

Évaluation De L'effet De La Dose D'Irrigation Sur La Clémentine Citrus Reticulata Swingle Var. Sidi Aissa Greffe Sur Le Porte Greffe Macrophylla Dans La Région Du Gharb

I.Kaidi^{1,2}, L. Messaoudi¹, Z. Messaoudi², M. Fagroud², A. Bakkali³,

¹(Département De Chimie, Université Moulay Ismail, Faculté Des Sciences, MAROC)

²(Département Arboriculture Fruitière Oléiculture Viticulture, Ecole Nationale d'Agriculture De Meknès, MAROC)

³(Département Biotechnologie, Institut Nationale De Recherche Agronomique De Meknès, MAROC)

Corresponding Author: I.Kaidi1

Abstract: Introduction : Au Maroc, les agrumes sont plantés dans différentes régions à conditions variées du sol et du climat. Dans la majorité de ces régions, les agrumes se trouvent souvent dans des situations de manque d'eau saisonnier. Ainsi, le recours à l'irrigation raisonnée est dès lors inévitable pour assurer une production stable et durable. L'étude du comportement de l'association variété x porte-greffes vis-à-vis le déficit hydrique se situe parmi les voies les plus adaptées pour déterminer la dose la plus adéquate en termes d'utilisation en eau et d'adaptation aux conditions de sécheresse.

Objectif : Notre travail vise à étudier la réponse à un déficit hydrique des plants de clémentine *Citrus reticulata* Swingle var. Sidi Aissa greffé sur *Macrophylla* par le suivi de quelques paramètres physiologiques liés à la production dans l'objectif de sélectionner les doses les plus optimales n'affectant pas la production aussi bien quantitative que qualitative.

Matériel et méthodes : Des arbres plantés en 2008 dans la région du Gharb ont été soumis à quatre régimes hydriques de 50%, 75% 100 % et 125 % de l'Evapotranspiration de référence ET₀. L'expérimentation a été disposée en un split-plot à quatre traitements. Les paramètres morphologiques mesurés ont été la longueur de la pousse végétative sur quatre mois, le nombre total de fruit ainsi que les mesures de leurs calibres et le rendement total. Les paramètres qualitatifs étudiés ont été la teneur en sucres (taux °Brix), la teneur en acidité, le pH et le taux de jus des fruits récoltés pour chaque dose.

Résultats : Les paramètres végétatifs et du rendement n'ont pas été affectés par le stress hydrique appliqué, mais on note quelque différence selon les doses testées. Le stress hydrique a induit une augmentation de la teneur en sucres solubles au niveau des fruits. Le manque d'eau n'affecte pas d'une manière significative les caractéristiques physiologiques et qualitatifs des fruits de la clémentine Sidi Aissa greffé sur la *Macrophylla*.

Conclusion et application : Dans les conditions du Gharb au Maroc, où les sols sont lourds et contiennent beaucoup de limons et d'argiles, il est préférable de diminuer les quantités apportées pour les agrumes spécialement la variété Sidi Aissa greffés sur le porte greffe *Macrophylla* à 50% ou à 75% de l'ET₀.

Mots clés : clémentine, dose d'irrigation, évapotranspiration, Sidi Aissa, *Macrophylla*.

Date of Submission: 03-08-2018

Date of acceptance: 21-08-2018

I. Introduction:

Au Maroc, le secteur des agrumes joue un rôle socio-économique important, il occupe une superficie de 117.000 ha, dont 47% des exploitations sont équipées en système d'irrigation, avec une production moyenne de l'ordre de 2 MT/an.

Ainsi, la filière contribue à l'amélioration des revenus d'environ 13.000 producteurs et génère près de 21 millions de journées de travail (MJT) par an [MAPM, 2016].

Les exportations d'agrumes, oscillant autour d'une moyenne de 500.000 T par an, représentent une source importante de devises avec l'équivalent de près de 3 milliards DH/an [MAPM, 2016].

Par ailleurs, l'eau est le principal facteur limitant de la productivité notamment dans les régions méditerranéennes. Les changements continus du climat se caractérisent principalement par une diminution de la disponibilité de l'eau et d'augmentation de la température. Vers 2050, les quantités de précipitations dans les pays du nord de l'Afrique seraient réduites de 20-50% par rapport aux valeurs moyennes actuelles (Ragab et Prudhomme, 2002).

Le déficit hydrique est le facteur majeur qui limite le développement des plants dans plusieurs régions dans le monde (Chaves et al., 2003). A l'instar des arbres fruitiers, les agrumes sont souvent exposés aux

conditions de sécheresse, et plus fréquemment dans les régions aride et semi-aride. Pour faire face à la pénurie d'eau, les chercheurs ont développé de nouveaux porte greffes (Macrophylla) tolérants aux manques d'eau. Le déficit hydrique sévère affecte négativement la productivité des plants d'agrumes à différents niveaux, via la diminution de la croissance et le métabolisme et par conséquent une réduction du rendement et la qualité des fruits (Zekri,1991 ; Gonzalez-Altozano et al., 2000 Wu et al., 2008 ; Rodriguez-Gamir et al., 2010 et 2011 ; Beniken et al., 2011).En fait, la fermeture des stomates est la première réponse observée chez les plantes en situation de manque d'eau. Cette fermeture des stomates provoque une diminution de la transpiration et limite les échanges gazeux notamment l'assimilation du CO₂. Il s'en suit, une chute du taux de photosynthèse qui provoque une réduction de la formation de la biomasse et de la croissance (Syvertsen et al., 1988; Zekri, 1991; Karmer et Boyer, 1995; Tezara et al., 2002; PérezPérez et al., 2008; Rodriguez-Gamir et al., 2010 et 2011; Hutton et Loveys, 2011).

Le degré de résistance des plants vis-à-vis le stress hydrique varie selon l'espèce, la variété et les porte-greffes. En effet,l'influence du porte-greffe sur la réponse de la variété au stress hydrique a été rapporté par plusieurs chercheurs sur beaucoup de cultures à savoir le pommier (Cohen et Naor 2002), le pêcher (Weibel et al., 2003), la vigne par Ozden et al. (2010), le pistachier (Gijon et al., 2010) et les agrumes (Hugo et al., 2004 ;Yonemoto et al. 2004 Rodriguez-Gamir et al., 2010 et 2011).

Le présent travail vise à évaluer la réponse au stress hydrique de la clémentine Sidi Aissa greffée sur le Macrophylla ; cette association a été choisie selon son importance dans les nouvelles plantations d'agrumes au Maroc. A travers cette étude, nous cherchons à :

- i) Évaluer l'effet de stress hydrique sur quelques paramètres liés à la production ;
- ii) Sélectionner lesdoses optimalespour une optimisation de la gestion d'eau pour l'association variété x porte-greffes étudiée.

II. Materiel Et Methodes

2.1. Matériel végétal et conduite de l'étude :

L'étude a été réalisée sur trois ans, (2013,2014 et 2015)dans un verger d'agrumes plantés en 2008 de la variété clémentine Citrus reticulata Swingle var. Sidi Aissa greffée sur le Macrophylla. La parcelle se situe dans la région du Khenichat au Gharb à 100 km à l'Est de Rabat aux coordonnées 34°24, 933 N et 5°41,781 O.

Le sol est limono-argileux avec une teneur moyenne en CaCO₃ de 10-13%, riche en matière organique, avec une moyenne de 2,1% dans la couche superficielle du sol (0-30 cm).

La plantation est réalisée sur des lits de plantation surélevés (système d'ados). Leur hauteur varie entre 60 à 70 cm et d'environ 4 m de largeur. La densité de plantation est de 6m entre les lignes et 2m entre les arbres. La parcelle est équipée en système d'irrigation localisée du type goutte à goutte. Chaque ligne de plantation dispose de deux rampes en polyéthylène, munie de goutteurs intégrés autorégulant, écartés uniformément de 1m sur la rampe et avec un débit de 4 l/heure.

Au cours de l'expérience, tous les arbres ont été conduits de la même manière, sauf pour l'irrigation où différents niveaux d'eau ont été appliqués entre les mois d'Avril et Octobre de chaque année d'expérience. Évapotranspiration des cultures (ETC) a été estimé que le produit de l'évapotranspiration de référence (ET₀) obtenue avec le modèle Hargreaves (G. H. Hargreaves, 1994) et les coefficients de culture recommandées par la FAO.

L'étude a porté sur un total de 120 arbres répartis sur 3 lignes de plantation, soit 40 arbres par ligne. Pour chaque 10 arbre, on a appliqué une dose d'irrigation T50=50% ET₀, T75= 75% ET₀, T100= 100% ET₀ et T125=125 % ET₀.

Les plants ont été irrigués chaque jour et durant toute la période d'étude.

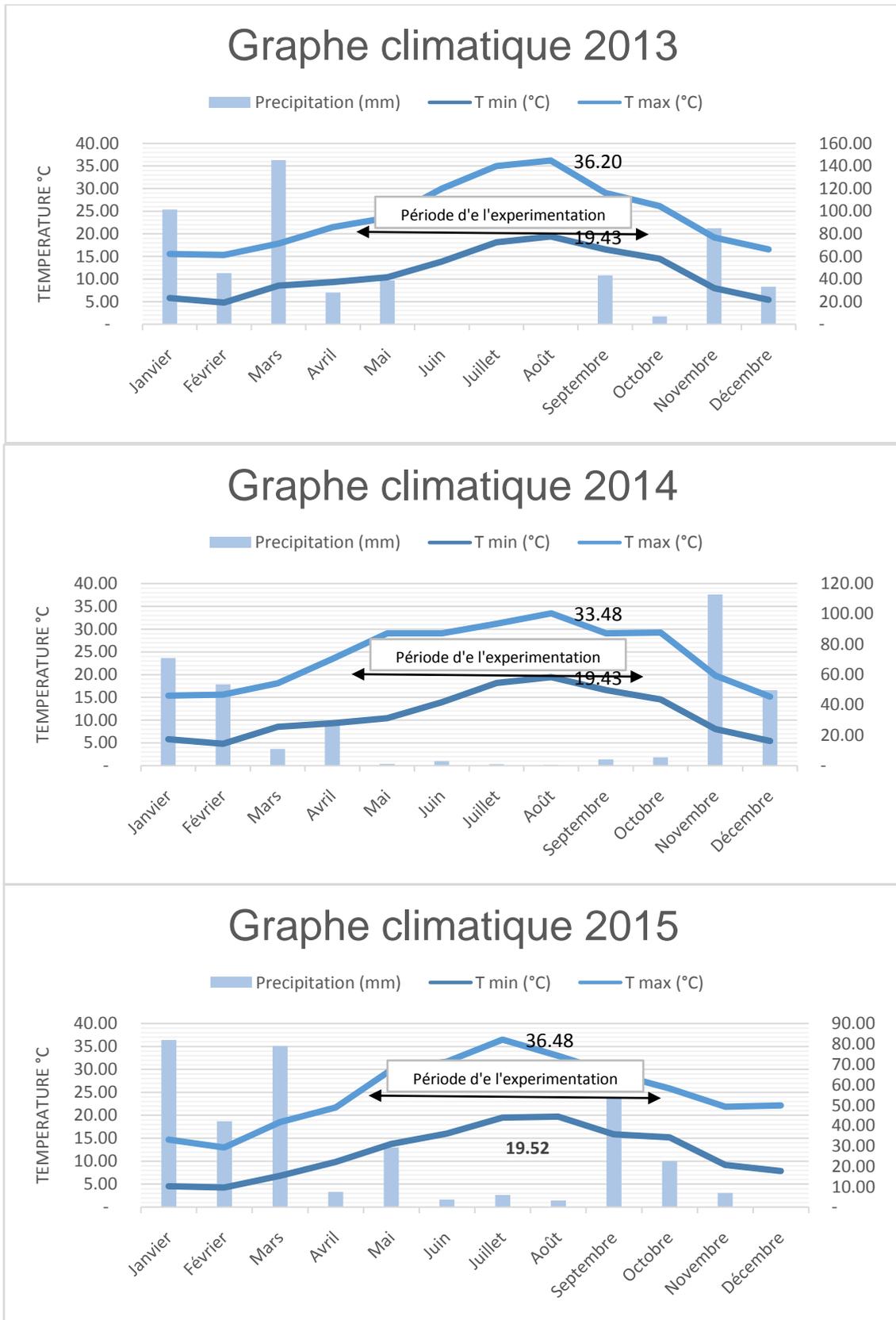


Figure 1 :Températures minimale, maximale et précipitations mensuels des 3 années de l'expérimentation

Dans la figure 1, on remarque que la période entre Avril et Septembre est généralement très chaude surtout au mois de Juillet et au mois d'Août avec une moyenne de précipitation assez bas.

Cette même période coïncide avec la phase la plus critique chez les agrumes surtout qu'elle englobe la floraison, le début nouaison et le début du grossissement des fruits.

Généralement au Maroc et précisément dans la région du Gharb on connaît une période au mois de Mai et au mois de Juin des vents Sud-Ouest très chauds connu par le nom du « Chergui » et qui affecte très clairement la production de l'année surtout qu'ils coïncident avec la période du début nouaison très vulnérable à tout changement de températures.

C'est pour cette raison que la plupart des producteurs de la région consomment beaucoup d'eau dans l'objectif d'atténuer les effets négatifs de ces hausses de température.

2.2. Les mesures effectuées

- **Paramètres liés au rendement :**

Pendant 3ans et pour chaque dose appliquée et chaque arbre, la longueur des nouvelles pousses a été mesurée à l'aide d'une règle plate (4 pousses par arbre et 3arbres /dose).Le diamètre de fruits a été évalué par un pied à coulisse, le nombre de fruits/pousse a été compté et le rendement par arbre a été pesée après la récolte.

- **Paramètres liés à la qualité :**

L'effet des doses d'irrigation sur la qualité des fruits a été évalué par des mesures du poids de fruit, de la teneur en sucre, de l'acidité et du pH. Tous les paramètres ont été mesurés sur vingt fruits mûrs par répétition.La teneur en sucre a été déterminée en gouttes de jus de fruit par des mesures d'indice réfractométrie (°Brix) en utilisant un réfractomètre.

L'acidité a été déterminée par titrage de 10 ml de jus mélangé avec 50ml d'eau distillée auquel trois gouttes phénophtaléine sont ajoutées. L'acidité totale du jus des fruits est exprimée en g acide citrique/litre de jus en multipliant par un coefficient de 0.0064 pour tenir compte de la masse molaire de ce dernier.

- **Analyse statistique :**

L'analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée en utilisant le logiciel SPSS. Les comparaisons moyennes ont été effectuées en utilisant le test Student. Un facteur de classification a été utilisé qui est la dose d'apport d'eau.

III. Resultat & Discussions :

3.1. Résultat :

Tableau 1 : Paramètres végétatifs et de production de la variété Sidi Aissa /Macrophylla sous différents régimes hydriques. Moyenne et écart-type sont calculés sur 3 ans de la période de l'étude.

Paramètres	Année	125% ET0	100% ET0	75% ET0	50% ET0
Pousse	2013	28,2±8,0 ^a	26,9± 6,2 ^{ab}	24,5±8,0 ^{ab}	23,0 ± 5,0 ^b
	2014	31,4±8,2 ^a	29,0± 6,3 ^{ab}	24,5±6,2 ^{bc}	20,3 ±6,5 ^c
	2015	32,7±7,3 ^a	29,1 ± 6,4 ^a	24,8± 5,9 ^b	15,8±2,8 ^c
Nombre Fruit	2013	17,1±2,9 ^a	16,0±2,3 ^{ab}	17,1±2,8 ^a	14,6±2,9 ^b
	2014	2,0±1,0 ^a	2,6± 1,7 ^{ab}	3,0±0,9 ^b	2,1± 1,1 ^a
	2015	6,6±1,8 ^a	7,5±1,4 ^a	7,7±1,9 ^a	7,2± 1,8 ^b
Rendement Kg/Arbre	2013	47,9±11,1 ^a	48,2±8,9 ^a	48,6±14,0 ^a	47,7±10,5 ^a
	2014	31,2±4,0 ^a	32,6± 2,9 ^a	33,2±5,3 ^a	29,6 ± 3,4 ^a
	2015	44,7± 5,5 ^a	55,3±4,6 ^b	54,7±3,1 ^b	35,7±3,4 ^c

- **Effet de la dose d'irrigation sur la longueur de la pousse végétative :**

Il ressort que la longueur de la pousse végétative est plus grande chez le régime 125% ET0 alors que c'est moins intéressant chez le régime 50% ET0. Aussi pour les régime 75% ET0 et 100% ET0, la longueur de la pousse végétative évaluée n'est pas affectée par la dose d'irrigation moins chez la dose 75% ET0 et plus annoncé chez la dose 50% ET0. Cependant, l'étude statistique n'a pas révélé une différence significative entre les 3 années (Tableau 1). En effet, la longueur des pousses est plus élevée sous le régime 125 % ET0 que celui de 100 % ET0. Plus on apporte de l'eau plus la longueur de la pousse augmente.

- **Effet de la dose d'irrigation sur le nombre de fruit :**

On remarque qu'on n'a pas de différence significative entre la dose T125, T100 et T75 pendant la 1ere année de l'expérimentation et il est clair que la dose T75 est la meilleure dose par rapport aux autres traitements.

Aussi il est clair que la dose T75 reste la meilleure dose au fil des années de l'essai malgré que remarque une alternance flagrante entre ANNEE-ON et ANNEE-OFF.

- **Effet de la dose d'irrigation sur le rendement :**

Pendant les 2 premières années de l'expérimentation (2013 et 2014), on remarque que les rendements correspondant à toutes les doses d'irrigation T125, T100, T75 et T50 n'enregistrent aucune différence significative malgré que les meilleurs rendements sont enregistrés chez les T100 et T75.

Cependant, pendant la dernière année de l'essai, on remarque clairement que les doses T50 et T125 enregistrent des rendements faibles et même significativement différents par rapport au deux autres traitements T75 et T100.

Tableau 2 : Paramètres de qualité de la variété Sidi Aissa /MACrophylla sous différents régimes hydriques. Moyenne et écart-type sont calculés sur 3 ans de la période de l'étude.

Paramètres	Années	125% ET0	100% ET0	75% ET0	50% ET0
Poids Fruit	2013	73,9 ± 10,9 ^a	72,8 ± 11,8 ^a	70,8 ± 11,6 ^a	68,5 ± 9,9 ^a
	2014	78,8 ± 12,4 ^a	74,2 ± 11,7 ^a	74,4 ± 13,5 ^a	72,8 ± 13,2 ^a
	2015	73,4 ± 9,0 ^a	72,9 ± 11,9 ^a	71,6 ± 10,6 ^a	68,3 ± 11,2 ^a
calibre	2013	50,8 ± 6,3 ^a	49,1 ± 5,4 ^a	49,3 ± 6,1 ^a	45,8 ± 5,2 ^b
	2014	57,2 ± 5,8 ^a	57,4 ± 5,1 ^a	58,1 ± 6,4 ^a	61,5 ± 5,3 ^b
	2015	47,2 ± 5,7 ^a	47,5 ± 5,8 ^a	46,5 ± 5,1 ^{ab}	45,8 ± 4,5 ^b
Brix Fruit	2013	6,9 ± 0,9 ^a	6,9 ± 0,6 ^a	6,9 ± 0,6 ^a	7,3 ± 0,5 ^a
	2014	6,9 ± 1,9 ^a	6,6 ± 1,6 ^a	7,0 ± 1,8 ^a	7,4 ± 2,0 ^a
	2015	7,0 ± 0,9 ^a	6,9 ± 0,6 ^a	6,9 ± 0,6 ^a	7,3 ± 0,5 ^a
Acidité Fruit	2013	13,8 ± 1,2 ^a	14,8 ± 1,0 ^{ab}	15,4 ± 1,5 ^b	15,7 ± 0,4 ^b
	2014	13,8 ± 1,3 ^a	14,8 ± 1,0 ^{ab}	15,4 ± 1,5 ^b	15,5 ± 0,6 ^b
	2015	14,0 ± 1,2 ^a	14,9 ± 0,6 ^{ab}	15,5 ± 1,5 ^b	15,6 ± 0,4 ^b
pH Fruit	2013	3,3 ± 0,0 ^a			
	2014	3,5 ± 0,1 ^a	3,3 ± 0,0 ^b	3,4 ± 0,1 ^{ab}	3,4 ± 0,1 ^{ab}
	2015	3,3 ± 0,1 ^a	3,4 ± 0,1 ^a	3,3 ± 0,1 ^a	3,4 ± 0,1 ^a

● **Effet de la dose d'irrigation sur le calibre des fruits :**

D'après le tableau 2, on remarque que le régime 125% ET0 a enregistré le calibre le plus intéressant alors que le régime 100% ET0 était le moins important.

Aussi il faut noter que pendant les 3 années de l'expérience on note une différence significative entre la dose d'irrigation 50% ET0 et les autres doses d'irrigation, cela peut être expliqué par le nombre faible de cette dose T25.

Pendant la dernière année de l'expérimentation on remarque la dose 75% ET0 n'enregistre pas une différence significative par rapport à la dose 50% ET0.

● **Effet de la dose d'irrigation sur le poids des fruits :**

Le poids des fruits n'a enregistré aucune différence significative entre les doses d'irrigation et pendant les 3 années de l'expérience.

3.2. Discussions :

Les variations des niveaux de rendement ont été en grande partie liées à la variation du poids du fruit comme on remarque dans le tableau 2, car l'expérimentation a commencé dès le début de la floraison de chaque année et qu'il n'y avait pas de différence dans la chute physiologique des fruits.

La floraison, comme d'autres processus physiologiques, impliquent le contrôle des gènes, de l'environnement et des pratiques culturelles. La plupart des cultivars cultivés fleurissent profusivement, en particulier dans les cultivars intercalaires « alternatifs » et « orbitaux », et sur plus de 100 000 fleurs par arbre (Erickson et Brannaman, 1960 ; Monselise, 1977 ; Agustfeta, 1982). Selon le cultivar, 90 à 99% des fleurs abondantes et finales sont inférieures à 1% (Agustfeta, 1982; -Otmami et al., 1992). Pendant que les fleurs "hors-saison" sont récoltées.

Divers indices environnementaux provoquant la floraison dans les plantes sont la photopériode, les basses températures, le stress hydrique et les combinaisons de ces facteurs. « T. L. Davenport University of Florida, IFAS Tropical Research and Education Center 18905 SW 280 St. Homestead, FL 33031 »

Dans toutes les doses testées, Le rendement en fruits obtenu avec le traitement 75% ET0 était statistiquement égal à celui obtenu en irrigation complète 100% ET0 et même à la dose 125% ET0 dans la première année. Le même résultat a été obtenu pendant les 3 années de l'expérimentation, malgré qu'on remarque le phénomène d'alternance (Année On et Année Off). Cependant, dans la dose 50% ET0, ce traitement a affecté le rendement en fruits qui a été réduit presque de 30% (tableau 1). Cette diminution du rendement serait également due à la variation de la vigueur des arbres du essentiellement à la diminution de la dose d'irrigation. Par la suite, la diminution du rendement de la variété Sidi Aissa au stress hydrique est estimée à 30% seulement. Les changements observés dans le poids des fruits et le rendement des fruits sont en contradiction avec les résultats obtenus par d'autres auteurs (J. Girona et al., T. Sotiropoulos et al., A. M. Boland et al.) qui ont rapporté que la diminution de la dose d'irrigation appliquée à un stade donné du fruit affecte le développement des fruits, il se peut que si on continue l'essai ce résultat se confirme avec la succession des années de stress hydrique.

Dans d'autres études, il y a une augmentation du poids et du rendement des fruits lorsque les arbres ont été soumis à une diminution d'eau de 50% ET0 au cours du stade II (D. J. Chalmers et al., P. D. Mitchell et al.).

Pour l'amande, les résultats trouvés correspondent à ceux obtenus par d'autres auteurs (M. Valverde et al., D. A. Goldhamer) qui concluaient que la déduction des apports d'eau diminuait la teneur en eau des grains sans effet significatif sur le poids du fruit à maturité. De même, pour la prune, le même résultat a été obtenu par

Battilani, Intrigliolo et Caste. Cependant, dans d'autres expériences, il a été conclu que le poids et le rendement des fruits augmentent lorsque les arbres sont soumis à une réduction au cours de l'étape II (B. D. Lampinen et al., 1995).

Les résultats contradictoires peuvent être dus à des différences dans la texture du sol, la profondeur du sol et la capacité de rétention d'eau du sol de l'essai par rapport à d'autres.

Dans l'année Off qui correspond à l'année 2014, le traitement T75, qui n'a pas eu d'effet sur le rendement en fruits, a permis une amélioration de 8% par rapport au traitement T100. La même amélioration a été assurée par le traitement T50 sous lequel le rendement de fruit a augmenté par rapport au T100.

Un stress hydrique modéré ou prolongé favorise la floraison chez les agrumes (Nir et al., 1972 ; Southwick et Davenport, 1986). Par ailleurs, le degré de l'initiation florale est proportionnel à l'intensité et à la durée du stress hydrique (Southwick et Davenport, 1986).

Le stress hydrique peut être particulièrement dangereux au cours de la mise à fruits, conduisant à une chute massive de petits fruits (Monselise, 1986 cité par Eliezer E.), alors que pendant notre expérimentation, on n'a pas remarqué ces conclusions.

- **Effet du stress hydrique sur la qualité des fruits :**

Pour les fruits consommés à l'état frais, le rapport sucres/acidité est un critère principal de qualité. Une sécheresse précoce pendant le développement du fruit induit une amélioration de la qualité par augmentation de la concentration en sucres et de l'intensité de la couleur rouge du fruit. Une sécheresse plus tardive, pendant la phase de croissance rapide du fruit, diminue non seulement la taille du fruit mais aussi sa teneur en glucides et la crise climactérique intervient plus précocement ainsi que la diminution de la concentration en acide malique. Une légère sécheresse est souvent favorable à la qualité de ce point de vue, car elle augmente la concentration en acides organiques (Tardieu et al., 2006 cité par Tahi, 2008).

Le déficit hydrique affecte la qualité du fruit en agissant également sur la concentration de certains composants organiques issus du métabolisme secondaire et ayant un rôle important dans la détermination de la qualité, tels que les composés phénoliques. Des travaux sur la vigne d'Ojeda et al. (2002) (cité par Tahi, 2008) montrent un effet positif d'un léger stress hydrique sur ces composés. Des résultats similaires sont rapportés en relation avec certains composés du métabolisme secondaire chez la tomate (Dumas et al., 2003 cité par Tahi, 2008). Là aussi, le stade de développement pendant lequel le déficit hydrique a lieu à une grande importance sur les concentrations finales en composés phénoliques.

Chez le pêcher un stress hydrique durant les phases I et II de la croissance du fruit, n'affecte pas le rendement alors qu'un stress hydrique durant la phase III a diminué le calibre du fruit (Berman et Dejong, 1996 ; Naor et al., 1999 cité par Naor et al., 1999) et a changé quelques attributs de qualité (Naor et al., 2001).

L'acidité et la teneur en sucre sont restées inchangées significativement avec la variation des traitements d'irrigation dans les 3 années de l'expérimentation. La relation entre l'augmentation de la teneur en sucre dans la pêche et celle du niveau de stress hydrique n'est pas linéaire (Razouk et al 2013). En effet, les deux traitements de stress T50 et T75 augmentent la teneur en sucre par le même taux, d'une moyenne de 0.88 °Brix. Aussi, l'acidité a augmenté pour les doses T50 et T75. Les changements observés dans la qualité de la clémentine Sidi Aissa montrent que la restriction en eau induit une amélioration de la qualité du fruit en augmentant la concentration en sucre accompagnée d'une diminution de la concentration en acides organiques. Les mesures du pH sont presque les mêmes surtout les régimes hydriques avec l'observation d'un minimum chez la dose T100.

Une étude menée par Probesting et al. (1945) cité par Bruce et al. (1995) a été destinée à déterminer la quantité minimale d'eau nécessaire pour conserver les arbres du prunier en vie durant de sévères manques d'eau. Un stress hydrique qui fournit 50 % et 75 % d'ET₀ durant la saison diminue le rendement, le calibre des fruits, et le développement du tronc.

Pour le pommier, l'augmentation du fruit 25- 30 jours après la chute du pétale est principalement due à l'expansion cellulaire. Cette expansion cellulaire est très dépendante d'une provision adéquate hydrique. Les premières réponses à un déficit hydrique par un pommier sont cette augmentation du fruit qui se ralentit (Bruce et al. 1995).

IV. Discussion Et Conclusions

Notre travail vise à compléter le travail fait par Beniken et al en 2013 et qui a étudié la réponse à un déficit hydrique de la clémentine Sidi Aissa greffé sur cinq porte-greffes d'agrumes différents par le suivi des paramètres de la croissance, la conductance stomatique, la teneur en chlorophylle (SPAD) et la teneur en sucres solubles dans les feuilles dans un but de sélectionner les porte-greffes présentant un potentiel de résistance au stress hydrique.

Le travail était sur des plants âgés d'un an, cultivés en pots de plastique (10 L) sous une serre. Ils ont été soumis à deux régimes hydriques de 100 % et 50 % de la capacité au champ (Hcc) du substrat. L'expérimentation a été disposée en un split-plot à deux traitements.

En conditions de déficit hydrique extrême (50 % ET0) *Citrus macrophylla* procurent à la clémentine Sidi Aissa les meilleures aptitudes à résister aux conditions de stress hydrique par l'augmentation de la teneur en sucre solubles au niveau des feuilles et par le maintien de la conductance stomatique à des valeurs élevées en conditions de déficit hydrique sévères.

Notre expérimentation étudie la combinaison Sidi Aissa greffé sur *Macrophylla* sur des arbres plantés en plein champs et qui sont en production (âgés de 5ans) sous différent régime hydrique 50% ET0, 75% ET0, 100% ET0 et 125% ET0. Aussi notre travail s'oriente plus vers les paramètres de production à savoir nombre de fruit, le calibre des fruits et le rendement de la variété ; et des paramètres de qualités des fruits : poids des fruits, ° Brix, Acidité et le pH.

Le déficit hydrique est l'un des facteurs environnementaux affectant le plus la croissance et le développement des plantes (Aslam, 2006). Les agrumes sont très consommatrices en eau, leurs besoins annuels varient entre 800 et 1200 mm. Ces plantations d'agrumes sont souvent exposées aux situations de déficit hydrique surtout dans les régions aride et semi-aride. La sélection de génotypes tolérants à la sécheresse est de grande importance pour remédier à cet aléa climatique (Richards et al. 2002).

Dans le présent travail, nous avons mis en évidence l'effet de la diminution de la dose d'irrigation sur la combinaison Sidi Aissa greffé sur la *Macrophylla* par l'analyse de l'impact du régime hydrique sur la croissance de la pousse végétative, le nombre et le calibre des fruits, La réponse de la variété greffée au stress hydrique est influencée par le porte-greffe utilisé chez plusieurs cultures comme le pommier (Cohen et Naor 2002), le pêcher (Weibel et al., 2003) et le pistachier (Gijon et al., 2010).

Dans cette expérimentation, nous avons montré que la dose d'irrigation n'a pas un effet significatif chez les plants de la clémentine Sidi Aissa greffé sur la *Macrophylla*. Une tolérance du porte greffe *Macrophylla* au déficit hydrique a été également approuvé dans cette étude.

Sous des conditions de déficit hydrique sévère (50 % ET0) une variabilité de réponse entre les années a été observé pour le rendement de la variété. Notre expérimentation a également mis en évidence que le déficit hydrique n'a pas un effet significatif sur la qualité des fruits ainsi que sur les paramètres végétatifs de la variété. Nos résultats sont en concordance avec ceux rapporté par Beniken et al. (2013), Razouk (2013). La conductance stomatique a été utilisée dans plusieurs études pour détecter les effets du déficit hydrique sur le fonctionnement du système photosynthétique (Souza et al., 2004). Plusieurs études ont rapporté que lorsque le stress hydrique est ressenti par les plants, la première réaction à court terme consiste à la réduction de la conductance stomatique pour éviter la perte de l'eau par transpiration et à moyen terme par des augmentations de la croissance des racines pour maximiser l'absorption de l'eau (Kramer et Boyer, 1995).

Selon Tezara et al. (2002) et Rodriguez-Gamir et al. (2010), la diminution de la conductance des stomates provoque une réduction de la transpiration et, par conséquent, une diminution de la photosynthèse. Rodriguez-Gamir et al. (2010), Hutton et Loveys (2011) et De Campos et al. (2011) ont rapporté dans leurs études que le stress hydrique a provoqué une diminution de la conductance stomatique et le taux de la photosynthèse chez les agrumes. Egalement, Beniken et al. (2011) ont rapporté qu'un stress hydrique affecte négativement le taux de transpiration chez les porte-greffes d'agrumes testés.

Dans notre étude, nous avons remarqué que sous des conditions de déficit hydrique sévère et prolongé, la fermeture des stomates et des changements de la croissance des racines ne confie pas aux plantes une protection contre la perte d'eau de leurs tissus (déshydratation) (Verslues et al., 2006). De ce fait, et sous ces conditions de stress sévère, les plantes développent d'autres mécanismes de tolérance qui consistent à l'accumulation de solutés qui réduit le potentiel osmotique au niveau cellulaire par l'ajustement osmotique (Zhang et al., 1999). Les résultats obtenus dans notre étude montrent que les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des nombres de fleurs qui se sont traduits par un nombre élevés de fruits. Cette augmentation est une réaction aux conditions de stress hydrique, permettant de maintenir un maximum de fleurs au niveau des plantes. Dans notre étude, le calibre des fruits de la clémentine Sidi Aissa a également augmenté sous l'effet du nombre réduit de fruits.

Le contenu en sucres solubles le plus élevé a été observé chez les régimes hydriques 50% ET0 et 75% ET0, alors que le plus faible était enregistré pour les régimes hydriques 100% ET0 et 125% ET0. Des résultats similaires ont été rapportés chez les agrumes par Hugo et al. (2004), Gomez Cadenas et al. (1996) et Beniken et al. (2011). Ces chercheurs ont observé que le contenu en sucres solubles totaux dans les feuilles des porte-greffes d'agrumes augmente avec la sévérité du stress hydrique appliqué. Cette augmentation de la concentration en sucres pourrait être un paramètre d'adaptation aux conditions du déficit hydrique ce qui permet de maintenir une intégrité cellulaire élevée au niveau des tissus des plantes (Kameli et Losel, 1995). Ceci permettrait à la plante de maintenir de l'eau au niveau des cellules suite à une augmentation du potentiel osmotique intracellulaire (Fischer et Holl, 1991). Dans ce sens, il a été rapporté que l'accumulation de sucres

solubles était fortement corrélée à l'acquisition de la tolérance à la sécheresse chez les plantes (Hoekstra et Buitink, 2001).

En guise de conclusion, nous avons montré dans cette étude que le stress hydrique n'a pas un effet significatif sur les paramètres végétatifs, de production et de qualités de la variété clémentine Sidi Aissa. Finalement, sur la base des résultats que nous avons obtenus dans les conditions de notre expérimentation, nous avons montré que les doses d'irrigation 50% ET0 et 75% ET0 appliqués sur la clémentine Sidi Aissa greffées sur la *Macrophylla* donnent des résultats très satisfaisants dans les conditions de déficit hydrique. Tandis que, les doses 100% ET0 et 125% ET et qui sont les plus fréquents dans la région du Gharb au Maroc n'ont pas une valeur ajoutée.

Références Bibliographiques :

- [1]. Battilani, "Regulated Deficit of Irrigation Effects on Growth and Yield of Plum Tree," *Acta Horticulturae*, No. 664, 2004, pp. 55-62.
- [2]. M. Boland, P. H. Jerie, P. D. Mitchell and I. Goodwin, "Long-Term Effects of Restricted Root Volume and Regulated Deficit Irrigation on Peach: II. Productivity and Water Use," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol. 125, No. 1, 2000, pp. 143-148
- [3]. Beniken L., Benazouz A., Talha A. et Beqqali M. 2007. Effet de la dose d'irrigation sur les agrumes: cas de la variété Navel/citrange Troyer sur un sol sableux dans le site d'El Menzeh (Gharb, Maroc). *AL AWAMIA* 121, pp :47-61.
- [4]. Beniken L., Beqqali M., Dahan R., Benkirane R., Omari F.E., Benazouz A. et Benyahia H. 2011. Evaluation de la résistance de dix porte-greffes d'agrumes résistants à la tristezza vis-à-vis du déficit hydrique. *Fruits*, 66 (6). pp: 373-384.
- [5]. D. Lampinen, K. A. Shackel, S. M. Southwick, B. Ol-son and J. T. Yeager, "Sensitivity of Yield and Fruit Quality of French Prune to Water Deprivation at Different Fruit Growth Stage," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol. 120, No. 2, 1995, pp. 139-140.
- [6]. Bezzala A. 2005. Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Mémoire. Magistère en Sciences Agronomiques. Option : Forêt et conservation des sols. Université El Hadj Lakhdar Faculté des Sciences -Batna. Algérie. 143p.
- [7]. Castel W.S., Tucker D.P.H., Kerzдор A. H. and Youtsey C. O. 1993. *Rootstocks for Florida citrus*. Second Edition, SP-42. Inst. Food Agri. Sci. Univ. Fla. Gainesville, FL USA, 92p.
- [8]. Chaves, M.M., Maroco, J.P. and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought: from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.* 30. pp : 239-264.
- [9]. Cohen S. and Naor A. 2002. The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of apple trees and predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant Cell Environ.* N°25. pp: 17-28.
- [10]. A. Goldhamer, E. Fereres and M. Salinas, "Can Almond Trees Directly Dictate Their Irrigation Needs," *California Agriculture*, Vol. 57, No. 4, 2003, pp. 138-144. doi:10.3733/ca.v057n04p138.
- [11]. J. Chalmers, P. D. Mitchell and L. Van Heek, "Control of Peach Tree Growth and Productivity by Regulated Water Supply, Tree Density and Summer Pruning," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, No. 106, 1981, pp. 307-312.
- [12]. De Campos M.K.F., De Carvalho K., De Souza F.S., Celso Jamil Marur C. J., Luiz Filipe Protasio Pereira L.F.P, Filho J.C.B., Luiz Gonzaga Esteves Vieira L.G.E. 2011. Drought tolerance and antioxidant enzymatic activity in transgenic 'Swingle' citrusmelon plants over-accumulating proline. *Environmental and Experimental Botany*, 72. pp: 242-250.
- [13]. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith E. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances, *Allal. Chem.*, 28. pp: 350-356.
- [14]. Fischer C. and Höll W. 1991. Food reserves in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). I. Seasonal changes in the carbohydrate and fat reserves of pine needles, *Trees* 5. pp: 187-195.
- [15]. Flexas J., Escalona J.M. and Medrano H. 1999. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant Cell Environ.*, 22. pp: 39-48.
- [16]. Garcia-Sanchez, F. and Syvertsen, J.P. 2006. Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and Carrizo citrange rootstock seedlings is affected by CO2 enrichment during growth. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 131. pp: 24-31.
- [17]. Garcia-Sanchez, F., Jifon, J.L., Carvajal, M., Syvertsen, J.P. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na+ and Cl- accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. *Plant Sci.*, 162. pp: 705-712.
- [18]. Garcia-Sanchez, F., Perez-Perez, J.G., Botia, P., Martinez, V. 2006. The response of young mandarin trees grown under saline conditions depends on the rootstock. *Eur. J. Agr.*, 24. pp: 129-139.
- [19]. García-Sánchez, F., Syvertsen J.P., Gimeno V., Botía P. and Perez-Perez J.G. 2007. Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water use efficiency. *Physiology Plantarum*, 130. pp: 532-542.
- [20]. Garcia-Tejero I., Romero-Vicente R., Jiménez-Bocanegra J.A., Martínez-García G., Durán-Zuazo V.H., Muriel-Fernández J.L. 2010. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agricultural Water Management* 97. Pp : 689-699.
- [21]. Gijon M.C., Gimenez C., Perez-lopez D., Guerrero J., Couceiro J.F. and Moriana A. 2010. Rootstock influences the response of pistachio (*Pistaciavera* L. cv. Kerman) to water stress and rehydration. *Sci Hortic.* N° 125. pp:666-671.
- [22]. G. H. Hargreaves, "Defining and Using Reference Evapo- transpiration," *ASCE Journal of Irrigation Drainage Engineering*, Vol. 120, No. 6, 1994, pp. 1132-1139. doi:10.1061/(ASCE)0733-9437(1994)120:6(1132).
- [23]. Giuseppe Barbera and Ludovico Fenech. 1984. Effect of different rootstocks on some aspects of water physiology in the almond. *Options Méditerranéennes, CIHEAM* 84/II. pp: 63-73.
- [24]. Gollan T., Turner N.C. and Schulze E.D. 1985. The responses of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. *Oecologia* 65. pp: 356-362.
- [25]. Gomez-Cadenas Aurelio, Francisco R. Tadeo, Manuel Talon, and Eduardo Primo-Millo. 1996. Leaf abscission induced by Ethylene in Waterstressed intact seedlings of Cleopatra Mandarin Requires previous abscisic acid accumulation in roots. *Plant Physiol.* N° 112. pp 401-408.
- [26]. Gonzalez-Altozano, P. and Castel J.R. 2000. Regulated deficit irrigation in 'Clementina de Nules' citrus trees. II. Vegetative growth. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 75. pp: 388-392.
- [27]. Haghghatnia H., Nadian H. A. and Rejali F. 2011. Effects of mycorrhizal colonization on growth, nutrients uptake and some other characteristics of citrus volkameriana rootstock under drought stress. *World Applied Sciences Journal*, 13(5). pp: 1077-1084.

- [28]. Hireche Y. 2006. Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L.) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mmoire de magistère en sciences agronomique option : agrotechnie. Université Al Hadj Lakhdar – Batna. 83p
- [29]. Hoekstra F.A and Buitink J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends Plant Sci.*, 8(6). pp: 431–438.
- [30]. Hugo B. C. M., Celso J.M., Joao C.B.F., Adilson K.K., Marcos P., Rui P. L. J., Luiz F. P. P. et Luiz G. E. V. 2004. Osmotic adjustment in transgenic citrus rootstock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb.X *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. *Plant Science*. N° 167. pp : 1375-1381.
- [31]. Hutton R.J. and Loveys B.R. 2011. A partial root zone drying irrigation strategy for citrus- Effects on water use efficiency and fruit characteristics. *Agricultural Water Management*, 98. pp: 1485– 1496.
- [32]. J. Girona, M. Mata, A. Arbonès, S. Alegre, J. Rufat and J. Marsal. "Peach Tree Response to Single and Combined Regulated Deficit Irrigation under Shallow Soils," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol. 128, No. 3, 2003, pp. 432-440.
- [33]. Kameli, A. and Losel, D.M. 1995. Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. Plant. Physiol.*, 145. pp: 363-366.
- [34]. Kramer P.J. and Boyer J.S. 1995. *Water relations of plants and soils*. Academic Press, San Diego. Calif. USA, 1995, 495p.
- [35]. Lei, Y.B., Yin, C.Y., Li, C.Y., 2006. Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii* L. *Physiol. Plant*, 127. pp: 182–191.
- [36]. Martinez J.P., Silva H., Ledent J.F. and Pinto M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *Eur. J. Agr.*, 26 pp: 30–38.
- [37]. M. Valverde, R. Madrid and A. L. Garcia, "Effect of the Irrigation Regime, Type of Fertilization, and Culture Year on the Physical Properties of Almond (cv. Guara)," *Journal of Food Engineering*, Vol. 76, No. 4, 2006, pp. 584- 593.
- [38]. Nam N.H., Chauhan Y.S. and Johansen C., Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short-duration pigeonpea lines, *J. Agric. Sci.*, 136 (2001) 179–189.
- [39]. Ortuno M.F., Yelitzia Garcia-ORELLANA, Conejero W., Ruiz-Sanchez M.C., Alarco, J.J. Torrecillas A. 2006. Stem and leaf water potentials, gas exchange, sap flow, and trunk diameter fluctuations for detecting water stress in lemon trees. *Trees*. N° 20. pp: 1-8.
- [40]. Ozden M., Vardin H., Simsek M. and Karaaslan M. 2010. Effects of rootstocks and irrigation levels on grape quality of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz. *African Journal of Biotechnology*, 9(25). pp: 3801-3807.
- [41]. P. D. Mitchell and D. J. Chalmers, "The Effect of Reduced Water Supply on Peach Tree Growth and Yields," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, No. 107, 1982, pp. 853-856.
- [42]. Pérez-Pérez, J.G., Romero, P., Navarro, J.M. and Botia, P. 2008. Response of sweet orange cv 'Lane late' to deficit irrigation in two rootstocks. I: water relations, leaf gas exchange and vegetative growth. *Irrig. Sci.* 26. pp: 415–425.
- [43]. Rodríguez-Gamir J., Primo-Millo E., Forner J. B., FornerGiner M. A. 2010. Citrus rootstock responses to water stress. *Scientia Horticulturae* 126. pp: 95– 102.
- [44]. Rodríguez-Gamir J., Ancillo G., Aparicio F., Bordas M., Primo-Millo E., Ángeles F.G. M. 2011. Waterdeficit tolerance in citrus is mediated by the down regulation of PIP gene expression in the roots. *Plant Soil*. N° 347. Pp :91–104.
- [45]. Shenxi X., Qiang L., Xingyao X. and Lovatt, C.J. 2012. Effect of water stress on citrus photosynthetic characteristics. *Acta Hort.*(ISHS) 928. pp: 315-322.
- [46]. Syvertsen J.P. and Levy Y. 2005. Salinity interactions with other abiotic and biotic stresses in citrus. *Hort. Tech.*, 15. pp: 100-103.
- [47]. Syvertsen J.P., Lloyd J. and Kriedemann P.E. 1988. Salinity and drought stress effects in ion concentration, water relations and photosynthesis characteristics of orchard citrus. *Aust. J. Agric. Res.* 39. pp: 619-627.
- [48]. Tardieu F. and Simonneau T. 1998. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. *J. Exp. Bot.*, 49. pp: 419–432.
- [49]. Tezara W., Mitchel V., Driscul S.P., Lawlor D.W. 2002. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower, *Exp. Bot.* 53. pp: 1781–1791.
- [50]. T. Sotiropoulos, D. Kalfountzos, I. Aleksiou, S. Kotsopoulos and N. Koutinas, "Response of a Clingstone Peach Cultivar to Regulated Deficit Irrigation," *Scientia Agricola*, Vol. 67, No. 2, 2010, pp. 164-169.
- [51]. Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. and Zhu, J.K. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *Plant Journal*, 45. pp: 523–539.
- [52]. Weibel A., Johnson R.S. and Dejong T.M. 2003. Comparative vegetative growth responses of two peach cultivars grown on size-controlling versus standard rootstocks. *J Am. Soc. Hortic. Sci.* N° 128. pp:463–471.
- [53]. White, D.A., Turner, N.C., Galbraith, J.H. 2000. Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric *Eucalyptus* species planted in Mediterranean southwestern Australia. *Tree Physiol.*, 20. pp: 1157–1165.
- [54]. Wu Q.S., Xia R.X and Zou Y.N. 2008 Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress, *Eur. J. Soil Biol.*, 44. pp: 122–128.
- [55]. Yonemoto Yoshimi, Kazunori Matsumoto, Tadashi Furukawa, Masaaki Asakawa, Hitoshi Okuda, Toshio Takahara. 2004. Effects of rootstock and crop load on sap flow rate in branches of 'Shirakawa Satsuma' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Horticulturae*, 102. pp: 295–300.
- [56]. Zekri M. 1991. Effect of PEG induced water stress on tow citrus cultivars. *Journal of plant nutrition* Vol. 14. N°: 1. pp: 59-74.
- [57]. Zhang, J., Nguyen, H.T. and Blum, A. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot.*, 50. pp: 292–302.

* I.Kaidi. " Évaluation De L'effet De La Dose D'irrigation Sur La Clémentine Citrus Reticulata Swingle Var. Sidi Aissa Greffe Sur Le Porte Greffe Macrophylla Dans La Région Du Gharb." *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* 11.8 (2018): 68-76.