



# Effet du régime d'irrigation sur les paramètres de production de la variété d'agrumes «Maroc late» au niveau du périmètre irrigué du Tadla

Bouazzama B., Bahri A., Hamdi M. et Sabir M.

Institut National de la Recherche Agronomique, Centre Régional de la Recherche Agronomique du Tadla, B.P. 567 – Béni Mellal - Maroc

Auteur correspondant : bouazzamab@yahoo.fr



## Résumé

*L'effet de quatre régimes d'irrigation (50%, 60%, 70% et 80%  $ET_0$ ) sur les paramètres de production de la variété d'agrumes « Maroc late » a été étudié durant trois ans dans l'objectif de déterminer les coefficients de réduction de l' $ET_0$  à appliquer dans le calcul de l'évapotranspiration ( $ET_c$ ) de cette variété au niveau du périmètre irrigué du Tadla. Les résultats de cette étude montrent que la floraison et la nouaison sont favorisées par un stress hydrique (50%  $ET_0$ ). La chute physiologique est limitée par plus d'apport en eau (80%  $ET_0$ ) qui permettent de répondre à la demande climatique durant ce stade. Le suivi du grossissement du fruit durant la période Juillet-Mars a permis de distinguer deux périodes. Une phase de grossissement estival qui connaît une augmentation remarquable du diamètre du fruit en fonction des apports en eau (80%  $ET_0$ ) et une deuxième phase qui s'étend de la 2<sup>ème</sup> décennie du mois de Novembre jusqu'à Mars, caractérisée par de faibles variations du diamètre et pour laquelle un régime d'irrigation de 60%  $ET_0$  semble être convenable. Les observations de fin de cycle montrent que le rendement est élevé chez les arbres soumis à un régime hydrique apportant plus d'eau (70%  $ET_0$  et 80%  $ET_0$ ). La teneur en jus est également favorisée par des apports en eau supplémentaires dépassant l'équivalent de 10%  $ET_0$ . Quant à l'acidité du fruit, elle augmente avec le stress hydrique.*

**Mots clefs :** *Agrumiculture, Irrigation localisée, « Maroc late », stades physiologiques, paramètres de production, évapotranspiration.*

## تأثير نمط السقي على متغيرات مردودية «الماروك لايت» بالمدار السقوي لتادلة

باسو بوعزامة، عبد الجبار بحري، مصدق حمدي ومحمد صابر

### ملخص

تمحور هذا البحث الحقلّي الذي أنجز لمدة ثلاث سنوات حول دراسة تأثير أربع أنماط من السقي (50%)، (60%، 70%، 80%  $ET_0$ )، على متغيرات مردودية «الماروك لايت» وذلك من أجل تحديد المعاملات الاختزالية اللازمة لحساب كمية النتج التبخري ( $ET_c$ ) لهذا الصنف من الحوامض بالمدار السقوي لتادلة. وبينت النتائج أن معدلا الإزهار والتعقيد يتزايدان مع نقصان كمية الماء الممنوحة للأشجار ( $ET_0$  50%). خلال مرحلة التساقط الفيزيولوجي التي يصل فيها معدل النتج التبخري أعلى مستوى، تبين أن نسبة الثمار التي تتساقط تنقص مع ازدياد حجم مياه السقي ( $ET_0$  80%). لقد تمكن تتبع نمو قطر الثمار خلال الفترة الممتدة بين شهر يوليوز ومارس من فصل فترتين مختلفتين. مرحلة النمو الصيفي التي يزداد فيها قطر الفاكهة اطرادا مع كمية ماء السقي ( $ET_0$  80%). أما المرحلة الثانية التي تمتد من العشرية الأولى لشهر نونبر إلى نهاية شهر مارس فتمتيز بتغيرات طفيفة لقطر الفاكهة ( $ET_0$  60%). لقد أثبتت الملاحظات الميدانية بعد الجني أن مردود الأشجار يتزايد مع حجم مياه السقي. كما أن نسبة العصير في الفاكهة تزداد مع كمية الماء الإضافية التي تعادل 10%  $ET_0$ . أما في ما يخص حموضة الفاكهة، فإنها تزداد مع نقصان الماء.

**الكلمات المفتاح:** الحوامض، السقي الموضعي، «ماروك لايت»، المراحل الفيزيولوجية، متغيرات المردودية، النتج التبخري.

### Abstract

*The effect of four irrigation regimes (50%, 60%, 70% and 80%  $ET_0$ ) on production parameters of the citrus variety «Maroc late» was studied during three years in order to determine the coefficients to apply in the calculation of the evapotranspiration ( $ET_c$ ) of this variety in the irrigated perimeter of Tadla. The results of this study showed that flowering and nodulation are favoured by water stress (50%  $ET_0$ ). The physiological fall is limited by more supply of water (80%  $ET_0$ ). The steady of fruit diameter during July-March period allows distinguishing two periods. A summer swelling stage in witch the response of the fruit diameter to water is marked (80%  $ET_0$ ) and a second stage which extends from the 2<sup>nd</sup> decade of November until March, characterized by low variation of fruit diameter (60%  $ET_0$ ). The observations at the end of the cycle showed that the yield (kg/tree) is high at the trees subjected to a regime providing more water. The content of juice is also supported by additional supply of water exceeding the equivalent of 10%  $ET_0$ . As for the acidity of the fruit, it increases with water stress.*

**Key words:** Citrus, Drip irrigation, «Maroc late», physiological stages, parameters of production, evapotranspiration.

## Introduction

Au Maroc, les agrumes constituent une des principales spéculations arboricoles cultivées et s'étendent sur une superficie d'environ 81500 ha (MAPM, 2007), soit environ 10% de la superficie occupée par les arbres fruitiers au niveau national. Au Tadla, cette culture est pratiquée sur une superficie de 11461 ha soit 14.1% du patrimoine agrumicole national.

Sur le plan variétal, la « Maroc late » reste la plus dominante aussi bien à l'échelle nationale qu'au niveau du Tadla où elle couvre actuellement 3574 ha (MAPM, 2007). Les rendements atteints par cette variété sous les systèmes d'irrigation traditionnels sont en moyenne de 20 T/ha (ORMVAT, 2005) et restent en dessous des potentialités de la région (plus de 30 T/ha) (Bouazzama, 2004). Cette culture souffre à l'instar des autres spéculations (luzerne, céréales, betterave à sucre...) du manque d'eau que connaît la région de Tadla ces dernières années. La reconversion du système d'irrigation gravitaire au système localisé entamée depuis 1990 est soutenue dernièrement par les pouvoirs publics à travers un système de subvention qui peut atteindre 60% du coût d'investissement (ORMVAT, 2006).

Cependant, le diagnostic réalisé sur la conduite de l'irrigation localisée au niveau des vergers d'agrumes d'un échantillon de 23 exploitations au niveau du Tadla a permis de constater que les méthodes de gestion de cette technique restent encore non rationnelles et ne permettent pas d'économiser l'eau d'irrigation (Bouazzama et Bahri, 2007). Les résultats du diagnostic ont montré que les apports en eau sont de 0.7 à 1.5 des besoins de la culture dans 39% des exploitations étudiées, 1.6 à 2.3 dans 48% et de 2.6 à 2.9 dans 13%. Le pilotage de l'irrigation est basé dans la quasi-totalité des exploitations sur l'appréciation visuelle de l'état des arbres et du sol.

Le présent article se propose de présenter les résultats de trois années (2004-07) d'expérimentation étudiant l'effet de quatre régimes d'irrigation sur les paramètres de production de la variété « Maroc late » dans l'objectif de déterminer les coefficients de réduction permettant de calculer l'évapotranspiration (ETc) de cette variété au niveau du Tadla.

## 2. Matériel et méthodes

Le verger abritant l'essai se trouve au domaine expérimental d'Afourer relevant du CRRA de Tadla sur un sol argilo-limoneux. Le climat de cette région est connu pour une grande irrégularité des pluies. La pluviométrie moyenne annuelle est de 268 mm. La température moyenne est de 18°C avec un maximum en Août de 38°C et un minimum en Janvier de 3.5°C (ICRA, 2003). Le domaine se trouve à 18 km de Beni Mellal sur la route de Marrakech (X = 32.3° ; Y = 6.31° ; Z = 450 m).

L'essai est conduit dans un verger d'oranger « Maroc late » greffé sur bigaradier. Le verger a été implanté en 1964 avec des écartements 7 \* 7 m.

Le dispositif expérimental est un dispositif complètement randomisé à quatre répétitions. Le facteur étudié est le régime d'irrigation appliqué aux arbres durant un cycle complet. Quatre régimes d'irrigation représentant chacun une fraction de l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) sont comparés. Ces régimes sont définis par : T1, T2, T3 et T4 respectivement pour 50, 60, 70 et 80 %  $ET_0$ .

La dose brute d'irrigation (DBI, mm/j) est calculée selon l'équation suivante :

$$DBI = K_i * ET_0 - P_e$$

Avec :

$K_i$  : Coefficient de réduction qui définit les régimes d'irrigation appliqués ;

$P_e$  : pluie efficace, 80% des pluies sont considérées comme efficaces (Doorenbos J. *et al* 1986).

$ET_0$  : Evapotranspiration de référence journalière calculée selon la méthode de FAO Penman- Monteith (Smith *et al.* (1991) ; Allen *et al.* (1998)) :

$$ET_0 = \frac{0.4 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} \mu (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 \mu)}$$

Avec :

$ET_0$  : Evapotranspiration de référence (mm/j) ;

$R_n$  : Radiation nette à la surface de la culture (MJ/j.m<sup>2</sup>) ;

$G$  : Flux de chaleur du sol (MJ/j) ;

$T$  : Température journalière moyenne de l'air à 2 m de la surface du sol (°C) ;

$\mu$  : Vitesse du vent à 2 m de la surface du sol (m/s) ;

$e_s$  : Pression de vapeur à saturation (KPa) ;

$e_a$  : Pression de vapeur actuelle (KPa) ;

$e_s - e_a$  : déficit de pression de saturation (KPa) ;

$\Delta$  : Pente de la courbe de pression de vapeur (KPa/°C) ;

$\gamma$  : Constante psychrométrique (KPa/°C).

0.34 : Coefficient du vent (s/m)

Les données météorologiques proviennent des enregistrements journaliers de la station agrométéorologique automatique du CRRRA de Tadla (domaine Afourer).

La dose nette d'irrigation (DNI, mm) est calculée par la relation suivante (Vermeiren et Jobling 1983):

$$DNI = DBI * E * 1/C_u * P_w \quad (\text{mm/j})$$

Avec :

E : inverse du rendement de l'irrigation (pris égal à 1.1) ;

Cu : coefficient d'uniformité de l'irrigation mesurée;

Pw : proportion du sol humecté par les goutteurs (pris égal à 0.35).

La durée d'irrigation est calculée par la formule :

$$T = \frac{DNI}{Pf} \text{ en (h, mn)}$$

$P_f$  : la pluviométrie fictive en (mm/h) donnée par la formule :  $Pf = \frac{n * Q}{A}$

Avec : n : nombre de goutteurs par plante ;

Q : débit moyen du goutteur mesuré ;

A : superficie par arbre.

Les goutteurs utilisés à raison de 4 par arbre, présentent un débit nominal de 8 l/heure à une pression de 1 bar.

Parallèlement à l'application de régimes d'irrigation, six pousses printanières sont choisies et marquées au début de chaque cycle vers la fin du mois de Mars au niveau de chaque traitement et font l'objet de mesure du taux de floraison, taux de nouaison et du taux de chute des fruits. Pour assurer plus d'homogénéité entre les pousses choisies et limiter l'effet d'autres facteurs non étudiés (orientation, localisation sur l'arbre...), les observations de la première année de l'essai ont montré que les pousses printanières peuvent être choisies à la hauteur d'un adulte sur la face sud des arbres. Elles doivent également être issues de la zone médiane des rameaux âgés de 1 an. Au début du mois de Juillet, six fruits sont choisis également au niveau de chaque traitement pour suivre l'évolution de leurs diamètres. Cette opération se poursuit jusqu'au mois de Mars. A la récolte (début Mai), les observations de fin du cycle portent sur le rendement par arbre et la distribution de classes de calibres des fruits. Les teneurs en jus et en acide citrique (par titration) sont aussi mesurées au laboratoire. La distribution des calibres des fruits après récolte est réalisée selon la classification commerciale (Tableau 1).

**Tableau 1.** Définition des classes de calibres (Snoussi, 1994)

<i>Classe</i>	<i>Fourchette du diamètre en mm</i>
C1	$89 \leq D$
C2	$85 \leq D < 89$
C3	$81 \leq D < 85$
C4	$77 \leq D < 81$
C5	$74 \leq D < 77$
C6	$71 \leq D < 74$
C7	$69 \leq D < 71$
C8	$67 \leq D < 69$
C9	$D < 67$

## Résultats et discussion

### Suivi de la phénologie de l'arbre

Sur la base des observations faites sur le terrain, une caractérisation des stades phénologiques de la variété « Maroc late » a été dressée (Tableau 2). Les dates de début et de fin de chaque stade ne sont que des approximations en raison des chevauchements de plusieurs stades à une date donnée. Ainsi, on peut avoir sur un même rameau des boutons floraux, des fleurs complètement ouvertes et d'autres au début de la nouaison.

**Tableau 2.** Chronologie des stades phénologiques de la variété « Maroc late » au Tadla

<i>Stades</i>	<i>Dates d'apparition</i>
Débourrement et sortie de boutons floraux	15/02 au 05/04
Floraison	06/04 au 22/04
Nouaison	23/04 au 14/05
Chute physiologique	15/05 au 30/06
Grossissement estival	01/07 au 10/11
Grossissement hivernal	11/11 au 14/02

### Apports en eau et stades physiologiques des arbres

Au début de l'essai et durant les mois d'avril et mai de la campagne agricole 2004/05, les apports en eau ont été interrompus plusieurs fois suite aux pluies abondantes enregistrées durant cette période.

En analysant les valeurs données dans le tableau 3, on peut constater que les apports journaliers moyens par stade sont faibles pendant la période de débourrement-sortie de boutons floraux (0.87 à 1.43 mm/j) et modérés durant les stades floraison et nouaison (0.82 à 2.74 mm/j).



Tableau 3. Apports en eau par stade phénologique

Campagne agricole	Stade	Durée du stade en j	T1		T2		T3		T4	
			mm	mm/j	mm	mm/j	mm	mm/j	mm	mm/j
2004-2005	Débourrement et sortie de boutons floraux	50	-	-	-	-	-	-	-	-
	Floraison	17	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nouaison	22	5.4	0.25	6.3	0.29	7.2	0.33	8.2	0.37
	Chute physiologique	47	88.9	1.89	103.7	2.21	118.5	2.52	133.3	2.84
	Grossissement estival	133	309.3	2.33	360.8	2.71	412.3	3.10	463.9	3.49
	Grossissement hivernal	96	44.9	0.47	52.4	0.55	59.9	0.62	67.3	0.70
2005-2006	Débourrement et sortie de boutons floraux	50	44.2	0.88	53.3	1.07	62.3	1.25	71.4	1.43
	Floraison	17	22.9	1.35	28.4	1.67	33.8	1.99	39.3	2.31
	Nouaison	22	33.5	1.52	42.4	1.93	51.3	2.33	60.2	2.74
	Chute physiologique	47	108.9	2.32	126.5	2.69	144.1	3.07	161.8	3.44
	Grossissement estival	133	280.5	2.11	332.6	2.50	384.8	2.89	436.9	3.28
	Grossissement hivernal	96	31.7	0.33	26.0	0.27	30.4	0.32	34.7	0.36
2006-2007	Débourrement et sortie de boutons floraux	50	43.9	0.87	48.7	0.97	61.5	1.23	70.2	1.40
	Floraison	17	14.0	0.82	18.8	1.11	23.6	1.39	28.4	1.67
	Nouaison	22	22.7	1.03	27.3	1.24	31.8	1.45	36.4	1.65
	Chute physiologique	47	105.4	2.24	124.5	2.65	143.6	3.05	162.6	3.46
	Grossissement estival	133	279.6	2.10	335.5	2.52	391.5	2.94	447.4	3.36
	Grossissement hivernal	96	52.1	0.54	61.8	0.64	71.5	0.74	81.2	0.85

En revanche, pendant les périodes de chute physiologique et de grossissement estival, les apports en eau sont respectivement de 19.8 et 69.0 % du volume total apporté durant la première année (2004/05), et aux environs de 20 et 54% respectivement pour les mêmes stades durant les deux autres campagnes. Au cours de ces mêmes stades, les apports moyens journaliers sont les plus élevés et varient de 1.89 à 3.49 mm/j.

La chute physiologique commence après la nouaison et continue jusqu'à la fin du mois de juin. Cette période connaît en plus des hausses fréquentes des températures, l'arrivée des vents chauds « chergui ». Ces derniers provoquent des augmentations brutales de la demande climatique.

La demande en eau importante durant le stade grossissement estival peut être attribuée également, en plus des températures élevées, à une augmentation rapide du diamètre des fruits (Tableau 5).

Pendant la période du grossissement hivernal, la demande en eau limitée est accompagnée d'une variation moins prononcée du diamètre du fruit. Selon Boaz (1958), le fruit est le siège d'un ralentissement de la vitesse d'élongation de ses cellules durant cette phase.

### **Taux de floraison, taux de nouaison et chute physiologique**

Durant la première année, le régime d'irrigation n'a affecté ni la floraison ni la nouaison dans les conditions de l'essai (Tableau 4). Cette situation est attribuée au fait que l'application des traitements a commencé à peine un mois avant le comptage du nombre de fleurs par pousse. En plus, les pluies survenues à cette période (début avril 2004) ont satisfait les besoins pour les quatre régimes comparés (arrêt d'irrigation).

Cependant, l'effet du régime d'irrigation est significatif pour les deux autres campagnes. En effet, les taux de floraison et de nouaison des arbres ayant reçu les traitements 50%  $ET_0$  et 60%  $ET_0$  étaient plus grands que ceux obtenus chez les arbres ayant reçu 70%  $ET_0$  et 80%  $ET_0$ . Ces résultats indiquent que le régime qui donne moins d'eau produit le plus grand nombre de fleurs et de fruits. Ces mêmes résultats ont été observés par Barbera *et al.* (1988) sur des plants de citronnier ayant subi un stress hydrique avant le début de la floraison.

Quant à la chute physiologique (Tableau 4), l'effet du régime d'irrigation est significatif durant la campagne 2004/05 et hautement significatif pour les deux autres campagnes. Le taux de chute est plus élevé dans les pousses issues des arbres les plus stressés (T1 et T2) par rapport à ceux ayant reçu un régime d'irrigation plus confortable (T3 et T4). Ces résultats confirment ceux obtenus par Hilgeman (1977) en Arizona (USA) qui a montré que des stress hydriques pendant la chute physiologique diminuent le nombre de fruits par arbre chez la « Maroc late ».

**Tableau 4.** Effet du régime d'irrigation sur la floraison, la nouaison et la chute physiologique

	<i>Campagne agricole</i>		
	<b>2004-2005</b>	<b>2005-2006</b>	<b>2006-2007</b>
<b>Taux de floraison</b>			
<b>T1</b>	0.79 ± 0.058 a*	0.92 ± 0.046 a	0.88 ± 0.040 a
<b>T2</b>	0.80 ± 0.062 a	0.89 ± 0.066 a	0.86 ± 0.063 a
<b>T3</b>	0.77 ± 0.021 a	0.74 ± 0.061 b	0.78 ± 0.061 ab
<b>T4</b>	0.84 ± 0.049 a	0.73 ± 0.13 b	0.72 ± 0.10 b
<b>Taux de nouaison</b>			
<b>T1</b>	0.78 ± 0.048 a	0.87 ± 0.158 a	0.82 ± 0.026 a
<b>T2</b>	0.75 ± 0.067 a	0.85 ± 0.157 a	0.74 ± 0.079 ab
<b>T3</b>	0.81 ± 0.034 a	0.73 ± 0.134 b	0.67 ± 0.085 b
<b>T4</b>	0.84 ± 0.056 a	0.65 ± 0.056 c	0.69 ± 0.065 b
<b>Taux de chute physiologique</b>			
<b>T1</b>	0.89 ± 0.030 a	0.66 ± 0.029 a	0.64 ± 0.042 a
<b>T2</b>	0.87 ± 0.047 a	0.72 ± 0.096 ab	0.69 ± 0.075 a
<b>T3</b>	0.76 ± 0.068 b	0.51 ± 0.057 ac	0.50 ± 0.081 a
<b>T4</b>	0.72 ± 0.060 b	0.29 ± 0.037 c	0.33 ± 0.051 b

\* : Les moyennes d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Fisher (seuil 5% ou 1%)

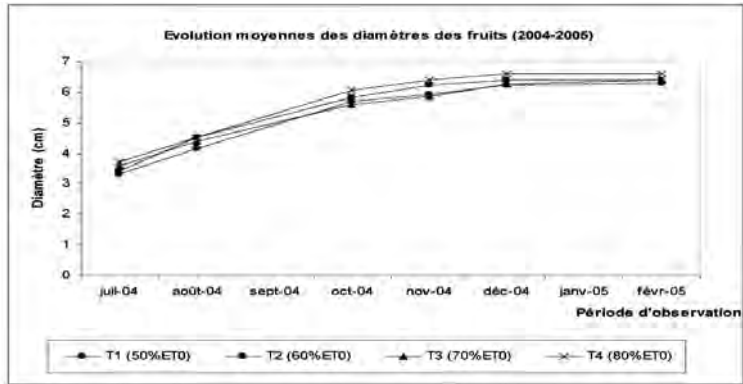
#### **Evolution des diamètres des fruits et la distribution des classes du calibre à la récolte**

L'analyse des graphes d'évolution des diamètres des fruits (Figure 1) met en évidence une tendance ascendante marquée depuis le début des mesures jusqu'à mi-Novembre et prend par la suite une allure plus ou moins horizontale. De même, on peut constater que la différence entre les quatre traitements n'est devenue visible qu'à la troisième année de l'essai.

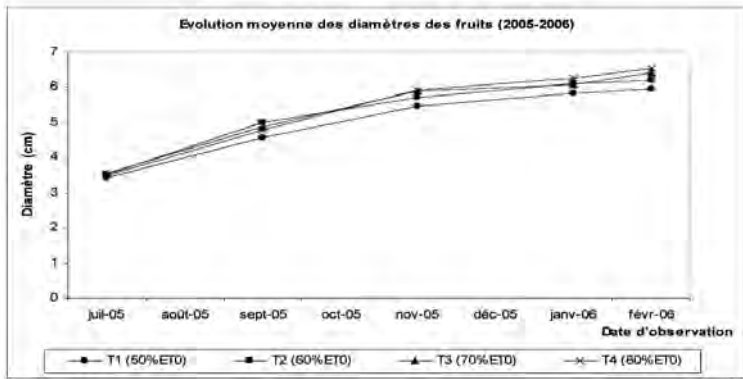
Pour chaque régime à part, la comparaison multiple des moyennes des diamètres mesurés à différentes dates, entre Juillet et Mars, a montré que les différences sont significatives (5%) entre les valeurs obtenues entre Juillet et début Novembre et non significatives pour la période début Novembre-fin Mars.

Cette constatation a permis de séparer en fonction de l'évolution du diamètre du fruit un stade estival (Juillet-début Novembre) caractérisé par une croissance rapide et un autre hivernal qui commence à partir de la 2<sup>ème</sup> décade de Novembre et dont le diamètre du fruit change lentement. Les observations sur le terrain laisse croire que cette date coïncide avec le virage de la couleur du fruit du vert foncé vers le vert jaunâtre. Le tableau 5 donne pour les quatre régimes, l'augmentation moyenne du diamètre des fruits pour chacune des deux périodes.

a



b



c

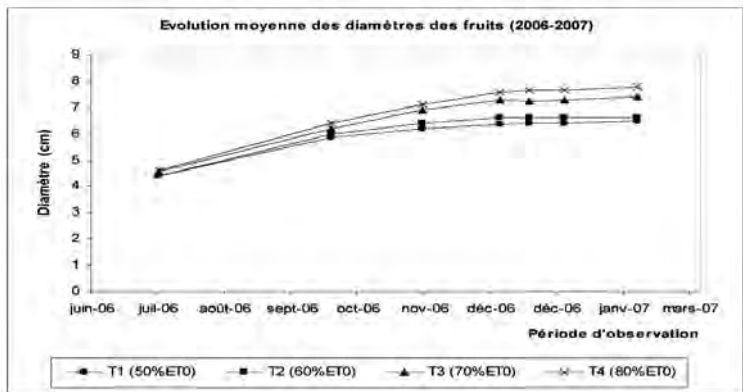


Figure 1 : Evolution des diamètres de fruits par régime d'irrigation

L'analyse des diamètres de fruits issus des différents régimes pour chaque date d'observation a montré que :

- Les différences sont non significatives pour les diamètres mesurés au début du mois de Juillet (date de marquage des fruits) ;
- Les différences deviennent hautement significatives (1%) à partir de la fin du mois d'Août avec une augmentation du diamètre avec l'apport de l'eau.

**Tableau 5.** Augmentation moyenne mensuelle du diamètre par période

<i>Régime</i>	<i>Période Juillet - Novembre</i>		<i>Période Novembre - Mars</i>	
	Moyenne (mm/mois)	CV (%)	Moyenne (mm/mois)	CV (%)
<b>T1</b>	4.04	5	0.63	8
<b>T2</b>	4.08	16	0.78	23
<b>T3</b>	5.12	8	0.76	17
<b>T4</b>	5.57	12	0.86	20

Cette analyse confirme de nouveau que l'augmentation des diamètres des fruits est favorisée par les apports en eau durant le stade grossissement estival. Pour le reste du cycle, l'effet de l'apport en eau est faible.

La distribution des classes des calibres, selon les normes commerciales, est réalisée au moment de la récolte (début Mai) sur un échantillon de 100 fruits par arbre. Durant la première année de l'essai, les classes de calibre les plus dominantes sont C3, C5 et C6 avec des proportions variant de 15 à 36%, de 23 à 41% et de 19 à 32% respectivement.

A partir de la deuxième année de l'essai, l'effet des régimes d'irrigation est marqué. En effet, les résultats de la campagne 2005/06 ont montré que pour le régime T4, environ 52% des fruits appartiennent aux classes C3 et C4, alors que les mêmes calibres représentent 50% au niveau du régime T3. Quant aux traitements T1 et T2, les calibres C5 et C6 dominent et représentent respectivement 45 et 69% des fruits. La figure 2 illustre la distribution des classes des calibres pour la campagne 2006/07. On constate une fois encore, que les régimes ayant reçu des quantités d'eau élevées ont permis l'augmentation du calibre du fruit. Ces résultats confirment ceux rapportés par Gonzalez et Castel (2000) qui ont montré que le déficit hydrique réduit le grossissement du fruit et affecte le calibre final à la récolte.

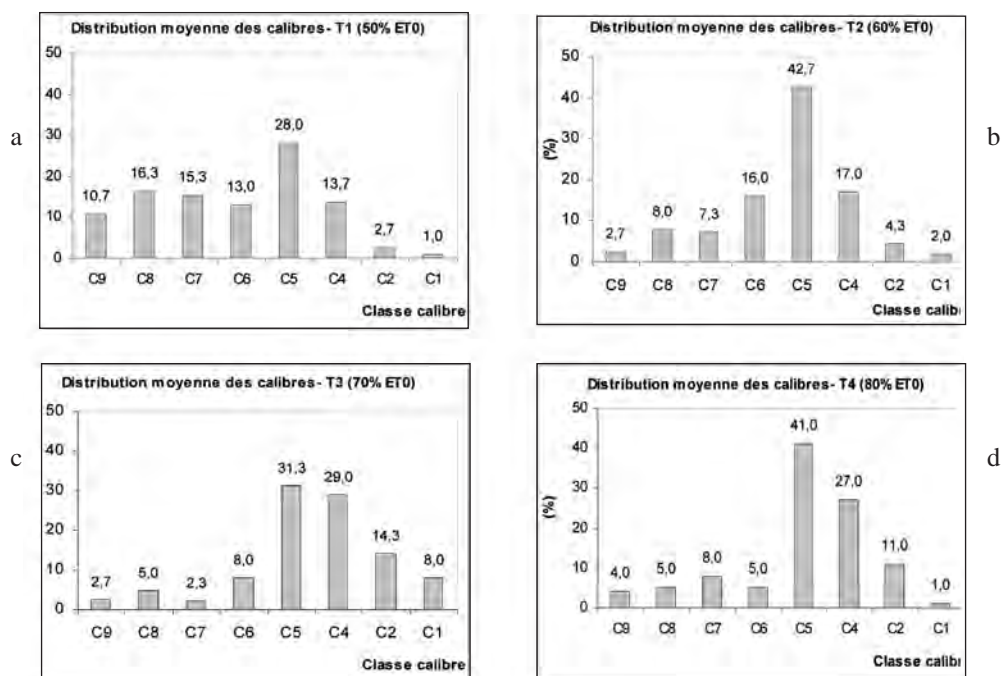
## Rendement et qualité interne du fruit

### Rendement

Le régime d'irrigation n'a pas affecté les rendements (kg/arbre) pour la campagne 2004/2005. Les valeurs obtenues sont relativement faibles avec des différences non significatives entre les régimes (Tableau 6). Cette situation peut être expliquée par le fait que :

- La campagne 04-05 était pluvieuse (apport en eau égal pour différents régimes comparés) ;
- La chute des températures survenue pendant le mois de janvier et février fait que les fruits ont perdu le jus (les minima ont atteint  $-4^{\circ}\text{C}$ ) et par conséquent le poids de la récolte a diminué.

Durant la deuxième et la troisième année, le régime d'irrigation a affecté d'une façon hautement significative (1%) les rendements obtenus. Les traitements T3 et T4 ont engendré les rendements par arbre les plus élevés. Il faut noter que les rendements varient également d'un arbre à l'autre au sein du même régime d'irrigation.



**Figure 2 :** Distribution des classes de calibres par régime d'irrigation – campagne 2006/07

### **Qualité interne des fruits**

La qualité interne des fruits concerne le taux de jus et la teneur en acide citrique (Tableau 6). Les analyses au laboratoire ont été réalisées immédiatement après la récolte des échantillons.

#### ***Taux de jus***

La chute des températures survenue au courant des mois de janvier et février 2005 où les minima ont atteint  $-4^{\circ}\text{C}$  pendant quelques jours a affecté énormément la teneur en jus des fruits et le rendement final durant la première année de l'essai. En effet, le zéro de germination, c'est-à-dire le seuil au dessus duquel se manifeste l'activité végétative de la plante, se situe aux environs de  $12^{\circ}\text{C}$  (Loussert, 1987). Les teneurs enregistrées sont inférieures à la teneur normale de la variété « Maroc late » qui est de l'ordre de 46% (INRA, 1968). Les mêmes dégâts ont été constatés par El Othmani (2005) en Janvier 2005 sur la plupart des variétés d'agrumes cultivées dans la région du Souss. Le même auteur a affirmé que les agrumes sont vulnérables aux dégâts du froid à des températures inférieures de  $-2^{\circ}\text{C}$ . L'analyse des résultats montre une différence significative (5%) entre les différents régimes avec une supériorité des valeurs obtenues sous T3 comparativement aux autres régimes T1, T2 et T4. Les résultats obtenus en 2005/06 et 2006/07 montrent que la teneur en jus augmente avec l'apport en eau. Ce résultat est en concordance avec les travaux de Eliades (1992) sur le pomplemoussier pour lequel le taux de jus diminue avec la réduction de l'apport de l'eau.

On peut constater également que l'application d'une quantité d'eau équivalente à 10%  $\text{ET}_0$ , n'induit pas une augmentation significative de la teneur en jus (Tableau 6, campagne 2006/07). En effet, il n'y a pas de différences significatives en teneur en jus entre les fruits provenant de deux régimes successifs (T1 et T2, T2 et T3, T3 et T4).



**Tableau 6.** Valeurs moyenne du rendement, teneur en jus et la teneur en acide citrique

	<i>Campagne agricole</i>		
	<b>2004-2005</b>	<b>2005-2006</b>	<b>2006-2007</b>
<b>Rendement (kg/arbre)</b>			
<b>T1</b>	70 ± 25.3 a*	74 ± 14.6 a	69 ± 31.5 a
<b>T2</b>	63 ± 21.9 a	88 ± 24.5 a	58 ± 28.4 a
<b>T3</b>	68 ± 14.0 a	110 ± 19.5 b	128 ± 45.2 b
<b>T4</b>	71 ± 22.0 a	117 ± 36.2 b	119 ± 24.3 b
<b>Teneur en jus (%)</b>			
<b>T1</b>	32.7 ± 2.12 a	45.3 ± 1.06 a	49.5 ± 2.1 a
<b>T2</b>	31.8 ± 1.23 a	48.6 ± 0.78 b	50.5 ± 1.5 ab
<b>T3</b>	40.7 ± 2.09 b	50.3 ± 0.71 bc	51.7 ± 2.8 bc
<b>T4</b>	33.5 ± 0.86 a	51.1 ± 1.89 c	52.8 ± 2.2 c
<b>Teneur en acide citrique (%)</b>			
<b>T1</b>	1.44 ± 0.08 a	1.22 ± 0.031 a	1.18 ± 0.153 a
<b>T2</b>	1.24 ± 0.11 b	1.17 ± 0.050 ab	1.16 ± 0.139 ab
<b>T3</b>	1.20 ± 0.041 b	1.07 ± 0.069 c	1.07 ± 0.092 bc
<b>T4</b>	1.35 ± 0.07 c	1.10 ± 0.045 bc	1.03 ± 0.075 c

\* : Les moyennes d'une même colonne suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Fisher (seuil 5% ou 1%)

### ***Taux d'acidité***

L'analyse des résultats de la première année d'étude montre que les différences sont significatives (5%) entre les quatre régimes d'irrigation.

Durant la campagne 2005/06, les valeurs obtenues indiquent que les fruits sont légèrement acides avec une augmentation de la concentration de l'acide avec le stress hydrique. L'analyse statistique montre que les différences sont hautement significatives (1%) entre les régimes d'irrigation. La comparaison multiple des moyennes confirment que les teneurs en acide citrique des fruits provenant des traitements T1 et T2 sont égales et restent inférieures aux valeurs obtenues sous T3 et T4.

Les mêmes tendances ont été confirmées par les résultats de la campagne 2006-2007. Ces résultats montrent que le taux d'acidité augmente avec le stress hydrique.

## Conclusions

A la lumière de cette expérimentation, il ressort que les paramètres de production de la variété « Maroc late » sont influencés par les régimes d'irrigations comparés. En effet, la floraison et la nouaison semblent être favorisées par un stress hydrique de 50%  $ET_0$ . La chute physiologique est atténuée par plus d'apport en eau. Ainsi, les régimes 70%  $ET_0$  et 80%  $ET_0$  ont permis de répondre à la demande climatique durant la période Mai - Juin. Les résultats obtenus ont permis également de scinder le stade grossissement du fruit en deux. Une première phase qui s'étale de Juillet à la première décade de Novembre est nettement affectée par le régime d'irrigation et dont le traitement T4 suivi du T3 ont permis les plus grandes augmentations du diamètre. Une deuxième phase du grossissement hivernal est caractérisée par une faible réponse à l'eau. Pour cette dernière phase qui coïncide avec le stade débourrement - sortie des boutons floraux, un coefficient de réduction de 60%  $ET_0$  au lieu de 50%  $ET_0$  est à appliquer pour les considérations suivantes :

- Nécessité d'irriguer pour appliquer la fertigation surtout l'azote qui est indispensable pour le débourrement ;
- Réduire l'effet des basses températures qui peut avoir lieu au mois de janvier. En effet, El Othmani (2005) a cité l'irrigation comme l'une des méthodes préventives contre l'effet du froid ;
- Ne pas trop stresser l'arbre pour réduire la teneur des fruits en acide.

Enfin, les rendements enregistrés durant les deux dernières campagnes de l'essai semblent être favorisés par plus d'apports en eau.

A la lumière de cette expérimentation, les coefficients de réduction de l' $ET_0$  à retenir pour calculer l' $ET_c$  de la variété « Maroc late » au niveau du périmètre irrigué du Tadla sont comme suit (Tableau 7).

**Tableau 7.** Coefficients de réduction de l' $ET_0$  par stade phénologique

<i>Stades phénologiques</i>	<i>Coefficient de réduction de l'<math>ET_0</math></i>
Débourrement et sortie de bouton floraux	0.6
Floraison	0.5
Nouaison	0.5
Chute physiologique	0.8
Grossissement estival	0.8
Grossissement hivernal	0.6

## Références bibliographiques

- Allen R.G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M.** 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper n°56, 309 p.
- Barbera G. et Carmi F.** 1988. Drip and micro sprinkler irrigation for young citrus trees. Proceeding of the sixth international citrus congress. Middle east. Pp 747 – 752.
- Boaz,** 1958. Salinity management in citrus. Proc. Inst. Soc. Citiculture international citrus congress. Australia. (233 – 324).
- Bouazzama B.,** 2004. Contribution à l'amélioration de la gestion de l'irrigation au niveau du périmètre irrigué du Tadla. Mémoire de titularisation. INRA. 165 p.
- Bouazzama B. et Bahri A.,** 2007. Evaluation des performances des installations de l'irrigation localisée au niveau des exploitations agrumicoles du Tadla. Homme, Terre et Eaux, 136, 37- 40.
- Doorenbos J. et Pruitt W.O.** 1986. Les besoins en eau des cultures. Bulletin FAO n°24. 197 p.
- Eliades G.,** 1992. Response of grapefruit to different amounts of water applied by drippers and microsprinklers. International Symposium on current developpements in Mediterranean, tropical and sub tropical fruit production and research. Cyprus.
- El Othmani M.,** 2005. Les agrumes, le maraîchage et le froid hivernal. Transfert de technologie en agriculteur, n°127, 4 p.
- Gonzalez A. P. et Castel J.R.,** (2000). Regulated deficit irrigation in 'Clementina de Nules » citrus trees. II- vegetative growth. Journal of horticultural Science et biotechnology. 75 (4). Pp: 388-392.
- Hilgeman R.U.,** 1977. Response of citrus trees to water stress in Arizona. Proc. Inst. Soc. Citiculture 1977. Ipp : 70 – 74.
- ICRA.** 2003. Reconvertir un système d'irrigation : le pari difficile du périmètre irrigué du Tadla – Maroc. Document de travail n°114.
- INRA.** 1968. Les agrumes au Maroc. Collection technique et productions agricoles. Rabat. 667 p.
- Loussert R.,** 1987. Les agrumes, collection techniques agricoles méditerranéennes. 158 p. France.
- MAPM.,** 2007. Recensement général des agrumes 2006.
- ORMVAT,** 2005. Données statistiques.
- ORMVAT,** 2006. Données statistiques.
- Smith, M., Allen, R.G., Monteith, J.L., Perrier, A., Pereira, L., and Segeren, A.,** 1991. report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements, UN – FAO, Rome, Italy, 54 p.
- Snoussi M.,** 1994. Besoins en eau et gestion pratique des irrigations des agrumes. Mémoire de fin d'études. IAV Hassan II.
- Vermeiren L, et Jobling G.A.,** 1983. L'irrigation localisée : calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n°36. 219 p.