

VARIABILITE DES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES CHEZ L'OLIVIER ET RELATIONS CORRELATIVES

MASMOUDI-CHARFI C.¹, MSALLEM M.², et BEN ABDALLAH S.³

1. *Laboratoire d'Amélioration de la Productivité de l'Olivier et Qualité du Produit, Institut de l'Olivier, Station de Tunis Sis INRAT-Tunisie masmoudi.chiraz@yahoo.fr.*
2. *Laboratoire de l'Amélioration Génétique de l'Olivier, Institut de l'Olivier, Station de Tunis Sis INRAT-Tunisie.*
3. *Institut de l'Olivier, Station de Tunis Sis INRAT-Tunisie*

Résumé: Ce travail a été réalisé au Nord de la Tunisie sur une collection variétale d'oliviers (*Olea europaea L.*), dans le but d'analyser la variabilité des paramètres de croissance en rapport avec la variété. A cet effet, les caractères morphologiques de 29 variétés d'oliviers cultivées en intensif sous irrigation localisée ont été étudiés moyennant des mesures régulières au niveau de l'arbre, des rameaux et des feuilles. Des corrélations ont été établies entre les paramètres étudiés d'une part et leurs écarts-types d'autre part en vue d'évaluer leur variabilité. Les résultats ont montré d'importantes différences même au sein de la variété, entre les arbres et que la majorité des paramètres de croissance sont corrélés. En particulier, la hauteur de l'arbre se trouve hautement corrélée au diamètre de la frondaison et à la hauteur du tronc. Le taux de couverture du sol, qui a évolué de 15,4% (2010) à 21,6% (2013), est significativement lié à la production d'olives. Ces résultats montrent que même si ces variétés sont conduites sous les mêmes conditions de culture, elles ne les ont pas valorisées de la même manière. Ces différences doivent être prises en compte lors du choix des variétés dans les plantations multi-variétales afin d'avoir des vergers homogènes. Une attention particulière devra être attribuée à l'importance du taux de couverture du sol, qui est une composante essentielle dans la détermination des besoins en eau de la culture.

Mots clés : Collection variétale d'oliviers, couverture du sol, élongation des pousses, volume de la frondaison, écart-type, corrélations.

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL PARAMETERS AMONG THE OLIVE TREE AND RELATIONS CORRELATIVES

Abstract: This work was carried out in northern Tunisia on a varietal collection of olive (*Olea europaea L.*) to analyze the variability of growth parameters with regard to variety. The morphological parameters of 29 olive varieties cultivated intensively under drip irrigation were studied, through regular monitoring on trees, shoots and leaves. Statistical relationships were established between the studied parameters and with their ecartypes in order to evaluate their variability. Results showed large differences between varieties and even trees and that most growth parameters are inter-correlated. Particularly, tree height was highly correlated to canopy diameter and trunk height. Soil coverage, which evolved between 15.4% (2010) and 21.6% (2013), was significantly correlated to olive production. Such results show that even varieties are growing under the same conditions, they don't valorize them similarly. These differences should be considered when planting multi-varietal orchards to get harmonious groves. A particular attention should be attributed to soil coverage, which is an essential component to determine the irrigation crop water needs.

Keywords: Olive variety collection, soil coverage, shoots elongation, canopy volume, ecartype, correlation.

Introduction

En Tunisie, l'olivier est cultivé sous des conditions environnementales diverses, qui sont sujettes à de grandes variabilités spatio-temporelles [1]. Celles-ci affectent les processus morphogénétiques qui ont lieu durant les différentes périodes ontogéniques et qui sont perceptibles à l'échelle du cycle annuel.

Le développement de l'arbre est influencé par une multitude de facteurs endogènes et exogènes ; en particulier, le rythme de production des nœuds, et des feuilles et leur expansion, la croissance primaire (élongation des entre-nœuds) et secondaire (épaississement des pousses) des pousses et l'extension du système racinaire sont affectés par la disponibilité de l'eau et la température [2] et [3], les pratiques horticoles [4],[5],[6],[7],[8]et[9], le potentiel variétal [10],[11],[12],[13] et [14] et le mode de conduite adopté [15],[16],[17] et [18]. Ces facteurs interfèrent et rendent plus complexe l'analyse de la réponse de l'arbre [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25] et [26]. Celle-ci dépend également des équilibres hormonaux qui contrôlent le mode d'apparition des nouveaux organes et leur croissance [15], [19], [21], [27], [28] et [29].

Sous des conditions thermiques et hydriques favorables, le développement de l'olivier durant les premières années de plantation est rapide et orienté vers son élongation en hauteur. L'axe principal s'allonge rapidement, assurant des accroissements annuels supérieurs à 40 cm [6], [26] et [30]. Son élongation se stabilise progressivement avec l'apparition de rameaux latéraux qui se développent à l'aisselle des feuilles, en suivant une courbe exponentielle. L'apparition de rameaux secondaires compétitifs ralentit le développement de l'axe principal qui s'incurve sous l'effet de son poids [31] et [32]. Avec l'entrée en production de l'arbre, l'activité de cet axe et l'effet de sa dominance apicale se trouvent davantage réduits [7], [33], [34] et [35]. Le développement de la canopée et l'extension des racines suivent sensiblement la même dynamique durant cette période ; leur rapport de surfaces se rapproche de l'unité après la quatrième année de culture [9] et [26].

A l'échelle du cycle de développement, l'impact des facteurs exogènes est perceptible au niveau de l'élongation des pousses printanières, qui sont concurrencées par les différentes étapes de la fructification [6], [9], [21], [34] et [36]. Les conditions favorables de culture, en

début de saison, stimulent la photosynthèse et la production de biomasse. En cours de saison, la distribution des assimilats est orientée vers les organes puits, selon leur priorité [29], [33] et [37]. Plus tard lorsque la demande climatique et l'interférence des fruits en croissance augmentent, le développement des rameaux devient tributaire de la charge en fruits [11] et [19]. Selon le cas, deux [10] et [38] ou trois [26] vagues de croissance sont observées. Dans d'autres cas, une seule vague de croissance printano-estivale est observée [39] alors que le développement des racines et du tronc se font en une seule vague, respectivement printano-estivale et estivo-automnale.

D'autres part, des corrélations diverses ont été trouvées entre les paramètres extrinsèques et ceux relatifs à la croissance de l'arbre et notamment entre l'allongement des pousses et les pluies reçues durant l'été. Leur niveau de corrélation dépend étroitement de la période de croissance et de la production [26]. Quant aux relations entre les paramètres de croissance de l'arbre, les travaux sont peu nombreux malgré la disponibilité d'une masse importante de données relatives à la caractérisation des variétés d'oliviers sous des conditions environnementales différentes [10], [17],

[21], [40] et [41]. Certaines de ces relations montrent que d'autres paramètres sont impliqués dans la détermination du rendement et notamment le potentiel variétal [26].

Cette étude a été menée au Nord de la Tunisie, sur une multitude de variétés locales, introduites, ayant prouvé leur performances sous les conditions tunisiennes et étrangères. Toutes ces variétés ont été caractérisées sous les mêmes conditions culturelles, supportant les mêmes contraintes et recevant les mêmes pratiques horticoles pendant trois campagnes de suivis, et ce en vue d'analyser la variabilité des principaux paramètres morphologiques en rapport avec l'aspect variétal et leurs interrelations.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Conditions expérimentales

L'étude a été réalisée durant la période 2010-2013, sur une panoplie de variétés d'oliviers cultivés dans la région du Cap bon, (NE de la Tunisie, (36.5°N, 10.2°E) en intensif (278p/ha) et sous irrigation complémentaire. La culture est menée sous climat semi-aride (Index d'aridité-Thorwrhite 0,29) [1], avec une pluviométrie moyenne de 468,1 mm (enregistrée sur 20 ans), une grande variabilité inter et intra annuelle (écart-type

de 160,4mm), un déficit hydrique important pendant l'été et une évapotranspiration moyenne de référence avoisinant 1400 mm/an [1].

La collection variétale a été plantée en 2003, dans le cadre du projet RESGEN/IO/COI 2002 ; en utilisant des boutures semi-ligneuses enracinées. La parcelle est organisée en carré de 12 lignes (EO) x 12 colonnes (NS). Dans chaque ligne il y a 4 variétés. Chacune d'entre-elles est représentée par trois arbres voisins distants de 6m de chaque côté. Les variétés Meski, Chétoui, Oueslati, Rkhami, Zarrazi, Dhahbia, Zarzane, Barouni, Chemlali, Chemchali et Doukhar sont des variétés locales [41]. Les autres cultivars étudiés sont originaires des différents pays Méditerranéens [48].

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 [42-43].

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. Les quantités d'eau fournies et les fréquences de leur

application ont varié, respectivement de 74 mm (2013) à 160 mm (2010) avec une cadence moyenne de 12 jours. Chaque olivier a reçu entre 3,4 et 5,7 m³ / saison. Ce qui a porté l'apport total P+I à 300-360 mm, selon l'année. 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. Les besoins en eau de la culture ont été satisfaits à plus de 50% ET_c aussi bien à l'échelle saisonnière qu'annuelle, avec des rapports saisonniers (P_e+I)/ET_c respectivement de 77%, 66% et 51% et annuels de 89%, 82% et 72%ET_c.

1.2. Suivis et analyse des données

Pour évaluer le comportement de la collection variétale, la hauteur de l'arbre (H), les diamètres Nord-Sud (NS) et Est-Ouest (EO) de la frondaison (DF), la hauteur du tronc (H_t), son périmètre (P_t) ont été mesurés au début de chaque campagne sur 29 variétés (3 arbres / variété). La couverture du sol, le volume de la canopée et l'indice de productivité, ainsi que la surface unitaire des feuilles ont été estimés à partir de leurs mensurations. Les moyennes par arbre et par variété et leurs écarts-types sont mises en corrélations pour évaluer la variabilité des

paramètres morphologiques. Le dispositif expérimental est en carré avec 12 lignes et 12 colonnes avec 3 répétitions par variétés.

2. Résultats

2.1. Observations et moyennes

Hauteur de l'arbre : Les mesures effectuées en 2010, 2011 et 2012 ont varié respectivement de 1,42 m à 4,41 m, de 1,83 m à 5,65 m et de 1,85 m à 5,16 m. Les moyennes annuelles ont atteint respectivement 2,97 m, 3,41 m et 3,37 m avec des écarts-types maximums de 0,55, 0,74 et 0,69. Ils représentent 19%, 22% et 20% des hauteurs moyennes. Les hauteurs supérieures à la moyenne (3.24 m) ont été mesurées chez les variétés Verdale, Vera, Koroneiki, Malarato, Galega, Sigoise, Madurel, Picholine Marocaine, Zarzane, Chemlali, Coratina et Doukhar (**Tableau 1**). La hauteur maximale a été enregistrée chez 'Coratina' (4,90 m) et minimale chez 'Souri Liban' (2,3 m) (**Tableau 2**).

Les différences maximales de hauteur entre les arbres ont été observées chez les variétés 'Chemlali, Coratina, Zarzane et Sigoise' ($\sigma=0,5$). En 2010, environ 6% des arbres ont dépassé la hauteur de 4 m et 58% des pieds n'ont pas atteint 3 m. Les années suivantes (2012 et 2013), les arbres hauts de plus de 4 m ont représenté 17% et 15% de l'effectif. Ceux ayant eu moins de 3 m, ont représenté 21% et 25% du nombre

total de pieds. En 2013, tous les arbres des cultivars Chemlali, Coratina et Malarato ont dépassé 4 m de hauteur. Chez les cultivars Doukhar, Zarzane, Madurel et Galega, au moins un arbre sur 3 a dépassé la hauteur de 4 m.

Diamètres de la frondaison : Les mesures de diamètres ont oscillé entre moins de 2 m, observées chez 'Franjivento' (1,68 m), 'Barouni' (1,79 m) et 'Souri Liban' (1,94 m) et plus de 4 m, chez les variétés 'Coratina (4,76m), Chemlali (4,23m), Zarzane (4,13 m) et Malarato (4,61 m). Les valeurs extrêmes, de 6,80 m et de 0,60 m, ont été mesurées respectivement chez 'Madurel' et 'Barouni', bien qu'elles aient le même âge. Le diamètre moyen a été de 2,96 m (**Tableau 1**) avec un écart-type de 0,79, représentant 27% de la moyenne.

En 2010, seulement 8% des arbres ont dépassé 4 m de diamètre et 64% de l'effectif a atteint moins de 3 m. En 2012 et 2013, les arbres de diamètres supérieurs à 4 m ont représenté 20% et 19% du nombre total ; alors que ceux qui ont eu moins de 3m ont représenté respectivement 48% et 36%. Tous les arbres de la variété Coratina et Malarato ont dépassé, en 2013, le seuil de 4 m. Pour les variétés Zarzane et Chemlali, les 2/3 des pieds d'oliviers ont atteint un diamètre supérieur à 4 m.

Des différences de diamètres ont été observées entre les orientations NS et EO. Les mesures ont atteint en 2010, 2012 et 2013, respectivement 2,72 m, 3,16 m et 3,14 m pour l'orientation EO et 2,63 m, 2,94 m et 3,29 m pour le NS. Les variétés 'Leccino, Verdale, Sourî Liban, Lucques, Zarzane, Chemlali et Chétoui' ont donné des écart-types supérieurs à 0,20. Les plus faibles différences ont été observées chez les variétés Coratina, Picholine Marocaine, Madurel, Conserva, Dhahbia, Arbéquina et Changloreal avec des écarts-types inférieurs à 0,05.

Hauteur du tronc : Les mesures effectuées en 2010 ont varié de 0,33 m (Sourî Liban) à 0,86 m, (Koroneiki) avec une moyenne de 0,61 m (**Tableau 1**) et un écart-type représentant plus de 22% de la moyenne. Environ 60% des troncs ont dépassé la hauteur de 0,61 m. Les différences maximales entre les arbres ont été enregistrées chez les cultivars Leccino, Koroneiki et Chétoui ($\sigma > 0.30$ représentant plus de 62% de la hauteur moyenne du tronc).

Périmètre du tronc : Les observations ont varié entre des minimales mesurées sur les variétés 'Barouni' (0,22m), 'Changloreal et Marsaline' (0,24 m) et des maximales supérieures à 0,5 m observées chez 'Coratina' (0,63 m), 'Malarato' (0,56

m), 'Zarzane' (0,54 m) et 'Chemlali' (0,52 m) (**Tableaux 1 et 2**). La valeur moyenne est de 0,38 m avec un écart-type de 0,1, représentant 26% de la moyenne.

En 2010, la moyenne a été de 0,35 m et de 0,40 m en 2012 et en 2013. Les plus larges troncs ont été observés chez 'Zarzane, Picholine, Chemlali, Malarato et Leccino', atteignant un périmètre moyen de 0,85 m en 2010 et 0,70 m en 2012 et en 2013. Le nombre d'arbres présentant de tels troncs a augmenté de 40% en 2010 à 47% en 2012 et à 50% en 2013. Les périmètres inférieurs à 0.10 m ont été enregistrés chez 'Marsaline' et 'Arbéquina'.

Les observations relatives à H, DF, H_t et P_t mesurées sur 29 variétés d'oliviers ont montré des différences entre les cultivars les années et les arbres. Les maxima de H, DF et P_t ont été observés chez 'Coratina' et pour H_t chez 'Koroneiki et Chemlali'. Les cultivars les plus vigoureux sont Coratina. Malarato, Chemlali et Zarzane et les moins performants sont 'Sourî Liban', 'Marsaline' et 'Barouni'. Les différences entre les cultivars ont été évaluées par les écarts-types qui ont représenté respectivement 16%, 27%, 22% et 26% des valeurs moyennes

Tableau 1. Paramètres morphologiques (H, DF, H_t, P_t) observés au cours des 3 années de l'étude en fonction de la variété et écarts-types correspondants (3 observations/variété/année).

	H (m)	σ	DF (m)	σ	H _t (m)	σ	P _t (m)	σ
Franjivento	2,92	0,16	1,68	0,31	0,67	0,06	0,26	0,04
Changloreal	2,73	0,26	2,09	0,32	0,55	0,13	0,24	0,04
Leccino	3,05	0,31	2,88	0,52	0,61	0,37	0,39	0,09
Zarrazi	3,19	0,26	2,96	0,42	0,67	0,06	0,38	0,06
Verdale	3,47	0,46	2,69	0,58	0,72	0,20	0,37	0,08
Vera	3,54	0,43	3,15	0,61	0,71	0,16	0,37	0,09
Arbéquina	3,06	0,27	3,05	0,29	0,77	0,09	0,36	0,05
Koroneiki	3,43	0,30	3,10	0,57	0,86	0,31	0,41	0,08
Branquita	3,01	0,33	2,30	0,44	0,65	0,19	0,25	0,05
Malarato	4,20	0,30	4,61	0,42	0,75	0,11	0,56	0,08
Dhabbia	3,08	0,47	2,61	0,71	0,65	0,11	0,36	0,13
Souri Liban	2,30	0,17	1,94	0,35	0,33	0,16	0,25	0,04
Galega	3,56	0,48	3,54	0,72	0,63	0,04	0,40	0,12
Conserva	3,12	0,27	2,63	0,33	0,70	0,20	0,39	0,11
Azeitera	2,86	0,17	2,03	0,43	0,66	0,22	0,28	0,07
Sigoise	3,26	0,50	2,84	0,79	0,53	0,13	0,47	0,19
Manzanille	3,09	0,23	3,00	0,29	0,53	0,11	0,38	0,08
Lucques	2,75	0,24	2,65	0,31	0,63	0,08	0,38	0,03
Ascolana	2,97	0,17	3,03	0,37	0,75	0,12	0,42	0,03
Madurel	3,58		3,53		0,50	0,08	0,38	0,19
Picholine	3,18	0,21	3,33	0,54	0,37	0,04	0,36	0,02
Picholine Marocaine	3,36	0,31	2,62	0,40	0,58	0,25	0,38	0,03
Zarzane	3,40	0,51	4,13	0,49	0,40	0,14	0,54	0,09
Barouni	2,62		1,79		0,47	0,08	0,22	0,12
Marsaline	2,59	0,40	2,18	0,41	0,39	0,22	0,24	0,11
Chemlali	4,05	0,55	4,23	0,68	0,81	0,24	0,52	0,04
Chétoui	2,97		2,90		0,69	0,46	0,35	0,16
Coratina	4,90	0,54	4,76	0,74	0,69	0,29	0,63	0,08
Doukhar	3,75		3,51		0,44	0,12	0,45	0,13
Moy. (m)	3,24		2,96		0,61		0,38	
σ	0,53		0,79		0,14		0,10	
σ /Moy.	16	-	27	-	22	-	26	-
Max. (m)	4,90	0,55	4,76	0,8	0,86	0,5	0,63	0,2
Min. (m)	2,30	0,17	1,68	0,3	0,33	0,0	0,16	0,0

Volume de la frondaison : Le volume moyen a atteint 14 m³/arbre avec un maximum de 48,9 m³/arbre enregistré chez ‘Coratina’ et un minimum de 3,3m³/arbre

observé chez ‘Franjivento’. L’écart-type moyen a représenté 77% du volume moyen des arbres (**Tableau 2**).

Tableau 2. Valeurs moyennes des paramètres morphologiques et écart-types correspondants.

	H (m)	Ecart-type	DF (m)	Ecart-type	H _i (m)	Ecart-type	P _i (m)	Ecart-type	V(m ³)/ped
Moyenne (m)	3,24	0,33	2,96	0,48	0,61	0,16	0,38	0,08	13,99
Ecart-type	0,53	0,13	0,79	0,16	0,14	0,10	0,10	0,05	10,76
Max. (m)	4,90	0,55	4,76	0,79	0,86	0,46	0,63	0,19	49,90
Min. (m)	2,30	0,16	1,68	0,29	0,33	0,04	0,22	0,02	3,30

Couverture du sol : Les taux moyens enregistrés durant les campagnes 2010, 2012 et 2013 ont été respectivement de 16,7%, 21,8% et 24,2%, avec un écart important entre les variétés. Les taux par variété ont varié de moins de 15% chez 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 Coratina (50,1%), Chemlali (39,5%), Zarzane (37,5%), Madurel (32,7%) et Malarato (46,6%). Un accroissement important a été enregistré entre 2010 et 2013 avec un gain maximal observé chez ‘Souihli’ (x9,3), ‘Chemlali’ (x5,6) et ‘Arbéquina’ (x6,6) et minimal pour ‘Galega’ (x0,7) et ‘Chétoui’ (x0,9).

février 2013 des longueurs maximale et minimale de 35,0 cm (Leccino) et de 16,3 cm (Souri Liban). Les longueurs maximale et minimale n’ont pas été observées à toutes les dates de mesures chez la même variété. Les moyennes initiale et finale ont été respectivement de 19,4 cm et 26,3 cm (**Tableau 3**).

Longueur des pousses : Les observations mesurées, au mois de mai 2012, ont varié entre 10,4 cm et 28,4 cm en fonction de la variété. Elles ont atteint en

Tableau 3. Longueurs initiales et accroissements (%) assurés au niveau des pousses d'un an, durant la campagne 2012

	Long. initiale (cm)	Accroissement saisonnier (%)
	19,4	37,9
	(+) (+) supérieur à la moyenne (-) inférieur à la moyenne	
	(+)	(+)
Ascolana	24,8	53,7
Chétoui	20,8	38,7
Calega	21,0	53,8
Malarato	20,0	44,5
Zarrazi	21,5	43,3
Zarzane	21,9	27,4
	(+)	(-)
Franjivento	28,3	11,0
Vera	26,6	13,6
Leccino	28,4	23,3
Koroneiki	26,5	27,0
Changloreal	21,3	30,6
Doukhar	21,3	27,5
	(-)	(+)
Conserva	14,1	73,8
Azeitera	15,6	92,2
Sigoise	10,4	108,4
Lucques	16,8	39,9
Marsaline	15,6	65,1
Arlequina	18,4	74,4
	(-)	(-)
Branquita	15,8	29,0
Verdale	16,5	29,4
Coratina	16,4	16,5
Chemlali	18,4	30,7
Barouni	17,6	30,9
P. Marocaine	15,0	20,5
Dhahbia	18,6	14,5
Souri Liban	16,4	0,0
Manzanille	17,3	3,9

L'accroissement annuel moyen des pousses a été de 37.9% avec des valeurs extrêmes allant de 0 (Souri Liban) à +108% (Sigoise) (**Tableau 3**). Les

valeurs observées pour les cultivars Zarrazi (+43,3%), Arbéquina (74,4%), Malarato (+44,5%), Galega (+53,8%), Conserva (+73,8%), Azeitera (+92,2%),

Sigoise(+108,4), Lucques (+39,9%), Ascolana (+53,7%), Marsaline (+65,1%) et Chétoui (+38,7%) ont dépassé la moyenne de la plantation. Les accroissements minima ont été observés chez Franjivento (+11%), Vera (+13,6%), Dhahbia (+14,5%), Souri Liban (0%) et Manzanille (+3,9%). Les cultivars qui ont eu au début de la saison de croissance de longues pousses n'ont pas produit nécessairement des accroissements importants à la fin de la campagne de mesures: cas des cultivars Franjivento (+11%) et Vera (+13,6%). Inversement, les cultivars Azeitera

(+92,2%), Conserva (+73,8%), Marsaline (+65,1%) et Sigoise (+108,4) ont donné d'importants accroissements bien qu'ils avaient au départ les plus courtes pousses, respectivement de 15,6 cm, 14,1 cm, 15,6 cm et 10,4 cm. C'est sur la base de ces valeurs que les variétés ont été classées (**Tableau 4**).

Des gains maxima de 40,4% et de 43,6% ont été enregistrés pour les orientations Sud et Ouest, correspondant à des augmentations en longueur de 8,2 cm et 8,1 cm (**Tableau 4**). L'écart-type a représenté le tiers des valeurs moyennes.

Tableau 4. Accroissement des pousses (cm), gain relatif (%) et écart-type selon l'orientation.

	Gain (cm)	Gain (%)	Ecart-type	Ecart-type/ Moyenne
Nord	6,4	33,4	7,8	33,4
Est	6,4	33,5	6,3	27,1
Sud	8,2	40,4	8,4	33,0
Ouest	8,1	43,6	7,6	32,6

Les variétés qui ont eu de longues pousses au début de la campagne n'ont pas produit des accroissements saisonniers importants. Celles qui ont développé initialement de courtes pousses ont donné d'importants gains. D'autres variétés qui ont eu des pousses plus courtes que la moyenne du verger ont produit des accroissements plus faibles que la moyenne finale.

2.2. Variabilités paramètres de croissance

Les corrélations établies entre les paramètres de croissance et leurs écarts-types ont montré d'importants écarts entre les observations avec un coefficient r allant de 0,14 à 0,30. Pour les cultivars Barouni, Madurel, Chétoui et Doukhar, l'écart-type par rapport à la moyenne a

dépassé 0,8 pour H et 1,0 pour DF avec des observations se situant en dehors du nuage de points. Lorsque ces variétés ont été écartées en vue d'évaluer leur impact sur l'allure générale des courbes, les valeurs de r ont augmenté pour atteindre

0,61 pour H et 0,47 pour DF (**Fig.1**). Les mensurations relatives au tronc ont présenté un nuage de point diffus avec des écarts-types allant de 0,05 à 0,45 pour H_t et P_t et des valeurs de r inférieures à 0,3.

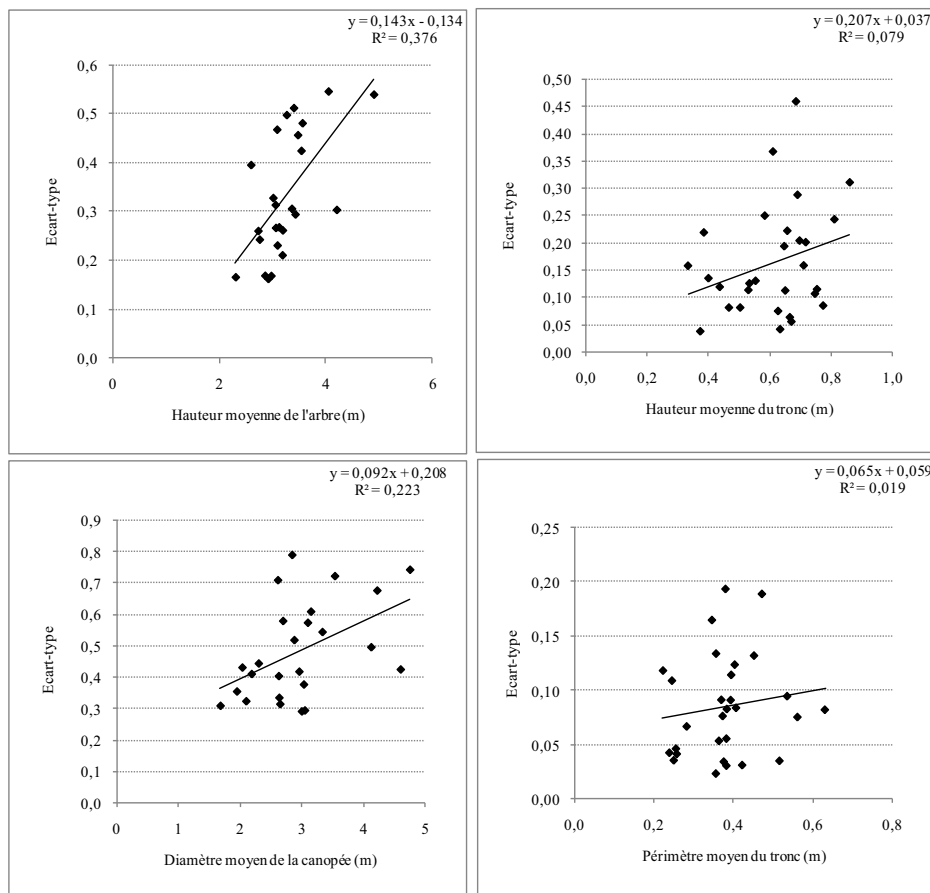


Figure 1 : Relations entre les paramètres de croissance de l'arbre et leurs écarts-types. Chaque point représente une variété. Les cultivars Barouni, Madurel, Chétoui et Doukhar ne sont pas représentés dans ces figures.

La longueur moyenne des pousses est positivement corrélée à son écart-type avec r égal à 0,91 pour la longueur moyenne et variant de 0,91 à 0,95, selon les orientations (**Fig.2**). Les écarts-types

ont représenté selon la date de mesure entre 20% et 23% de la valeur moyenne. L'orientation Est est celle qui a présenté le plus de variabilité.

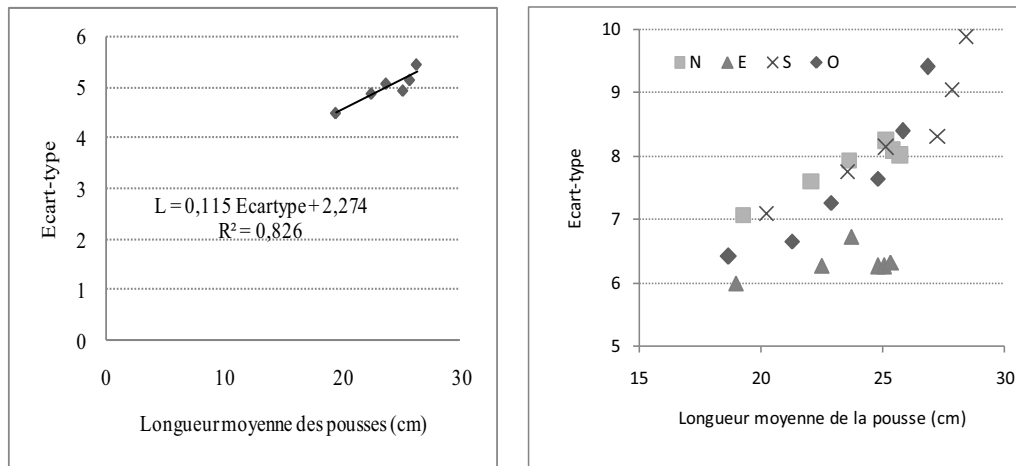


Figure : 2 Relation entre la longueur moyenne de la pousse (cm) et son écart-type. Agauche : valeurs moyennes et à droite en fonction del'orientation.

2.3. Relations statistiques entre les paramètres morphologiques

Les paramètres H , DF , D_t et H_t sont inter corrélés avec des valeurs de r allant de 0,29 à 0,99. Des corrélations hautement significatives ont relié H à DF d'une part et H et P_t d'autre part (**Fig.3**). Ce dernier n'étant pas lié à H_t . Les oliviers qui ont eu des troncs de

périmètres supérieurs à 0,5 m ont atteint des hauteurs variant de 3m à 5 m. Ces résultats montrent que la hauteur de l'arbre est un paramètre déterminant dans la croissance et le développement de la frondaison et du tronc. Les arbres hauts disposent d'une frondaison plus développée et d'un tronc plus large, et inversement.

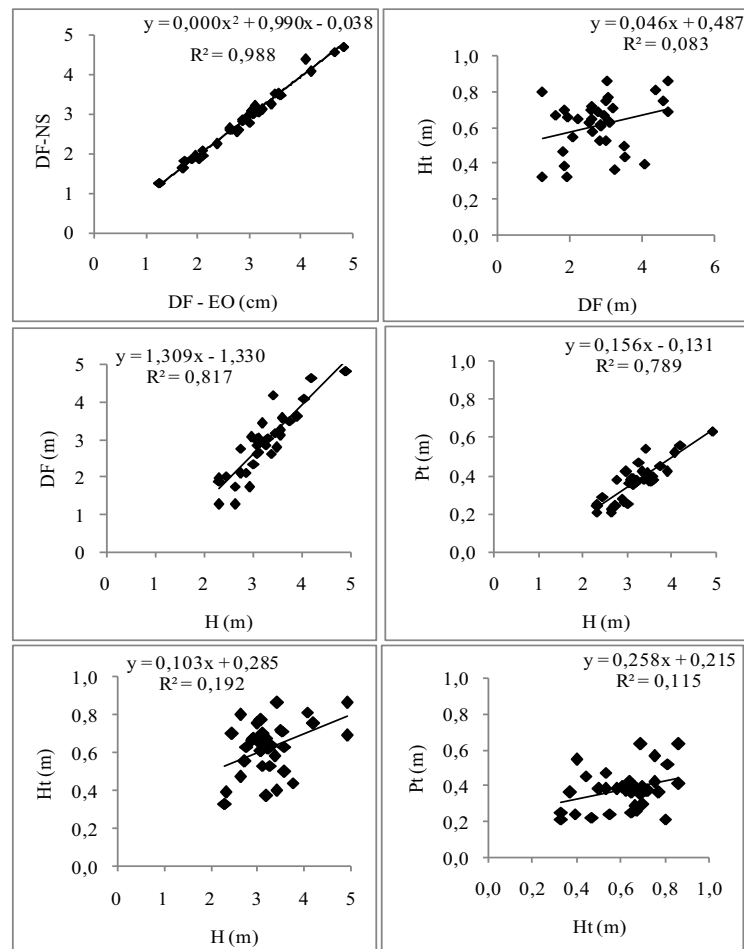


Figure 3 : Relations statistiques entre les paramètres de croissance des arbres (H, DF, P_t , H_t , en m).

Le taux de couverture du sol (T_x) est positivement corrélé à H et à P_t avec des valeurs de R^2 respectives de 0,74 et 0,79.

Pour des hauteurs inférieures à 1 m et des périmètres de moins de 0,10 m, la relation n'est pas significative (**Fig.4**).

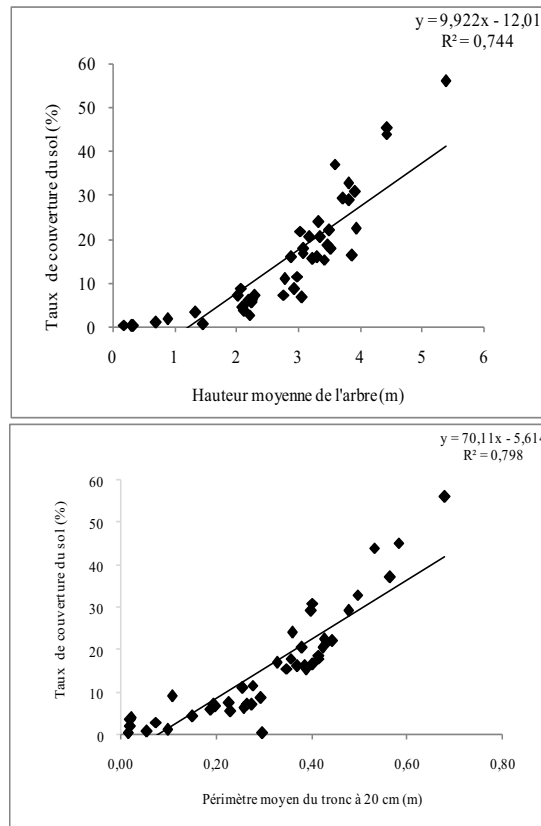


Figure 4 : Relations entre le taux de couverture du sol (%), la hauteur de l'arbre et le périmètre du tronc mesuré à 20 cm au dessus du niveau du sol (m).

La relation établie entre la longueur initiale de la pousse et son accroissement a montré une corrélation négative avec

$r = 0,42$ (**Fig.5**). Il apparait que plus la longueur initiale est importante, moins élevé est l'accroissement saisonnier.

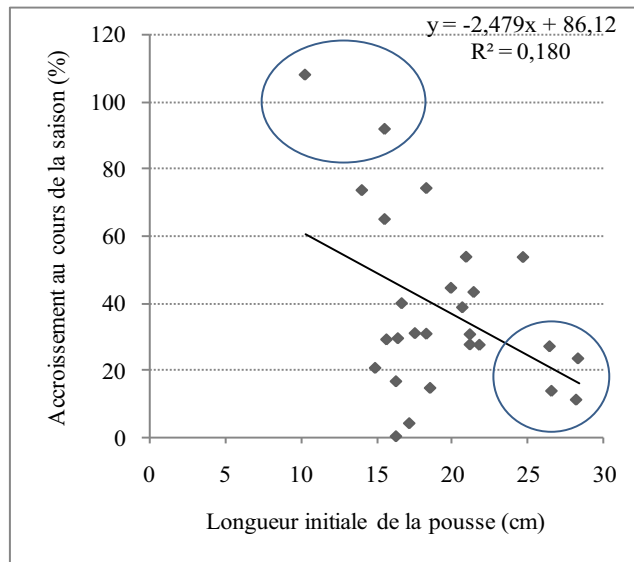


Figure 5 : Relation entre la longueur initiale de la pousse et son accroissement, saison 2012.

2.4. Couverture du sol et volume de la frondaison en rapport avec la production

Le taux de couverture du sol est corrélé positivement et linéairement à la production (Fig.6). Le niveau de signification dépend de la charge en olives. En 2010, une

fonction polynomiale a été observée, avec un optimum de 10-12 kg/arbre pour un taux de couverture de 30%. En 2012, des corrélations positives et hautement significatives ont été obtenues avec $R^2=0.91$, pour les arbres dépassant une charge de 8 kg/pied et de 0,75 pour ceux qui ont produit moins de 8 kg/arbre.

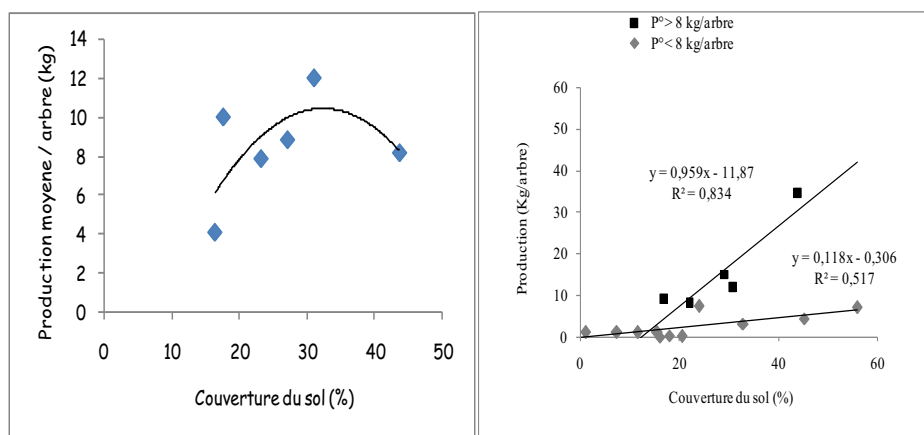


Figure 6 : Relations entre le taux de couverture du sol (%) et la production d’olives (kg/arbre) en 2010 (G) et en 2012 (D).

Les relations statistiques établies entre le volume de la canopée et la production d'olives a montré que les variétés ayant un volume supérieur à 25m³/arbre ont eu de faibles productions (Coratina, Malarato et

Chemlali). Lorsque ces variétés sont écartées, une corrélation positive hautement significative est observée. Une nette distinction peut être faite à ce niveau (Fig.7).

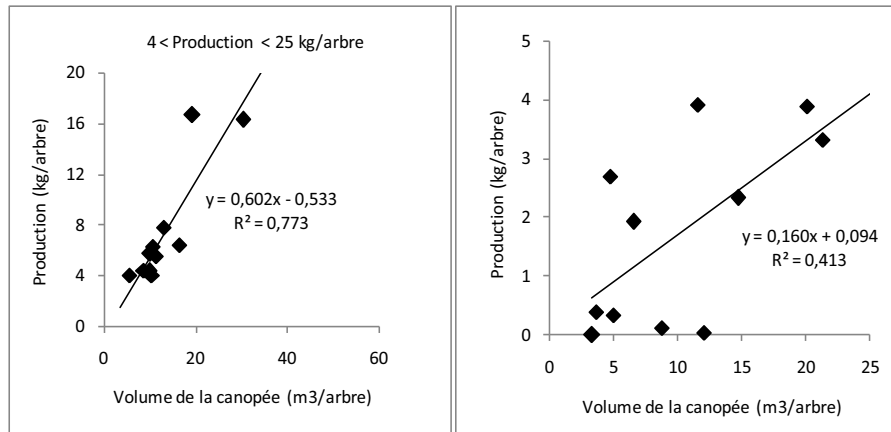


Figure 7 : Relation entre la production de fruits (kg/arbre) et le volume de la frondaison (m³).

Pour les variétés qui ont produit de 4 à 25 kg d'olives/arbre, le coefficient de corrélation r a atteint 0,88. Pour les variétés qui ont eu une production inférieure à 4 kg/arbre, $r = 0,64$. Ces corrélations sont traduites par un index de productivité IP (kg/m³) qui a varié de 0 à 0,87 kg/m³. Des index élevés de plus de 0,6 kg/m³ ont été obtenus pour Galega (0,87), Marsaline, Leccino et Koroneiki. Les index inférieurs à 0,1 kg/m³ et différents de 0 ont été observés chez les cultivars Conserva, Coratina et Changloreal, avec des productions allant de 5 à 50 kg/arbre.

IV. DISCUSSION

Ce travail a été mené de manière concomitante avec les investigations entreprises autour de la Méditerranée sur le comportement des variétés d'oliviers vis-à-vis de la culture intensive irriguée. Il s'agit dans ce cas d'étudier la variabilité du comportement morphologique d'une collection variétale d'oliviers cultivée au Nord de la Tunisie sous irrigation optimale (60-70%ETc). Les résultats obtenus ont montré une grande variabilité des paramètres morphologiques en fonction de la variété et de l'arbre. Le taux de couverture du sol, qui est un paramètre essentiel dans la détermination des besoins

en eau de la culture, a varié de plus de 30% chez les variétés Coratina (50,1%), Chemlali (39,5%), Madurel (32,7%) et Malarato (46,6%) à moins de 15% chez Besbassi (12,4%), Branquita (11,8%), Changloreal (9,7%), Azeitera (9,3%), Souri Liban (8,4%), Gemri (7,7%) et Franjivento (6,3%). La couverture moyenne du sol a évolué entre 16,7% en 2010, à 21,8% en 2012 et 24,2% en 2013 avec un accroissement important noté entre 2010 et 2013. Celui-ci a concerné la plupart des variétés malgré la réduction des apports d'eau et l'augmentation des productions, avec des maxima observés chez Souihli (x9,3), Chemlali (x5,6) et Arbéquina (x6,6) et des minima chez Doukhar (x2,3), Franjivento (x2,2), Picholine Marocaine (x1,9), Galega (x0,7) et Chétoui (x0,9). Ce résultat est important dans la mesure où l'augmentation de la couverture végétale s'accompagne par une augmentation de la quantité d'assimilats disponible aux différents organes de l'arbre [33], [27], et [19], mais il n'implique pas nécessairement une augmentation de leur transpiration. Celle-ci dépendrait plutôt de l'eau disponible aux racines, de la proportion des feuilles exposées et ombragées, de la demande climatique et de l'anatomie du système de vascularisation (xylème) [16], [43], [44], [45], [46], [47] et [48]. Des mesures simultanées des

quantités d'amidon et de la transpiration des arbres pris à titre individuels permettront de mieux élucider les relations existantes entre la consommation réelle en eau de l'arbre et son taux de couverture du sol, qui se trouve par ailleurs étroitement lié aux paramètres de croissance de l'arbre, eux même se trouvant inter corrélés.

Ces résultats sont cohérents avec d'autres travaux qui ont mis en exergue diverses relations entre les paramètres de croissance eux-mêmes et avec les paramètres extrinsèques. En outre, l'allongement des pousses est positivement corrélé aux quantités de pluies printanières de l'année précédant la production, alors que la longueur finale des rameaux est corrélée aux quantités de pluies reçues durant l'été ainsi qu'aux températures maximales et minimales. Cependant, le niveau de corrélation dépend étroitement de la période de croissance et du niveau de production. Par ailleurs, la recherche de relations entre la quantité de biomasse produite et les facteurs de l'environnement montre que la quantité de bois de taille dépend des conditions climatiques et particulièrement celles de la saison qui a précédé la taille [26]. Quant aux relations entre les paramètres de croissance de l'arbre, les travaux sont peu nombreux malgré la disponibilité d'une masse

importante de données relative à la caractérisation des variétés d'olivier sous des conditions environnementales différentes, entreprise aussi bien en Tunisie qu'ailleurs en Méditerranée [10-17-21-40-41]. Certaines de ces études ont abordé les aspects liés à la charge en fruits et à la qualité du produit, la croissance primaire et secondaire des rameaux et le développement des racines en rapport avec celui de la canopée. Dans le cas de cette étude, les diamètres de la frondaison et du tronc sont corrélés à la hauteur de l'arbre par des relations linéaires et positives avec un coefficient de corrélation r de 0,96, ils sont également corrélés entre eux par une relation positive avec $r = 0,94$. Le rendement en olives de l'année n est positivement corrélé à l'accroissement du diamètre de la frondaison de l'année précédente avec un coefficient de 0,45. Cette relation montre que d'autres paramètres sont impliqués dans la détermination du rendement, notamment le potentiel variétal [26]. En effet, en écartant la variété auto-incompatible Meski le coefficient r passe de 0,45 à 0,61.

La proportionnalité observée entre la hauteur de l'arbre et le diamètre de la canopée d'une part et le périmètre du tronc d'autre part, indique que la hauteur de l'arbre joue un rôle majeur dans le

développement des autres parties de l'arbre pendant cette période de sa vie et notamment le tronc. Selon certains auteurs [33-37] un bon développement du tronc n'est assuré qu'à travers une bonne alimentation hydrique, du fait que le transfert des carbohydrates aux différents organes de l'arbre est contrôlé par le mouvement de l'eau, lui-même dépendant de la structure du système vasculaire du tronc et de la fluidité de passage de la sève, qui est elle même contrôlée par la demande climatique et l'état hydrique du sol [43]. La conduction de l'eau dépendrait de l'anatomie de ces vaisseaux et des interconnexions, étant donné que chez l'olivier, une racine principale est toujours liée directement à une charpente mère, responsable de son alimentation. Toute pratique horticole réduisant la taille du système transpiratoire aura nécessairement un impact sur son alimentation en eau, qui affectera l'élargissement des fruits et le développement des pousses ; celui-ci dépend lui-même de la charge en olives et de l'année d'alternance. A ce titre, certains travaux [38] ont montré qu'en année de forte charge en fruits, la croissance primaire (élongation des pousses) est réduite ; alors que la croissance secondaire (élargissement des pousses) ne semble pas être affectée. Cependant ce résultat ne peut être généralisé à toutes les variétés. Il

apparaît dans le cas de cette étude, que d'importantes productions peuvent être obtenues, comme c'est le cas des variétés Galega, Malarato, Chemlali et Koroneiki, tout en conservant un accroissement annuel important des pousses (de 53,8% et 44,5%, pour les deux premières, 30,7% pour Chemlali et 27% pour Koroneiki). Cependant, ce paramètre ne semble pas s'exprimer directement et uniquement en fonction du niveau de production. En effet, partant de pousses de longueur plus faible que la moyenne du verger, les variétés Chemlali et Barouni ont produit au cours de la saison des accroissements plus faibles que la moyenne de la plantation. Le cultivar Chemlali a eu un rendement élevé alors que la variété Barouni a eu un très faible rendement. Cette variabilité est expliquée par une implication du statut hormonal (auxines/gibbérellines) [15]. D'autres facteurs non moins importants peuvent intervenir, en relation avec la variation des réserves amidonnées et les interventions horticoles qui modifient sensiblement les rapports 'source-puits' et les équilibres nutritifs, qui sont à examiner dans notre cas.

Conclusion

L'étude de la variabilité des principaux paramètres morphologiques a révélé la complexité de la réponse de la variété aux

conditions culturelles. Néanmoins, ce travail nous a permis d'évaluer quantitativement l'aptitude de ces variétés à la culture intensive irriguée. Le choix des variétés est primordial pour avoir une plantation harmonieuse et pouvoir estimer correctement les besoins en eau de la culture, qui dépendent étroitement de la couverture du sol, elle-même contrôlable par la taille d'entretien, et est étroitement corrélée à la production. En effet, les résultats ont montré que le niveau des productions est étroitement corrélé au volume de la canopée et au taux de couverture du sol. Plus le volume de la frondaison augmente, plus le niveau de production augmente. Dans le second cas, un optimum est observé, montrant que pour un taux de couverture de sol supérieur à 30% pour ce genre de plantation, la charge en fruits ne peut pas dépasser 12 kg/arbre. Le potentiel de l'arbre semble être atteint dans ce cas.

Références bibliographiques

- [1] Masmoudi-Charfi C., Habaieb H., 2014 : Rainfall Distribution Functions for Irrigation Scheduling: Calculation Procedures Following Site of Olive (*Olea europaea*L.) Cultivation and Growth Periods. American Journal of Plant Sciences, 2014, 5: 2094-2133. Published

Online June 2014 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/ajps>.

<http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.513224>

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

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

[4] **Pastor M., 2005** : Cultivo del olivo con riegolocalizado. In: Junta de Andalucía y Ediciones Mundi-Prensa (Eds), 783 pp plus CD, ISBN 84-8476-229-7.

[5] **Tognetti R., D'Andria R., Lavini A., Morelli G. 2006** : The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L., (cultivars Frontoio and Leccino). *Eur. J. Agron.* 25: 356-364.

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

[7] **Melgar J.C., Mohamed Y., Navarro C., Parra M., Benloch M., Fernandez-Escobar R., 2008** : Long-term growth and yield responses of olive trees to different

irrigation regimes. *Agr. Water Manag.* 95:968-972.

[8] **D'Andria R., Tognetti R., Morales-Sillero A., Fernandez J.E., Sebastiani L., Troncoso A., 2008** : Deficit irrigation and ferti-irrigation practices in olive growing: Convergences and divergences in two case studies. *Plant. Biosystème.* 142: 138-148.

[9] **Masmoudi-Charfi C., Masmoudi M., Ben Mechlia N., 2011** : Root distribution in young "Chétoui" olive trees and agronomic applications. *Advances in Horticultural Sciences*, 25 (2): 112-122.

[10] **Aïachi-Mezghani M., Sahli A., Grati N., Ben Amar F., Ben Ali S., Ben Amor R., Labidi F., Ouled Amor A., 2009** : 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 2009*, Sfax, Tunisie, 15-19 Décembre 2009, Book of proceedings: 443-447.

[11] **Palease A.M., Nuzzo V., Favati F., Pietrafesa A., Celano, G., Xiloyannis, C., 2010** : 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.* 125: 222-229.

[12] **Bamouh A., Ezzahouani A., ELhatmi S., 2012** : Les besoins en eau de l'Olivier sur la base de son taux de

couverture du sol dans la zone de Béni Mellal. HTE N° 151 – Mars 2012.

[13] **Masmoudi-Charfi C., 2012** : Quantitative analysis of soil water content in young drip irrigated olive orchards. *Advances in Horticultural Sciences*, 26 (3-4): 138-147.

[14] **Vivaldi G. A., Strippoli G., Camposeo S. 2013** : Eco physiological response to irrigation of two olive cultivars grown in a high-density orchard. *Agricultural Sciences* 4 (8A): 16-20.

[15] **Sibbet S. 2002** : Orchard management. *Aust. Olive Grower*, 29: 7-9.

[16] **Abid-Karray J., 2006** : Bilan hydrique d'un système de cultures intercalaires (Olivier – Culture maraîchère) en Tunisie Centrale. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier II. 172 pages.

[17] **Larbi A., Ayadi M., Ben Dhiab A., Msallem M., 2009** : Comparative Study of Tunisian and Foreign Olive Cultivars Sustainability for High Density Planting System. *Olivebioteq*, Sfax-Tunisia, 177-181.

[18] **Mezghani-Ayachi M., Masmoudi-Charfi C., Gouia M., Laabidi F., 2012** : 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* 146:143–152.

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

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

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

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

[23] **Chehab H., 2007** : Etude éco physiologique, agronomique, de production et relation source-puits chez l'Olivier de table en rapport avec les besoins en eau. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Institut National Agronomique de Tunisie.

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

- [25] **Martin-Vertedor A.I., Perez Rodriguez J.M., Prieto Losada M.H., FereresCastiel E. 2011 b** : 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.* 98: 950-958.
- [26] **Masmoudi-Charfi C., 2013** : 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 (AJPS, ISSN: 2158-2750), Vol. 4, 1316-1344. (<http://www.scirp.org/journal/ajps>). (Date de consultation: Juillet 2014).
- [27] **Fernandez J.E., Moreno F., 1999** : Water use by olive tree. *J. Crop. Prod.* 2: 101-162.
- [28] **Ben Ahmed C., Ben Rouina B., Boukhris M.M., 2007** : Effects of water deficit on olive trees cv., Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Sci. Horti.* 113: 267-277.
- [29] **Chehab H., Mechri B., Ben Mariem F., Hammami M., Ben ElHadj S., Braham M., 2009** : 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.* 96: 293-298.
- [30] **Michelakis N., Vougioucalou, E., 1988** : Water use, root and top growth of olive trees for different methods of irrigation and levels of soil water potential. *Olea* 19: 17-31.
- [31] **Suzuki, A. 2000**: Patterns of vegetative growth and reproduction in relation to branch orders: the plant as a spacially structured population. *TREES*, 14:329-333.
- [32] **Msalle, M., 2002** : Etude de la juvénilité chez l’olivier *olea europaea* L. Aspects morphologiques, anatomiques, physiologiques et biochimiques. Thèse de Doctorat d’Etat, Sci. Agronomiques, PV. Pp 219.
- [33] **Proietti P., Tombesi A., 1996** : Translocation of assimilates and source-sink influences on productive characteristics of the olive tree. *Adv. Horti. Sci.*10: 11-14.
- [34] **Costes E., Fournier D., Salles J.C., 2000** : Changes in primary and secondary growth as influence by crop load in "Fantasme" apricot trees. *J. Horti. Sci. Biotechnology.* 75: 510-519.
- [35] **Bandino, G., Dettori S., 2003** : Manuale di olivicoltura. Consorzio Interprovinciale per la Frutticoltura Cagliari. Oristano.Nuoro. Regione Autonoma della Sardegna.
- [36] **Michelakis N., 2000** : Water requirements of olive tree on the various

vegetative stages. Proceedings of the International Course on water management and irrigation of olive orchards. Cyprus.

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

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

[39] **Boulouha B., 1986** : Contribution à l'amélioration de la productivité et de la régularité de la production chez l'olivier (*Olea europaea*) "Picholine Marocaine". *Olivae*, 58: 54-57.

[40] **Bandino G., Mulas M., Sedda P., Moro C., 2001** : Varieta di olivodella Sardegna. *Consortio Internationale per la Frutticoltura*. Ed. Cagliari-Oristano-Nuoro. pp. 253.

[41] **Trigui A., Msallem M., et Collaborateurs. 2002** : Oliviers de Tunisie. *Catalogue des variétés autochtones et types locaux*. Volume I. 159 pages.

[42] **Allen R., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998** : Crop evapotranspiration. *Guidelines for computing crop water*

requirements. *Irrigation and drainage paper N° 56*, FAO Rome.

[43] **Bchir A., Boussadia O., Lemeur R., Braham M., 2003** : Water use in olive orchards estimated by physiologic and climatic methods in Tunisia. *European Scientific Journal*, August 2013 Edition Vol.9, No. 24 ISSN: 1857 – 7881. (Print) e-ISSN 1857- 7431.

[44] **Masmoudi-Charfi C., Gargouri K., Habaieb H., Daghari H., Abid-Karray J., Rhouma A., 2012** : Manuel d'irrigation de l'Olivier. *Techniques Et Applications*. Ed. Institut de l'Olivier. 110 p.

[45] **Puppo L., García C., Girona J., García-Petillo M., 2014** : Determination of Young Olive-Tree Water Consumption with Drainage Lysimeters. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 841-851. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2014.69079>.

[46] **Masmoudi-Charfi C., MezghaniAyachi M., 2013** : Response of Olive Trees to deficit Irrigation Regimes: Growth, Yield and Water Relations. Book Chapter. Book Title: *Agricultural Research Updates*. Volume 6. Ed. Nova Sciences Publishers. Hauppauge NY. Authors/Editors: Prathamesh Gorawala and SrushtiMandhatri. Pub. Date: 2013.

[47] **Iniesta F., Testi L., Orgaz F., Villalobos F.J., 2009** : The effects of regulated and continuous deficit irrigation

on the water use, growth and yield of olive trees. Eur.J.Agron. 25:258-265.

[48] C.O.I., 1997 : Biologie et physiologie de l'olivier. In: Plaza, S., Janes, A. (Eds.). Encyclopédie Mondiale de l'Olivier. Servers Editorials Estudi Balm, Barcelona, Spain, pp. 61-110.