

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'Obtention Du Diplôme D'Ingénieur D'Etat en Sciences Agronomiques

Spécialité : Agronomie Saharienne

Option : Mis en valeur des Sols Sahariens

THEME

Essai comparatif des différentes méthodes de pilotage de l'irrigation par Tensiométrie. Bilan hydrique et tour d'eau

Soutenu publiquement par :

Mr : MEISSA Brahim

Devant le jury :

Président :	CHELOUFI H.	M.C. (A)	U.K.M. Ouargla
Promoteur :	LADJICI A.	M.A. (A)	U.K.M. Ouargla
Co-Promoteur :	SAKER M.L	M.C. (A)	U.K.M. Ouargla
Examineur :	BELAROUSSI M.	M.A. (A)	U.K.M. Ouargla
Examineur :	KAHELSEN C.	M.A. (A)	U.K.M. Ouargla
Membre invité :	HADDAD D.	Ing.	I.N.R.A.A. Touggourt

Année Universitaire : 2011/2012

INDEX DES ABREVIATIONS

A.E.P : l'alimentation en eau potable.

A.N.R.H : Agence National Des Ressources Hydrauliques.

B.H : Bilan hydrique.

C.A.P.E.R : les caisses d'accèsion à la propriété et à l'exploitation rurale.

C.I : Continental Intercalaire.

C.T : Complexe terminal.

E.T.M : Evapotranspiration maximale.

E.T.O : Evapotranspiration optimale.

E.T.P : Evapotranspiration potentielle.

E.T.R : Evapotranspiration réelle.

E.T: Evapotranspiration.

H.V : Hors vallée Oued Righ.

I.N.R.A.A : l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

Kc : coefficient cultural.

O.N.M : Office National météorologique.

O.N.S : Office National Des Statistiques.

S.A.U : surface agricole utilisé.

Ta : la température de l'air ambiant.

Ts: la température de surface du couvert végétal.

V.N : Vallée Oued Righ Nord.

V.S : Vallée Oued Righ Sud.

Chapitre V : Présentation de la station

V.1-Historique :

La Station de Sidi Mahdi, a été créé en 1959 par le Service des Etudes Scientifiques de l'Hydraulique au sein d'un périmètre irrigable d'environ 150 has.

Ensuite, elle a été rattachée à L'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie qui assure sa gestion depuis 1966 à ce jour.

V.2-Situation Géographique :

La station de Sidi Mahdi est située à 07 Km au Sud Est de Touggourt sur le plateau qui constitue la bordure orientale de l'Oued Rhir.

V.3-Objectifs :

L'objectif de la Station est défini comme étant l'Etude du Meilleur Moyen de mise en Valeur avec les conditions particulières de l'Oued Rhir.

En d'autres termes il s'agit de :

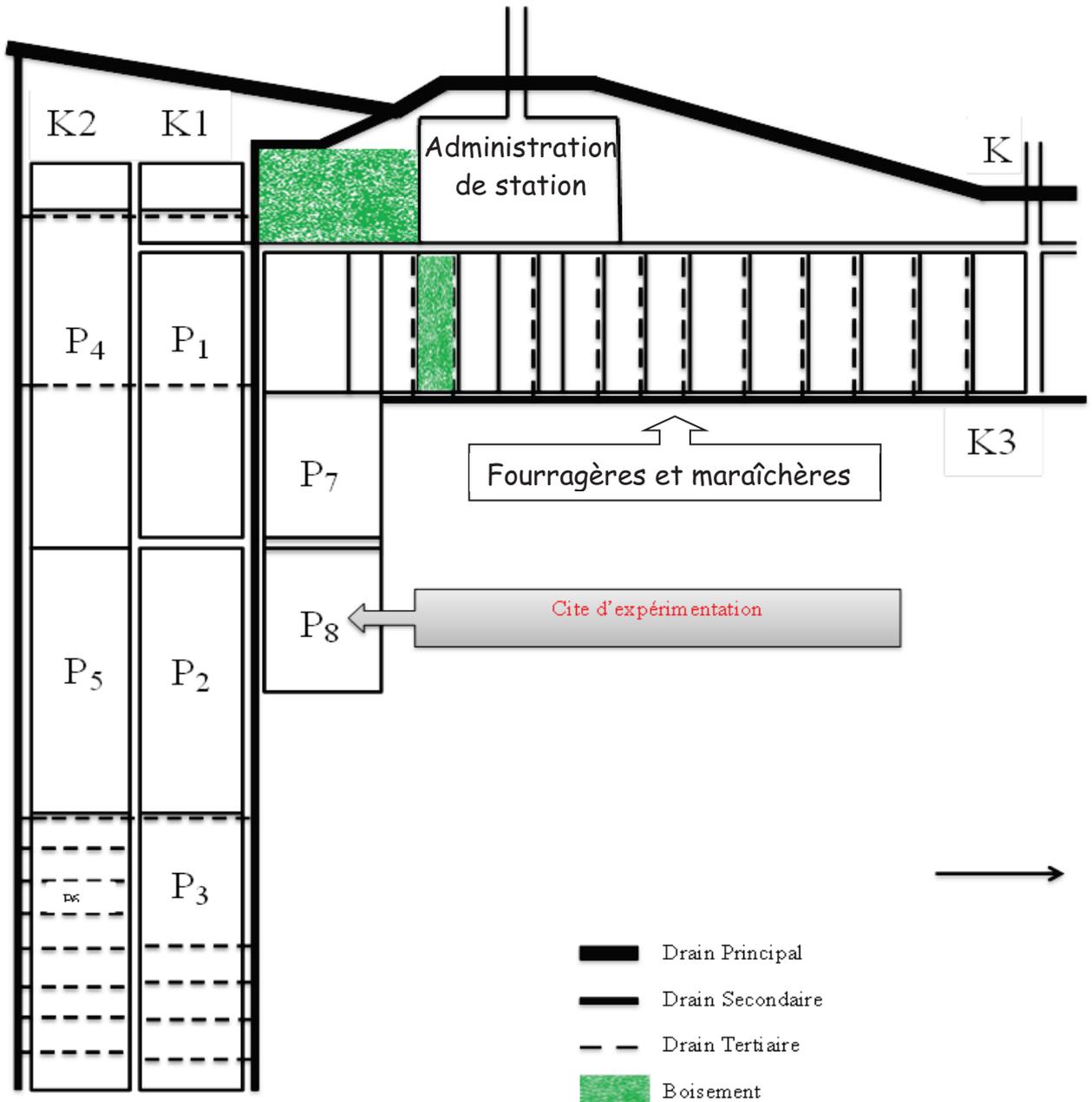
- De définir les Techniques d'Irrigation et de Drainage les plus performantes.
- D'améliorer la fertilité des sols.
- De diversifier les cultures avec comme composante essentiel le Palmier dattier, les Cultures Fourragères et Maraîchères en rapport avec les caractéristiques physico-Chimiques des eaux et des sols.
- D'améliorer l'élevage et de développer l'existant.
- De valoriser les produits et sous-produits du Palmier.

V.4-Plan d'occupation des Sols :

Le domaine expérimental s'étend sur 52 has de surface totale dont 30 has de SAU répartie comme suit :

- 25 Has de Palmeraie soit 2500 palmiers tous de Variétés Deglet Nour dont 01 ha de Palmier Males.

- 01 Ha portant une collection de cultivars de Palmier Dattier provenant de la Régions de Oued-Rhir et d'Oued-Souf.
- 04 Has de terres nues destinées aux cultures fourragères et maraîchères
- Le reste soit 12 Has ont été rattaché à la Station dans le cadre de l'opération Assainissement du Patrimoine Foncier du Secteur de l'Agriculture.



Station expérimental INRAA

Sidi Mahdi-Touggourt

Figure N°07 Schéma de station expérimental INRAA Sidi Mahdi – Touggourt

Source: (D.Dubost, D.Haddad, 1983)

V.5-Caractéristiques physiques :**V.5.1-Climat :**

Le climat de Sidi Mehdi est de type saharien caractérisé par des températures avoisinant les 45°C durant l'été, des précipitations rares et irrégulières inférieures à 70 mm /an, des vents fréquents, violents et parfois accompagnés de sable .Les écarts de températures sont très importants et surtout en été, elles peuvent atteindre facilement les 16°C durant le mois d'août.

V.5.2-Ressources en eau :

Les eaux d'irrigation proviennent essentiellement de 02 grands ensembles aquifères

L'ensemble inférieure (-1800 m) appelé Continental Intercalaire (Albien) d'une température de 58 ° C et de 2.5g de résidu sec /l.

L'ensemble supérieur (-100 m) dénommé Complexe Terminal ou Mio-Pliocène d'une température de 25 °C et d'une salinité de 05 g de résidu sec /l.

Pour les besoins de l'irrigation et de ses activités en générale la station puise ses ressources de ces 02 nappes.

Actuellement elle dispose d'un forage propre issu de la 2^{ème} nappe en attendant la mise en service imminent d'un nouveau forage réalisé sur la nappe Albienne au profit de tout le périmètre et peut être la consommation en eau de la population de Touggourt.

V.5.3-Caractéristiques des sols :

Les sols de la station sont généralement sablo limoneux parfois même sableux avec 70% de sable fin, et traversés par des encroûtements gypso salins. Ils présentent une hydrogéologie difficile avec une couche d'argile en profondeur à -140cm qui rend toute agriculture impossible sans l'installation préalable d'un système de drainage .les dernières analyses font ressortir une structure particulière et une teneur en matière organique très faible – 1%. La salinité quant à elle est comprise entre 2 et 4 mmhos/cm².

V.5.4-Drainage :

La présence d'un banc d'argile à quelques mètres en profondeur interdit toute culture irriguée sans l'établissement préalable d'un réseau de drainage .Celui de la Station comporte deux drains principaux K1 et K2 qui se jette dans un collecteur K qui lui-même se déverse à 03 km environ dans le collecteur de l'Oued-Rhir .Son débit est évalué à 30 m³/h environ et une salinité de 10.000 Micromhos.

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'Obtention Du Diplôme D'Ingénieur D'Etat en Sciences Agronomiques

Spécialité : Agronomie Saharienne

Option : Mis en valeur des Sols Sahariens

THEME

Essai comparatif des différentes méthodes de pilotage de l'irrigation par Tensiométrie. Bilan hydrique et tour d'eau

Soutenu publiquement par :

Mr : MEISSA Brahim

Devant le jury :

Président :	CHELOUFI H.	M.C. (A)	U.K.M. Ouargla
Promoteur :	LADJICI A.	M.A. (A)	U.K.M. Ouargla
Co-Promoteur :	SAKER M.L	M.C. (A)	U.K.M. Ouargla
Examineur :	BELAROUSI M.	M.A. (A)	U.K.M. Ouargla
Examineur :	KAHELSEN C.	M.A. (A)	U.K.M. Ouargla
Membre invité :	HADDAD D.	Ing.	I.N.R.A.A. Touggourt

Année Universitaire : 2011/2012

Chapitre VII : résultats et discussions

VII.1- les résultats obtenus :

VII.1.1-détermination des besoins en eau :

Les tableaux suivant 12,13 et 14 indiquent les quantités d'eau à apporter et la durée des irrigations dans un tel système pour les mois de mi-mars et d'avril et mi-mai. Par exemple en mi-mars jusqu'au début d'avril le débit d'irrigation 4.5 l/s correspond à une lame d'eau de 100 mm soit à un volume de 183.6m³ pour 5 jour. Comme la totalité de cette eau est répartie sur 1Ha seulement (20 planches de 75 m²) la hauteur d'eau apportée à chaque irrigation est en réalité de 100 mm du débit mètre. En mai cette hauteur d'eau atteint 130 mm.

VII.1-1.1-Méthode bilan hydrique :

Tableau N° 12 Calcul volume d'eau par bilan hydrique à la station (INRAA) de16/03 à 15/05/2012

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
ETP (Penman Modifié) (mm/j)	2.23	3.42	4.14	6.41	7.85	9.25	10.1	9.92	6.32	4.62	3.13	1.86
Kc	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7
ETr (mm/j)	1.561	2.736	<u>3.31</u>	<u>5.128</u>	<u>6.28</u>	8.32	9.12	8.92	5.688	4.158	2.191	1.302

VII.1-1.2-Méthode tensiométrique :

Tableau N° 13 Calcul volume d'eau par données tensiométriqu à la station (INRAA) de16/03 à 15/05/2012

Date	16/03au31	01/04au30	01/05au15
Nombre d'irrigation	1 irrigation	3 irrigations	1 irrigation
Débit (l/s)	7	4.5 à 7	7
Volume (m ³)	227	602	292
Volume (mm/j) par hectare	1.5	2.00	1.9
Volume (litre) par palmier	<u>126.11</u>	<u>167.22</u>	<u>162.22</u>

VII.1-1.3-Méthode tours d'eau (rythme d'eau) :

Tableau N° 14 : Irrigation par submersion de planches, volume d'eau à apporter par la méthode des tours d'eau pour les saisons mi-mars jusqu'à mi-mai.

Tableau N° 14 : Calcul volume d'eau des tours d'eau à la station (INRAA) de 16/03 à 15/05/2012

Date	16/03au31	01/04au30	01/05au15
Nombre d'irrigation	3 irrigations	6 irrigations	3 irrigations
Débit (l/s)	4.5 (16.2 m ³ /h)	7 (25.2 m ³ /h)	7 (25.2 m ³ /h)
Durée d'irrigation à chaque fois	6h et 20min	9h	6h et 20min
Volume (m ³)	550.8	1360.8	856.8
Volume (mm/j) par hectare	3.67	4.536	5.712
Volume (litre) par palmier	<u>306</u>	<u>378</u>	<u>476</u>

VII.2-analyse et interprétation des résultats :**VII.2.1-Seuil de déclenchement et doses d'irrigation :**

En l'absence d'expérience menée dans la région et compte tenu des caractéristiques agropédoclimatiques du site nous sommes contraint de déterminer nos propres références qui consistent à un suivi préliminaire de contrôles tensiométriques afin de déterminer la tension maximale au-dessous duquel la plante se trouve dans un état de stress hydrique.

Pour cela la démarche suivante a été adoptée et consiste à analyser les paramètres suivants:

- Contrôle quotidien des tensions : suivi et analyse des évolutions des résultats.
- Niveau d'épuisement des réserves en rapport avec les tensions affiché.
- Evaluation de la capacité de rétention à partir de mesures simultanées de tension et d'humidité pondérale.
- La tension de l'eau effectuée sur une période assez longue afin de déterminer d'une façon aussi précise que possible le seuil du renouvellement des apports
- Tendances des évolutions : augmentation brutale des tensions

VII.2.1.1-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 16 /03 au 05/04/2012

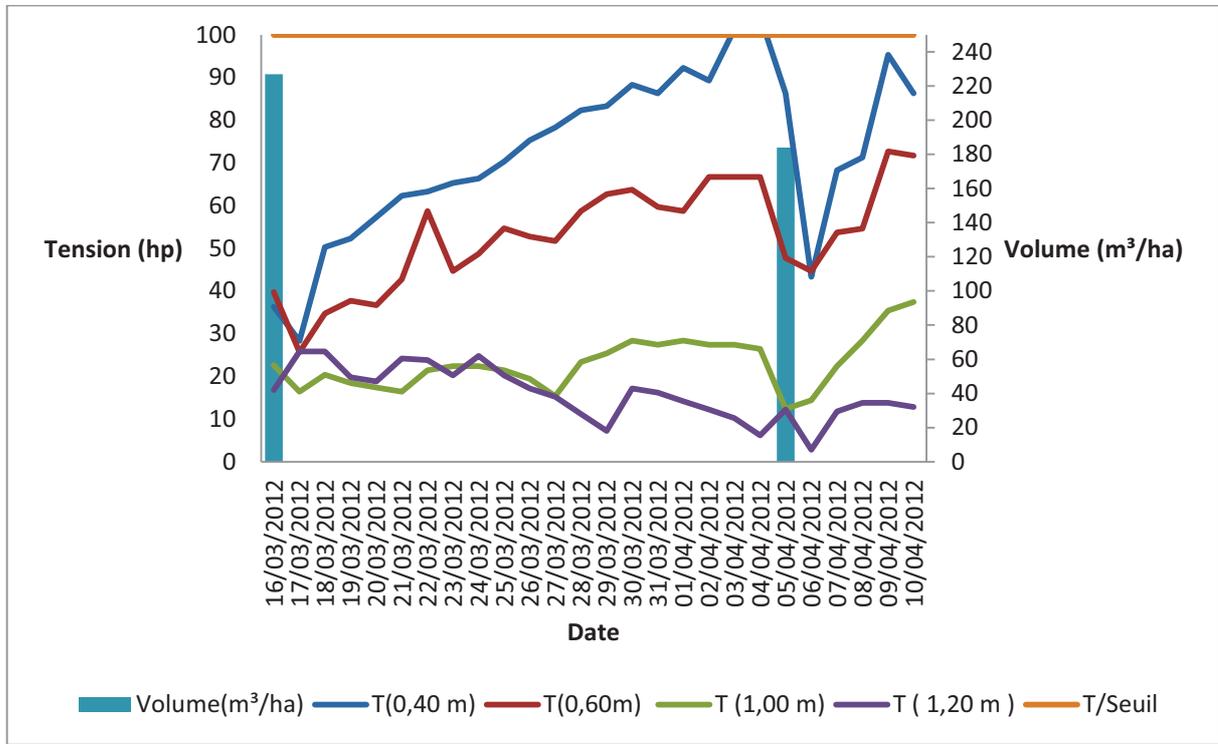


Fig. N° 25: Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 16 /03 au 05/04/2012

Il est à signaler que le démarrage du contrôle des tensions a débuté comme l'indique le graphe n°22 . Ceci était subordonné aux aménagements du sol et de la mise en place du dispositif de mesure.

Le premier objectif à rechercher durant cette phase c'est de définir les références de pilotage par Tensiométrie propres à la région et qui sont la profondeur optimale d'installation du tensiomètre, la distance latérale par rapport au Palmier ,la fréquence ou la périodicité des contrôles de tension et le seuil de déclenchement des irrigations qui deviendront a l'issue de cette étape un référentiel pour la conduite pratique des arrosages sur Palmier Dattier dans la région.

Afin de mieux apprécier les fluctuations des tensions affichées durant la phase de dessèchement (drainage et évapotranspiration) et d'humectation (irrigation et remontée

capillaire) du sol, l'interprétation des résultats tensiométriques a été circonscrite dans l'intervalle entre deux irrigations.

Parallèlement à cela, nous avons réalisé un profil cultural à proximité du palmier à l'endroit où les tensiomètres sont installés afin de localiser l'horizon exploité par les racines qui contribuent à l'alimentation hydrique et minérale du Palmier. Nous avons également réalisé des mesures d'humidité pondérales pour essayer de faire le lien entre l'humidité à la capacité au champ, l'humidité au point de flétrissement et les tensions correspondantes.

Le pilotage par Tensiométrie a débuté la mi-mars comme l'indique la figure N°01 avec un volume de $\approx 33 \text{ m}^3$ par hectare comprenant 120 palmiers soit à 275 L par un palmier. Cette quantité d'eau a complètement submergée la planche d'une superficie de 75 m^2 ($50 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$).

A l'issue de cette première irrigation des contrôles ont été effectuées, une transcription graphique a été faite pour une interprétation plus rigoureuse.

La première remarque qui ressort de ce graphique est que l'ensemble des courbes présentent la même allure avec une augmentation progressive de la tension avec le temps traduisant une phase de redistribution de l'eau dans le profil ce qui indique le stock d'eau dans le sol diminue et que les tensiomètres réagissent aux phases d'humectation et dessèchement dénote le fonctionnement correcte des tensiomètres ce qui nous rassure pour la suite du suivi.

Le volume apporté (33 m^3) est jugé insuffisant car il n'a pas atteint la couche profonde (1.20 m) qui a vu sa tension augmentée (16.8 hp à 25.8 hp) mais la tension reste faible ceci s'explique par la proximité de la nappe phréatique (1.50 m).

Juste après l'apport d'eau on note une baisse de la tension (22.4 hp à 16.4 hp) qui a atteint la profondeur de 1.00 m s'explique par la quantité massive d'eau qui a rempli la macroporosité du sol. Dans cette situation, c'est le phénomène gravitaire qui prédomine.

Ensuite on remarque une phase de redistribution de l'eau dans le profil illustré par une évolution de la tension allant dans le sens croissant pour atteindre le seuil (104.3 hp) de déclenchement de l'irrigation au bout de 15 jours, indique que les conditions climatiques étaient encore clémentes se traduisant par des faibles besoins en eau. Pour satisfaire ses

besoins en eau le palmier a puisé dans les réserves en eau du sol qui étaient encore suffisantes. (Réserve utile de 33,51 mm). (Annexe, e).

En outre le graphe indique que les fluctuations des tensions des horizons supérieurs (0.40 m et 0.60 m) sont plus prononcées en raison de la proximité de la surface du sol l'expose à une évaporation intense et de la localisation des racines qui contribue à la croissance du Palmier.

Contrairement aux horizons profonds la différence entre les tensions affichées sont insignifiantes et le niveau d'humidité est toujours proche de la saturation ce qui se traduit par un gradient potentiel croissant provoquant un flux ascendant qui risque de poser des problèmes de salinité si le renouvellement de l'irrigation ne se fait pas au moment opportun.

Dans la pratique la fréquence des irrigations durant cette période ne va jamais au de la de 10 jours dans la méthode du tour d'eau, dans notre cas il atteint 15 jours et nous verrons dans la prochaine session s'il a y a eu des conséquences négative sur la remontée de la nappe.

VII.2.1.2-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 05 /04 au 12/04/2012:

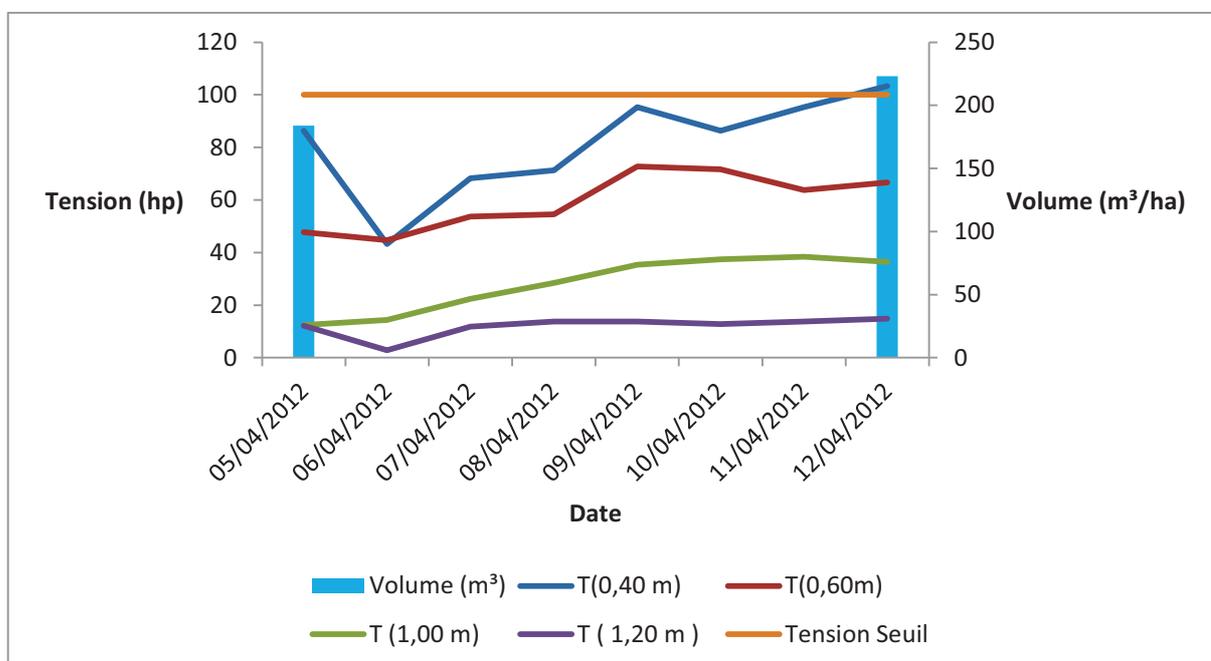


Fig. N° 26 : Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 05 /04 au 12/04/2012

La première remarque qui ressort de ce graphique est relative à la fréquence d'irrigation et du volume d'arrosage apporté durant cette session. La fréquence est passée de 15 à 07 jours et le volume d'eau a augmenté de plus de 30 %.(55 m³) Cette augmentation pourrait s'expliquer par l'entame des fortes températures qui se sont traduits par l'augmentation conjointe des besoins en eau et le démarrage de la croissance végétatif du palmier (Floraison).

Nous confirmons également 02 séries de courbes distinctes, une première des horizons supérieurs et une seconde des horizons profonds. Elles sont caractérisées par la tendance des évolutions qui sont presque identiques.

Dans les horizons supérieurs (0.40 m et 0.60 m) la fluctuation des tensions est plus accentuée dénote que c'est dans ces horizons que ce déroule l'essentiel de l'activité physiologique du végétal (alimentation hydrique et Prélèvement des éléments nutritifs et minérales) auquel il faut rajouter la demande climatique sur les couches superficielles qui se traduisent par la réduction des réserves en eau.

On remarque dans cette période que malgré l'augmentation conséquente du volume d'eau, ce dernier n'a pas dépassé l'horizon 0.60 m, certes il a fait chuter brutalement la tension de presque 50 % (86.3 hp à 46.3 hp) pour l'horizon situé a (0.40 m) alors que l'horizon suivant n'a vu sa tension que diminuer très faiblement (47.7 hp à 44.7 hp). Alors que les horizons profonds celui de 1.00 m a vu sa tension augmente sensiblement celle de 1.20 m est restée stable au vu de sa proximité du toit de la nappe.

Ce qui est également à retenir est que l'apport d'eau ne fait baisser la tension que pour un temps limité (24 h) et ne touche que les horizons supérieurs, pour reprendre le chemin de la croissance.

Cette situation pourrait trouver son explication dans le volume d'eau apporté qui s'est avéré insuffisant qui suite à l'activité physiologique du palmier a entraîné un dessèchement progressif de l'horizon concerne pour atteindre le seuil d'alerte au bout de 07 jours.

En résumé la situation durant cette phase a été caractérisée par une chute de la tension dans l'horizon supérieur suite à un apport d'eau dont l'impact sur la distribution de l'eau dans le profil a été limité à la profondeur 0.60 m avec une situation qui est restée inchangée au

point alimentation hydriques des couches profondes qui a vu la tension augmentée sensiblement pour la profondeur 1.00 m et ainsi provoquant un gradient d'humidité dont le sens du flux est ascendant qui risque de poser des problèmes de remontée capillaire avec toutes les conséquences que ça pourrait créer au niveau de la rhizosphère.

VII.2.1.3-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 12 au 24/04/2012

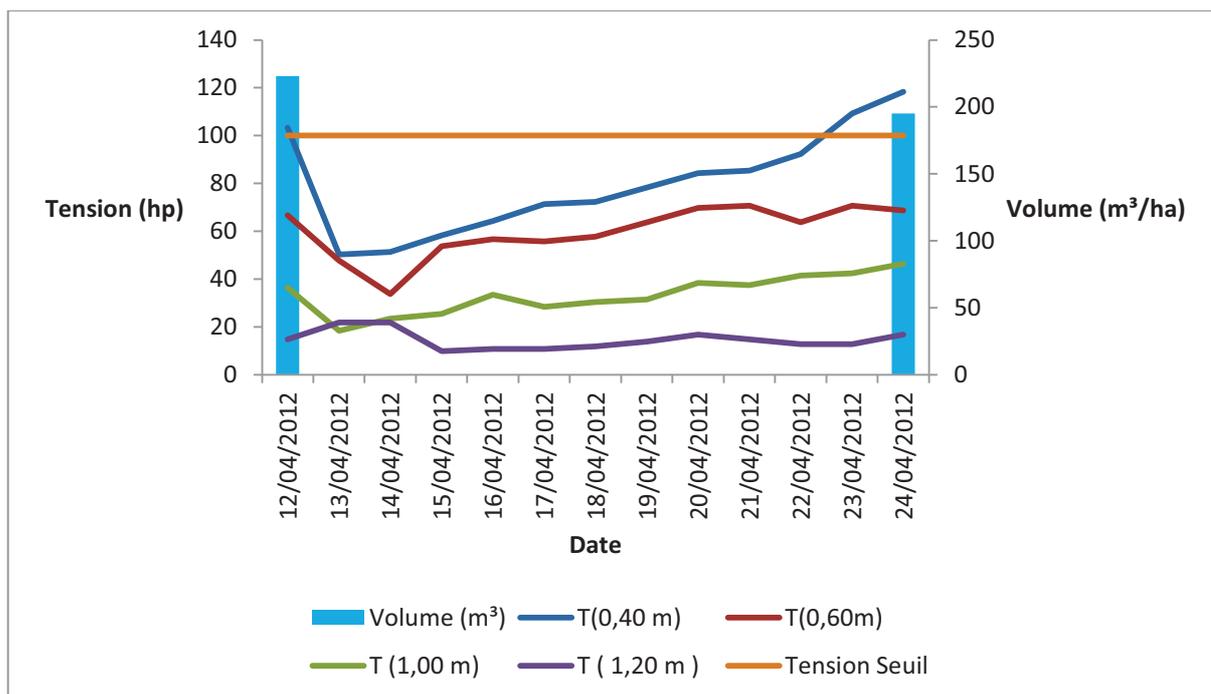


Fig. N° 27 : Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 12 au 24/04/2012

La période est caractérisée par la même dose apportée dont les effets ont été pratiquement identiques que la période précédente (chute brutale de la tension ; remplissage de la macroporosité, phase de redistribution ; sens du flux de bas en haut).

La seule différence réside dans la fréquence qui est remontée à 12 jours et que le volume apporté identique au précédent (54 m³) a atteint la couche de 1.00 m et a vu sa tension baissée (36.4 hp à 18.4 hp), ceci peut s'expliquer par le fait qu'au moment de l'irrigation la réserve utile dans l'horizon supérieure n'était pas épuisée et de ce fait la quantité apportée une partie est perdue par percolation et atteint la couche suivante.

Quant à l'horizon (0.40 m), ce dernier affiche la même tendance d'évolution caractérisée par une chute brutale de la tension (103.3 hp à 53.3 hp) et un gradient potentiel croissant avec un sens de l'écoulement de bas en haut durant les premières 24 heures et un ensuite après ressuyage du sol, une redistribution de l'eau dans le profil qui se traduit par une augmentation progressive jusqu'à ce qu'elle atteigne le seuil fixé pour le déclenchement des irrigation.

Le tensiomètre situé à (1.20 m) a maintenu la même cinétique depuis le démarrage du pilotage, après une légère augmentation à l'issue de l'irrigation, ce dernier confirme que la quantité d'eau apportée n'a pas atteint les couches profondes qui s'est traduit par une sollicitation des réserves (nappe) d'où un gradient de potentiel ascendant avec un sens de l'écoulement de bas en haut.

VII.2.1.4-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 24 au 30/04/2012 et 30 au 15/05/2012

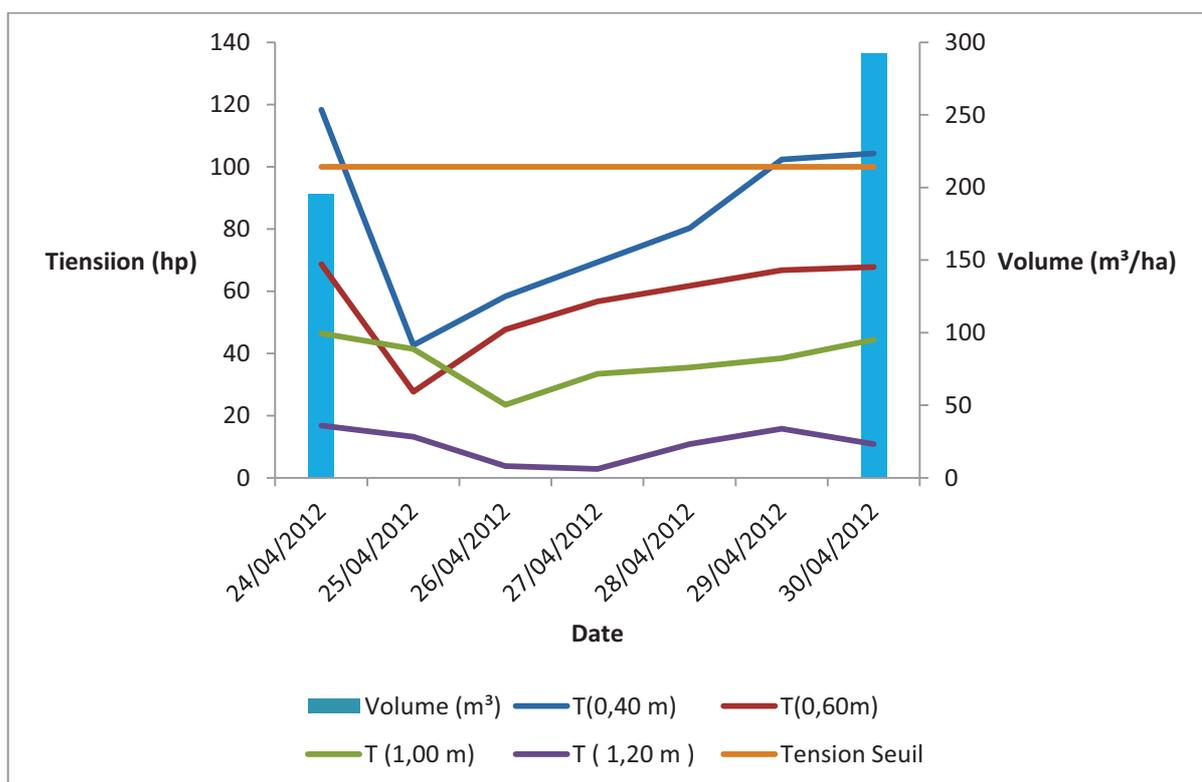


Fig. N° 28 : Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 24 au 30/04/2012

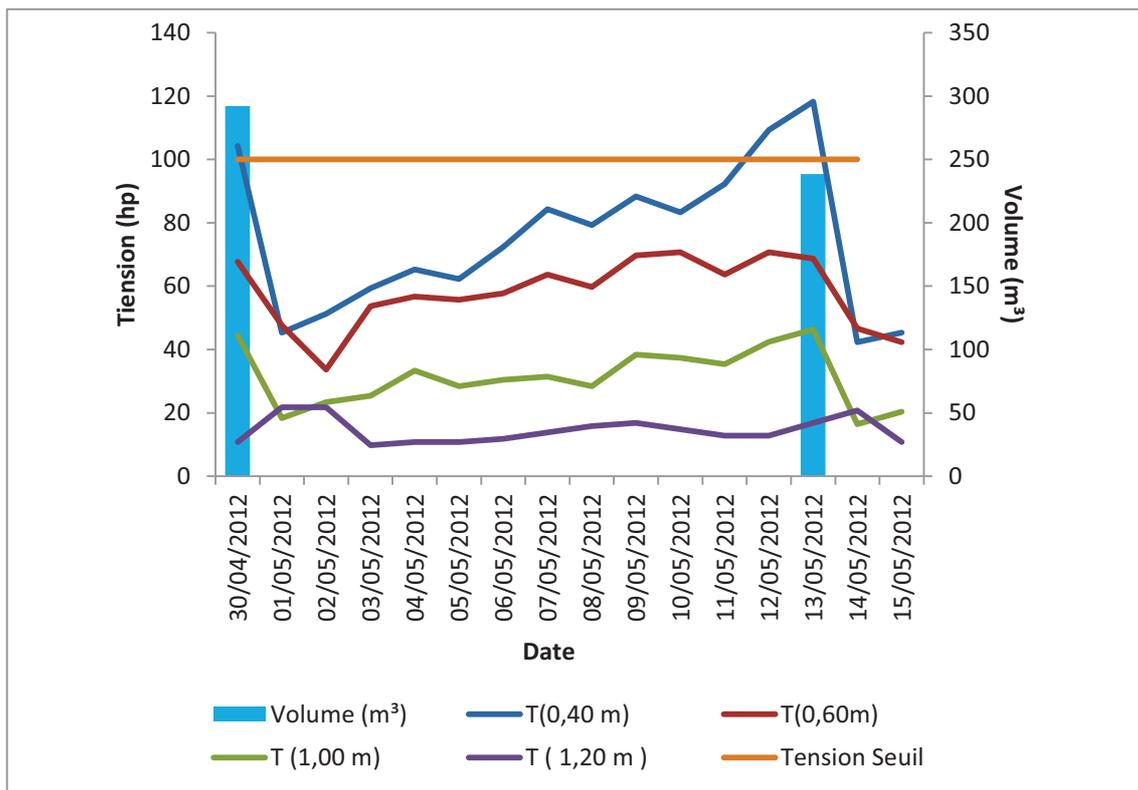


Fig. N° 29 : Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 1 au 15/05/2012

Le graphique ci-dessus montre cette fois-ci que la chute des tensions est générale sur tout le profil dénote que le volume apporté a été conséquent (292 m³/ha).

Toutefois l'intensité de la chute est brutale à l'issue de l'apport pour les horizons supérieurs (118,3 hp → 42,3 hp) et (68,7 hp → 27,7 hp) moins accentuée pour les horizons (1,00 m, 1,20 m avec respectivement (46,4 hp → 41,4 hp et 16,8 hp → 13,2 hp) ensuite une distribution.

Ceci pourrait s'expliquer et semble se répéter, que les horizons superficielles et les résultats semblent le confirmer que c'est la zone où l'on assiste à l'activité la plus intense du palmier dattier se traduisant par une fluctuation permanente des tensions (dessèchement et humectation).

Quant aux horizons profonds les tensions semblent se stabiliser avec un sens de flux descendant (sens de bas en haut) maintenant le toit de la nappe à une profondeur acceptable (+1.00 m).

VII.2-Conclusion de pilotage par Tensiométrie:

A l'issue de la première phase de l'irrigation s'étalant du 16/03/2012 au 15/05/2012, comptabilisant 06 arrosages et totalisant un volume de 1359.5 m³ soit une dose moyenne de 22.65 m³/j/ha.

Cette quantité d'eau a permis de maintenir une humidité optimale du développement du végétal et un sens de l'écoulement du haut vers le bas et un toit de la nappe à + 1.00 m

En outre ,il ressort que la pratique du pilotage par Tensiométrie durant cette phase considérée comme préliminaire nous a permis d'obtenir les résultats partiels suivants :

- La profondeur optimale pour le déclenchement des irrigations 0.40 m.**
- Une fréquence des arrosages oscille entre 07 et 10 jours**
- Un seuil de déclenchement des irrigations à 100hp**

VII.3-Comparaison entre le pilotage par Tensiométrie, le Bilan Hydrique et tours d'eau

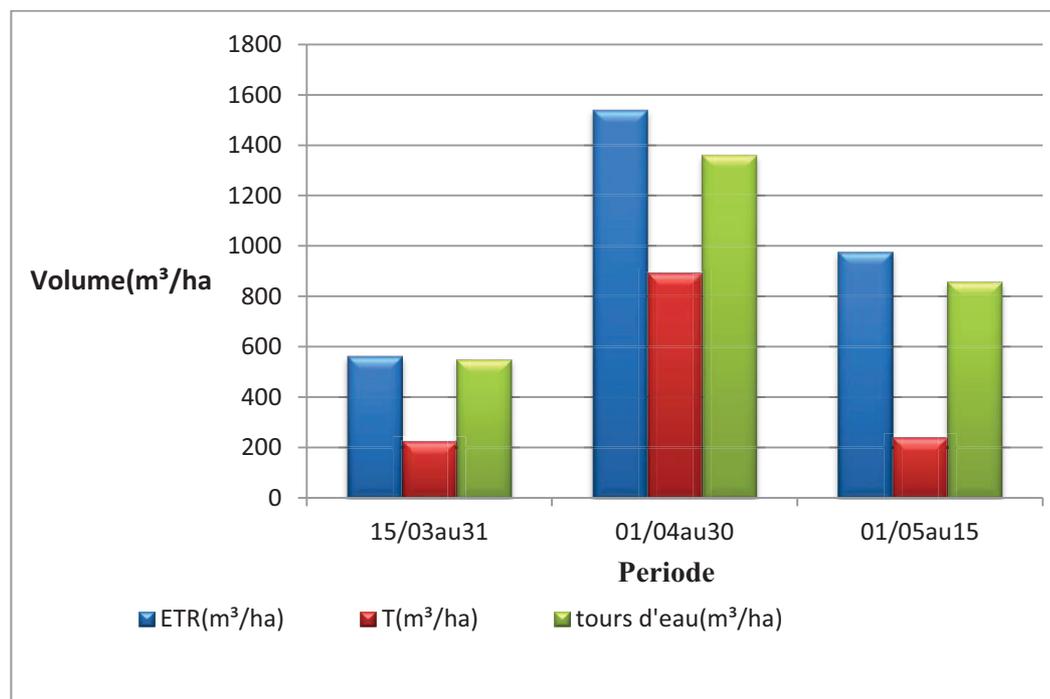


Fig. N°30 : Représentation graphique des besoins en eau du Palmier Dattier selon l'Etr, le Pilotage tensiométrique et tours d'eau en irrigation par planche.

La figure montre clairement et confirme que la conduite de l'irrigation en se basant des données tensiométriques pourrait être une solution pour une gestion rationnelle de la ressource hydrique contrairement aux données de l'Etr et les tours d'eau qui ne tiennent pas compte de l'état du végétal et des conditions réelles du sol.

Bien sur les résultats obtenus jusqu'à présent ne sont que partiels et compte tenu de l'écart trop important qui avoisine les 50 % qu'il faudrait prendre avec des réserves en attendant de voir les résultats sur une échelle de temps plus longue et l'impact sur le bilan des sels et la production dattière.

L'analyse détaillée du graphique fait ressortir que les estimations des besoins en eau par la méthode de calcul et tours d'eau sont largement excédentaires et évolue en croissant (excédent de + 323 m³ pour la deuxième quinzaine du mois de Mars) et de 646 m³ par rapport l'Etr et de 466 m³ par rapport au tour d'eau pour le mois d'avril. On observe un excédent de

plus de 736 m³ par rapport à l'Etr et 618.3 m³ par rapport au tour d'eau pour la première quinzaine du mois de Mai.

Le cumul des excès d'eau est l'équivalent de 20 jours d'irrigation par submersion et il pourrait être d'avantage en irrigation localisée ou l'irrigation ne touche qu'une proportion de sol à humidifier et les pertes par infiltration sont nulles car l'eau est transportée dans des tuyaux de Polyéthylène.

Les conséquences de ces irrigations massives sont généralement défavorables. Le seul avantage est d'assurer, quand les doses sont respectées et le drainage bien aménagé, il donne un bon lessivage des sels toxiques dans les planches irriguées. Par contre, les inconvénients sont dramatiques dans le cas des eaux chaudes des forages albiens : destruction du nivellement lorsque les sols manquent de cohésion, dose d'eau trop forte au début des planches et trop faible à leur extrémité quand les sols sont très filtrants, brûlure des cultures dans le premier tiers de la planche, lessivage des éléments nutritifs et stérilisation du sol. Ces derniers points suffisent pour anéantir tout espoir d'obtenir des cultures intercalaires lorsque l'eau dépasse 40° C.

L'organisation des tours d'irrigation est rendue en outre extrêmement difficile. Le tableau 12 montre bien qu'au mois de mars, il suffit théoriquement de 5 jours pour irriguer un périmètre de 1 ha avec un débit environ 4.5 l/s, mais au mois de mai sept l/s seront insuffisants et on aura un déficit en eau. En général les tours d'eau nocturnes sont négligés et l'eau est évacuée en pure perte dans le réseau de drainage. De toute façon, même avec une excellente gestion on ne pourra éviter un gaspillage de l'eau en hiver et un déficit en été.

Le pilotage de l'irrigation par le biais de la Tensiométrie nous a permis d'appréhender la relation disponibilité de l'eau dans le sol, l'évacuation des sels en dehors de la rhizosphère tout en maintenant le toit de la nappe à un niveau acceptable d'une manière pertinente reflétant les conditions réelles du terrain.

Les résultats obtenus durant 02 mois d'investigations sont certes insuffisants pour déterminer une stratégie de pilotage propre à la région.

Néanmoins ils nous ont permis de mieux appréhender la relation disponibilité de l'eau exprimée par la mesure de la tension dans le sol et les besoins de la plante et la nécessité de procéder à un contrôle quotidien et régulier au vu des caractéristiques du sol .

Le principe de base du pilotage qu'on a adopté pour cette technique d'irrigation, que le sol est considéré comme un réservoir et qu'il faut le mener à la capacité au champ et partant du principe que la dose apportée est considérée comme les besoins en eau d'une décade et que le prochain apport n'aura lieu qu'une fois que le stock d'eau est totalement épuisé.

Pour ce faire l'évolution des tensions nous renseigne sur la position à adopter (renouvellement de l'apport).

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements :

***A DIEU** le Tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a données durant toutes ces années d'étude.*

***A Mr. LADJICI A.** Chargé de cours, pour avoir accepté de me guider dans mon travail et de m'avoir accordé son attention, sa confiance, sa patience, ses conseils et surtout pour sa gentillesse.*

Qu'elles acceptent mes sincères remerciements et l'expression de mon profond respect.

***A Mr. CHELOUFI H.**, maître de conférences à l'FSNVSTU, pour l'aide et les conseils qu'il m'a donnés et pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury*

***A Mr. BELAROSSI M.**, chargé de cours à l'Université de Ouargla et **Mr. KAHLESEN C.** chargé de cours à Ouargla, Qui ont accepté de prendre part à notre jury.*

***A Mr. HADDAD M.**, Ingénieur à INRAA et **Mr. SAKER M.L.**, chargé de cours à l'université de Ouargla, pour son aide ; Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance.*

Sans oublier tous les travailleurs qui ont contribué par leur patience, leur présence et leur chaleureux accueil à l'élaboration de ce mémoire ; et toute personne ayant contribué de près ou de loin à la mise au point de ce travail, merci mille fois.



Références bibliographiques

- AIDAOUI. A., 1996**, Etude du déficit hydrique séquentiel sur les rendements : application au cas du sorgho grain. Thèse doctorat ENGREF Montpellier 115p.
- AIT. A., 1993**, Conduite e traitements hydriques différenciés d'une culture de poivron.54p.
- ANRH, 2010**, Agence nationale des ressources hydrauliques (secteur de Touggourt).
- BARANGER. P, 2002**, Synthèse des expériences de pilotage tensiométrique de l'irrigation en Jordanie, Mission régionale eau-agriculture, Ambassade de France en Jordanie.95p.
- BELOUZ. K., 2007**, Simulation du bilan hydrique et des rendements de la culture du blé dur par le modèle Pilote. Institut National agronomique EL Harrach – ALGER p72.
- BEN HAMIDA. R., et TALBI. E., 2004**, Bilan Hydrique et Chimique de la vallée d'Oued Righ, Mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique Saharienne, Université KASDI MERBAH Ouargla, 89 pages.
- BERGERON. D, 2005**, Mieux irriguer avec les tensiomètres. Journées horticoles de Saint-Rémi 2005 <http://www.agrireseau.qc.ca/pdt/documents/Tensiometre.pdf>.
- BOUDOUR. N., et MAHDJOUB. K., (2002)**, Etude hydrogéologique du complexe terminal et du continental intercalaire, dans le tiers sud de la vallée d'oued righ Touggourt. Mémoire d'Ingénieur. Université de Constantine.96p.
- BOUZID. H., 1993**, Contribution à l'étude de la dynamique de la salinité dans un sol sableux sous irrigation par pivot (gassi-touil). Thèse ing., I.N.F.S.A.S. , Ouargla , 46 p.
- CHOL. P., TRON. G., 2000**. La Tensimétrie pour piloter les irrigations. 95, 96, 97,100 p.
- CORNET. A., 1952**, introduction à l'hydrogéologie du sahara, 127p.
- COSANDEY. CL., et ROBINSON. M., 2000**, Hydrologie continentale, Paris, p-p. 104-107.
- COURCIER, R., CASANOVA. A., 2002**, Quelles perspectives pour l'agriculture Jordanienne, Amman, 9 p.
- CRIESL, 1970. in CTGREF., 1979**, Evaluation des quantités d'eau nécessaire aux irrigations, ed ministère de la coopération, Paris.
- DADDI BOUHOUN M., 1997**, Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région Saharienne : Cas de Mzab, Thèse Magister, I.N.A., Alger, 178 p.
- DECROIX., 1988, in DUBOST D., 1994**, Pratique de l'irrigation au SAHARA, cours spécialisé, CRDA-Tozeur (Tunisie), p-p. 32-33-66.

- DERAI. I., et SAYAH M^{ed}L., 2000**, Problématique du réseau d'AEP de la région de touggourt. Mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieur d'état en génie rural. Université de SAAD DAHLEB BLIDA, 66 pages.
- DOOREMBOS. J., KASSAM. AH., 1977**, Réponse des rendements à l'eau, Bulletin de la FAO d'irrigation et de drainage N°33, 235p.
- DUBIEF. J., 1953**, le climat du Sahara (tome 1).
- DUBOST. D., 1983**, Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes, Thèse de doctorat, 224p.
- DUBOST. D., 1994**, Pratique de l'irrigation au SAHARA, cours spécialisé, CRDA-Tozeur (Tunisie), p-p. 32-33-66.
- DUCROQ, M., 1990**, Les bases de l'irrigation. 117p.
- FAO, 1976**, Les besoins en eau des cultures - Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 24, 197 p.
- FAO, 2005**, Les besoins en eau des cultures - Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 24, 188 p.
- FILALI. F., 2003**, Bilan hydrique à la parcelle. Pilotage d'un essai d'irrigation par le logiciel Pilote dans ses versions 1.2 et 1.3 utilisant respectivement le Kc et le LAI, Thèse magister, 167p.
- GIRARD, 1961, in MUNIER P., 1973**, Le palmier dattier, ed, maison neuve et larose, Paris, 221p.
- GOOGLE Earth, 2012**, www.googlemap.com.
- GOUNY, 1976, in OLLIER. C., et POIREE M., 1983**, Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, 6ème édition, Paris, 503p.
- HADDAD. M., 1983**, Bulletin d'agronomie saharienne, 142p.
- HELAL. F., 2004**. Etude hydrogéologique du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal de la région de Touggourt, Aspect hydro-chimique et problèmes techniques posés, FSTGAT, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene U.S.T.H.B p129.
- HILLEL. D., 1980**, L'eau et le sol, Principes et processus physiques, 294p.
- HUGUET J-G. et ORLANDO P., 1987**, les besoins en eau de la bioprogrammation. l'arboriculture fruitière, pp. 33 a 44.
- I.N.R.A.A, 2011**, station agro météorologique de l'I.N.R.A.A de Touggourt.
- IMACHE. A., 2001**. Suivi du bilan hydrique du blé dur : variété 'vitron', incidence sur le rendement et les composantes du rendement.85p.

INVENTAIRE., 2010, Inventaire des forages de la vallée d'Oued Righ.

ISBERIE. C et al., 1992. Irrigation.292p.

JEAN-ROBERT T., 1996, Traité d'irrigation.1011p.

LEULMI. S., 2004, Simulation du bilan hydrique à la parcelle par le modèle Pilote (J.C Mailhol, Cemagref, Montpellier). Application à la Mitidja. Thèse ingénieur INA, 103p.

MAILHOL. JC., 2001, Contribution à l'amélioration des pratiques d'irrigations à la raie par une modélisation simplifiée à l'échelle de la parcelle et de la saison. Thèse doctorat de l'université de Montpellier II, 264p.

NESSON. C., 1978, L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas – Sahara Algérien (85 P).

O.N.M. Ouargla., 2011, données climatiques sur la région de Touggourt.

PENMAN, 1984, in COSANDEY C., et ROBINSON. M., 2000, Hydrologie continentale, Paris, p-p. 104-107.

PERNIER, 1984, in OLLIER. C., et POIREE M., 1983, Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, 6ème édition, Paris, 503p.

PERRIER. A., PERSONN. E., TUZET. A., ET ZURFLUH. O., 1988, Bilan hydrique agropédoclimatique d'une culture.

PERYON. G., 2000, Cultiver le palmier dattier, CIRAD, Paris, p-p. 35-50-58.

PEYREMORTE P. et ISBERIE C., 1986 b., les tensiomètres permettent de contrôler l'irrigation par aspersion. RNEDHA, Montpellier, 8 p.

PEYREMORTE P., TRON G. et CHOL P., 1994, Pilotage automatique des irrigations localisées. Fruits et légumes, pp. 34 a 35.

PEYREMORTE. P., et ISBERIE C., 1986 a., les tensiomètres permettent de contrôler l'évolution de l'eau dans le sol. RNEDHA, Montpellier, 4 p.

PRIMAULT, 1962, in COSANDEY C., et ROBINSON. M., 2000, Hydrologie continentale, Paris, p-p.104-107.

ROSNOBLET. J., 2002, Dynamique du bilan hydrique parcellaire au sein de l'espace rural - conséquences sur les transferts hydrologiques. 134p.

ROUVILLOIS-BRIGOL. M., 1975, Le pays de Ouargla (Sahara Algérienne) Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. pub. Univ Sorbonne paris, 316 p.

RUELLE .P., SPECTY. R., DEUMIER. JM., 1995, L'eau, la plante, le sol et le climat, La conduite de l'irrigation – de la stratégie au pilotage de l'irrigation, RNED-HA, p-p: 21-33.

- RUELLE. P., et L. RIEUL, 2003**, Guide pratique irrigation (3^e éd.), CEMAGREF.
- SAYAH. M^{ed}L., 2008**, Etude hydraulique du CANAL OUED RIGH Détermination des Caractéristiques Hydrauliques, rapport 2008 NRAH Touggourt.67p
- SIMONNEAU, 1961, in MUNIER P., 1973**, Le palmier dattier, ed, maison neuve et larose, Paris, 221p.
- SOUID. A., BW., 2000**, Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Touggourt Mémoire d'Ingénieur. Université de Constantine, 96p.
- THORNTHOWAITE, in COSANDEY C., et ROBINSON M., 2000**, Hydrologie 1954, continentale, Paris, p-p.104-107.
- TOUTAIN. G., 1979**, Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement. I.N.R.A., Paris, 276 P.
- TRON G., ISBERIE C. et CHOL P., 2000**, la Tensiométrie pour piloter les irrigations, 88, 89, 145,147 p.
- TURC, 1961, in COSANDEY. C., et ROBINSON. M., 2000**. Hydrologie continentale, Paris, p-p. 104-107.
- URBAN. L., 1997**, Introduction à la production sous serre _l'irrigation et fertilisation en culture hors sol, tome 2, Paris Lavoisier, 210p.
- VAN LEEUWEN C., CHONÉ X., TRÉGOAT O., GAUDILLÈRE J.P., 2001**, The use of physiological indicators to assess vine water uptake and to manage vineyard irrigation. The Australian Grapegrower and Winemaker, 449, 18-24.
- VAYSSE P., SOING P. et PEYREMORTE P., 1990**, L'irrigation des arbres fruitiers, CTIFL, Paris, 225 p.
- VESCHAMBRE et VAYSSE., 1980**, Mémento goutte à goutte, guide pratique de la microirrigation par goutteur et diffuseur, service de développement et de l'information technique, Paris 208p.

PREMIER CHAPITRE :

PRÉSENTATION DE LA RÉGION

DEUXIEME CHAPITRE :

BESOINS EN EAU DES CULTURES

TROISIEME CHAPITRE : PILOTAGE DES IRRIGATIONS

QUATRIEME CHAPITRE : MÉTHODES PILOTAGE D'IRRIGATION

CINQUIEME CHAPITRE :

PRÉSENTATION DE LA STATION

SIXIEME CHAPITRE :

MÉTHODOLOGIE D'INTERVENTION

CHAPITRE SEPT : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

ANNEXE

CONCLUSION

Ce qu'il faut retenir pour cette courte période que les doses apportés par les 03 procédés (ETr/ Tensiométrie (hp)/ Tours d'eau) sont respectivement de l'ordre de 3.5 mm/j, 1.41 mm/j et 3.67 mm/ j pour la deuxième quinzaine du mois de mars et 5.13 mm/j, 2.98 mm/j, 4.53 mm/j pour le mois d'avril et 6.28 mm/j, 1.6 mm/j, 5.71 mm/j pour le première quinzaine de mois de Mai.

La différence est très significative de l'ordre de plus 40% pour le mois de mars, de plus 50% pour le mois d'avril, de plus 65% pour le mois de Mai. Ceci pourrait s'expliquer par le faite que le calcul des besoins en eau à partir des données climatiques ne tiennent pas compte de l'état hydrique du sol et de ce faite surestime les besoins, aussi les tours d'eau même résultats au l'ETr.

En revanche les données tensiométriques reflètent l'état hydrique du sol se traduisant par des tensions faibles, un sol bien pourvu en eau et des tensions fortes, un sol entraîne de se dessécher.

Les doses apportées selon les tensions affichées sont jugées correctes car elles ont permis de maintenir une faible tension dans la couche explorée par les racines avec un gradient de potentiel décroissant donc un sens de flux de bas en haut.

Nous avons assisté durant cette phase à 06 irrigations durant 60 jours soit en moyenne une fréquence d'01 irrigation tous les 10 jours au cours desquels les transcriptions graphiques font ressortir 02 séries de courbes.

La première représente les horizons superficielles (0.40m et 0.60m) .Elles sont caractérisées par la même allure et ne manifeste pas une évolution nette .C'est dans cette zone où l'on assiste une dynamique très active (alternance humectation/Dessèchement) conséquence d'un apport d'eau massif , remplissage de la macroporosité du sol sa redistribution dans le profil et prélèvement par le végétal, prouvant que c'est à ce niveau que l'activité physiologique est la plus intense et par conséquent la zone potentielle de positionnement des tensiomètres pour le déclenchement des irrigations.

La deuxième série de courbes très distinctes de la précédente caractérisée par des valeurs tensiométriques faibles du a un gradient potentiel croissant (sens du flux d'en bas en haut) conséquence des volumes d'eau apportés jugés insuffisants car n'atteignant pas les couches profondes (1.20 m).

Il est encore très tôt de tirer une conclusion définitive, le travail n'est qu'a son début mais il est prometteur et les résultats auxquels il va aboutir répondront aux nombreuses attentes en matière de la gestion rigoureuse de la ressource hydrique dans un écosystème fragile menacé par le gaspillage ostentatoire de l'eau.

Chapitre VI : Méthodologie d'intervention

VI.1-Presentation du site expérimental :

VI.1.1-Caractéristiques du Site :

VI.1.1.1-Sol :

La description d'un profil pédologique sous un palmier dans la cite expérimental a été résumé dans le tableau suivante :

Tableau N 06 : description du profil pédologique.

Les horizons	Horizon1 (0 à 20cm)	Horizon2 (20 à50cm)	Horizon3 (50 à 100cm)
Transition	<i>Irrégulière</i>	<i>Irrégulière</i>	<i>Régulière</i>
Texture	<i>limoneuse</i>	<i>sableuse</i>	<i>sableuse</i>
Structure	<i>Particulière</i>	<i>Particulière</i>	<i>Particulière</i>
Racine	<i>inexistante</i>	<i>Existe (0.3 à 0.5cmØ)</i>	<i>Existe (0.8 à 1.2cmØ)</i>
Humidité	<i>Humide</i>	<i>Humide</i>	<i>Humide</i>
Pénétration	<i>Facile</i>	<i>Facile</i>	<i>Facile</i>
Test Hcl	<i>Très faible</i>	<i>Très faible</i>	<i>Réaction très forte (calcaire)</i>

Caractéristiques de la parcelle expérimentale comme suite :

- Parcelle N° 08.
- SAU ≈ 0.5 has (05 rangées de 12 palmiers).
- Nombre de palmiers retenu : 60 soit (05 x 12), Densité de plantation 9mx9m.
- Age : +45 ans.
- Dimension de la planche (50 m x 1.5 m) pour 06 palmiers.
- Débit : ≈ 05l/s et 12l/s.
- Plante cultivée : Luzerne ; Date d'installation : Avril 2012.



Figure N°08 : photos d'une profile sous palmier exprime la zone racinaire.

La description des profils fait ressortir une concentration des racines les plus actives à une profondeur de 0.40 m (voire description de profil dans le tableau 06). Quant à la profondeur optimale de la nappe selon les travaux de Mr Hafouda se situe à 1.50 m.

VI.1.1.2-Matériel végétal :

- Variétés Deglet Nour.
- Age : +45 ans.
- Densité : 9m×9m soit 120 palmiers / ha.
- Conduite culturale :
- Planche: culture sous adjacentes : Luzerne, Date de Mise en place Avril 2012.

Le pilotage de l'irrigation a été effectué sur la technique d'irrigation la plus couramment utilisée (Submersion) en respectant les systèmes de culture en place.

VI.1.1.3-Irrigation par submersion :

La parcelle (P8) est raccordée au réseau principal par une canalisation enterrée de 200 mm de diamètre et distribuant l'eau à la parcelle par des pots californiens et une seguia en terre .Le débit mesuré par un seuil de jauge Neyrpic donne des débits qui oscillent entre 05 l/s et 12 l/s selon l'utilisation au niveau de l'exploitation .Ensuite l'eau est déversée sur la totalité de la superficie aménagée (planche).

VI.2-Dispositif expérimental :

Les 02 méthodes (Tensiométrie et bilan hydrique) d'objet de l'essai ont été réalisées sur la même parcelle (figure N°09) donc soumises aux mêmes conditions de soins culturaux. Une planche de 75 m² comprenant 06 palmiers est réservée pour l'application des volumes d'eaux calculées par la méthode Penman modifier sur une moyenne de 20 ans (1983/2003) un nombre de palmiers équivalent repartis d'une manière aléatoire mais homogène sur le plan vigueur, développement végétatif et phytosanitaire pour le pilotage par Tensiométrie. 04 tensiométrie sous un palmier (fig 10) avec 03 répétitions à l'ordre diagonal pour couvrir toute la surface de périmètre (120 palmier/Ha).

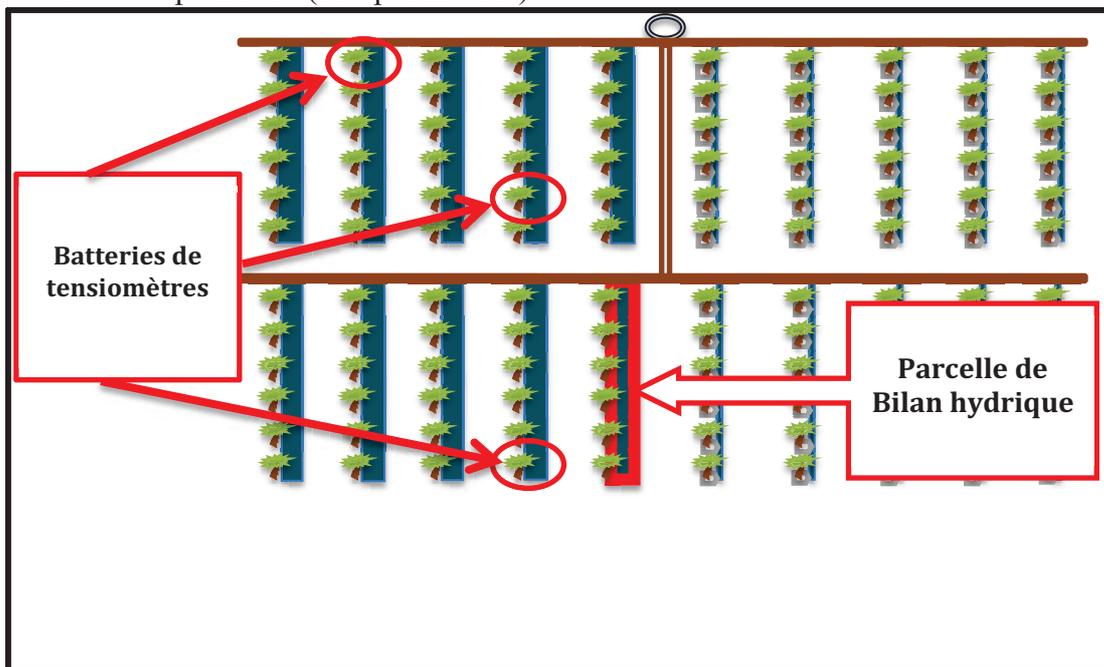


Figure N°09: Schéma du positionnement des tensiomètres et parcelle de Bilan hydrique.



Figure N°10: Schéma du positionnement des tensiomètres au-dessous le palmier.

Nous avons réalisé un profil cultural à proximité du palmier à l'endroit où les tensiomètres sont installés afin de localiser l'horizon exploité par les racines qui contribuent à l'alimentation hydrique et minérale du Palmier. Quant au positionnement du tensiomètre par rapport au stipe, ce dernier a été installé à la limite inférieure de la couronne foliaire soit à une distance de 80 cm. (TRON.G et al., 2000).

VI.2.1-Irrigation par planche :

- Parcelle N° 08.
- SAU \approx 0.5 has (05 rangées de 12).
- Nombre de palmiers retenu : 60 soit (05 x 12), Densité de plantation 9mx9m.
- Age : +45 ans.
- Dimension de la planche (**50 m x 1.5 m**) pour 06 palmiers.
- Débit : \approx 05l/s et 12l/s.
- Plante cultivée : Luzerne ; Date d'installation : Avril 2012.

VI.2.2-Tours d'eau (rythme d'irrigation) :

C'est à ce propos que les critiques les plus radicales doivent être faites. Une longue tradition reprise à l'origine par les responsables du programme CAPER, dont on connaît par ailleurs les intentions politiques à l'époque, et poursuivie après l'indépendance dans une sorte d'indifférence, a voulu qu'on recrée à partir des grands forages, des modèles rationalisés du jardin familial.

Le périmètre est divisé en lots d'un hectare environ. Le réseau d'irrigation, en canalisations enterrées d'amiante-ciment basse pression (Sidi Mahdi) amène l'eau à la parcelle par un pot d'irrigation (modèle californien à Sidi Mahdi). Chaque lot est affecté à un attributaire. Les lots sont plantés à 9 X 9 m (Sidi Mahdi) pour ce qui est des palmiers. Il est prévu en outre un système de cultures étagées (cultures légumières, luzerne et céréales fourragères, arbres fruitiers) correspondant aux productions habituelles des jardins traditionnels. Tous les lots sont identiques.

Maintenant selon les programme d'irrigation d'INRAA, chaque lot est irrigué par un ou plusieurs pots d'irrigation dont le débit est de l'ordre de 4.5 à 6.25 litres/seconde. Dans le cas des réseaux enterrés, comme à Sidi Mahdi, ce débit varie en fonction de la pression dans le réseau et la durée d'irrigation variée selon les saisons. L'eau est ensuite conduite par l'irrigateur dans des seguias en terre qui se déversent dans les planches d'irrigation proprement dites. Ces planches ont une 50 mètres de longueur sur 1,5 mètre de largeur. Pour que la

répartition longitudinale de l'eau soit correcte la pente doit être de l'ordre de 3/1000 et le nivellement parfaitement réalisé. La totalité de la main-d'eau est dirigée sur une planche et toutes les planches sont irriguées successivement. Le rythme d'irrigation habituellement conseillé est d'un apport tous les 5 jours pour chaque parcelle.

VI.3-Pilotage par Tensiométrie :

VI.3.1-Dispositif de mise en place :

VI.3.2-Répartition spatiale des sites de mesures :

Les études réalisées sur ce sujet montrent qu'il faut aux moins 02 sites de mesure (TRON, et al., 2000) et qu'il est préférable d'en avoir trois et ceci afin de minimiser l'influence des valeurs extrêmes car la représentativité des sites de mesures est fondamentale pour l'utilisation des mesures ponctuelles telles que les tensions.

Sur cette base 03 sites de mesures jugées représentatifs, positionnés diagonalement (Début, Milieu et Fin) sur la parcelle ont été retenus de façon à avoir une répartition uniforme de l'eau dans tout l'aire et ainsi réduire l'effet de la sous ou sur irrigation.

VI.3.3-Analyse des flux hydriques dans le sol :

Généralement on recommande pour les vergers, une profondeur de 0.30 à 0.40 m. En l'absence de données ayant trait au Palmier Dattier, on réalise des profils pour localiser l'horizon où l'on observe la rhizosphère où la concentration des racines les plus actives qui contribue d'une manière active à l'alimentation de l'arbre et le niveau optimale du toit de la nappe de façon à empêcher la remontée de cette dernière.

La description des profils fait ressortir une concentration des racines les plus actives à une profondeur de 0.40m (voire description de profil dans le tableau 06).Quant à la profondeur optimale de la nappe selon les travaux de Mr Hafouda se situe à 1.50 m.

En attendant la confirmation de cette hypothèse par le contrôle des tensions et pour un pilotage rigoureux des arrosages et un contrôle de la fluctuation du toit de la nappe sans mettre en stress hydrique le Palmier Dattier, nous avons retenu 02 profondeurs :

- Profondeur : 0.40m pour le déclenchement des irrigations.
- Profondeur : 1.20m pour le contrôle du mouvement du toit de la nappe et l'analyse des différents flux (dessèchement, humectation et dose maximale d'arrosage et lessivage des éléments fertilisants).

VI.3.4-Positionnement des Tensiomètres :

Après avoir défini la localisation des sites de mesures et les profondeurs, il reste le positionnement du tensiomètre pour chaque système d'irrigation. Le dispositif diffère selon qu'on soit en irrigation localisée ou en irrigation par déversement (submersion) et des objectifs fixés qui sont liés au contexte dans lequel on se trouve (disponibilité en eau : abondance, restriction, tour d'eau...etc).

Dans notre cas le problème de disponibilité de la ressource hydrique ne se pose pas. Donc on peut se permettre de mettre la culture dans une situation de confort hydrique. Quant au positionnement du tensiomètre par rapport au stipe, ce dernier a été installé à la limite inférieure de la couronne foliaire soit à une distance de 80 cm. (TRON, et al., 2000).

VI.3.5-Pratique du pilotage de l'irrigation par Tensiométrie :

La conduite des arrosages sera conditionnée par les lectures tensiométriques. Ces dernières permettent d'appréhender la disponibilité dans le sol en mesurant sa tension. Les mesures obtenues permettent de réajuster périodiquement le régime d'intervention de sorte que la tension affichée reste dans une gamme de mesure comprise entre 10 et 30 cb.

En l'absence de résultats dans ce domaine et compte tenu de la nature du sol de structure grossière donc une perméabilité forte et une capacité de rétention faible nous avons opté dans une première étape de déclencher les irrigations lorsque la tension affichée atteint 100 hp ou 10 cb. (Figure N°07).

Cette manière d'opérer nous permet de gérer l'irrigation sans connaître la relation complexe de « Tension -teneur en eau ». (Annexe, a).

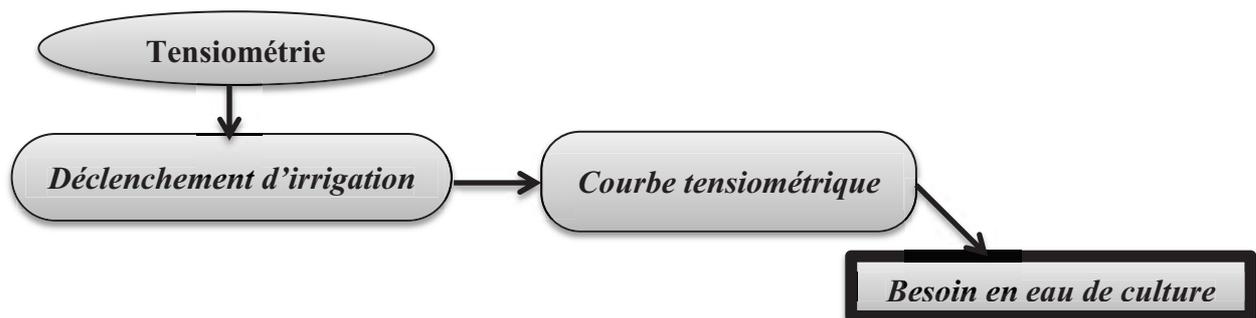


Figure N°11 : Principe de fonctionnement du pilotage de l'irrigation par tensiométrie

Pilotage de l'irrigation à partir des tensiométries basée sur la connaissance du niveau de succion du sol soit la capacité à extraire l'eau par les racines.

VI.3.6-Stratégie de Pilotage :

Tensions (cb)	Tensions (hp)	Interprétations	Actions à entreprendre
0	0	Eau totalement libre, Sol saturé, Humidité excessive	Arrêt des irrigations
(PF= 2 ,5) 0,07 -0,1 7 -10	70 à 100	Disponibilité en eau correspond au maximum de la teneur en eau (Humidité à la Capacité au champ)	Arrêt des irrigations
+ 10 (PF = 3)	+ 100	Disponibilité en eau très variable	Déclenchement des irrigations selon la nature du sol
+30	+ 300	Point de Flétrissement temporaire	Déclenchement des irrigations
100	1000	Point de Fleurissement Permanent	Conséquences Négatives sur les rendements

Tableau N°07 : stratégie de pilotage par tensiométrie.

Source : (TRON, et al., 2000)

Le tableau ci-dessus récapitule les principales situations qui pourraient survenir sur le terrain, leur interprétation et les dispositions à prendre pour chaque cas. Il constituera un guide précieux pour appréhender les différentes situations.

VI.4-Pilotage par la Méthode de bilan hydrique:

Les besoin en s’obtiennent à partir d’un bilan hydrique dont l’évapotranspiration constituée le principal facteur. Le schéma ci-dessous résume les étapes de calcul du bilan hydrique.

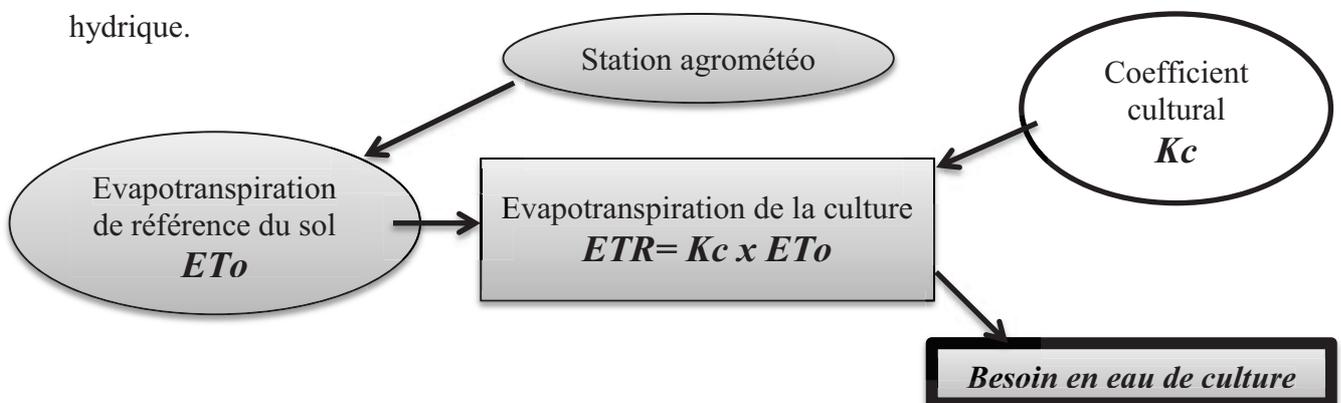


Figure N°12 : Principe de fonctionnement du pilotage de l'irrigation par bilan hydrique

Pilotage de l'irrigation à partir du bilan hydrique basée sur le calcul du bilan hydrique à partir des données météorologiques (pluviométrie, évaporation du sol...) et agronomiques (transpiration, coefficient cultural...).

Le calcul de l'ETo PENMAN a été effectué par la formule suivante :

$$ETo (Penman) = C \{ W.Rn + (1- W) f(u) (ea-ed) \}$$

- **ETo** : représente l'évapotranspiration de la culture de référence en mm/j

-**W** : facteur de pondération lié à la température

-**Rn** : rayonnement net en évaporation équivalente en mm/j

-**F(u)** : est la fonction liée au vent

-**(ea-ed)** : est la différence entre la tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air et la tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimées en millibars

-**C**: est le facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes

$$ETR (mm/j) = ETo \times Kc$$

Les données utilisées dans les calculs sont résumés dans le tableau suivant :

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Température minimale (°C)	4.92	4.98	9.36	12.17	17.42	23.58	26.09	26.64	21.81	18.9	9.92	6.07
Température maximale (°C)	17.22	20.53	23.41	28.61	32.74	37.31	40.08	40.21	32.80	25.17	22.85	18.61
Précipitation (mm)	17.2	8.12	12.42	6.30	5.82	1.22	0	0	5.18	6.22	5.2	5.42
Humidité relative de l'air (%)	57.32	53.58	48.92	45.02	40.01	36.9	32.45	35.59	42.82	53.17	62.43	65.28
Vitesse du vent (m/s)	2.8	3.14	3.52	5.27	4.02	3.84	3.04	3.01	2.67	2.46	2.56	2.48
Insolation (heures)	6.12	7.53	7.41	8.9	9.14	9.62	10.72	9.58	8.34	7.5	6.66	6.20
ETP (Penman Modifié) (mm/j)	2.23	3.42	4.14	6.41	7.85	9.25	10.14	9.92	6.32	4.62	3.13	1.86
Kc	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7
ETr (mm/j)	1.561	2.736	3.31	5.128	6.28	8.325	9.126	8.928	5.688	4.158	2.191	1.302

Tableau N° 08 Calcul de l'ETr Source : station agro météorologique de l'I.N.R.A.A de Touggourt : 1983/2003

VI.5-Méthode de tours d'eau (rythme d'eau) :

Afin de déterminer les quantités d'eau apportées durant la période expérimentale nous avons mesuré le débit. Connaissant la durée d'irrigation et le nombre d'irrigation par mois, nous avons déduit les volumes d'eau apportés.

TABLE DES MATIERES

Introduction :	02
----------------------	----

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Présentation de la région

I.1. Présentation de la région de l’oued Righ :	03
I.1.1. Situation géographique :	03
I.1.2. La topographie de la région :	04
I.1.3. Situation administrative :	04
I.1.4. Aperçu socio-économique :	06
I.1.5. Etude climatique de la région de l’Oued Righ :	06
I.1.5.1. Les précipitations :	07
I.1.5.2. Humidité relative de l’air :	07
I.1.5.3. Les vents :	07
I.1.5.4. Durée d’insolation :	07
I.1.5.5. Les Températures :	07
I.1.5.6. Evapotranspiration :	07
I.1.5.7. Classification du climat :	08
I.1.5.7.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN :	08
I.1.6. Cadre géologique :	10
I.1.6.1. Quaternaire :	10
I.1.6.2. Tertiaire :	10
I.1.6.3. Secondaire :	10
I.1.7. Hydrogéologie de la région :	11
I.1.7.1. Présentation des nappes :	11
I.1.7.2. Nappe du Continental Intercalaire (CI) :	11
I.1.7.3. Nappe du Complexe Terminal (CT) :	11
I.2.1- L’irrigation dans la vallée :	13

Chapitre II : Besoins en eau des cultures

II.1-Notions générales :	23
II. 1.1- Evapotranspiration (ET) :	23
II. 1.2- Evapotranspiration potentielle (ETP) :	23
II. 1.3- Evapotranspiration maximale (ETM) :	23
II.1.4- Evapotranspiration réelle (ETR) :	24
II.2 Evaluation des besoins en eau des cultures :	24
II.2.1- Evaluation de l'ETP par les méthodes indirectes (Formules empiriques) :	24
II. 2.2- Evaluation de l'ETP par les méthodes de mesures directes :	24
II. 2.2.1- Bacs évaporométriques :	24
II.3- Besoins en eau du palmier dattier :	25

Chapitre III : Pilotage des irrigations

III.1.- Définition :.....	30
III.2.- objectifs de pilotage des irrigations :.....	30
III.3.- Les indicateurs d'état hydrique :.....	31
III.3.1.- Les indicateurs liés à la plante :.....	31
III.3.1.1.- La teneur en eau du végétal :.....	32
III.3.1.2.- Le potentiel hydrique foliaire :.....	32
III.3.1.3.- La température foliaire :.....	32
III.3.1.4.- Micro variation du diamètre d'un organe :.....	32
III.3.2.- Les indicateurs d'état hydrique liés au sol :.....	33
III.3.2.1.-L'humidité du sol :.....	33
III.3.2.2.-Sonde à neutrons :.....	33
III.3.2.2.-La Tensiométrie :.....	33
III.3.3.- Les indicateurs basés sur le bilan hydrique :.....	34

Chapitre IV : Méthodes pilotage d'irrigation

IV.1.Bilan hydrique :.....	36
IV.1.1- Définition du bilan hydrique :.....	36
IV.1.2- Expression du bilan hydrique et rôle des différents termes :.....	37
IV.1.3.- Les différents processus du bilan hydrique :.....	38
IV.1.4.- Relation avec le bilan d'énergie :.....	39
IV.3-Pilotage par Tensiométrie :.....	42
IV.3.1-Introduction :.....	42
IV.3.2-Définition de la Tensiométrie :.....	43
IV.3.3-Description de la Tensiométrie :.....	43
IV.3.4-Fonctionnement :.....	44
IV.3.5-L'intérêt de la Tensiométrie :.....	45
IV.3.6-les avantages et les inconvénients de la Tensiométrie :.....	47
IV.3.6.1-les avantages :.....	47
IV.3.6.2-les inconvénients :.....	47
IV.3.6.3-Précaution :.....	48
IV.3.7-Problèmes souvent rencontrés avec les Tensiomètres :.....	48
IV.3.8-Préparation et installation du Tensiométrie :.....	49
IV.3.8.1-Préparation du Tensiométrie :.....	49
IV.3.8.2-l'endroit propice à l'installation des tensiomètres :.....	50
IV.3.8.3-L'installation du tensiomètre :.....	50
IV.3.8.4-Les points à surveiller :.....	50
IV.3.8.5-L'installation au champ :.....	51
IV.3.9-Fréquence d'observation des tensiomètres et des apports d'eau :.....	51
IV.3.10-L'interprétation et stratégie de pilotage d'irrigation par Tensiométrie:.....	52
IV.3.10.1-Irrigation par aspersion :.....	52

IV.3.10.2-Micro-irrigation:.....	54
----------------------------------	----

PARTIE PRATIQUE

Chapitre V : Présentation de la station

IV.1-Historique :.....	57
IV.2-Situation Géographique :.....	57
IV.3-Objectifs :.....	57
IV.4-Plan d'occupation des Sols :.....	57
IV.5-Caractéristiques physiques :.....	60
IV.5.1-Climat :.....	60
IV.5.2-Ressources en eau :.....	60
IV.5.3-Caractéristiques des sols :.....	61
IV.5.4-Drainage :.....	62

Chapitre VI : Méthodologie d'intervention

V.1-Presentation du site expérimental :.....	63
V.1.1-Caractéristiques du Site :.....	63
V.1.1.1-Sol :.....	63
V.1.1.2-Matériel végétal :.....	64
V.1.1.3-Irrigation par submersion :.....	64
V.2-Dispositif expérimental :.....	65
V.2.1-Irrigation par planche :.....	66
V.2.2-Tours d'eau (rythme d'irrigation) :.....	66
V.3-Pilotage par Tensiométrie :.....	69
V.3.1-Dispositif de mise en place :.....	69
V.3.2-Répartition spatiale des sites de mesures :.....	69
V.3.3-Analyse des flux hydriques dans le sol :.....	69
V.3.4-Positionnement des Tensiomètres :.....	70
V.3.5-Pratique du pilotage de l'irrigation par Tensiométrie :.....	70
V.3.6-Stratégie de Pilotage :.....	71
V.4-Pilotage par la Méthode bilan hydrique :.....	71
V.5-Méthode de tours d'eau (rythme d'eau) :.....	73
VI.1.5-Pratique du pilotage de l'irrigation par Tensiométrie :.....	70
VI.1.6-Stratégie de Pilotage :.....	71
VI.2-Pilotage par la Méthode de l'ETo Penman Modifiée :.....	71
VI.3-Tours d'eau (rythme d'eau) :.....	73

Chapitre VII : Résultats et discussions

VI.1- les résultats obtenus :.....	75
VI.1.1-détermination des besoins en eau :.....	75
VI.1-1.1-Méthode bilan hydrique :.....	75
VI.1-1.2-Méthode tensiométrique :.....	75
VI.1-1.3-Méthode tours d'eau (rythme d'eau) :.....	76
VI.2-analyse et interprétation des résultats :.....	76
VI.2.1-Seuil de déclenchement et doses d'irrigation :.....	76
VI.2.1.1-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 16 /03 au 05/04/2012.....	77
VI.2.1.2-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 05 /04 au 12/04/2012.....	79
VI.2.1.3-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 12 au 24/04/2012.....	81
VI.2.1.4-Evolution des tensions, Fréquences et Doses d'irrigation pour la période du 24 au 30/04/2012 et 30 au 15/05/2012.....	82
VI.2-Conclusion de pilotage par Tensiométrie:.....	84
VI.3-Comparaison entre le pilotage par Tensiométrie, le Bilan Hydrique et tours d'eau :	85
Conclusion générale :.....	89
Références bibliographiques:	
Annexes :	

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier un essai comparatif des différentes méthodes de pilotage d'irrigation par la tensiométrie tours d'eau et bilan hydrique du palmier dattier durant le mois Mars jusqu'à le mois de Mai, conduit sous système d'irrigation par submersion en planche au niveau de la station de Sidi Mahdi (INRAA) dans la région de l'Oued Righ.

Les résultats obtenus montrent que le pilotage par Tensiométrie est meilleur par rapport aux autres méthodes, parce que la Tensiométrie réduit la quantité d'eau de moitié par rapport aux autres méthodes. Et que cette méthode couvre les besoins de la culture sans gaspillage d'eau.

Le pilotage par Tensiométrie nous a permis d'appréhender la relation disponibilité de l'eau dans le sol, et la période de déclenchement des irrigations.

En fin cette méthode permet la gestion rationnelle des ressources hydriques et il réduit les risques de salinisation provoqués par l'excès d'eau d'irrigation.

Mots clés : Pilotage des irrigations, Tensiométrie, Bilan hydrique, Tours d'eau, Palmier dattier, Oued Righ.

المخلص

ان الهدف من دراسة هذه التجربة هو المقارنة بين مختلف طرق متابعة السقي بواسطة جهاز قياس الضغط (Tensiométrie) و دورات السقي وحساب احتياجات النخلة للماء في فصل الربيع بواسطة طريقة الحصييلة المائية. المستقي بنظام الغمر بالأحواض في محطة سيدي مهدي في ناحية وادي ريغ.

النتائج المحصل عليها تعرض ان قيادة السقي بواسطة جهاز قياس الضغط تكون الملائمة و الأفضل بالنسبة للطرق الأخرى, لأن جهاز قياس الضغط يختزل كمية مياه السقي إلى النصف مقارنة بالطرق الأخرى مع أنه يلبي كل احتياجات النبات دون تبذير للماء.

متابعة السقي بواسطة هذا الجهاز يسمح لنا بفهم علاقة وجود الماء في التربة. و وقت مدة السقي. و في الأخير تسمح لنا هذه الطريقة بالاستثمار العقلاني للموارد المائية مع انه يقلل من خطر الملوحة الناتجة عن فائض مياه السقي.

الكلمات الدالة: متابعة السقي, جهاز قياس الضغط, دورات السقي, الحصييلة المائية, النخلة, وادي ريغ.

Abstract

This work aims to study a comparative trial of different methods of irrigation management by tensiometry water towers and water balance date palm during the months March to the month of May, resulted in irrigation system by submersion in board at the resort of Sidi Mahdi (INRAA) in the region of Oued Righ.

The results show how the management by Tensiometry adequate compared with other methods, because the Tensiometry reduces the amount of water to half compared with other methods, while covering the need for culture without luxury water.

Leading from Tensiometry allowed us to understand the relationship of water availability in the soil, it allows evaluation of soil water and period of triggering irrigation.

In the end this method enables rational management of water resources and it reduces the risk of salinity that causes excess water by traditional irrigation.

Keywords: control irrigation, Tensiometry, water cycle, water balance, date palm, Oued Righ.