



Effet de la dose d'irrigation sur les agrumes : Cas de la variété Navel greffé sur citrange Troyer sur un sol sableux dans le site d'El Menzeh (Gharb, Maroc).

Beniken L.¹, Benazouz A.¹, Talha A.¹ et Beqqali M.²

¹ Institut National de la Recherche Agronomique, Unité de Recherche sur l'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phytogénétiques, Centre Régional de la Recherche Agronomique de Kenitra – INRA Maroc, Km 9, Route de Sidi Yahia, Kenitra. Maroc.

² Institut National de la Recherche Agronomique, Département d'Environnement et Conservations des Ressources Naturelles, Division Scientifique, Rabat.

Auteur correspondant : e-mail : beniken_lhou@yahoo.fr

Résumé

Le présent travail est une contribution à l'étude des problèmes de gestion des irrigations des agrumes dans le contexte édapho-climatique d'El Menzeh dans la région de Gharb. L'essai a été conduit dans le Domaine Expérimental El Menzeh. Cette étude a été portée sur les arbres de Navel greffé sur le citrange Troyer planté sur un sol sableux et dont le système d'irrigation est converti en micro-jet en 2006. Cette étude a pour objectifs de déterminer les besoins en eau et les effets de la dose d'irrigation sur la croissance, la production et la qualité des fruits des agrumes. Cinq niveaux d'irrigation ont été testés (120%, 100%, 80% 60% et 40% d' ET_c). Les résultats acquis à travers les observations sur le végétal et le fruit montrent que la réduction de la dose d'irrigation a provoqué une diminution de la croissance végétative, du calibre final des fruits et du rendement en jus et en fruits. Par contre, elle a amélioré le taux de sucre et l'indice de maturité (taux de sucre/acidité). L'apport d'une dose d'irrigation réduite à 80% d' ET_c a pu maîtriser l'excès de vigueur mais elle n'a pas eu d'effet ni sur le rendement ni sur la qualité des fruits.

Mots clés : Agrume, irrigation, stress hydrique, évapotranspiration.

مفعول كمية ماء الري على الحوامض: دراسة حالة صنف النفيل المطعم على حامل الطعم السترونج الترواي بمنطقة الغرب بالمغرب

الحو بنيكن ، عبدالقادر بنعزوز ، عبد الحق طلحة ومحمد البقالي

ملخص

أجريت هذه الدراسة على أشجار الحوامض صنف النفيل «Navel» مطعم على حامل الطعم السترونج الترواي (citrange Troyer) مغروسة على تربة رملية في منطقة الغرب بالمغرب. تلقت هذه الأشجار كميات متفاوتة من مياه السقي وذلك بغية دراسة مدى تأثير حجم الجرعات على الحوامض و تحديد الجرعة الناجعة لمحصول جيد وجودة عالية.

وقد لوحظ أن أشجار الحوامض تجاوزت ايجابيا مع زيادة كمية ماء الري حيث تحسن بشكل واضح نمو الأشجار والمردود وكذلك وزن وحجم الفاكهة. وقد تم جني أعلى مردود وفاكهة ذات أكبر وزن وحجم من الأشجار التي تلقت ET_c 100% أو أكثر من حاجياتها من مياه السقي.

كما تبين من خلال هذه الدراسة أن تقليص حجم مياه السقي ترتب عنه زيادة في نسبة السكر في عصير الفاكهة لكن تم خفض نسبة العصير في المنتج.

وقد تبين أن تخفيض كميات مياه السقي إلى ET_c 80% من الحاجيات مكن من جهة من تقليص وثيرة نمو الأغصان دون أن يؤثر بشكل واضح على المردود النهائي ومن جهة أخرى حسن من نسبة السكر وبذلك تحسين الجودة.

الكلمات المفتاح: الحوامض، السقي، الجفاف، النتج التجري.

Summary

This work is a contribution to study the problems of management of irrigation of citrus fruits in the climatic context of El Menzeh in the region of Gharb. The test was carried out in the Experimental Station of El Menzeh. It is related to the Navel trees grafted on citrange Troyer planted on a sandy soil and whose system of irrigation is converted into micro jet in 2006. This study aims to determine the water requirements and the effects of irrigation levels on the growth, the production and the fruits quality. Five levels of irrigation were tested (120%, 100%, 80% 60% and 40% of ET_c).

The results achieved through the observations on the vegetable and fruit growth show that the reduction of the amount of irrigation caused a reduction in the vegetative growth, the final gauge of the fruits and fruit and juice yield. On the other hand, it improved the rate of sugar and the index of maturity (sugar rate /acidity). Application of an amount of irrigation reduced to 80% of ET_c control the excess of vigor but has no effects on yield or fruits quality.

Key words : *Citrus, irrigation, water stress, evapotranspiration.*

Introduction

Les agrumes sont parmi les spéculations fruitières les plus importantes au Maroc en termes de production et d'exportation. Ce secteur a atteint une superficie de 81000 ha et une production annuelle qui oscille autour de 1,3 millions de tonnes (Anonyme, 2006).

Cependant, les rendements réalisés restent en deçà des potentialités offertes par le milieu et le profil végétal disponible. Cette faiblesse des rendements enregistrés (entre 11 et 23 tonnes/ha (Anonyme, 2005), peut être attribuée aux différentes contraintes biotiques et abiotiques.

La non maîtrise des techniques d'irrigation reste parmi les contraintes majeures chez les producteurs d'agrumes au Maroc. Tout excès d'irrigation induit des pertes en eau par percolation et en même temps un lessivage des éléments nutritifs. Par conséquent, les coûts de production et les risques de pollution de la nappe phréatique seront élevés. D'autre part, un apport déficitaire en eau met la culture en condition de stress hydrique qui aura des conséquences négatives sur le rendement et la qualité de la production. Dans ce sens, Gonzalez et Castel (2000) ont montré qu'une réduction d'apport en eau au printemps, époque des premières pousses végétatives des agrumes, affecte sérieusement la croissance des rameaux de cette vague. Barry et Castle (2004) ont affirmé que le taux de sucre est significativement affecté par le porte-greffe et le régime hydrique. Huang *et al.* (2000) ont montré que l'application d'un stress hydrique par l'arrêt des arrosages augmente le taux des sucres solubles (TSS) du jus des Tangerine (*Citrus reticulata* Blanco. cv. Zhuju) greffé sur Rough lemon.

L'économie de l'eau et le maintien d'un niveau de productivité et de qualité des productions agrumicoles passent obligatoirement par la maîtrise de la technique d'irrigation (après avoir optimisé les autres facteurs de production : fertilisation, contrôle phytosanitaires...). Dans cette optique, l'objectif de cette étude est la détermination des besoins en eau d'irrigation chez la combinaison Oranger «Navel/citrag Troyer» dans un substrat sablonneux dans le contexte climatique du site d'El Menzeh.

Matériel et méthodes

L'étude de l'effet de la dose de l'irrigation sur la croissance, le développement, la production ainsi que les qualités pomologiques des fruits de Navel greffé sur le Citrange Troyer, a été faite dans une expérimentation installée dans le Domaine Expérimental El Menzeh. La parcelle étudiée P5 (0.5ha) a été plantée en 1964 à la densité de 204 arbres/ha (7m x 7m). Cette parcelle a été irriguée par aspersion depuis sa création. Ce mode d'irrigation a été converti en système d'irrigation localisé type micro jet en Mai 2006 lors de l'installation de l'essai. Le facteur étudié est la dose d'irrigation qui représente une proportion d'évapotranspiration des agrumes déterminée par le bac d'évaporation class «A» et de la station automatique installés au Domaine Expérimental El Menzeh.

Cinq modalités d'apport ont été réparties aléatoirement sur les parcelles expérimentales et sur 3 blocs. Chaque parcelle expérimentale est constituée de trois arbres homogènes.

Les modalités d'apport étudiées sont :

T₁ : Apport de 120% d'ET_c

T₂ : Apport complet de 100% d'ET_c

T₃ : Irrigation réduite à 80% d'ET_c

T₄ : Irrigation réduite à 60% d'ET_c

T₅ : Irrigation réduite à 40% d'ET_c

Pour la mise en place de l'essai, des distributeurs ont été installés à raison de 2, 3, 4, 5 et 6 unités par arbre, respectivement pour les traitements T₅, T₄, T₃, T₂ et T₁. Les apports en fertilisants ont été effectués manuellement pour les homogénéiser.

Les paramètres étudiés

Les paramètres étudiés pour l'évaluation de l'effet des doses d'irrigation sur les agrumes sont :

1. Paramètres de végétation : Le diamètre des rameaux et la longueur moyenne des rameaux.
2. Paramètres de production : Le diamètre des fruits, le poids moyen des fruits à la récolte, le rendement moyen en fruits par arbre et par hectare, et le taux de jus.
3. Paramètres de qualité : L'acidité totale, et le taux de sucre ou °Brix.

Résultats et Discussion

Effets sur les paramètres de végétation

La diminution de la croissance végétative chez les agrumes a été notée suite à l'application d'une contrainte hydrique. Cette diminution s'est traduite par la réduction de la vigueur exprimée en diamètre et longueur des pousses (Tableau 1 et 2). Les paramètres de végétation (diamètre et longueur des rameaux) les plus faibles ont été obtenus sous les régimes les plus déficitaires en l'occurrence les doses inférieures à 60% d'ET_c. Néanmoins, le régime hydrique provoquant un stress hydrique dit modéré, correspondant dans notre cas à la dose de 80% d'ET_c a pu contrôler l'excès de vigueur. En effet, pour la plupart des paramètres de végétation, les valeurs obtenues sont intermédiaires par rapport à celles enregistrées sous les régimes confortables (100% et 120% d'ET_c).

Des résultats semblables ont été rapportés par plusieurs auteurs aussi bien chez les agrumes que chez d'autres espèces. En effet, Gonzalez et Castel (2000) et Kanber *et al.* (1997) ont rapporté qu'une réduction d'apport en eau affecte sérieusement la croissance des rameaux. Ortuno *et al.* (2006) et Intrigliolo and Castel (2005) ont montré que le stress hydrique augmente le rétrécissement journalier maximal de tronc chez le prunier.

Tableau 1. Comparaison des moyennes de la longueur des rameaux de printemps (cm) à différentes dates durant les campagnes 2006 et 2007.

Régime Hydrique	2006				2007		
	03/05/2006	11/07/2006	16/10/2006	22/11/2006	26/04/2007	26/06/2007	28/08/2007
120% d'ET _c	11,01	12,99	19,66	20,086	11,15	11,53	11,97
100% d'ET _c	10,51	12,18	18,38	19,635	10,09	10,7	11,085
80% d'ET _c	9,25	11,01	14,42	15,039	9,89	10,36	10,43
60% d'ET _c	9,97	10,34	13,27	13,343	9,93	10,28	10,29
40% d'ET _c	9,769	9,89	12,46	13,496	8,195	8,53	8,49
LSD*	1.5097	1.8486	2.7252	2.865	0.9229	1.0491	0.9415

* LSD : la Plus Petite Différence Significative

Tableau 2. Comparaison des moyennes de diamètre des rameaux de printemps (mm) à différentes dates durant les campagnes 2006 et 2007.

Régime Hydrique	2006				2007		
	03/05/2006	11/07/2006	16/10/2006	22/11/2006	26/04/2007	26/06/2007	28/08/2007
120% d'ET _c	2,46	2,55	2,85	3,04	2,4	2,64	2,72
100% d'ET _c	2,42	2,5	2,82	3,03	2,33	2,63	2,79
80% d'ET _c	2,37	2,35	2,55	2,69	2,28	2,41	2,55
60% d'ET _c	2,38	2,43	2,64	2,75	2,19	2,41	2,44
40% d'ET _c	2,34	2,37	2,51	2,64	2,09	2,29	2,38
LSD*	0.1673	0.1694	0.2052	0.2115	0.111	0.1342	0.1826

* LSD : la Plus Petite Différence Significative

Effets du déficit hydrique sur l'évolution du calibre des fruits

D'après les résultats enregistrés relatifs aux impacts de la dose d'arrosage sur l'évolution du diamètre équatorial et le calibre final des fruits, il ressort que ce paramètre est nettement amélioré par l'augmentation de la dose d'irrigation (Tableau 3). Cet effet a été plus prononcé en deuxième campagne (2007) qui peut être expliqué par la faible charge par arbre, d'une part, et d'autre part, suite à l'adaptation des arbres au nouveau système d'irrigation. Ainsi, durant la deuxième campagne les arrosages ont été raisonnés et corrigés en se basant sur les données relevées par la station automatique.

Par comparaison entre les traitements, les doses supérieures à 100% d' ET_c ont abouti à des calibres de fruits les plus élevés pour les deux campagnes. Les doses restreintes ont réduit le calibre des fruits et le diamètre le plus faible a été enregistré pour les doses inférieures à 60% d' ET_c .

Ces résultats confirment ceux rapportés par plusieurs auteurs (Gonzalez et Castel (2000), Huang *et al.* (2000) et Kanber *et al.* (1997)). Ils ont rapporté que le déficit hydrique provoque une diminution de grossissement des fruits et affecte négativement le calibre final. Par contre, Snoussi (1994), a rapporté que sous le système d'irrigation en microjet la comparaison entre les trois doses d'arrosage (trois traitements dont des coefficients réducteurs ont été appliqués aux différents stades phénologiques) n'a pas montré de différences significatives entre les traitements.

Tableau 3. Comparaison des moyennes diamètre des fruits (mm) aux différentes dates des deux campagnes (2006-2007).

Régime	2006				2007			
	19/05/2007	13/07/2006	11/09/2006	20/11/2006	23/05/2007	26/06/2007	25/07/2007	28/08/2007
hydrique								
120% d' ET_c	14,56	45,58	62,59	75,86	14,73	37,24	54,07	68,62
100% d' ET_c	13,99	44,78	62,25	76,56	13,47	37,49	54,5	71,12
80% d' ET_c	14,14	43,67	59,86	72,65	12,89	33,8	50,95	65,50
60% d' ET_c	13,85	43,58	59,04	72,64	13,29	33,77	50,08	63,67
40% d' ET_c	13,77	43,1	58,29	70,77	12,23	31,83	49,11	62,33
LSD*	1.4285	1.4332	2.3862	2.9642	1.0886	1.8798	2.3156	3.1186

* LSD : la Plus Petite Différence Significative

Effet sur les paramètres de la qualité des fruits

Selon nos résultats, les arbres d'agrumes ont extériorisé des réponses différentes selon le paramètre considéré aux réductions de la dose d'irrigation. Cette réponse a été positive pour la teneur en sucre et pour l'indice de maturité (E/A) puisqu'une réduction des doses d'arrosage a induit l'augmentation du Brix de jus des fruits (Tableau 4). Nos résultats sont en concordance avec ceux indiqués par Barry et Castel (2004) et Huang *et al.* (2000). Par contre, Snoussi (1994) affirme que ni le mode ni la dose d'irrigation appliqués n'ont influencé le taux d'extrait soluble exprimé en Brix. Cependant, selon Snoussi (1994) la quantité d'eau apportée a affecté le rapport E/A. Les traitements apportant des quantités d'eau inférieures ont des rapports en E/A plus élevés.

Tableau 4. Comparaison des moyennes des paramètres de qualité du jus des fruits (Brix, Acidité et E/A) aux différentes dates de la campagne 2006.

Régime Hydrique	18/09/2006			30/10/2006			05/12/2006			16/01/2007		
	Brix	Acidité	E/A	Brix	Acidité	E/A	Brix	Acidité	E/A	Brix	Acidité	E/A
120% d'ET _c	7,72	2,03	3,83	9,66	1,28	7,68	9,84	1,06	9,54	11,23	0,82	13,94
100% d'ET _c	7,87	1,97	4,17	9,88	1,27	8	9,8	0,92	10,71	11,44	0,79	14,58
80% d'ET _c	8,2	1,74	4,79	10,11	1,16	8,79	10,36	0,89	11,67	11,62	0,75	15,53
60% d'ET _c	8,83	1,65	5,44	10,22	1,1	9,44	10,82	0,85	12,92	11,74	0,76	15,54
40% d'ET _c	9,14	1,23	7,7	10,28	0,97	11,01	11,14	0,77	14,6	12,18	0,71	17,48
LSD*	0.4601	0.252	0.8793	0.4359	0.1512	1.2088	1.0178	0.1082	1.5361	0.4286	0.0592	1.4421

LSD* : la Plus Petite Différence Significative

La réduction des doses d'irrigation a provoqué une diminution du pourcentage en jus chez les agrumes (Tableau 5). Les rendements en jus les plus élevés ont été récoltés sous les régimes apportant la totalité des besoins en eau. Ces résultats sont conformes aux travaux d'Eliades (1992) (cité par Snoussi (1994)) pour lequel le pourcentage de jus de pamplemoussier diminue avec la diminution de l'apport d'eau d'arrosage.

Tableau 5. Comparaison des moyennes du pourcentage en jus (%) des fruits aux différentes dates de la campagne 2006.

Régime hydrique	18/09/2006	30/10/2006	05/12/2006	16/01/2007
120% d'ET _c	31,28	42,10	47,29	45,32
100% d'ET _c	31,09	43,76	47,52	45,98
80% d'ET _c	31,99	37,56	46,26	43,40
60% d'ET _c	35,58	39,58	43,92	40,49
40% d'ET _c	24,15	37,16	38,20	40,19
LSD*	7.2655	4.2464	4.1287	4.3831

LSD* : la Plus Petite Différence Significative

Effet du déficit hydrique sur le rendement, le poids et le calibre final des fruits

Le volume de la production et le calibre final ont été affectés suite à l'application d'une contrainte hydrique (Tableau 6). En effet, les faibles rendements avec des petits calibres de fruits ont été observés sous les régimes les plus stressants en 2006 et également en 2007. Ainsi, le traitement n'apportant que 40% des besoins en eau a enregistré les paramètres de production les plus faibles à savoir le rendement, la charge en fruits, le poids moyen de fruit et le calibre final de fruits. Les mêmes résultats ont été rapportés chez la vigne par Dos Santos (2007), Tregoat *et al.* (2002) et Hilbert (2002). Ces chercheurs, ont affirmé que le stress hydrique réduit nettement le rendement et le poids moyen des baies de la vigne.

Snoussi (1994) a rapporté que pour les oranges (Valencia Late) et les petits fruits (Nour) la réduction de la quantité d'eau apportée en irrigation et la charge de l'arbre affectent négativement le calibre final et le rendement des agrumes.

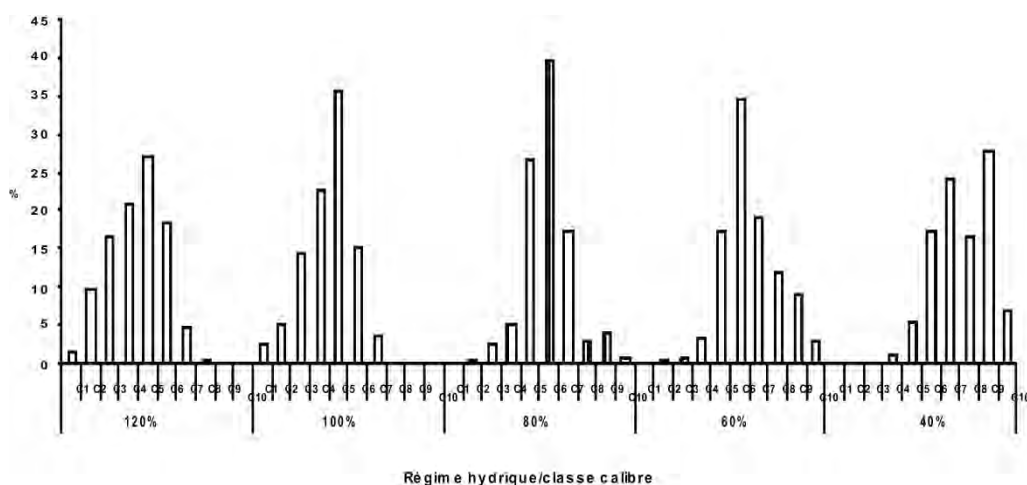
Tableau 6. Comparaison des poids moyen (g) et du diamètre moyen des fruits (mm) à la récolte de la campagne 2006.

Régime hydrique	Poids moyenne des fruits (g)	Diamètre moyen des fruits (mm)
120% d'ET _c	263,40	81,55
100% d'ET _c	240,51	81,28
80% d'ET _c	221,88	75,87
60% d'ET _c	229,55	73,61
40% d'ET _c	210,91	70,53
LSD*	35.256	2.22

LSD* : la Plus Petite Différence Significative

Pour le diamètre équatorial des fruits, la comparaison des moyennes montre qu'à la récolte, c'est le groupe formé des doses 120% et 100% d'ET_c qui a permis d'avoir le calibre le plus élevé (respectivement 81.55 et 81.28 mm) (Figure 1). La dose 40% d'ET_c a confié la valeur la plus faible de diamètre aux fruits (70.53 mm).

Le calibre commercial a été également affecté par la dose d'irrigation. Ces calibres ont été plus concentrés entre le calibre C2 et C6 (74 et 92mm) pour les doses supérieures à 100% d'ET_c et entre C5 et C10 (60-81mm) (Figure 1) sous les régimes inférieurs à 60% d'ET_c. Le régime hydrique à 80% équivalent à 320 mm d'ET_c a montré une homogénéité des calibres autour de C3 et C8 (69-87 mm) avec un taux maximal pour la classe C6 (74-77 mm) (Fig 1).

**Figure 1 :** Effet de régime hydrique sur la répartition de calibre commercial

Code des calibres	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
Diamètre équatorial (mm)	92	88-92	85-87	82-84	78-81	74-77	71-73	69-70	65-68	61-64

Le rendement moyen par arbre et par hectare a été affecté par la dose d'irrigation. En effet, l'analyse de la variance de la variable rendement moyen par arbre et par hectare montre l'existence d'un effet significatif du facteur dose d'irrigation sur ces paramètres.

La comparaison des moyennes des rendements montre que la production la plus élevée a été enregistrée par le groupe formé des doses 100% d'ET_c, d'une part, et des doses 120% et 80% d'ET_c, d'autre part (Tableau 6). En effet, sous le régime à 100% d'ET_c, le rendement est plus de 299 kg par arbre (équivalent à 61 tonne par hectare en tenant compte du nombre d'arbres par hectare qui est de 204 dans notre cas). Le rendement le plus faible est récolté sous le régime le plus stressé (40% d'ET_c) puisqu'il n'a pas dépassé 199 kg /arbre.

En tenant compte des précipitations et du volume d'eau d'irrigation consommé durant la campagne 2006 par les différents traitements testés on constate que la dose d'irrigation à 100% d'ET_c (équivalent à un apport de 2605 m³ par hectare) est la plus efficiente en terme d'utilisation de l'eau (Tableau 8). En effet, sous cette dose (100% d'ET_c) 8.7 kg de fruits ont été produits par 1m³ d'eau consommé. Par contre, avec les 120% et 40% d'ET_c 7.62 et 7.42 Kg de fruit d'agrumes ont été produit par m³ d'eau.

Tableau 7. Comparaison des moyennes du rendement moyen par arbre et par hectare à la récolte de la campagne 2006.

Régime Hydrique	Rendement par arbre (kg /arbre)	Rendement par hectare (tonne/ ha)
120% d'ET _c	270,89	57,55
100% d'ET _c	299,67	61,13
80% d'ET _c	245,44	50,07
60% d'ET _c	233,22	47,58
40% d'ET _c	198,89	40,57
LSD*	67,41	12,944

LSD* : la Plus Petite Différence Significative.

Tableau 8. Les doses nettes d'irrigation (DNI), le volume d'eau total consommé (DNI+Pe) et l'efficience d'utilisation en eau (EUE) des cinq traitements testés

	DNI (mm)	DNI (m ³ /ha)	DNI (m ³ /arbre)	*DNI + Pe (mm)	Rdt (T/ha)	EUE (kg/m ³)
120%ETc	312,61	3126,15	15,32	755,11	57,55	7,62
100%ETc	260,51	2605,12	12,77	703,01	61,13	8,70
80%ETc	208,41	2084,10	10,22	650,91	50,07	7,69
60%ETc	156,31	1563,07	7,66	598,81	47,58	7,95
40%ETc	104,20	1042,05	5,11	546,70	40,57	7,42

* Pe (mm) = 442.4 mm, est le volume des précipitations enregistrées durant la campagne 2006 (Janvier-Décembre)

Conclusion

A travers cette étude réalisée dont l'objectif est la détermination des besoins en eau de l'association Navel sur citrange Troyer sur un sol sablonneux nous pouvons conclure que :

- La croissance végétative exprimée par la longueur et le diamètre de la pousse (printanière ou estivale) augmente avec l'augmentation de la dose d'irrigation.
- Un apport d'eau équivalent à 80% d'ET_c, a permis de contrôler l'excès en vigueur de l'association sans affecter ni le calibre ni la qualité des fruits.
- La diminution du volume d'eau apporté aux arbres induit une augmentation du Brix et l'acidité du jus. Le pourcentage en jus, par contre, augmente avec l'augmentation du volume d'eau plus particulièrement pour des apports équivalents à 100% d'ET_c.
- Le statut hydrique a une grande influence sur la température du couvert végétal des arbres. Ce paramètre a montré une grande sensibilité à la variation de régime hydrique. De ce fait, il peut être utilisé dans le raisonnement et le pilotage des irrigations des arbres fruitiers. Il présente l'avantage d'être peu coûteux et non destructif et ne nécessite pas de grande technicité.
- Le rendement le plus élevé a été enregistré pour des apports d'eau équivalents à 100% d'ETc. Les rendements enregistrés sont de l'ordre de 60 tonnes /ha (299kg/arbre) alors qu'il ne sont que de 40 tonnes/ha (198kg/arbre) à 40% d'ET_c.

Référence bibliographique

- Anonyme**, 2007. "Situation du secteur agrumicole au Maroc pour la campagne 2006/2007". Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime (MAPM), Direction de la Production Végétale. Rabat. Maroc.
- Anonyme**. 2005. Bilan de la campagne agrumicole 2004/2005. ORMVAG. Kenitra.
- Barry G.H et Castle W.S.**, 2004. Rootstocks and plant water relations Affect sugar accumulation of citrus fruit via osmotic adjustment. J.Amer. Soc. Hort. Sci. Vol 129. n°6. pp: 881-889.
- Bois J.F et Couchat P.H.**, 1983. Effets d'un stress hydrique sur le comportement racinaire et aérien du riz pluvial. IAEA-SM 267/22. pp: 551-560.
- Dos Santos Tiago Pedreira, Carlos M. L., Lucilia M. R., Claudia r. D. S., Jorge M. R.S., Joao P. M., Joao S.P et Manuela S.M**, 2007. " Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of field-grown grapevines. Scientia Horticulturae. 112 . pp :321-330.
- Gonzalez A. P. et Castel J. R.** 2000. Regulated deficit irrigation in 'Clementina de Nules ' citurs trees. II- Vegetative growth. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 75 (4). pp: 388-392.
- Hilbert Ghislaine, Michele, Pascale**, 2002. Effets de la nutrition azotée et du stress hydrique sur la maturation et la composition en anthocyanes des baies de *vitis vinifera* l. au vignoble et en conditions contrôlées. Université Victor Segalen Bordeaux 2. Option : oenologie et ampelologie. 190p.
- Huang Xu-Ming, Hui-Bai Huang et Fe I-Fei Gao**, 2000. The growth potential generated in citrus fruit under water stress an dits relevant mechanisms. Scientia Horticulturae. N° 83 . pp : 227-240.
- Intrigliolo D. S. and Castel J. R.**, 2005 . Usefulness of diurnal trunk shrinkage as a water stress indicator in plum trees. Tree Physiology. N°26. pp: 303-311.
- Kanber R., Köksal H., Yazar A., Özekici B. et Önder S.**,1997. Effects of Different Irrigation Programs on Fruit, Teunk Growth rates, Quality and Yield of Grapefruit trees. Tr. J. of Agriculture and Forestry. N° 23. pp: 401-411.
- Nimitr V., Patcharin S., Chutipong A., Sanun J. and Aran P.**, 2003. " Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut (*Arachis hypogaea* L.)". Songklanakarin J. Sci. Technol. Vol. 25 No. 3 May-Jun. 2003.
- Ortuno M.F., Yelitza G.O., Conejero W., Ruiz-sanchez M.c., Alarco, J.j. et 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. pp: 63-73.

Sanchez-Rodriguez J., Prerez P. et Martinez-Carrasco R., 1999. «Photosynthesis, carbohydrate levels and chlorophyll fluorescence estimated intercellular CO₂ in water stressed *casuarina equistifolia* Frost. & Frost.”. *Plant, Cell and Environnement*. N° 22. pp: 867-873.

Snoussi M., 1994. Besoins en eau et gestion pratique des irrigations des agrumes. Mémoire de fin d'études, option : Horticulture. IAVH-II. Rabat.Maroc. 145 p.

Tregoat O., Van Leeuwen C., Chone X. et Gaudillere J., 2002. Etude du régime hydrique et de la nutrition azotée de la vigne par des indicateurs physiologiques : influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin (*vitis vinifera* l. cv merlot, 2000, bordeaux). *J. Int. Sci. Vigne Vin*. Vol. 36, n°3. pp : 133-142.