars Barouni and Madurel and of less than 1 mm/m<sup>3</sup> were observed for 'Koroneiki', 'Arbequina', 'Chemlali' and 'Coratina'. Average  $WUE_p$  for olive production were equal to 1.49 kg/m<sup>3</sup> in 2010, 2.02 kg/m<sup>3</sup> in 2012 and 3.28 kg/m<sup>3</sup> in 2013, with maximums observed for 'Chemlali' (2.11 kg/m<sup>3</sup> in 2010 and 10.06 kg/m<sup>3</sup> in 2012) and 'Galega' (7.74 kg/m<sup>3</sup>) and the minimums recorded for 'Arbequina' in 2010 (0.72 kg/m<sup>3</sup>), 'Manzanille' in 2012 (0.03 kg/m<sup>3</sup>) and 'Sayali' in 2013 (0.59 kg/m<sup>3</sup>). To conclude, we can say that varieties valorize water differently. Values of WUE for fruit growth and olive production can be used indicatively to guide orchardists to choice the suitable cultivars when planting the olive trees, depending on their objective. Values of  $WUE_{\text{fr}}$  are usefull for table olive orchards, while  $WUE_p$  are more suitable for oil olive plantations. Values of  $WUE_{\text{shoot}}$  are suitable for producing cuttings for nurseries. Particular attention should be given to soil coverage, which is determinant in ETc computation and which was found to be correlated to WUE.

**Keywords:** Soil coverage, fruit diameter shrinkage, pomology, productivity, correlations.

### Introduction

En Tunisie (36.5°N, 10.2°E, 10m) la plupart des plantations à Olivier (*Olea europaea* L.) sont conduites sous le régime pluvial [1]. Elles reçoivent annuellement moins de 350 mm de pluie effective dans le Nord du pays et pas plus de 150 mm au Centre et au Sud. La distribution des pluies varie entre les années et au sein de la même année [2] engendrant une variation importante des rendements avec des valeurs qui vont de 0.7 T/ha à 3T/ha, respectivement pour les zones semi-arides du Centre et arides du Sud tunisiens et pour la culture intensive irriguée dans le Nord. L'efficacité de l'utilisation de l'eau varie de 0.6 à 1.5 kg d'olives/m<sup>3</sup> alors que la production nationale d'olives est très fluctuante, allant de 60000 à 300000 tonnes / an.

Pour atténuer ces fluctuations et assurer une utilisation efficace de l'eau, une stratégie nationale a été mise en place depuis une vingtaine d'années, appelant d'une part à l'irrigation des plantations d'oliviers et d'autre part à une meilleure gestion de la ressource eau, et ce par des irrigations ciblées dans le temps et dans l'espace, au moyen des systèmes d'apports localisés [3], qui permettent une distribution homogène de l'eau autour de la zone racinaire.

Cependant, malgré les efforts déployés, l'irrigation de l'olivier n'est pratiquée aujourd'hui que sur une superficie de 66000 ha, représentant 3% de la surface oléicole, alors que le nombre de plantations équipées de goutte à goutte reste limité. Dans la plupart des cas, l'eau est distribuée en irrigation de surface, engendrant une perte massive évaluée à 30-40% de la quantité fournie [3]. Ce problème n'étant pas spécifique à l'olivier, mais à l'ensemble des cultures irriguées ; seulement 20% des plantations arboricoles sont pourvues de goutte à goutte ; leurs efficacités d'utilisation de l'eau sont inférieures aux normes de la FAO.

En culture semi-intensive, l'irrigation est appliquée durant la saison sèche lorsque des productions élevées sont attendues. Dans de nombreuses régions (Kairouan, Zaghouan...), l'olivier est cultivé au sein d'un système intercalaire et bénéficie de l'eau qui est appliquée aux cultures annuelles, semées en inter-rangs [4]. En culture intensive, l'eau d'irrigation est appliquée de manière plus ou moins régulière avec des quantités et des fréquences variables selon la charge en olives, la disponibilité de l'eau et son coût. La ferti-irrigation n'est pratiquée de manière permanente que dans les oliveraies hyper intensives (1250 arbres/ha et plus)

en vue d'assurer un rendement en huile stable et élevé [5].

En prospectant ces plantations par une équipe pluridisciplinaire de spécialistes tunisiens, chercheurs et ingénieurs dans le cadre des *Commissions Nationales d'Amélioration de la Productivité du Secteur Oléicole (2010-2011)*, il apparût que le paquet technique appliqué n'est pas toujours adapté aux conditions de culture, notamment pour la gestion de l'eau. Souvent, les quantités fournies ne couvrent pas les besoins minima des vergers. Dans d'autres cas, moins nombreux, les apports d'eau sont excessifs par rapport aux besoins de la période en question, notamment dans les plantations hyper-intensives, générant une vigueur excessive des arbres. Les documents techniques et scientifiques publiés durant la dernière décennie par notre équipe [1], [3], [6], [7], [8] et [9], présentent des estimations des besoins en eau de la culture de l'olivier et les quantités à appliquer en fonction de l'aire de culture, de la couverture du sol, de l'âge des arbres et leur stade de développement. Les informations et les recommandations apportées sont présentées de manière simple en vue d'aider les oléiculteurs à mieux gérer leurs parcelles, à produire plus avec moins d'eau [10], ceci est d'autant plus important que

l'olivier répond favorablement et rapidement à l'apport de l'eau même pour des quantités modérées [11], [12] et [13]. Sa consommation reste tributaire d'une multitude de paramètres, parmi lesquels, le climat [14], [15], et [16], les caractéristiques de la plantation [17], [18], [19] et [20], les pratiques horticoles [12], [21] et [22] et le système de conduite [4], [5], [18], [23] et [24] sont les plus influents. Le plus souvent ces facteurs interfèrent [25], [26], [27], [28], [29], [29] et [30] rendant difficile l'analyse de la réponse des arbres [31], [32], [33], [34], [35], [36] et [37].

La réponse de l'olivier à l'eau est rapide mais dépendante de la manière dont l'eau est appliquée [11], [32], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47] et [48]. Au début du processus de fructification, l'eau est profitable à l'initiation florale [30-49-50]. Au printemps, les conditions hydriques favorables augmentent le nombre de fruits noués qui peut être multiplié par 4 ou 5 de part l'effet positif de l'irrigation sur la multiplication cellulaire et la translocation des assimilats vers les sites de production [45], [51], [52] et [53]. L'eau appliquée après la nouaison des fruits et jusqu'à leur véraison affecte la taille finale des olives et la production d'huile [11], [13], [18], [54]

et [55]. Le manque d'eau à ce stade peut compromettre l'initiation florale de l'année qui suit et entraîner d'importantes chutes des fruits en cours de croissance, mais si l'eau est excessive, des réponses différentes sont observées. Certains travaux [46] montrent qu'en année 'moins', l'effet des traitements hydriques appliqués sur diverses variétés cultivées dans la région de Sfax (aride) sous irrigation déficitaire, n'a pas été toujours significatif et favorable à un bon rendement. Les plus faibles efficacités d'utilisation de l'eau ont été obtenues chez les variétés Chétoui, Manzanille, Picholine, Ascolana et Chemlali avec 100%ET<sub>c</sub>.

La réponse à l'eau dépend également du potentiel de la variété à la valoriser et dont le choix est orienté par le système de culture adopté et le but même d'installer la plantation en question. En oliveraie intensive, les variétés Chétoui, Picholine, Meski, Koroneiki et Manzanille sont les plus utilisées. D'autres variétés comme Oueslati et Chemchali ayant de bonnes productivités et qualité de l'huile sont valorisées dans leur aire d'origine (Kairouan / Gafsa) et sont potentiellement aptes à bénéficier de *l'Appellation d'Origine Contrôlée* [56] au vue de leurs performances, en particulier en termes de qualité. Dans les plantations hyper

intensives [5], des variétés à haut potentiel de production sont utilisées, en recherchant toujours celles qui présenteraient une vigueur moindre pour permettre la mécanisation de la récolte et de la taille, une meilleure utilisation de l'eau pour la production d'huile et une rentabilité économique élevée.

L'objectif de cette étude étant de développer *un outil pratique* pour aider l'oléiculteur à mieux associer ses variétés pour une meilleure productivité de la plantation et ce sur la base de leur capacité à valoriser l'eau. L'originalité de ce travail réside dans le fait que ces variétés sont expérimentées sous les mêmes conditions culturales, supportant les mêmes contraintes et recevant les mêmes pratiques horticoles pendant trois campagnes oléicoles.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Conditions expérimentales

L'étude a été réalisée durant la période 2010-2013 sur une panoplie de variétés d'oliviers cultivées dans la région du Cap-Bon (NE Tunisie, 36.5°N, 10.2°E) en intensif (278 pieds/ha) et sous irrigation complémentaire. La zone d'étude est caractérisée par :

- un climat semi-aride avec un index d'aridité-Thorwhite de 0.29 [2],

- une moyenne pluviométrique enregistrée sur 20 ans (Site Web INM) de 468.1 mm avec une grande variabilité inter et intra annuelle (écart-type de 160.4 mm),

- un déficit hydrique important pendant la saison d'été et une évapotranspiration moyenne de référence avoisinant 1400 mm/an.

La collection variétale a été plantée en 2003 dans le cadre du projet RESGEN/IO/COI 2002 en utilisant des boutures semi-ligneuses de variétés locales, introduites et étrangères. Chaque variété est représentée par trois arbres voisins distants de 6m de chaque côté. Les pratiques horticoles ont été maintenues à leur strict minimum avec une taille en gobelet bisannuelle, une fertilisation azotée apportée en début de saison et une irrigation complémentaire répondant à 60% des besoins annuels en eau de la culture.

Les besoins en eau de la plantation ( $ET_c$ , mm) ont été déterminés en utilisant des estimations de la couverture du sol [6] moyennant des mesures du diamètre de la frondaison et en nous référant au Bulletin n°56 de la FAO [57] et [58], sachant que pour une culture couvrant moins de 60% du sol, l'apport d'eau optimal étant de 60-70% $ET_c$ . Les valeurs décadales de l' $ET_c$

ont été déterminées en utilisant la méthode climatique de la FAO /  $ET_c = ET_0 \times K_c \times K_r$ ; où  $ET_0$  est l'évapotranspiration de référence déterminée en utilisant la formule de Penmann-Monteith ( $ET_0$ -PM) (Tableau 1),  $K_c$  le coefficient cultural, pris égal à 0.5 pour des arbres âgés de 8-10 ans [6], [57] et [58] et  $K_r$  un coefficient minoratif relatif à la couverture du sol par la végétation, pris égal à 0.7. Les taux moyens de couverture du sol ont varié de moins de 15% chez les cvs., Franjivento (6.3%), Changloreal (9.7%), Branquita (11.8%), Souri Liban (8.4%), Gemri (7.7%), Azeitera (9.3%) et Besbassi (12.4%) à plus de 30% chez les cultivars Coratina (50.1%), Chemlali (39.5%), Zarzane (37.5%), Madurel (32.7%) et Malarato (46.6%) (Tableau 1). Un accroissement important a été enregistré entre 2010 et 2013 avec un gain moyen de (x2), des maxima observés chez les cvs., Souihli (x9.3), Chemlali (x5.6) et Arbéquina (x6.6) et des minima pour 'Galega' (x0.7) et 'Chétoui' (x0.9). Les valeurs moyennes utilisées pour la détermination de l' $ET_c$  ont été de 16.7%, 21.8% et 24.2% respectivement pour 2010, 2012 et 2013. Les valeurs mensuelles de l' $ET_c$  ont varié de 38.4 mm (Septembre) à 57.4 mm (Juillet), avec un besoin saisonnier de 250 mm, équivalent à une dose de 8.9 m<sup>3</sup>/ arbre.

L'analyse des séries pluviométriques, enregistrées sur 20 ans, a montré que les pluies de Mars et de Septembre-Novembre couvrent respectivement et en moyenne 28% et 39% des besoins en eau de ces périodes, alors que les précipitations de Décembre-Février couvrent 80% des besoins en eau de l'hiver. A l'échelle annuelle, seulement 14% des besoins en

eau de la culture sont couverts par les pluies. Compte tenu de ces faits, l'irrigation a été pratiquée sur une période de 4-5 mois en fonction des conditions qui ont sévi pendant la saison d'été et les réserves du sol. L'irrigation a été pratiquée au moyen d'un système goutte à goutte constitué de deux rampes d'irrigation et des goutteurs de 4 L/h placés à 0.33 m l'un de l'autre.

**Tableau 1.** Paramètres de l'irrigation appliqués à la collection variétale d'olivers à Nabeul durant les 3 années de l'étude.

Paramètre	2010	2012	2013
Irrigation (mm/saison)	159.6	94.3	73.7
Irrigation (m <sup>3</sup> /arbre/saison)	5.7	3.39	3.44
Intervalle entre les irrigations	3-20	4-20	8-21
Période d'irrigation	5/5-20/9	1/6-4/9	15/5-22/8
P+I (mm/an)	360	330.3	291.3
P + I / ET <sub>c</sub> (mm/an)	0.89	0.82	0.72
P <sub>e</sub> +I (mm/saison)	177.1	116.7	88.3
P <sub>e</sub> + I / ET <sub>c</sub> (mm/saison)	0.77	0.66	0.51

En 2010, les apports d'eau ont été faits entre début mai et fin septembre (5/5-20/9) avec des quantités mensuelles variant de 12.8 mm à 52.1 mm et un total de 159.6 mm, représentant 64%ET<sub>c</sub>. En 2012, l'irrigation a été pratiquée entre début juin et début septembre avec un apport total de 94.3 mm et des doses mensuelles variant de 13.2 mm à 31.5 mm. En 2013, la parcelle a été irriguée entre le 15/5 et le 22/8, avec des apports d'eau mensuels

allant de 13.2 mm à 26.8 mm et saisonnier de 73.7 mm. Les quantités appliquées par arbre ont été de 5.7 m<sup>3</sup> en 2010, 3.39 m<sup>3</sup> en 2012 et 3.44 m<sup>3</sup> en 2013. Les quantités d'eau fournies et les fréquences de leur application sont portées au Tableau 1.

Les besoins en eau de la culture ont été satisfaits à plus de 50%ET<sub>c</sub> pendant les trois années de l'étude aussi bien à l'échelle saisonnière qu'annuelle. Les rapports saisonniers de (P<sub>e</sub>+I)/ET<sub>c</sub> ont été

respectivement de 77%, 66% et 51% et les rapports annuels de 89%, 82% et 72%ET<sub>c</sub>. Notons toutefois que la distribution de l'eau a été perturbée par des coupures estivales fréquentes qui ont occasionné un manque, et même l'arrêt de l'irrigation au début des saisons 2010 et 2012 et une abondance de l'eau à l'approche de l'automne.

## 1.2. Suivis et analyse des données

Pour évaluer le comportement fructifère et productif de la collection variétale, la croissance des fruits a été suivie régulièrement au cours des campagnes 2012 et 2013 moyennant des mesures régulières du diamètre équatorial des olives et la caractérisation pomologique des olives et des noyaux la récolte. Les productions sont déterminées par arbre et par variété. Les moyennes et les écarts-types sont calculés pour chaque variété et par année. Les variétés sont classées sur la base de leurs efficacités d'utilisation de l'eau pour la production d'olives ( $EUE_p$ , kg/m<sup>3</sup>), la croissance des pousses ( $EUE_{pousse}$ , mm/m<sup>3</sup>) et des fruits ( $EUE_{fr}$ , mm/m<sup>3</sup>).

Parallèlement à ces mensurations, l'état hydrique du sol a été suivi depuis la floraison jusqu'à la récolte sous la frondaison des arbres et au point d'intersection de 4 oliviers moyennant des

mesures gravimétriques de son humidité volumique (Hv, %). Ces suivis ont permis d'évaluer les états hydriques du sol en rapport avec les différents stades phénologiques.

Pendant la floraison, de faibles teneurs en eau ont été observées à l'aplomb des frondaisons des arbres à cause du manque de précipitations. Durant la nouaison, une augmentation des teneurs en eau a été perçue, mais elle a été insuffisante pour couvrir les besoins de la culture en cette période de l'année. Les périodes de Juin et de Juillet ont été les plus sèches, ce qui a apparemment accéléré le processus de durcissement des endocarpes et explique les taux d'humidités volumiques les plus bas observés aux points d'intersection des oliviers. Les valeurs estivales de [(P+I) – ET<sub>c</sub>] ont oscillé entre -15 mm et -63 mm en 2012 et entre -32.4 mm et -78.2 mm en 2013. L'abondance des pluies en Octobre a permis l'homogénéisation de l'état hydrique du sol, avec cependant, une certaine variabilité en fonction de la profondeur. Les différences entre les horizons sont importantes en période de durcissement des noyaux des olives et sous les frondaisons. Les horizons de surface (20 cm) et profonds de 80 cm et plus ont présenté leurs pics respectivement durant les mois de mars et de juin. Les horizons

intermédiaires ont atteint leurs valeurs maximales entre fin avril et fin juin. Les analyses granulométriques ont montré des différences de texture du sol entre les horizons de surface et les couches profondes, bien plus riches en sable.

### 1.3. Comment étendre l'application de la méthodologie et les résultats de l'étude à d'autres conditions culturales ?

Pour pouvoir étendre l'application de la méthodologie et les résultats de cette étude à des zones moins arrosées ( $P < 250$  mm/an), il est nécessaire d'adapter les doses d'irrigation. L'ajustement se fera donc au niveau des paramètres de calcul de l'ETc spécifiquement au cas étudié. D'autre part compte tenu de la nature des sols en zones arides et sahariennes (oasis), le fractionnement de l'eau est nécessaire.

Dans une première étape, l'ETc est déterminée par la méthode de la FAO en fonction de l'évapotranspiration de référence Penmann-Monteith ( $ET_o$ ) [57] et du coefficient cultural  $K_c$ . Puis les valeurs sont corrigées en tenant compte du pourcentage de couverture du sol par la végétation, telle que :

$$ET_c \text{ (mm)} = ET_o \text{ (mm)} * K_c * K_r$$

L'utilisation du coefficient  $K_r$  est suggérée pour le cas des plantations d'olivier où le taux de couverture du sol est inférieur à 60%. Ce paramètre varie de 1,0

à 0,7 lorsque le % de sol couvert va de 60% à moins de 30%. Pour tenir compte de la hauteur des arbres [57] proposent d'exprimer  $K_c$  tel que indiqué dans l'équation suivante:

$$K_c = K_{c \text{ min}} + (K_{c \text{ full}} - K_{c \text{ min}}) \min(1, 2 f_c, (f_c^{(1/1+h)}))$$

Avec  $K_{c \text{ min}}$  le coefficient cultural minimum (0,2),  $K_{c \text{ full}}$  le coefficient cultural correspondant à une couverture totale du sol (0,65),  $f_c$  est la fraction du sol couverte ou ombragée par la frondaison et  $h$  est la hauteur de l'arbre.

Lorsque la couverture du sol par la masse végétale et le taux d'occupation des racines sont faibles et / ou variables en fonction de l'âge et de la saison en raison de la variation du volume de la canopée (LAI), l'approche de la F.A.O présente des limites. Dans ce cas, les apports d'eau devront être rapportés à la surface du sol couverte par la frondaison  $S_f$  et exploitée par les racines ( $S_{\text{racine}}, m^2$ ) telle que :

$$S_{\text{racine}} (m^2) = 0.85 S_f (m^2) + 3$$

Sur cette même surface est interceptée une quantité de pluie ( $P^*$ ) assimilée à la pluie efficace telle que :

$$P^* (m^3) = P (m) * S_{\text{racine}} (m^2)$$



L'évapotranspiration de la culture et le coefficient cultural ainsi corrigés deviennent :

$$ET^* (m^3) = K_c * ET_o (m) * S_{racine} (m^2)$$

et  $K^* = (P^* + I) / ET^*$

Les besoins en eau d'irrigation peuvent être estimés à partir de ci-dessous :  $I (m^3) = K^* * ET^* - P^*$  avec  $ET^*$  et  $P^*$  l'évapotranspiration de la culture et la pluviométrie efficace rapportées à la surface exploitée par le système racinaire.

Dans le cas de cette expérimentation les ajustements ont concerné la surface de la frondaison et le taux de couverture du sol ainsi que l'utilisation de la pluie efficace. La surface du sol explorée par les racines

est en cours de détermination pour différentes variétés.

## 2. Résultats

### 2.1. Efficience de l'utilisation de l'eau pour la croissance des pousses ( $EUE_{pousse}$ )

Les efficacités d'utilisation de l'eau pour la croissance des pousses d'un an ont évolué en moyenne de 1.16 mm/m<sup>3</sup> en 2010, à 1.95 mm/m<sup>3</sup> en 2012 et 1.92 mm/m<sup>3</sup> en 2013 avec des écarts-types respectifs de 0.75, 1.25 et 1.24 pour les trois années de l'essai. Les efficacités maximales ont été observées chez le cultivar Gemri et sont respectivement de 2.54 mm/m<sup>3</sup>, 4.26 mm/m<sup>3</sup> et 4.2 mm/m<sup>3</sup>. Sur la base de ces valeurs, les variétés ont été classées comme le montre le Tableau 2.

**Tableau 2.** Classification des variétés étudiées sur la base de leur efficacité d'utilisation de l'eau pour la croissance de la pousse d'un an ( $EUE_{pousse}$ , mm/m<sup>3</sup>)

Classe 1	Classe 2	Classe 3
$EUE_{pousse} > 2.0 \text{ mm/m}^3$	$1.0 < EUE_{pousse} < 2.0 \text{ mm/m}^3$	$EUE_{pousse} < 1 \text{ mm/m}^3$
Arbequina, Zarrazi, Galega, Chemlali, Gemri, Malarato, Azeitera, Conserva, Sigoise, Ascolana, Picholine, Marsaline. Besbassi, Rkhami	Changloreal, Branquita Verdal, Koroneik Zarzane, Barouini Chemchali, Chétoui Rkhami, Doukhar	Franjivento, Ayvalik Vera, Dahbia, Madurel, Coratina, Meski, Sayali, Picholine Marocaine, Souihli, Coratina

Les variétés Rkhami, Chétoui, Besbassi, Marsaline, Picholine, Sigoise, Ascolana, Galega, Conserva, Chemlali, Gemri, Malarato, Zarrazi et Arbequina ont présenté des EUE<sub>pousse</sub> supérieures à 2 mm / m<sup>3</sup>. Elles ont un potentiel élevé de production de matière végétale comparativement aux autres variétés. Les cultivars Galega, Chemlali et Malarato ont produit de plus une bonne récolte.

## 2.2. Efficience de l'utilisation de l'eau pour la croissance des fruits (EUE<sub>fr</sub>)

Les valeurs de EUE<sub>fr</sub> (mm/m<sup>3</sup> I+P) enregistrées entre la nouaison des olives et la récolte ont varié considérablement en fonction des variétés, de l'année et du stade de développement de l'olive (Tableau 3).

En 2010, l'EUE<sub>fr</sub> a varié entre 2.34 et 0.20 mm/m<sup>3</sup> I+P pour un apport d'eau saisonnier de 5.7 m<sup>3</sup>/arbre. L'efficience moyenne est de 1.0 mm/m<sup>3</sup> I+P alors que les valeurs maximales sont observées chez les cultivars Barouni (2.34 mm/m<sup>3</sup> I+P) et Madurel (2.2 mm/m<sup>3</sup> I+P) et le minimum

chez Koroneiki. En 2012, l'EUE<sub>fr</sub> a varié entre 6.22 et 2.33 mm/m<sup>3</sup> I+P avec une moyenne de 4.2 mm/m<sup>3</sup> I+P, déterminée pour un apport saisonnier d'eau de 3.41 m<sup>3</sup>/arbre, représentant 60% du montant total appliqué en 2010. En 2013, de faibles valeurs sont enregistrées allant de 4.45 à 1.99 mm/m<sup>3</sup> I+P pour une quantité d'eau appliquée de 3.39 m<sup>3</sup>/arbre.

Les valeurs absolues par variété ont atteint 17.47 mm/m<sup>3</sup> I+P en 2010, 15.08 en 2012 et 11.97 en 2013, respectivement chez les cultivars Branquita, Ascolana et Marsaline. Les valeurs minimales sont de 8.23 mm/m<sup>3</sup> I+P en 2010, 4.81 mm/m<sup>3</sup> I+P en 2012 et 3 mm/m<sup>3</sup> I+P mm/m<sup>3</sup> en 2013 enregistrées chez Chemlali, Koroneiki et Souihli. Sur la base de ces valeurs les variétés étudiées sont classées en 3 groupes comme le montre le Tableau 4. La plupart des variétés de table figurent dans le groupe 2 et à huile dans le groupe 3.

**Tableau 3.** Valeurs de l'EUE<sub>fr</sub> (mm/m<sup>3</sup> I+P) obtenues durant les campagnes 2010, 2012 et 2013 en fonction du stade de development de l'olive.

Stade	1	2	3	EUE <sub>fr</sub> (saison)
2010				
Moyenne	12.1	4.7	0.9	1.0
Ecart-type	2.7	3.9	0.6	0.5
Max	17.47	13.51	2.20	2.34
Min	8.23	<u>-7.66</u>	0.15	0.20
2012				
Moyenne	9.6	3.9	2.2	4.2
Ecart-type	2.8	1.9	0.7	1.0
Max	15.08	9.06	3.86	6.22
Min	4.81	0.00	0.73	2.33
2013				
Moyenne	6.9	3.4	2.0	3.3
Ecart-type	1.8	1.6	0.7	0.7
Max	11.97	7.30	3.45	4.45
Min	3.00	1.03	0.06	1.99

**Tableau 4.** Classification des variétés sur la base de leurs efficacités d'utilisation de l'eau pour la croissance des fruits (EUE<sub>fr</sub>, mm/m<sup>3</sup>)

Classe 1	Classe 2	Classe 3
EUE <sub>fr</sub> > 2.0 mm/m <sup>3</sup>	1.0 < EUE <sub>fr</sub> < 2.0 mm/m <sup>3</sup>	EUE <sub>fr</sub> < 1 mm/m <sup>3</sup>
Barouni, Madurel	Franjivento, Vera, Verdal, Zarrazi, Conserva, Galega, Sigoise, Ascolana, Manzanille, Picholine, Marsaline, Picholine Marocaine,	Rkhami, Souihli, Doukhar, Sayali, Coratina, Chemlali, Gemri Zarzane, Azeitera, Malarato, Branquita, Koroneiki, Arbequina, Changloreal,

L'analyse des valeurs de  $EUE_{fr}$  en rapport avec le stade de développement de l'olive a montré que les valeurs obtenues au cours du stade 2 sont plus faibles que celles observées durant le stade 1 de croissance des olives, et varient de 13.51  $mm/m^3$  I+P (Picholine Marocaine) à -7.66  $mm/m^3$  I+P (Sayali) en 2010, de 9.06  $mm/m^3$  I+P (Zarrazi) à 0 (Franjivento) en 2012 et de 7.3  $mm/m^3$  I+P (Branquita) à 1.03  $mm/m^3$  I+P en 2013 (Koroneiki). Les valeurs moyennes obtenues au cours du stade 1 ont atteint 12.1 en 2010, 9.6 en 2012 et 6.9  $mm/m^3$  I+P en 2013, pour un apport d'eau saisonnier de 5.7  $m^3$ /arbre en 2010, 3.41  $m^3$ /arbre en 2012 et 3.39  $m^3$ /arbre en 2013. Au cours du stade 2, les valeurs moyennes ont été de 4.7 en 2010, 3.9 en 2012 et 3.4  $mm/m^3$  I+P en 2013. Les  $EUE_{fr}$  minimales ont été enregistrées au cours du stade 3 avec des moyennes de 0.9  $mm/m^3$  I+P en 2010, 2.2  $mm/m^3$  I+P en 2012 et 2.0  $mm/m^3$  I+P en 2013. Les valeurs maximales de 2.20, 3.86 et 3.45  $mm/m^3$  I+P, enregistrées en 2010, 2012 et 2013, ont été respectivement observées chez les cultivars Barouni, Koroneiki et Sayali.

### **2.3. Production, efficacité de l'utilisation de l'eau ( $EUE_p$ ) et indice de productivité (IP)**

**Production d'olives :** La production d'olives a varié en fonction de l'année, des

arbres et de la variété sous l'effet de l'alternance de la production. En 2010, seules les variétés Chemlali, Chétoui, Arbéquina, Koroneiki Galega et Malarato ont produit des olives, qui ont été récoltées sur 20% des arbres, avec des productions allant de 4.1 à 12 kg/arbre. En 2012, 67% des arbres ont été productifs avec un maximum de 34.3 kg/arbre et un minimum de 10 kg/arbre, enregistrés respectivement chez les cultivars Chemlali et Koroneiki. En 2013, 73% des arbres ont produit des fruits avec des valeurs moyennes par variété allant de 2.0 kg/arbre (Sayali) à 26.25 kg/arbre (Calega). La production et le rendement moyens enregistrés au cours des 3 années de l'étude ont été respectivement de 4.8 kg/arbre et de 1338.7 kg/ha avec des minima par arbre observés chez les variétés Barouni (0-1.17-0 kg), Doukhar (0-2.7-7.25 kg), Branquita (0-1.3-4.5 kg), Changloreal (0-1-0 kg), Sigoise (0-0.3-11.5 kg), Conserva (0-1.2-0 kg), Dahbia (0-0.3-13 kg), Manzanille (0-0.1-0 kg), et Rkhami (0-1.4-11 kg). Le rendement moyen a évolué de 473 kg/ha en 2010 à 1275 kg/ha en 2012 et 2269 kg/ha en 2013. Les différences maximales entre les années ont été observées chez les cultivars Chemlali, Malarato et Galega. Le rendement maximal a été observé pour le cultivar Galega (4638 kg/ha) et minimal pour Manzanille (9.3 kg/ha).

**Efficienc e de l'utilisation de l'eau pour la production d'olives (EUE<sub>p</sub>):** Les résultats montrent une augmentation de l'efficienc e d'utilisation de l'eau pour la production d'olives (EUE<sub>p</sub>) de 1.49 kg/m<sup>3</sup> en 2010, à 2.02 kg/m<sup>3</sup> en 2012 et 3.28 kg/m<sup>3</sup> en 2013, pour un apport saisonnier de 5.7 m<sup>3</sup>/arbre en 2010, 3.44 m<sup>3</sup>/arbre en 2012 et 3.39 m<sup>3</sup>/arbre en 2013. Les valeurs maximales de l'EUE<sub>p</sub> ont été observées chez les cultivars Chemlali en 2010 (2.11 kg/m<sup>3</sup>) et en 2012 (10.06 kg/m<sup>3</sup>) et Galega en 2013 (7.74 kg/m<sup>3</sup>), et les plus faibles chez Arbéquina en 2010 (0.72 kg/m<sup>3</sup>),

Manzanille en 2012 (0.03 kg/m<sup>3</sup>) et Sayali en 2013 (0.59 kg/m<sup>3</sup>). Pour l'ensemble de la plantation, l'EUE<sub>p</sub> a été de 2.35 kg/m<sup>3</sup> avec un maximum de 4.56 kg/m<sup>3</sup> pour Galega et un minimum de 0.01 kg/m<sup>3</sup> pour Manzanille. Les cultivars Verdale, Picholine Marocaine et Marsaline sont classées dans le groupe 2 avec des EUE<sub>p</sub> allant de 1 à 2 kg/m<sup>3</sup>. La variété Branquita est classée dans le groupe 3 avec EUE<sub>p</sub><1 aussi bien pour la production d'olives que la croissance des fruits. La classification des variétés en rapport avec EUE<sub>p</sub> est portée au Tableau 5.

**Tableau 5.** Classification des variétés sur la base de l'EUE<sub>p</sub> (kg/m<sup>3</sup>).

Classe 1	Classe 2	Classe 3
EUE <sub>p</sub> > 3.0 kg/m <sup>3</sup>	1.0 < EUE <sub>p</sub> < 2.0 kg/m <sup>3</sup>	EUE <sub>p</sub> < 1 kg/m <sup>3</sup>
Galega, Chemlali, Malarato	Picholine, Souihli, Chemchali, Verdal, Beldi, Chétoui, Arbéquina, Marsaline, Leccino, Zarzane, Sigoise, Picholine Marocaine, Koroneiki, Rkhami, Madurel, Dahbia,	Barouni, Coratina, Sayali, Vera, Doukhar, Branquita, Changloreal, Conserva, Manzanille, Azeitera,

**Indice de productivité (IP):** Il a varié de 0 à 0.87 (kg/m<sup>3</sup> canopée) avec des valeurs élevées observées chez les variétés Galega, (0.87 kg/m<sup>3</sup>), Marsaline (0.73 kg/m<sup>3</sup>), Koroneiki et Leccino (0.60 kg/m<sup>3</sup>) et Azeitera et Chétoui (0.57 kg/m<sup>3</sup>) et une grande variabilité entre les variétés et au sein de la même variété. Les variétés Verdale (0.38 kg/m<sup>3</sup>), Arbéquina (0.50

kg/m<sup>3</sup>), Branquita (0.3 kg/m<sup>3</sup>) Dahbia (0.51kg/m<sup>3</sup>), Sigoise (0.34kg/m<sup>3</sup>), Picholine, Chemlali (0.54 kg/m<sup>3</sup>) viennent en second rang avec des valeurs comprises entre 0.3 kg/m<sup>3</sup> et 0.5 kg/m<sup>3</sup> ce qui veut dire qu'1 m<sup>3</sup> de matière végétale produit entre 300 et 500 g de fruits seulement. Le volume des frondaisons a atteint en moyenne 14 m<sup>3</sup>/arbre avec un maximum

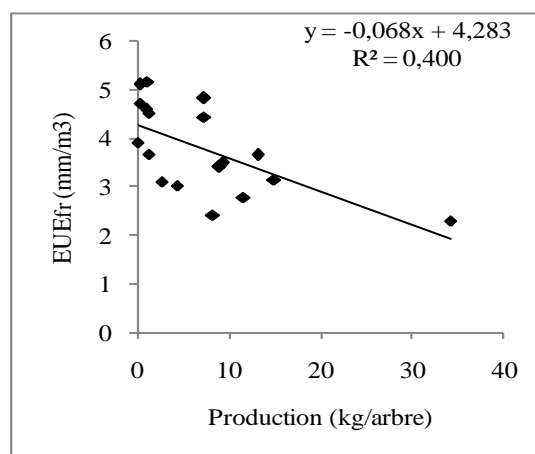
de 48.9 m<sup>3</sup>/arbre enregistré chez la variété Coratina et un minimum de 3.3m<sup>3</sup>/arbre observé chez 'Franjivento'. L'écart-type moyen représente 77% du volume moyen des arbres.

#### 2.4. Paramètres influençant l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE)

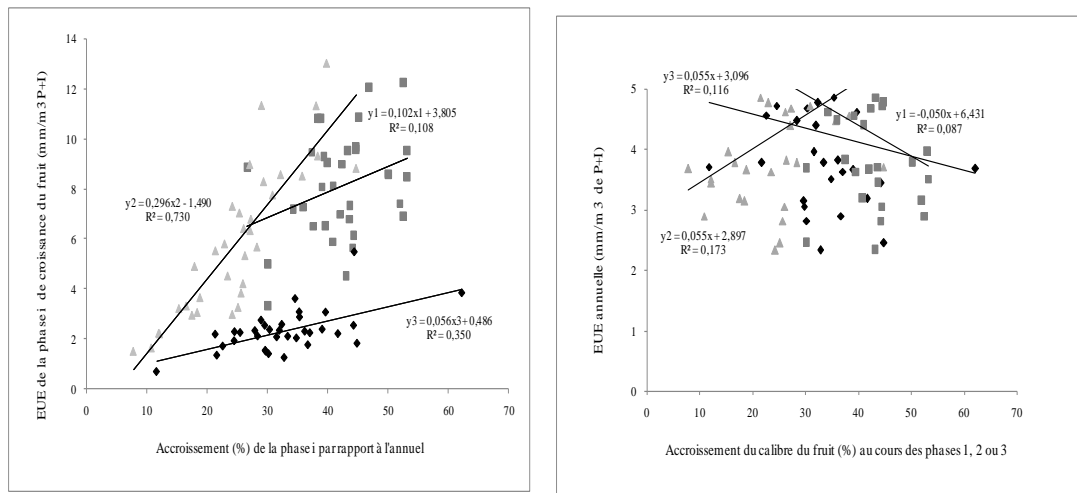
L'efficacité de l'utilisation de l'eau dépend de plusieurs paramètres dont essentiellement la charge en fruits (production), le stade de développement de l'olive et la vigueur de l'arbre.

La relation établie entre la production et l'efficacité d'utilisation de l'eau par le fruit EUE<sub>fr</sub> est négative avec  $r = 0.63$  (Fig.2). Plus le niveau de production est important moins efficace est l'utilisation de l'eau pour la croissance de l'olive. Ceci traduit bien la compétition pour l'eau entre la production et les organes puits.

L'EUE<sub>fr</sub> est aussi liée au niveau de l'accroissement en diamètre des olives enregistré au cours des différents stades de son développement. Lorsque le taux d'accroissement en diamètre dépasse 30% durant les stades 1 et 2, l'eau est efficacement utilisée par les fruits (EUE<sub>fr</sub>) avec des coefficients  $r$  respectifs de 0.93 et 0.73(Fig.3). Cependant les valeurs élevées de EUE<sub>fr</sub> obtenues au cours des stades 2 et 3 de développement des olives, n'impliquent pas nécessairement une valeur annuelle importante. La relation établie entre le gain annuel en diamètre et l'EUE<sub>fr</sub> a produit des coefficients allant de 0.05 à 0.33 en fonction du stade de développement du fruit. Ceci montre que d'autres facteurs contrôlent cette relation.



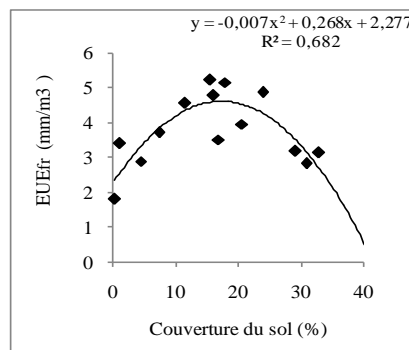
**Fig.2.** Relation entre le niveau de production d'olives et leur efficacité d'utilisation de l'eau pour la croissance des fruits (EUE<sub>fr</sub>).



**Fig.3.** Relations entre l'accroissement du diamètre des olives (%) et l'EUE<sub>fr</sub> (mm/m<sup>3</sup> I+P) en fonction du stade de développement.

L'EUE<sub>fr</sub> est négativement corrélée au taux de couverture du sol. Plus l'olivier est vigoureux (taux de couverture du sol >15-18%), moins efficace est l'utilisation de

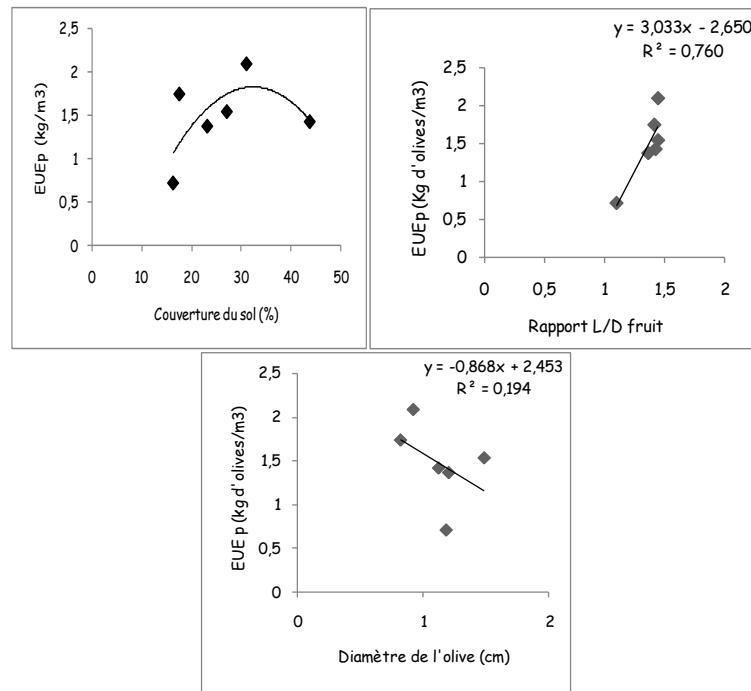
l'eau pour la croissance des olives (Fig.4). Ceci traduit bien la compétition pour l'eau entre les organes puits et la production de masse végétative.



**Fig.4.** Relation entre l'EUE<sub>fr</sub> (mm/m<sup>3</sup> I+P) et la couverture du sol (%)

La couverture du sol est également corrélée à L'EUE<sub>p</sub> (Fig. 5). L'efficacité maximale est observée pour un taux de couverture optimal de 30%. EUE<sub>p</sub> est par

ailleurs liée positivement à la forme des fruits exprimée par le rapport L/D mais négativement à son diamètre équatorial D.



**Fig.5.** Relation entre l'EUE<sub>p</sub>, (kg /m<sup>3</sup> I+P), la couverture du sol (%) et le diamètre des fruits.

Cependant, bien que les paramètres de production soient liés entre eux par des relations significatives, une grande variabilité est observée, liée à la charge de l'arbre en olives et à sa vigueur. L'efficacité des fruits à utiliser l'eau disponible (EUE<sub>fr</sub>) a diminué lorsque le niveau de production a augmenté, stipulant que plus l'arbre est vigoureux, moins bien l'eau est utilisée au profit des fruits. Par ailleurs, la classification des variétés sur la base de l'EUE<sub>p</sub> a montré que les cultivars Galega, Chemlali, Malarato, se trouvent en tête de liste avec des EUE<sub>p</sub> supérieures à 3 kg/m<sup>3</sup> P+I, alors que les valeurs minimales

sont enregistrées pour Manzanille, Coratina, Azeitera et Conserva. Les cultivars Verdal, Picholine Marocaine et Marsaline ont des EUE comprises entre 2 et 3 aussi bien pour la production d'olives (kg/m<sup>3</sup> P+I) que pour leur croissance (mm/m<sup>3</sup> P+I).

### 2.5. Détermination des besoins en eau en rapport avec la surface du sol couverte

L'ajustement des valeurs de l'ET<sub>c</sub> à la surface du sol couverte par la frondaison et l'utilisation de la pluie efficace pour déterminer les besoins en eau d'irrigation a montré que les valeurs de K<sub>c</sub> utilisées se rapprochent de celles de la FAO, montrant



la limite de cette méthode dans le cas des vergers à faible taux de couverture du sol. D'où le besoin de déterminer la surface explorée par les racines pour chaque variété.

### 3. Discussion

Ce travail a été mené de manière concomitante avec les investigations entreprises autour de la Méditerranée sur la capacité des variétés d'oliviers à valoriser les conditions de culture et particulièrement l'eau. Des réponses différentes des cultivars sont observées en rapport avec le potentiel variétal.

Sous des conditions de culture similaires et avec des quantités d'eau appliquées par arbre de 5.7 m<sup>3</sup> en 2010, 3.39 m<sup>3</sup> en 2012 et 3.44 m<sup>3</sup> en 2013 durant la saison d'irrigation (nouaison - maturité), le rapport  $(P_e + I) / ET_c$  a été de 77% en 2010, 66% en 2012 et 51% en 2013. Ces proportions ont permis d'avoir chez la majorité des variétés une bonne croissance des fruits et des rendements correctes. Des valeurs élevées ont été observées chez les cultivars Galega, Malarato, Chemlali et Koroneiki, pour lesquelles ces quantités peuvent être considérées comme optimales. Des valeurs similaires ont été rapportées [55], avec des productions élevées pour des apports d'eau couvrant 71-89%  $ET_c$ . De même, il a été noté [23] qu'une restitution

de 66%  $ET_c$  était suffisante pour obtenir de bons rendements à condition que l'eau soit appliquée au bon moment. D'autres auteurs [32] ont observé que le cultivar Leccino a produit correctement en Italie avec 33%  $ET_c$ , cependant, le cultivar Frontoio a nécessité plus d'eau pour améliorer significativement ses rendements. Il a été également noté [40] que le maintien d'un stress hydrique modéré permet de contrôler la végétation excessive et une meilleure répartition des carbohydrates entre les structures de reproduction. A l'opposé, des cultivars comme Manzanilla (0.03 kg/arbre) et Conserva (0.40 kg/arbre) ont eu de très faibles rendements. Ces variétés sont vigoureuses (taux de couverture du sol de 20%) par rapport aux autres. La quantité d'eau allouée à ces cultivars n'est pas adéquate et pourrait même être excessive, ayant stimulé davantage la production de matière fraîche. Ce résultat est appuyé par d'autres [13] et [18] qui indiquent que des quantités importantes d'eau peuvent avoir un effet controversé (négatif) sur la production, menant à de faibles rendements, mais ce résultat ne peut être généralisé. Les études menées au Sud de la Tunisie quelques années auparavant ont montré que les productions bisannuelles maximales ont été produites par les variétés Picholine (12.0 kg/arbre) et

Coratina (18 kg/arbre) à 100%ET<sub>c</sub>, par Manzanille (33.3 kg/arbre) et Chétoui (27 kg/arbre) à 20%ET<sub>c</sub> et par Chemlali à 50%ET<sub>c</sub> (26.4 kg/arbre). Pour cette dernière, le niveau de production a baissé lorsque les apports annuels I+P ont dépassé un apport de 400 mm/saison [10]. L'augmentation des apports hydriques a eu dans ce cas un effet inverse sur le niveau de production et n'a pas amélioré la capacité des cultivars à son utilisation.

Les valeurs de l'ET<sub>c</sub> a été déterminée en fonction du taux moyen de couverture du sol, égal à 16.7% en 2010, à 21.8% en 2012 et 24.2% en 2013 avec, cependant, des écarts importants entre les années, les variétés et les arbres. Les taux par variété ont varié de plus de 30% chez les cultivars Coratina (50.1%), Chemlali (39.5%), Zarzane (.5%), Madurel (32.7%) et Malarato (46.6%) à moins de 15% pour les cultivars Besbassi (12.4%), Branquita (11.8%), Changloreal (9.7%), Azeitera (9.3%), Souri Liban (8.4%), Gemri (7.7%) et Franjivento (6.3%). L'intégration de cette variabilité dans l'estimation de l'ET<sub>c</sub> imposerait normalement une conduite différente de l'irrigation, en matière de doses. Malheureusement l'installation du système d'irrigation a été conçue d'une manière qui ne permet pas l'application de doses spécifiques de l'eau répondant aux

besoins de la variété en rapport avec son taux de couverture du sol, même si l'augmentation de la couverture du sol n'implique pas nécessairement une augmentation de la transpiration des arbres, cas des cultures hyper-intensives [5], [11], [40] et [52]. Cette dernière dépendrait en premier de l'importance de la demande climatique, de la quantité d'eau disponible aux racines et de l'anatomie du système de vascularisation (xylème) [3]. Des mesures simultanées de la couverture du sol et de la consommation en eau des arbres, pris à titre individuel [4], pourraient conduire à des informations plus précises en ce qui concerne la relation qui lierait les besoins réels en eau des variétés et leur taux couverture du sol, qui se trouve par ailleurs corrélé à l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE).

La capacité des variétés à valoriser l'eau est observée à travers la détermination des efficacités d'utilisation de l'eau pour la croissance des fruits et la production d'olives. Les résultats ont montré que l'accroissement maximal en diamètre est généralement observé au cours de la première phase de développement des olives, c.-à-d. juste après la nouaison, produisant à ce stade les EUE<sub>fr</sub> les plus élevées avec un maximum de 12.1 mm/m<sup>3</sup> en 2010, 9.6 mm/m<sup>3</sup> en 2012 et 6.9 mm/m<sup>3</sup>

en 2013. Les valeurs minimales de  $0.9 \text{ mm/m}^3$  en 2010,  $2.2 \text{ mm/m}^3$  en 2012 et  $2.0 \text{ mm/m}^3$  en 2013 ont été observées au cours du stade 3 de développement des olives. A l'échelle de l'année, les  $EUE_{fr}$  ont varié de  $1 \text{ mm/m}^3$  en 2010 à  $4.2 \text{ mm/m}^3$  en 2012, à  $3.3 \text{ mm/m}^3$  en 2013. Ces valeurs permettent de classer la majorité des variétés de table dans le groupe 2 avec des  $EUE_{fr}$  comprises entre  $1.0$  et  $2.0 \text{ mm/m}^3$  alors que la majorité des variétés à huile sont classées dans le groupe 3 avec des  $EUE_{fr}$  inférieures à  $1 \text{ mm/m}^3$ . Les cvs., Barouni et Madurel ont produit des  $EUE_{fr}$  supérieures à  $2.0 \text{ mm/m}^3$  et sont donc classées dans le groupe 1. Au niveau des productions, et pour des apports d'eau régressifs allant de  $5.7 \text{ m}^3/\text{arbre}$  en 2010 à  $3.44 \text{ m}^3/\text{arbre}$  en 2012 et  $3.39 \text{ m}^3/\text{arbre}$  en 2013, l'efficacité moyenne d'utilisation de l'eau  $EUE_p$  a augmenté substantiellement de  $1.49 \text{ kg/m}^3$  en 2010 à  $2.02 \text{ kg/m}^3$  en 2012 et  $3.28 \text{ kg/m}^3$  en 2013, avec cependant, d'importantes différences entre les variétés. Les efficacités maximales  $EUE_p$  ont été enregistrées pour les cultivars Chemlali en 2010 ( $2.11 \text{ kg/m}^3$ ) et 2012 ( $10.06 \text{ kg/m}^3$ ) et Calega en 2013 ( $7.74 \text{ kg/m}^3$ ), alors que les plus faibles sont celles des cultivars Arbéquina en 2010 ( $0.72 \text{ kg/m}^3$ ), Manzanille en 2012 ( $0.03 \text{ kg/m}^3$ ) et Sayali en 2013 ( $0.59 \text{ kg/m}^3$ ). L'efficacité moyenne du verger a été de

$2.35 \text{ kg/m}^3$  avec un maximum moyen par variété de  $4.56 \text{ kg/m}^3$  (Calega) et un minimum moyen de  $0.01 \text{ kg/m}^3$  (Manzanille). Comparées aux valeurs observées actuellement dans les vergers oléicoles adultes du Nord de la Tunisie, ces efficacités sont considérées comme élevées et dépasseraient les normes Méditerranéennes [58]. Les valeurs obtenues pour cette collection avoisinent celles observées en 2009 et en 2010 au sud de la Tunisie ( $P=200 \text{ mm}$ ) pour les cultivars Manzanille Chétoui, Picholine et Coratina cultivées à  $200 \text{ pieds/ha}$  sous irrigation goutte à goutte et recevant  $20\%ET_c$  ( $120 \text{ mm}$ ). Les  $EUE_p$  ont varié de  $1.6$  à  $3.9 \text{ kg/m}^3$ . Pour le cultivar Chemlali de Sfax, l' $EUE_p$  maximale a été de  $1.2 \text{ kg/m}^3$ , produite à  $50\% ET_c$  ( $250\text{mm}$ ) [24] et [34]. Les efficacités minimales pour la production d'olives ont été obtenues à  $100\%ET_c$ .

Mais l'efficacité d'utilisation de l'eau ne constitue pas le seul paramètre d'évaluation utilisé. La variation du diamètre des fruits au cours des différents stades de leur développement a fournis des résultats intéressants, montrant que certains cultivars ont pu présenter une grande plasticité au niveau de la croissance des fruits face au manque d'eau, particulièrement la variété Picholine, qui a

eu des accroissements importants durant le stade 2, alors que d'autres variétés ont vu leurs diamètres se rétracter sous les mêmes conditions de culture. Ceci a affecté particulièrement les cvs., Koroneiki (-1.4%), Branquita (-7.7%), Sayali (-20.7%), Lucques (-22.1%), Dhahbia (-3%) et Chemlali (-8%) au cours de la période allant de fin mai à la fin du mois de juin et qui n'ont pas eu toutes des charges élevées en fruits. Durant cette période, d'importants processus physiologiques ont lieu comme la nouaison, la division des cellules et le durcissement des noyaux des olives et le développement des embryons. Ce rétrécissement affecterait le calibre final des olives étant donné que la restitution n'est pas toujours possible même lorsque l'eau devient plus abondante [30], [38], [39], [42] et [46]. Cela dépendrait de la variété et de son efficacité à valoriser l'eau ainsi que de son système de conduction; certaines peuvent restituer le manque à gagner mais de manière partielle, alors que d'autres n'assurent pas la restitution. Certains travaux [51] et [52] ont rapportés des réductions significatives de la taille des olives et même de leur nombre face à un manque d'eau en raison de la réduction de la translocation des assimilats. Selon Lavee et *al.*, (1990) [58], l'eau contrôle le transfert des carbohydrates aux différents organes de

l'arbre, assurant l'élargissement des fruits et le développement des pousses, qui dépend lui-même de la charge en olives. En effet, de nombreuses études [13], [23], [32], [33], [35], [36], [38], [39], [50], [58] et [59] ont rapporté que l'élargissement diamétral des olives ou la rétraction de leurs diamètres ne dépendent pas seulement de la disponibilité de l'eau mais également de la charge en fruits et leur proximité des sites de production des carbohydrates et du rapport auxine/gibbéréline [53]. Ces auteurs attribuent les différences entre les variétés à l'effet de compétition entre les organes de la plante. Ceci veut dire, qu'après la nouaison, les olives deviennent le principal puits et attirent les substances proches ainsi que celles se trouvant à des sites plus lointains [52], augmentant ainsi la compétition entre les fruits en développement et les pousses, qui sont par ailleurs en compétition avec les racines et les bourgeons en cours de formation [40]. Les fruits deviennent alors les premiers responsables de la répartition des assimilats [53]. C'est pourquoi une année de forte charge est généralement suivie par des rendements moins élevés même sous des conditions de culture optimales. Plusieurs auteurs [21], [38], [49], [51] et [59] appuient l'hypothèse que la charge en fruits interfère avec la rythmicité de la

croissance primaire (élongation des pousses). Cependant, ce comportement ne peut être généralisé pour toutes les variétés étant donné que le phénomène de l'alternance de la production est contrôlé génétiquement. Certaines variétés présentent une alternance stricte comme le cultivar Chemlali de Sfax, alors que d'autres à l'instar de la variété Picholine peuvent produire convenablement chaque année (en Tunisie). Ces variétés peuvent se comporter différemment lorsqu'elles sont cultivées ailleurs.

Ces réponses dépendent en fait de l'interférence d'une multitude de facteurs comme il l'a été cité précédemment, en particulier Sibbet (2002) [41] attribut cette variabilité au moment d'application de l'eau et à celui de la récolte, avec une implication du statut hormonal et de l'adaptation de la variété dans une aire déterminée. Le cultivar Chemlali a montré depuis des siècles une grande adaptation aux conditions locales; il végète et produit convenablement même avec des quantités limitées d'eau en développant des racines profondes et en diminuant son potentiel hydrique foliaire à des valeurs très basses de l'ordre de -4.5 KPa. D'autres facteurs, non physiologiques comme les pratiques culturales, l'homogénéité de la distribution de l'eau [3], [40], [43], [48] et [58] doivent

être considérés; afin de pouvoir mieux expliquer la réponse des variétés et surtout celles inattendues.

### Conclusion

Le choix des variétés d'olivier est primordial, en particulier lorsqu'il s'agit de culture intensive et en verger multi-variétaux. Il y a donc nécessité de mieux étudier l'impact des apports hydriques dans ce genre de vergers au vue de la diversité des combinaisons (région, cultivar) et particulièrement pour les zones semi-arides et arides de la Tunisie. Une attention particulière doit être attribuée aux variétés plus 'sensibles' comme Dahbia, Lucques et Koroneiki qui ont montré une rétraction du diamètre de leurs fruits lorsque l'eau est devenue peu disponible. Les efficacités moyennes de l'utilisation de l'eau, déterminées sur plusieurs années d'observations peuvent être adoptées pour le choix des variétés en fonction de l'objectif escompté. Pour les plantations à oliviers de table, l'EUE<sub>fr</sub> serait un bon indicateur de la croissance des olives et leur calibre alors que l'EUE<sub>p</sub> est plutôt convenable pour le choix des variétés en oliveraie à huile. Les valeurs de EUE<sub>pousse</sub> sont quant à elles utiles pour le choix des variétés à multiplier. D'autre part, au vu de l'importance de la couverture du sol, qui est contrôlable par la taille et qui varie

significativement entre les variétés, ce paramètre doit être retenu comme essentiel lors de l'estimation des quantités d'eau à appliquer en verger oléicole multi-variétal et même lors de l'installation du système d'irrigation.

### Références bibliographiques

- [1] **D.G.P.A.** - Indicateurs macro-économiques et agricoles. Direction générale de la Production Agricole ; 2006 ; E108. Doc. 4.
- [2] **Masmoudi Charfi C., Habaieb H.** : Rainfall Distribution Functions for Irrigation Scheduling: Calculation Procedures Following Site of Olive (*Olea europaea* L.) Cultivation and Growth Periods. *American Journal of Plant Sciences*; 5: 2094-2133. Published Online June 2014 in SciRes.
- [3] **Masmoudi-Charfi C., Gargouri K., Habaieb H., Daghari H., Abid-Karray J., Rhouma A.** : *Manuel l'irrigation de l'Olivier. Techniques et Applications.* 2012 Ed. Institut de l'Olivier. 110 pages.
- [4] **Abid-Karray J.** : *Bilan hydrique d'un système de cultures intercalaires (Olivier – Culture maraîchère) en Tunisie Centrale : Approche expérimentale et essai de modélisation* ; 2006 ; Thèse de Doctorat. Université de Montpellier II. 172 p.
- [5] **Larbi A., Ayadi M., Ben Dhiab A., Msallem M.** : Comparative Study of Tunisian and Foreign Olive Cultivars Sustainability for High Density Planting System. Olivebioteq, Sfax-Tunisia, *Book of Abstract*; 2009 ; 177-181.
- [6] **Masmoudi Charfi C., Masmoudi M.M., Ben Mechlia N.** : Irrigation de l'Olivier: Cas des jeunes plantations intensives. *Revue Ezzaitouna* ; 2004 ; 10 (1-2) : 37-51.
- [7] **Habaieb H., Masmoudi-Charfi C.** : Calcul des besoins en eau des principales cultures exploitées au Nord de la Tunisie : Estimation de l'évapotranspiration de référence par différentes formules empiriques. Estimation des besoins en eau des principales cultures exploitées en Tunisie. Cas des régions de Tunis, Béja et Bizerte. *Sécheresse* ; 2003 ; 14 (4) : 1-9.
- [8] **Masmoudi Charfi C.** - *Gestion de l'irrigation dans les plantations d'olivier.* Série Document Technique, N°3. Ed. Institut de l'Olivier ; 2006 ; pp. 13.
- [9] **Masmoudi Charfi C., Msallem M., Say M.B.** : *Plantations irriguées d'olivier.* Série Document Technique, N°2. Ed. Institut de l'Olivier. 2006 pp. 7.
- [10] **Hamza M.** : La politique de l'eau en Tunisie. Conférence régionale sur la gouvernance de l'eau. Echange

d'expérience entre l'OCDE et les pays arabes. CITET. Direction Générale des Ressources en Eau. Tunisie, 8-9 Juillet 2009.

[11] **Connor D.J., Fereres E.** - The Physiology of Adaptation and yield Expression in Olive. *Horticultural Review*; 2005 ; (31) : 155-229.

[12] **Fernandez J.E.** : Irrigation Management in Olive. Olivebioteq. *Book of Abstracts*; 2006 ; 295- 305.

[13] **Iniesta F., Testi L., Orgaz F., Villalobos F.J.** : The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *Eur. J. Agron* ; 2009 ; (25): 258-265.

[14] **Denny J.O., McEachern G.R.** : An analysis of several climatic temperature variables dealing with olive production, *J. Amer. Soc. Hort. Sci* ; 1983 ; (108) : 578-581.

[15] **Bongi G., Palliotti A.** : *Olive: Handbook of environmental physiology of fruit crops. Temperature Crops*. Vol. I. Ed. Schaffe B., and Andersen P.C. Eds. CRC Press Inc., Boca Raton Florida USA. 1994 Pp. 165-187.

[16] **Ben Ahmed C., Ben Rouina B., Boukhris M.M.** :Effects of water deficit on olive trees cv., Chemlali under field

conditions in arid region in Tunisia. *Sci. Horti*; 2007; (113): 267-277.

[17] **Aïachi Mezghani M., Sahli A., Grati N., Ben Amar F., Ben Ali S., Ben Amor R., Labidi F., Ouled Amor A.** : Olive trees characteristics (*Olea europaea* L.) cultivated under intensive conditions in Tunisia (Sfax site). In: For a renovate, profitable and competitive Mediterranean olive growing sector. *Olivebioteq*, Sfax, Tunisia, 15-19, *Book of proceedings* ; 2009 , 443-447.

[18] **Palease A.M., Nuzzo V., Favati F., Pietrafesa A., Celano, G., Xiloyannis, C.** : Effects of water deficit on the vegetative response, yield and oil quality of olive trees (*Olea europaea* L., cv., Coratina) grown under intensive cultivation. *Sci. Horti*; 2010; (125): 222-229.

[19] **Bamouh A., Ezzahouani A., ELhatmi S.** : Les besoins en eau de l'Olivier sur la base de son taux de couverture du sol dans la zone de Béni Mellal. 2012 HTE N° 151 –.

[20] **Puppo L., García C., Girona J., García-Petillo M.**, - Determination of Young Olive-Tree Water Consumption with Drainage Lysimeters. *Journal of Water Resource and Protection*; 2014; (6) : 841-851.

[21] **D'Andria R., Tognetti R., Morales-Sillero A., Fernandez J.E., Sebastiani L.,**

**Troncoso A.** : Deficit irrigation and ferti-irrigation practices in olive growing: Convergences and divergences in two case studies. *Plant. Biosystème*; 2008 ; (142): 138-148.

[22] **Masmoudi Charfi C., Ben Mechlia N.** : Mineral uptakes of macro-nutrients in Tunisian olive orchards (*Olea europaea* L.) during the first years after plantation. *Advances in Horticultural Sciences*; 2009 ; 23 (4) : 211-218.

[23] **Patumi M., D'Andria R., Marsilio V., Fontanazza G., Morelli G., Lanza B.** Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regime. *Food Chem*; 2002 ; (77) : 27-34.

[24] **Aïachi Mezghani M., Sahli A., Labidi F., Khairi M., Ouled Amor A.** : Study of the Behaviour of Olive Varieties cultivated under Different Tree-trainings: Vegetative and Productive Characteristics. *Acta Horticulturae* ; 2012 ; (949): 439-446.

[25] **Castillo-Llanque F.J., Rapoport H.F., Navarro C.**, : Caracterizacion de la ramification del olivo: influencia de diferentes fechas de recolección y estados de carga. In: Congreso Iberico de Ciencias Horticolas, May 2005, Porto, Portugal, 1-7.

[26] **Boulouha B.** : Croissance, fructification et leur interaction sur la production chez la Picholine marocaine, *Olea*; 1986 ; 17p .

[27] **Abdel-Rhahmane A.A., El Sharkawi H.M.** : Response of olive and almonds orchards to partial irrigation under dry farming practices in semi-arid regions. Water relations in olive during the growing season, *Plant and Soil* ; 1994; (41) : 13 - 31.

[28] **Cimato A.C., Cantini C., Sani G.**:Climate phenology relationships on olive Cv. Frantoio, *Acta Hort* ; 1990 ; (286) : 171-174.

[29] **Pérez-Lopez D., Ribas F., Moriana A., Olmedilla N., De Juan A.** - The effect of irrigation schedules on the water relations and growth of a young olive (*Olea europaea* L.) orchard. *Agric. Water Manage* ; 2007 ; (89) : 297-304.

[30] **Masmoudi Charfi C.** - Growth of Young Olive Trees: Water Requirements in Relation to Canopy and Root Development. Special Issue on Plant Growth and Development. *American Journal of Plant Sciences* ; 2013 ; (4) : 1316-1344.

[31] **Bchir A., Boussadia O., Lemeur R., Braham M.** : Water use in olive orchards estimated by physiologic and climatic



methods in Tunisia. *European Scientific Journal* ; 2003 ; (9): 1857 – 7881.

[32] **Tognetti R., D’Andria R., Morelli G., Alvino A.** : The effect of deficit irrigation on seasonal variations of plant water use in *Olea europaea* L. *Plant and Soil* ; 2005 ; (273) : 139-155.

[33] **Gucci R., Lodolini E., Rapoport H.F.** : Productivity of olive trees with different water status and crop load. *J. Horti. Sci. Biotech* ; 2007 ; (82) : 648-656.

[34] **Masmoudi Charfi, C., Ayachi Mezghani, M., Gouia, M., Laabidi, F., Ben Reguaya, S., Ouled Amor, A., Bousnina, M.** : Water relations of olive trees cultivated under deficit irrigation regimes. *Sci. Horti* ; 2010 ; (125) : 573–578.

[35] **Martin-Vertedor A.I., Perez Rodriguez J.M., Prieto Losada M.H., Fereres Castiel E.** : Interactive responses to water deficits and crop load in olive (*Olea Europaea* L., cv., Morisca). I-growth and water relations. *Agric. Water Manage* ; 2011a ; (98) : 941-949.

[36] **Martin-Vertedor A.I., Perez Rodriguez J.M., Prieto Losada M.H., Fereres Castiel E.** - Interactive responses to water deficits and crop load in olive (*Olea Europaea* L., cv., Morisca). II-Water

use, fruit and oil yield. *Agric. Water Manage* ; 2011b ; ( 98) : 950-958.

[37] **Grijalva-Contreras R.L., Macías-Duarte R., Martínez-Díaz G., Robles-Contreras F., Valenzuela-Ruiz M., Nuñez-Ramírez F.** : Effect of Regulated Deficit Irrigation on Productivity, Quality and Water Use in Olive cv., “Manzanilla” *American Journal of Plant Sciences* ; 2013 ; (4):109-113 Published Online Dec. (<http://www.scirp.org/journal/ajps>)

[38] **Michelakis N.** : Yield response of table and oil olive varieties to different water use levels under drip irrigation conditions. *Acta Horti* ; 1990; (286) : 271-274.

[39] **Michelakis N.** : Effet des disponibilités en eau sur la croissance et le rendement des oliviers. *Olivae* ; 1995 ; (56) : 29-39.

[40] **Fernandez J.E., Moreno F.** : Water use by olive tree. *J. Crop. Prod.*; 1999 ; (2) : 101-162.

[41] **Sibbet S.**: Orchard Management. *Aust. Olive Grower* ; 2002 ; (29): 7-9.

[42] **Wahbi S., Wakrim R., Aganchich B., Tahy H., Serraj R.** - Effects of partial root-zone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate. I. Physiological and

agronomical responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* ; 2005 ; (106): 289-301.

[43] **Pastor M.** Cultivo del olivo con riego localizado. In: Junta de Andalucía y Ediciones Mundi-Prensa (Eds), 2005; 783p, ISBN 84-8476-229-7.

[44] **Fernandez J.E., Diaz-Espoo A., Infante J.M., Duran P., Palomo M.J., Chamorro V., Giron I.F., Villagarcia L.** : Water relations and gas exchange in olive trees under regulated deficit irrigation and partial root zone drying. *Plant and Soil* ; 2006 (284): 273-291.

[45] **Melgar J.C., Mohamed Y., Navarro C., Parra M.A., Benloch M., Fernandez-Escobar R.** : Long-term growth and yield responses of olive trees to different irrigation regimes. *Agric. Water Manage.* 2008; ( 95): 968-972.

[46] **Mezghani Ayachi M., Masmoudi Charfi C., Gouia M., Laabidi F.** : Vegetative and reproductive behavior of some olive tree varieties (*Olea europaea* L.) cultivated under deficit irrigation regimes in semi-arid conditions of Central Tunisia. *Scientia Horticulturae* ; 2012 ; (146) : 143–152

[47] **Vivaldi G. A., Strippoli G., Camposeo S.** : Eco physiological response to irrigation of two olive cultivars grown in

a high-density orchard. *Agricultural Sciences*; 2013 ; 4 (8A): 16-20.

[48] **Ghrab M., Gargouri K., Bentaher H., Chartzoulakis K., Ayadi M., Ben Mimoun M., Masmoudi M.M., Ben Mechlia N., Psarras G.** : Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. *Agricultural Water Management* ; 2013; (123) : 1– 11.

[49] **Costes E., Fournier D., Salles J.C.,** - Changes in primary and secondary growth as influence by crop load in "Fantasme" apricot trees. *J. Horti. Sci. Biotechnology* ; (2000) 75: 510-519.

[50] **Castillo-Llanque F.J., Rapoport H.F, Navarro C.** : Interaction between shoot growth and reproductive behaviour in olive trees. *Acta Horti* ; 2008 ; (791): 453-457.

[51] **Rallo L., Suarez M.P.** 1989 - Seasonal distribution of dry matter within the olive fruit - bearing limb. *Advances in Horticultural Sciences*; 3: 55-59.

[52] **Proietti P., Tombesi A.** : Translocation of assimilates and source-sink influences on productive characteristics of the olive tree. *Adv. Hort. Sci.* ; 1996 ; (10): 11-14.

**[53] Chehab H., Mechri B., Ben Mariem F., Hammami M., Ben ElHadj S., Braham M.** : Effect of different irrigation regimes on carbohydrate partitioning in leaves and wood of two table olive cultivars (*Olea europaea* L., cv. Meski and Picholine). *Agric. Water Manage.* 2009 96: 293-298.

**[54] Roméro M.P., Tovar M.J., Motilva M.J.** : Changes in the HPLC phenolic profile of virgin olive oil from young trees (*Olea europaea* L., cv., Arbéquina) grown under different deficit irrigation strategies. *J. Agri. Food Che* ; 2002 ; (50) : 5349-5354.

**[55] Grattan SR., Connell J.H., Polito VS.** : Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *Horticultural Science* ; 2006 ; (41) : 427-432.

**[56] Institut de l'Olivier.** : Rapport Annuel. Tunisie. 2013 ; 80 p.

**[57] Allen R., Pereira L.S., Raes D., Smith M.**, : *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper N° 56*, 1998, FAO, Rome.

**[58] C.O.I.**, : *Encyclopédie Mondiale de l'Olivier. Biologie et physiologie de l'olivier*. Ed. Plaza, S., Janes, A. (Eds.).

Servers Editorials Estudi Balm, Barcelona, Spain, 1997pp. 61-110.

**[59] Suarez M.P., Fernandez-Escobar R., Rallo L.** : Competition among fruits in olive. II. Influence of inflorescence or fruit thinning and cross-pollination on fruit set components and crop efficiency. *Acta Horti*; 1984 ; (149) : 131-143.