

ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DE LA CULTURE DE L'AIL PAR DIFFERENTES FORMULES

Kadi Kenza

Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université ABBES
LAGHROUR Khenchela, ALGERIE
Laboratoire des sciences naturelles et matériaux, Centre Universitaire de
MILA, ALGERIE

Chergui Manel

Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université ABBES
LAGHROUR Khenchela, ALGERIE
Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (ITCMI), Oum
El Bouaghi, ALGERIE

Malkia Nabila

Hamli Sofia

Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université ABBES
LAGHROUR Khenchela, ALGERIE

Boukeria Sabah

Yahia Abdelouahab

Laboratoire des sciences naturelles et matériaux, Centre Universitaire de
MILA, ALGERIE

Abstract

This research focuses on the estimated water requirements of growing garlic (*Allium sativum* L.) variety Messidrôme and determining its impact on the behavior of plants. We chose 04 methods to estimate the need for determining PET namely; PET wilaya Oum El Bouaghi (T1), evaporation of Piche (EV_p, T2), the formula Blanney Criddle (T3), and the formula for Bouchet (T4) compared with non-irrigated control. To get a good garlic production with an optimum size of bulbs based on estimate irrigation through Blanney Criddle formula takes consideration of lighting and average temperature.

Keywords: Garlic, estimate, PET, EVP, Blanney Criddle.

Résumé

Cette recherche porte sur l'estimation des exigences hydriques de la culture de l'ail (*Allium sativum* L.) variété Messidrome et la détermination de son impact sur le comportement des plants. On a choisi 04 méthodes pour estimer les besoins en eau en déterminant l'**ETP** à savoir ; **ETP** wilaya Oum El Bouaghi (**T1**), l'évaporation de Piche (**EVp**, **T2**), la formule Blanney Criddle (**T3**), et la formule de Bouchet (**T4**) en comparaison avec un témoin non irrigué. Pour obtenir une bonne production de l'ail accompagnée par une taille optimum des bulbes, on se basant sur les irrigations estimées par la formule de Blanney-Criddle qui tient en compte l'éclairement et les températures moyennes.

Mots clés : Ail, estimation, ETP, EVp, Blanney Criddle.

Abréviations : EVp : l'évaporation de Piche, ETP: L'évapotranspiration potentiel, ETM : L'évapotranspiration maximale,

Introduction

Il est nécessaire d'évaluer les besoins en eau d'une culture, afin de déterminer les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la saison de croissance. Simonne et al. (2011) recommandent, pour la planification de l'irrigation dans les cultures, d'utiliser des méthodes dynamiques de bilan hydrique du sol, incluant la météorologie et l'évolution du stade phénologique de la culture, et des mesures directes de l'état hydrique du sol. Au cœur de toutes ces méthodes, on retrouve le concept de l'évapotranspiration (ETP) qui vise à mieux évaluer les besoins en eau d'irrigation.

A chaque phase de la croissance d'une plante, les besoins en eau varient, pour chaque culture et selon les différents périodes de développement végétatif ; car la consommation en eau des cultures dépend de différents éléments climatiques : la température, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement.

L'Ail (*Allium sativum* L.) est une légume cultivé depuis des milliers d'années pour une utilisation alimentaire que médicinale ; largement cultivé (avec superficie de 9 055 ha) et consommé en Algérie où la production est de 77 648 tonnes et le rendement atteint 8,57 t/ha en 2012, d'après la FAO (The Food and Agriculture Organization, 2014) .

Les besoins en eau pour la culture de l'ail sont importants durant la période végétative de la plante et au moment de la formation des bulbes car un stress hydrique entraîne une perte de rendement.

L'objectif de ce travail est d'estimer les besoins en eau de la culture de l'ail en se basant sur les données hydro-climatiques enregistrés au niveau

de la station de l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (I.T.C.M.I.), avec une analyse comparative et statistique des résultats des paramètres morphologiques mesurés pendant la croissance de l'ail jusqu'à la récolte, qui nous permettra de choisir la méthode adéquate pour l'obtention d'un meilleur rendement de l'ail parce que l'utilisation des formules empiriques non adéquates peut surestimer ou sous-estimer les besoins en eau des cultures (Kashyap and Panda, 2001; Droogers and Allen, 2002).

Matériel et Méthodes

L'essai a eu lieu dans la parcelle expérimentale de l'I.T.C.M.I. d'Oum El Bouaghi (Est de l'Algérie), le climat est semi-aride et le sol est de texture limono-argileuse.

A fin de déterminer la méthode adéquate pour l'estimation des besoins en eau de la culture d'ail (variété Messidrome); Quatre méthodes ont été utilisées pour calculer l'ET P: Blanney-Criddle (Blanney and Criddle, 1950; Hargreaves and Samani, 1985), Bouchet (Ayars, 2006; Bouchet, 1963), Evaporation selon la wilaya d'Oum El Bouaghi (O.E.B.) (Rivas and Caselles, 2004) et l'évaporation de Piche (EVp). Ces méthodes sont basées sur les données climatiques d'une période de dix ans (2003-2012) collectées au niveau de l'I.T.C.M.I.

Dispositif expérimental

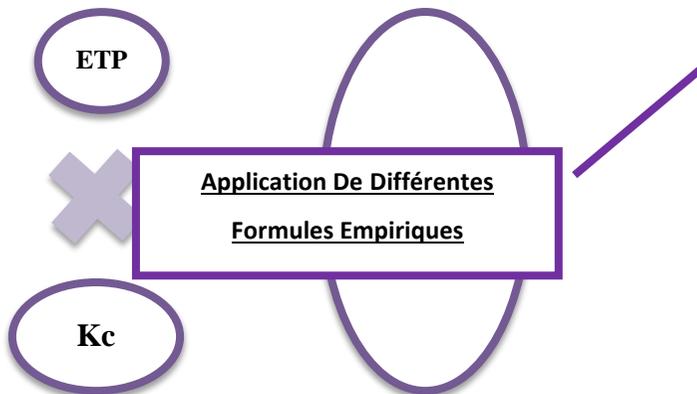
L'expérimentation a été conduite en dispositif de bloc aléatoire, avec trois répétitions. La disposition des traitements a été prise au hasard. Le variable étudié dans cet essai est le volume d'eau apporté à 04 différents traitements comparés à un témoin sans irrigation.

La culture a été conduite en planche et le système d'irrigation utilisé été la submersion. La longueur de chaque bloc est 14 m, les planches sont espacées de 0.5 m et l'ensemble des parcelles ont été protégé par des planches bordures.

Méthodes d'évaluation des besoins en eau de la culture

Pour le premier temps, on a choisi de programmer des irrigations espacées de 4 à 5 jours afin de rendre l'eau disponible et éviter le stress de la culture, signalant toujours que le témoin a été conduit en sec. Les irrigations ont débuté dès la plantation (17/09/2012) et achevé le 06/06/2013 soit une période de croissance de **263** jours (le 13/06/2013). Pour le deuxième temps, le volume d'eau à apporter pour chaque irrigation de chaque traitement a été déterminé selon la formule suivante:

ETM = ETP x K_c (selon FAO Irrigation and Drainage Paper no, 2007)



Le principe de cette étude est l'estimation de l'évapotranspiration potentielle "ETP" en appliquant (04) modèles empiriques différents:

- **T0** : sans aucun apport d'eau
- **T1** : l'ETP de la wilaya d'Oum El Bouaghi
- **T2** : l'ETP calculé en utilisant l'Evaporation de Piche (EV_p).
- **T3** : l'ETP calculé selon la méthode de Blanney-Criddle.
- **T4** : l'ETP calculé selon la méthode de Bouchet.

Formules utilisés pour le calcul de l'ETP l'ETP de la wilaya d'Oum El Bouaghi

L'évapotranspiration de la wilaya d'Oum El Bouaghi est mentionnée dans le tableau N°1

Tableau N°1: ETP de la wilaya d'Oum El Bouaghi

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	TOTAL
ETP	22,9	37,7	72,2	97,7	136,5	164,4	189,4	161,2	111,6	71	33,7	20,1	1118,4

L'ETP calculé en utilisant l'Evaporation de Piche (EV_p) :

L'évapotranspiration basée sur l'évaporation de Piche est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau N°2 : L'ETP calculé en utilisant l'Evaporation de Piche (EV_p)

Mois	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	No	Déc	TOT
EV_p (mm)	49, 50	55, 50	189, 13	90, 90	117, 72	129, 37	141, 30	149, 72	118, 53	90, 01	55, 12	207, 75	1394, 55

la Formule Bouchet

C'est l'estimation de l'évapotranspiration potentielle à partir des valeurs mesurées de l'évaporation par l'évaporomètre de Piche qui est installé sous abri. L'estimation se fait selon la formule suivante (Bouchet, 1963):

$$ETP \text{ (mm)} = K \times EV_p \times a$$

K : coefficient de correction calculé en fonction de Θ T° Coefficient qui dépend de la température moyenne de la période considérée.

$$\Theta = (3 t + T) / 4$$

t : T° minimale de la période considérée.

T : T° maximale de la période considérée

EVp : évaporation mesurée sous abri avec l'évaporomètre de Piche (mm) en 24 h (10 ans) .

a = 0.37 (abri standard), Coefficient dépendant du type d'abri.

La méthode de Blanney-Criddle (1950)

C'est une méthode basée sur la température de l'air, les variations mensuelles de l'évapotranspiration et radiation solaire (surtout pour l'évaporation de l'eau libre).

L'évapotranspiration de référence en mm/jour ou période considérée est donnée par :

$$ETP = 0.254 K/1.8 T (\text{moyen}) + 32) P$$

K : coefficient cultural constant = 0.75 pour les cultures maraîchères en zone semi aride

T : température moyenne de la période considérée

P : pourcentage % - nombre d'heures d'éclairement diurnes de la période considérée par rapport au total annuel des heures diurnes.

Matériel végétal

Le matériel végétal de notre expérimentation est l'ail (*Allium sativum* L., var. Messidrome, d'origine de la Drôme Provençale situé dans la partie sud de la France) planté en 19 septembre 2012. L'ensemble des observations effectuées, le rendement (en bulbe sans feuillage) et la qualité (poids d'un bulbe, nombre caïeux par bulbe) sont analysés en utilisant le programme MINITAB 13 et les différences considérées hautement significatives à $p < 0.01$.

Les conditions climatiques durant le cycle de la culture

Les températures

D'après le tableau N°3, l'élévation des températures moyennes aux mois d'Avril et Mai améliore considérablement l'aspect végétatif dans toutes les parcelles.

Tableau N° 3 : Données thermiques mensuelles moyennes ($^\circ\text{C}$) (2012-2013).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Au 13 Juin
T° moy	27.88	20.85	10.11	6.31	5.48	3.46	6.22	11.16	12.7	28.88

(D'après la station de l'I.T.C.M.I. d'Oum El Bouaghi, 2013)

Les précipitations

La région d’Oum El Bouaghi est caractérisée par un climat nettement contrasté, et soumis à des déficits d’eau due à la faiblesse et l’irrégularité des précipitations. Durant cette campagne on observe que la pluviométrie cumulée (**140.5 mm**) varie entre des valeurs très extrêmes de 0 mm au mois de Décembre à 40 mm au mois d’Octobre, cette dernière a contribué au démarrage de la culture non irriguée (figure N°1).

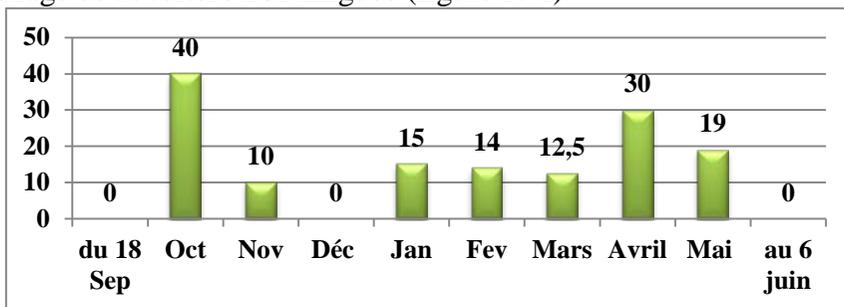
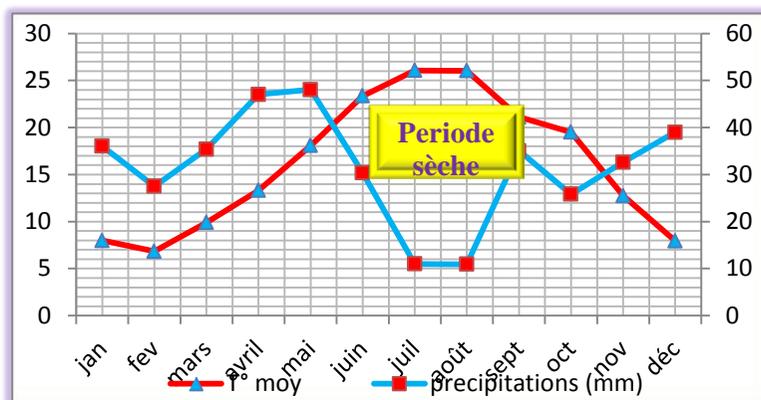


Figure N° 1: Précipitations mensuelles (mm) (2012-2013)

Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

La figure N°2 indique que la période sèche de l’année durée environ 04 mois ; de Mai au mi Septembre durant laquelle les précipitations sont faibles et les températures sont maximales. **Figure N°2** : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN (2003-2013).



L’évapotranspiration (ETP)

L’évapotranspiration estimée pour chaque stade, varie selon la méthode appliquée figure N° 3. Elle est presque similaire durant le stade initial et le stade final, cependant on note des différences entre les traitements durant le deuxième et le troisième stade, mais elles sont très apparentées notamment au cours de la croissance végétative des plants (formation de nouvelles feuilles). Ces résultats donnent un aperçu sur les

caractéristiques climatiques (températures, évaporation, pluviométrie et éclairage) qui influent sur l'estimation de l'ETP (Ayars, 2008).

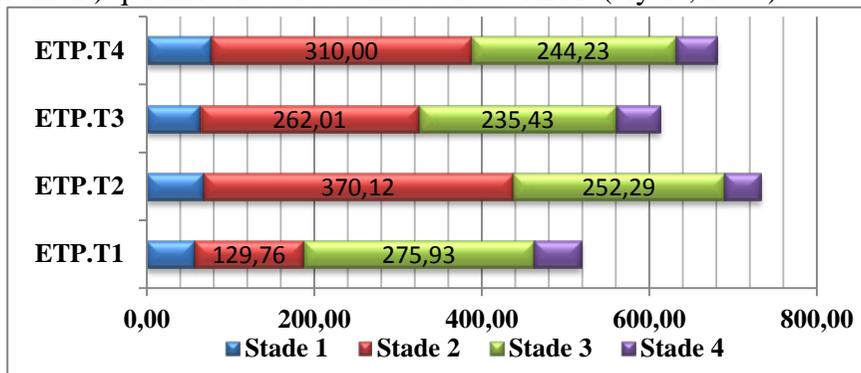


Figure N° 3 : Evolution d'ETP selon les différentes formules en fonction du cycle végétatif.

L'évapotranspiration maximale (ETM)

D'une manière générale, la répartition des besoins chez tous les traitements (figure N° 4) suit la même tendance décrite par Allen et al. (1998). On constate que le modèle basé sur l'ETP wilaya (T1), offre **70 %** du volume total d'eau apporté au stade gonflement bulbes-formation des caïeux et seulement **18.13 %** au cours de la croissance végétative comparativement au reste des traitements où la répartition été presque similaire.

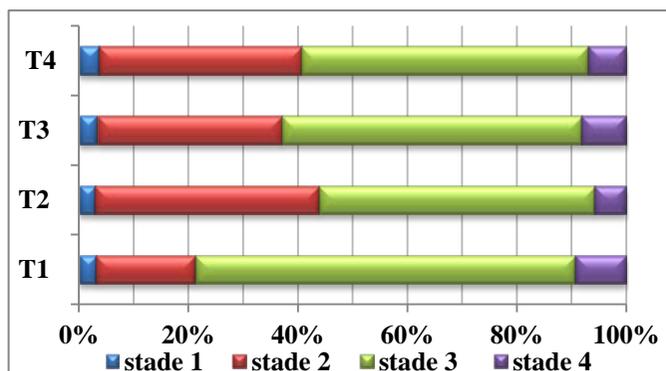


Figure N°4: Répartition des besoins en eau ETM (%) en fonction du cycle végétatif.

Volume total d'eau apporté par traitement (irrigation et précipitations)

Le besoin en eau des cultures dépend essentiellement du climat, du type de culture et de phase de croissance de la culture.

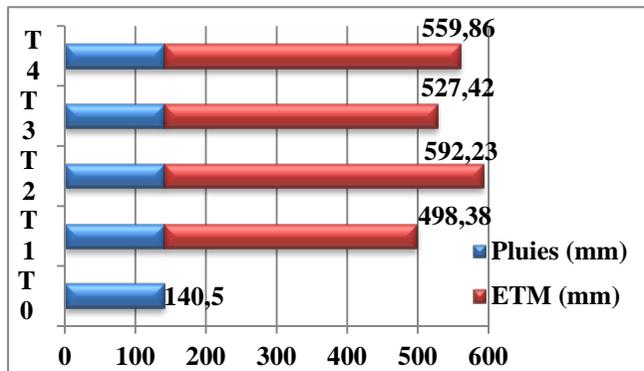


Figure N° 5: Volume total d'eau reçu par la culture de l'ail

D'après les données présentés dans la figure N°5, les besoins en eau de l'ail calculés par les quatre modèles sont de l'ordre de 357.88 mm, 451.73 mm, 386.92 mm et 419.36 mm respectivement pour T1, T2, T3 et T4. Alors que l'étude de Santos et al. (2010) estime que les besoins d'une culture irriguée de l'ail est de 349 mm selon les conditions climatiques de chaque région notamment les précipitations, donc un volume de **140.5 mm** est une quantité insuffisante pour le témoin afin d'avoir une culture rentable.

5-7- La relation entre l'ETP et l'ETM selon les modèles adoptés

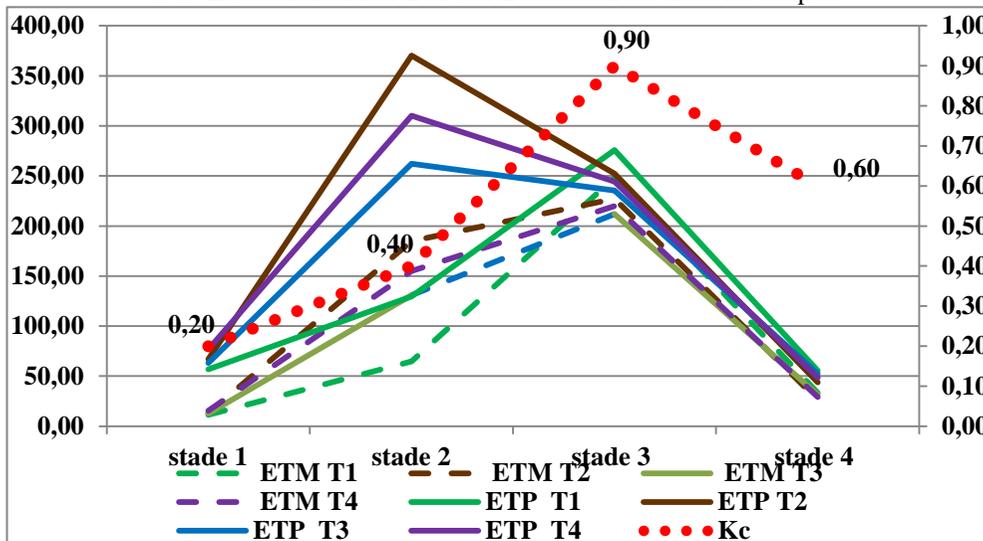


Figure N°6: La relation entre l'ETM et l'ETP selon les modèles adoptés.

Les besoins en eau sont faibles dans les premiers mois d'où la culture est s'installée (figure N° 6). L'accélération de la croissance végétative suite à l'amélioration des températures au cours de printemps impose une augmentation de quantités apportées, pour cela le Kc augmente progressivement (Hanson and May, 2005; Williams and Ayars, 2005; Paço et al., 2006), car Fabeiro et al. (2003) rapportent que le Kc maximum de l'ail

atteint une valeur de 1 sous les conditions contrôlées. Les besoins sont maximums durant la phase critique correspondant au bulbification – formation caïeux et l’ETP.

Résultats et discussion

Le taux de levée

Il y a une différence hautement significative avec ($P \leq 0.00$) entre les traitements et entre les périodes d’observation et l’interaction entre les deux. On remarque que le traitement **T1** a donné les meilleurs taux de levée pendant 5 semaines après 2.5 mois de la culture.

À partir de la 6^{ème} semaine, les meilleurs moyens des taux de la levée sont enregistrés dans le troisième traitement (calcul des besoins selon la formule de Blanney-Criddle) avec **98.2%** après 4 mois de la culture (la figure N°7).

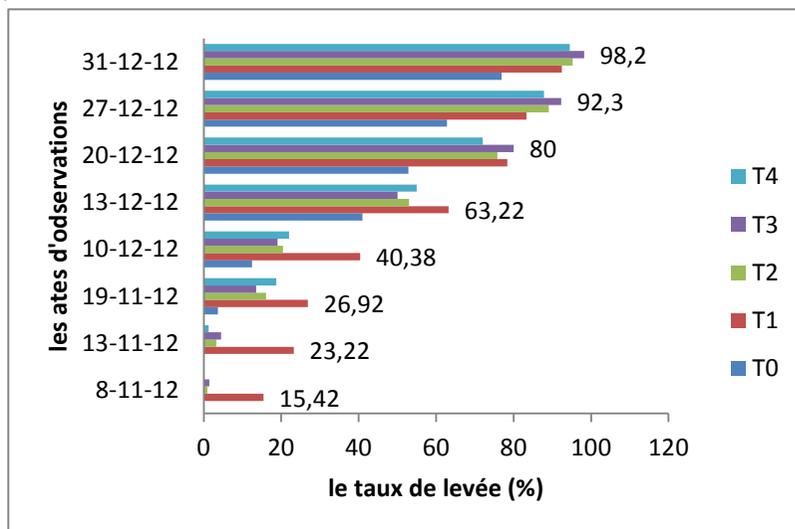


Figure N° 7 : Taux de la levée (%).

Notations effectuées sur la végétation

La hauteur des plants

Il y a une différence hautement significative avec ($P \leq 0.00$) entre les traitements et entre les périodes d’observation par contre on ne trouve pas de différence significative entre les blocs ($p=0.852$).

Le graphe de la hauteur des plants de l’ail (figure N° 8), montre que la meilleure moyenne de la hauteur des plants (**70 cm**) est constatée avec le traitement **T4** dans les deux dernières observations c'est-à-dire après 4 mois de la culture.

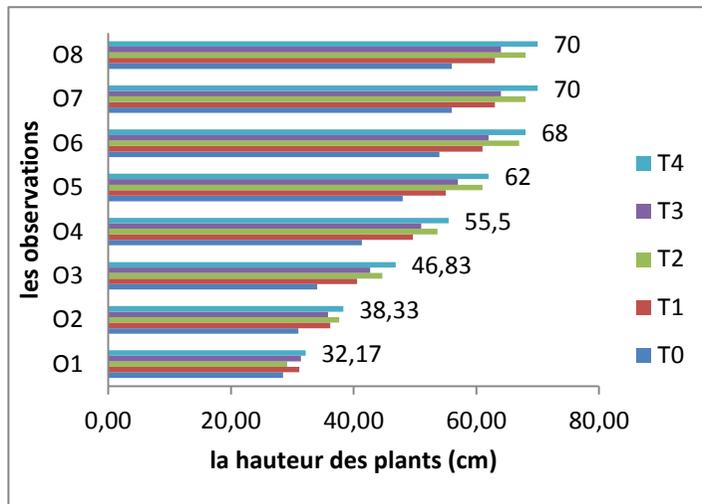


Figure N° 8 : La hauteur des plants (cm).

La longueur de pseudo-tige

Il y a une différence hautement significative avec ($P \leq 0.01$) entre les traitements et entre les périodes d'observation, par contre on ne trouve pas de différence significative entre les blocs ($p=0.782$). La meilleure moyenne de la longueur de la pseudo-tige de l'ail (**7.9 cm**) est enregistrée avec le traitement **T4** dans les deux dernières observations c'est-à-dire après 4 mois de la culture (figure N° 9).

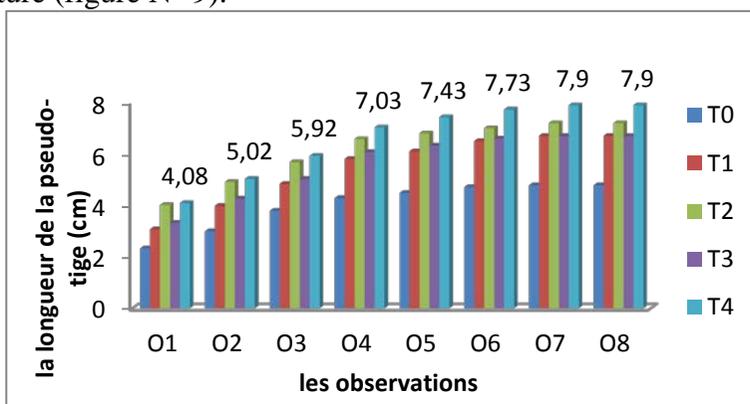


Figure N° 9: La longueur de la pseudo-tige (cm).

Le Diamètre de la Pseudo-tige

Il y a une différence hautement significative avec ($P \leq 0.00$) entre les traitements et entre les périodes d'observation, par contre on ne trouve pas de différence significative entre les blocs ($p=0.905$).

En consultant la figure N°10 et à partir des résultats de moyen de diamètre de la pseudo-tige de l'ail, le traitement **T4** a donné le moyen de diamètre le plus élevé dans toutes les observations (1.3-1.5-1.9-2.3 cm en

ordre) sauf la quatrième observation dont le meilleur moyen de diamètre est enregistré avec le T2.

Le traitement **T2** a donné aussi le meilleur moyen de diamètre de la pseudo-tige de l’ail dans les 6 dernières observations (1.9-2.3-2.3-2.3-2.3-2.3 cm en ordre).

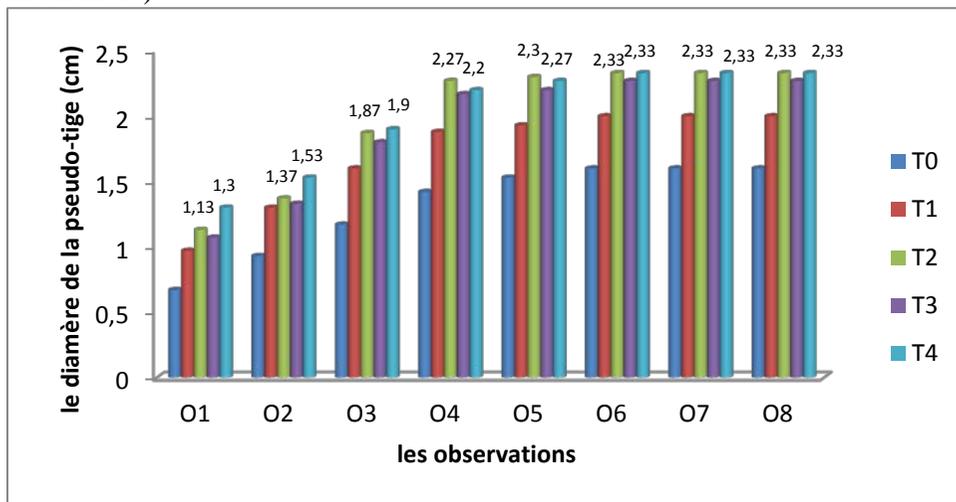


Figure N° 10 : Le diamètre de la pseudo-tige (cm).

Nombre de Feuilles

Il y a une différence hautement significative avec ($P \leq 0.00$) entre les traitements et entre les périodes d’observation, par contre on ne trouve pas de différence significative entre les blocs ($p = 0.450$). D’après les résultats présentés dans la figure N° 11, on peut dire que le moyen du nombre des feuilles varie selon les traitements, il est plus élevé pour le traitement **T4** pendant toutes les observations, le plus faible pour témoin **T0**.

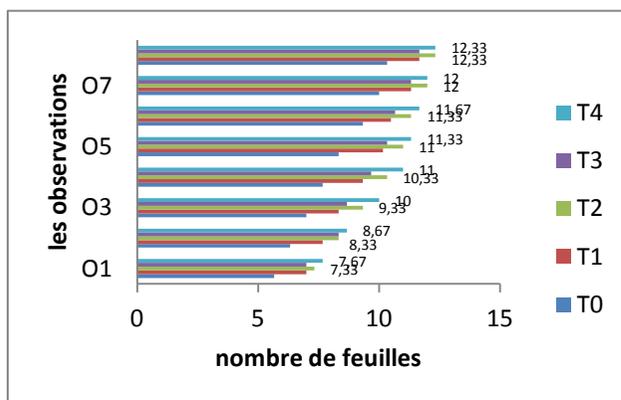


Figure N° 11: Nombre de feuilles.

la Longueur de la Feuille

Il y a une différence hautement significative avec ($P \leq 0.00$) entre les traitements et entre les périodes d'observation, par contre on ne trouve pas de différence significative entre les blocs ($p=0.318$). D'après les résultats de la figure N°12, on peut dire que le traitement **T4** a donné les meilleures longueurs des feuilles pendant toutes les observations.

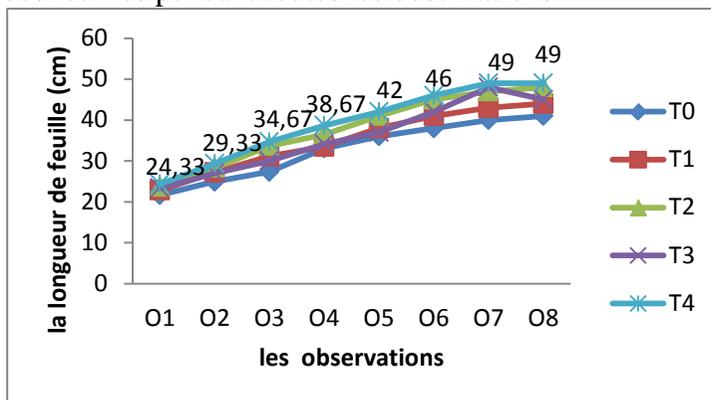


Figure N° 12 : La longueur de la feuille (cm).

La largeur de la feuille

Il y a une différence hautement significative avec ($P \leq 0.01$) entre les traitements et entre les périodes d'observation ; par contre on ne trouve pas de différence significative entre les blocs ($p=0.329$). Le graphe de la largeur de la feuille présentée dans la figure N°13, montre que les meilleurs résultats durant toutes les observations sont enregistrés avec le **T4**.

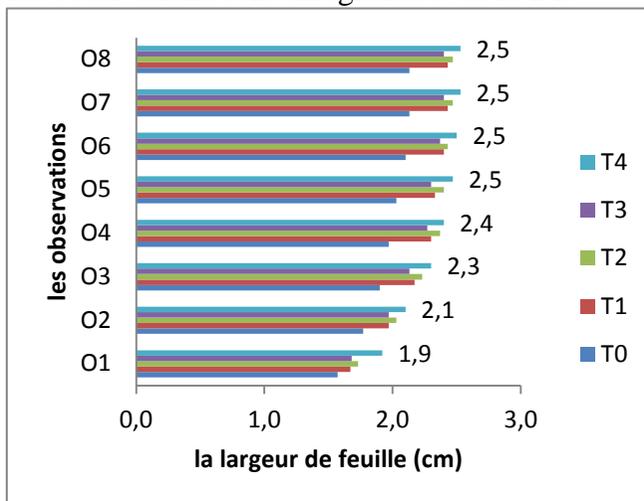


Figure N° 13: La largeur de la feuille (cm).

Durée des stades phénologiques

Tableau N°4 : la durée des stades phénologiques de la plante

Traitements	Date plantation	Gonflement des bulbes	Formation des caïeux
T0	17/09/2012	15/4/2013	03/5/2013
T1		25/4/2013	14/05/2013
T2		30/4/2013	20/5/2013
T3		30/04/2013	20/05/2013
T4		29/04/2013	18/05/2013

Le témoin affiche une durée du stade végétatif plus courte que les autres traitements ce qui a entraîné une entrée précoce des plants à la phase d'élaboration du rendement (Tableau N°4).

Le début de dessèchement de la partie aérienne est plus prononcé sur les parcelles non irriguées, ce qui est en accord avec Hunsaker et al. (2005) qui indique aussi que la sécheresse entraîne une sénescence accélérée des plants.

Notations effectuées sur la production

Poids d'un bulbe

Il y a une différence significative entre les traitements d'irrigation. D'après la figure N°14 qui présente respectivement le poids d'un bulbe avec et sans feuilles, nous constatons que le meilleur poids d'un bulbe avec ou sans feuilles (**52.07** et **41.80 g** par ordre) est enregistré sous le traitement **T2**.

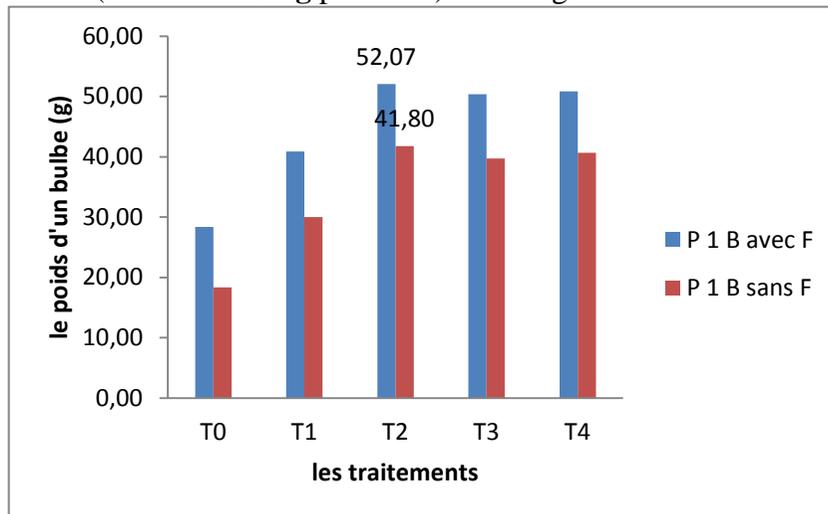


Figure N° 14 : Le poids du Bulbe (g).

Le rendement réel

Il y a des différences significatives du rendement total réel avec feuillage, et du rendement total réel bulbe (sans feuillage) entre les traitements d'irrigation.

Le traitement avec **T2** a donné les meilleurs résultats pour le rendement réel, car le rendement réel avec feuillage a atteint 129.02 qx/ha, par contre le rendement réel sans feuillage est de 103.57 qx/ha (figure N°15). Il apparait que les plants au niveau de T2 sont mieux alimentés en eau surtout au stade 2, car la photosynthèse est plus active l'accumulation des réserves est plus importante, cependant le rendement enregistré chez T2 est le meilleur.

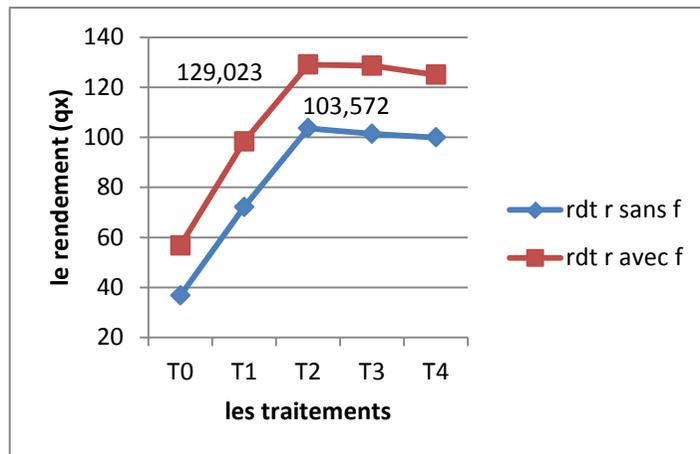


Figure N°15: le rendement (qx/ ha).

Analyse en composantes principales (ACP) des paramètres mesurés et les traitements d'irrigation appliqués :

L'analyse en composantes principales (ACP) des paramètres mesurés et les traitements d'irrigation appliqués permettent de chercher la liaison entre eux. Cette dernière est expliquée dans les deux premiers axes de l'ACP par 97.3% (figure N°16).

Il y a une corrélation négative entre les paramètres de groupe 1 (les paramètres : diamètre de la pseudotige, la longueur de la pseudotige, poids d'un bulbe avec et sans feuillage, nombre de feuilles et la hauteur des plants) et l'axe de 1 et la longueur de la feuille est négativement corrélée à l'axe 2 de l'ACP.

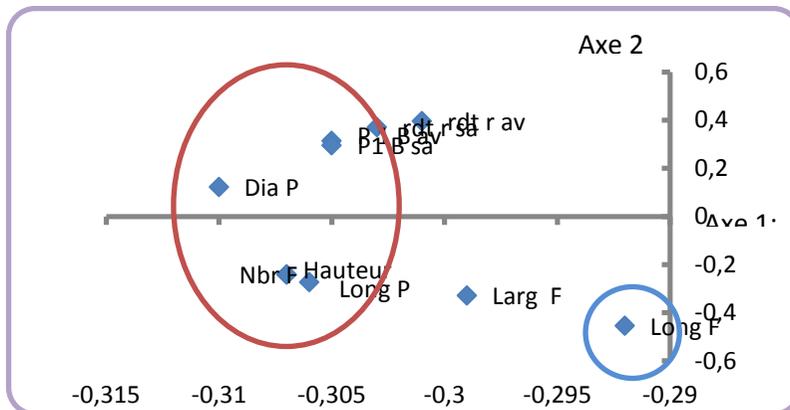


Figure N° 16: Cercle de corrélation entre les variables et les axes de l'ACP.

La figure N°17 représente la répartition des traitements sur les axes de l'ACP, car les traitements T1, T2, T3 et T4 sont négativement corrélés avec l'axe 1. Alors que le témoin T0 est négativement corrélé

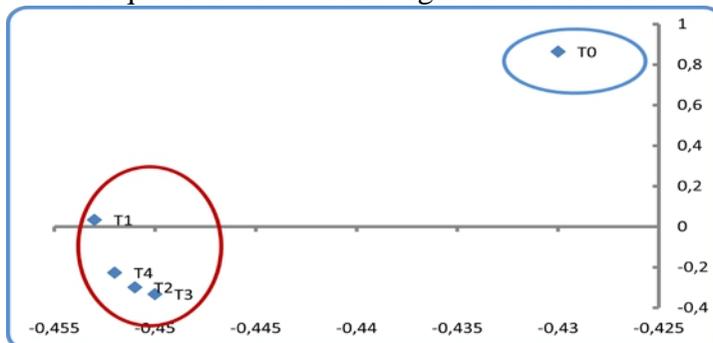


Figure N° 17 : répartition des traitements d'irrigation sur les axes 1 et 2 de l'ACP.

Les traitements T1, T2, T3 et T4 se distinguent par des moyennes relativement élevées en ce qui concerne les paramètres suivant : le diamètre, le poids d'un bulbe, avec et sans feuillage, le rendement réel (avec et sans feuillage), le nombre de feuilles, la hauteur, la longueur de la pseudotige, la largeur de la feuille et la longueur de la feuille (Duchemin et al., 2006). Le témoin T0 se caractérise par des valeurs les plus faibles en ce qui concerne la longueur de la feuille.

La régression linéaire

Selon la figure N° 18, on peut constater qu'il y a une forte corrélation positive entre les rendements, avec et sans feuillage, et les apports en eau appliqués avec un coefficient de corrélation $r = 0.91$ et $r = 0.89$, avec et sans feuillage respectivement. On constate aussi qu'il y a une différence entre les traitements et le témoin sans irrigation.

Le meilleur rendement soit avec ou bien sans feuillage est obtenu en utilisant le traitement avec T2 basé sur l’irrigation avec la formule où l'ETP est calculé en utilisant l’évaporation de Piche (EVp). Pour cela, on a observé que le rendement est le plus faible; Braud et al. (1995) indiquent que les besoins en eau de la culture doivent être assurés par l’irrigation si la pluviométrie n’est pas suffisante.

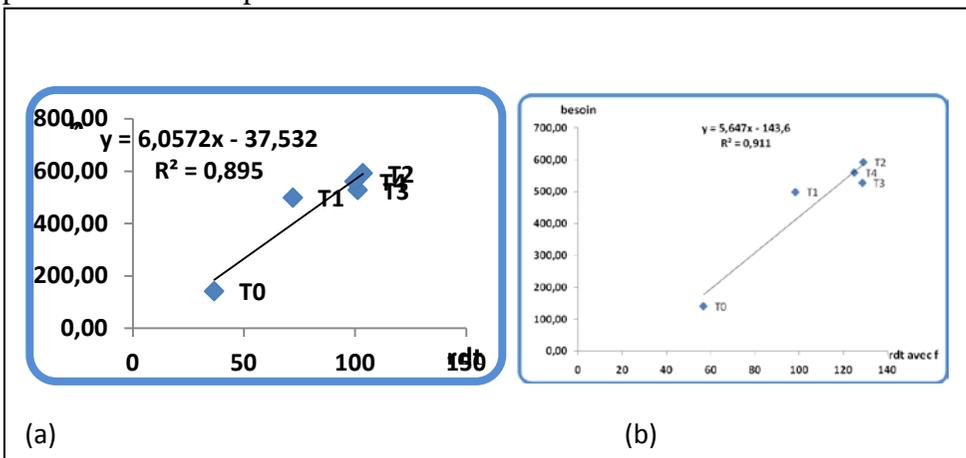


Figure N° 18: la régression linéaire entre le rendement réel (qx/ha) et les doses d’irrigation. (a) total. (b) en bulbes.

Amélioration de la production

Tableau N°5 : Taux d’amélioration de la production entre les traitements :

traitements rendement réel Bulbes (qx/ha)		T0	T1	T2	T3	T4
		36,73	72,15	103,57	101,36	99,92
T0	36,73	/	/	/	/	/
T1	72,15	96,45		/	/	/
T2	103,57	182,00	43,55	/	/	/
T3	101,36	175,99	40,49	-2,13	/	/
T4	99,92	172,06	38,49	-3,53	-1,42	/

Les différences de production sont très importantes entre les traitements irrigués et le témoin. Mais il est à noter que ces différences sont plus intéressantes sous l’effet traitement **T3** ayant reçu une quantité d’eau de 64.81 mm /T2 et 32.34 mm/T4, malgré ça il arrive à réaliser des rendements très proches de T2 et T4 (tableau N°5). Levitt (1980) rapporte que le changement des conditions du milieu se traduit par une réduction ou des changements indésirables dans la croissance et le développement des plantes, mais plus précisément sur l’ail.

Efficienc e en eau

Elle indique la quantité d'eau nécessaire pour produire 1 ql de produit.

- **T0** : 3,82 mm/ql
- **T1** : 6,90 mm/ql
- **T2** : 5,72 mm/ql
- **T3** : 5,20 mm/ql
- **T4** : 5,60 mm/ql

La relation entre le rendement et la quantité d'eau apportée indique que le meilleur résultat est obtenu par **T3** qui affiche l'optimum du rapport de quantité produite/ consommation en eau.

Nombre des caïeux par Bulbe

Il n'y a aucune différence significative avec ($P \leq 0.01$) entre les traitements.

Le graphe qui présente les résultats moyen de nombre des caïeux par bulbe de l'ail (figure N° 19), montre que le meilleur nombre est enregistré avec traitement **T4** qui correspond à la méthode basé sur la formule de Bouchet.

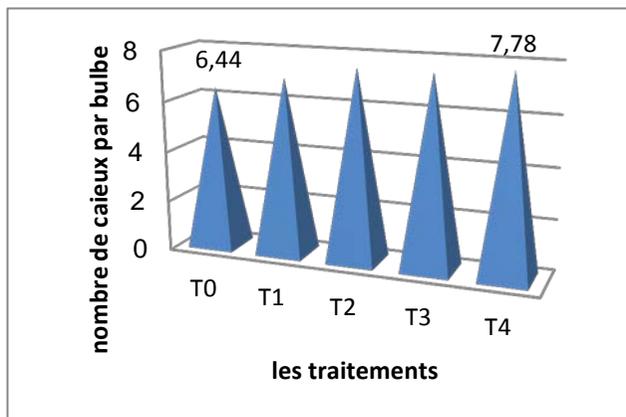


Figure N°19: Nombre des caïeux par bulbe.

Conclusion

Dans cette optique l'actuelle recherche a permis la détermination de la formule adéquate pour l'estimation des besoins en eau de la culture de l'ail dans la région d'OUM EL BOUAGHI grâce à la méthode indirecte basée sur le modèle $ETM = ETP \times Kc$ (selon The Food and Agriculture Organization Irrigation and Drainage Paper N° 56). L'évapotranspiration est calculée selon 04 différents modèles choisis en fonction de la disponibilité des données climatiques au niveau de l'ITCMI d'Oum El Bouaghi.

L'analyse des résultats obtenus par l'application des différents modèles a permis de mettre en évidence qu'il est possible d'obtenir une bonne

production de l'ail accompagnée par une taille optimum des bulbes dans les régions semi arides comme la zone d'Oum El Bouaghi en se basant sur les irrigations estimés par la formule de Blanney-Criddle qui tient en compte l'éclairement et les températures moyennes.

La confirmation de ces résultats peut être bénéfique pour la programmation de l'irrigation et de maximiser l'aménagement de l'irrigation de la culture de l'ail dans les conditions semi arides.

References:

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drain, Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.1998
- Ayars, J. E. Water Requirement Of Irrigated Garlic American Society of Agricultural and Biological Engineers Vol. 51(5): 1683-1688. 2008
- Blanney, H.F., Criddle, W.D. Determining water requirements in irrigated areas from climatologically and irrigation data. USDA (SCS) TP 96 48, 1950
- Bouchet R. J. Evapotranspiration réelle, & apotranspiration potentielle et production agricole.AM. Agro., , 5, p. 743-824. 1963
- Braud I., A.C. Dantos Antonio, M. Vauclin, J. L.Thony, and P. Ruelle. A simple soil- plant- atmosphere transfer model (SiSPAT) development and field verification. Journal of hydrogeology.166: 213-250. 1995
- Droogers, P., Allen, R.G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. Irrig. Drain. Syst., 16: 33–45. 2002
- Duchemin, B., Hadria, R., Er-Raki, S., Boulet, G., Maisongrande, P., Chehbouni, A., Escadafal, R., Ezzahar, J., Hoedjes, J.C.B., Karrou, H., Khabba, S., Mougenot, B., Oliso, A., Rodriguez, J-C., Simonneaux, V. Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: on the use of relationship between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices.Agricultural Water Management.79:1- 27. 2006
- Fabeiro C, Martin S, Olalla F, Lopez-Urea R. Production of garlic under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agric Water Manag J 59: 155-167. 2003
- Hunsaker, DJ., Pinter, PJ Jr, Kimball, BA. Wheat basal crop coefficients determined by normalized difference vegetation index. Irrig Sci., 24: 1-14. 2005
- Hanson, B.R., and. May, D. M. Crop coefficients for drip-irrigated processing tomato. Agricultural Water Management. doi:10.1016/j.agwat.2005.04.007. 2005
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature.Appl. Eng. Agric. 1 (2), 96–99. 1985

- Kashyap, P.S., Panda, R.K. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop coefficients for potato crop in a sub-humid region. *Agric. Water Manage.*, 50 (1): 9–25. 2001
- Levitt J. Responses of plants to environmental stresses. Volume II 2nd ed. Academic press. New York. 1980
- Paço, T. A., Ferreira, M. I., Conceição, N. Peach orchard evapotranspiration in a sandy soil: Comparison between eddy covariance measurements and estimates by the FAO 56 approach. *Agricultural Water Management*, 85: 305-313. 2006
- Rivas, R. and Caselles, V. A simplified equation to estimate spatial reference evaporation from remote sensing-based surface temperature and local meteorological data. *Remote Sensing of Environment*, 93: 68–76. 2004
- Rolley P. *Nouvelle Encyclopédie Agricole - IRRIGATION – Améliorations Agricoles*, 480p.1953.
- Santos C, Ignacio J, Lorite M., Tasumi R, Allen G, Fereres E. Performance assessment of an irrigation scheme using indicators determined with remote sensing techniques. *Irrig Sci* 28:461–477. 2010
- Simonne E. H., Dukes M.D. and Zotarelli L. Principles and practices of irrigation management for vegetables. Chapter3 University of Florida, IFAS, Extension.2011-2012, AE260: 17-27.2011
- Williams, L.E., Ayars, J.E. Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. *Agric. For. Meteorol.* 132: 201-211. 2005