

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de L'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE DE BISKRA  
FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES  
DE L'INGENIEUR**

**DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE**

**MEMOIRE**

**En vue de l'obtention du diplôme de magister  
en hydraulique**

**THEME**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'EVAPORATION DES  
EAUX DE LA NAPPE PHREATIQUE EN ZONE ARIDE.  
CAS DE OUARGLA ET TOUGGOURT.**

**Présenté par : LADJICI ABDELKADER**

**Directeur de mémoire : MEZA N.      Ph.D M.A.C.C.**

**Président : Dr MESSAITFA A.      Maître de conférence**

**Membres de jury :**

**- Dr HALILAT M.T.      Maître de conférence**  
**- Dr BENTEBBA M.T.      Maître de conférence**

**Mémoire soutenu le 26 mai 2003.**

# REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier Monsieur MEZA N. Ph.D., M.A.C.C. à la faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur (Université de Ouargla) d'avoir proposer et diriger ce travail de recherche. Qu'il trouve ici ma profonde gratitude et mon entière reconnaissance pour tous les conseils prodigués, sa volonté et sa disponibilité.

Je remercie Monsieur MESSAITFA A. Maître de conférence à l'Université de Ouargla de m'avoir fait l'honneur en acceptant de présider mon jury.

Ma reconnaissance s'adresse également à tous les membres de jury de m'avoir fait l'honneur pour juger ce travail :

-MR HALILAT M.T. Maître de conférence à l'université de Ouargla.

-MR BENTEBBA M.T. Maître de conférence l'université de Ouargla.

Je ne saurais oublier de présenter tous mes remerciements à Monsieur ACHOUR doyen de la faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur (Université de Biskra) pour l'aide qu'il m'a apporté. Je suis heureux de lui exprimer ici ma respectueuse reconnaissance.

أن قيمة النتح و التبخر تكون حسب وجود أو غياب النطاق الحر و بالتالي عندما يكون عمق مياه النطاق الحر على مسافة صغيرة هذا الأخير يشارك في عملية النتح والتبخر ، إذا النتح والتبخر الإجمالي يساوي قيمة النتح والتبخر الناتج عن المنطقة المتواجدة بين سطح التربة و سطح النطاق الحر زائد تبخر مياه النطاق الحر .  
لقد قمنا في هذا البحث بحساب عملية النتح والتبخر في أكبر مناطق زراعة النخيل المتواجدة في الجنوب الشرقي ( غرداية، ورقلة ، تقرت ، وادي سوف و بسكرة ) باستعمال طريقة ( Penman ) وعملية تبخر مياه النطاق الحر باستعمال الطريقة الهدر ديناميكية في كل من ورقلة وتقرت .  
أن النتائج المحصل عليها قد مكنتنا من إبراز بعض الملاحظات المهمة :

- إن قيمة عملية النتح والتبخر عالية جدا في هذه المناطق وهي تعادل ١٨٢٤ مم في غرداية ، ١٨٨١ مم في ورقلة ، ١٨٨٣ مم في تقرت ، ١٨٤١ مم في الوادي و ١٨٣٦ مم في بسكرة .
- إن الفرق بين النتح و التبخر من سنة إلى سنة ضئيل جدا .
- إن عملية النتح والتبخر متقاربة نوعا ما في كل المناطق المدروسة
- إن غرس غابات النخيل تقلل من قيمة عملية النتح والتبخر و بالتالي يمكننا أن نقتصد كمية كبيرة من الماء .
- إن النطاق الحر يشارك ب ٦٠ ٪ في عملية النتح و التبخر عندما يكون عمق النطاق يساوي حوالي ٦٠ سم في ورقلة وما بين ٤٨ - ٨ ٪ في منطقة تقرت وهذا عندما يكون عمق النطاق منحصر ما بين ٩٠ - ١٧٢ سم .
- كما قمنا كذلك بحساب قيمة الأس ن لعلاقة افريا نوف وكذلك العلاقة المقترحة من طرف برف سكي .
- لاختيار العلاقة الملائمة للمنطقة المدروسة يتطلب علينا القيام بتجارب في مدة أطول. و أخيرا حصلنا على العلاقة التي تربط العمق بتبخر النطاق الحر .
- العلاقات المحصل عليها هي كالتالي :
- ورقلة : ص = ٠,٩٥٨ - س + ٩,٦٤١٥  $R^2 = 0.84$
- تقرت : ص = ٠,٠٢٤٨ - س + ٤,٧٩٤٥  $R^2 = ٠,٩٥9$
- كلمات المفتاح : النتح والتبخر - تبخر مياه النطاق الحر- المناطق الجافة .

## RESUME :

En zone aride, l'évapotranspiration est fonction de la présence ou de l'absence de la nappe phréatique. En effet quand la nappe est à faible profondeur, cette dernière participe à l'évapotranspiration. Dès lors, à l'évapotranspiration de la zone d'aération, il convient d'ajouter l'évaporation des eaux de la nappe phréatique.

Dans cette optique, nous avons évalué l'évapotranspiration en absence de nappe phréatique des principales zones phoenicicoles du Sud-Est Algérien en utilisant la formule de Penman et l'évaporation des eaux de la nappe phréatique dans les régions de Ouargla et de Touggourt par la méthode hydrodynamique.

Les résultats obtenus sur l'évapotranspiration et l'évaporation des eaux de la nappe phréatique nous ont permis de mettre en évidence un certain nombre de faits utiles :

-L'évapotranspiration atteint dans ces zones des valeurs considérables. Elle est de 1824 mm à Ghardaia, 1881 mm à Ouargla, 1833 mm à Touggourt, 1841 mm à Oued-Souf et 1836 mm à Biskra.

-La variabilité interannuelle est très faible.

-L'évapotranspiration est pratiquement identique d'une région à une autre.

-L'installation de palmeraies réduit d'une manière considérable les valeurs de l'évapotranspiration et permet de ce fait une économie d'eau appréciable.

-La participation de la nappe phréatique à l'évapotranspiration atteint 60% de l'évapotranspiration calculée à l'aide de la formule de Penman pour une profondeur de la nappe proche de 60 cm à Ouargla et elle représente 48 à 8% de cette évapotranspiration à Touggourt pour une profondeur de nappe comprise entre

90-172Cm.

Nous avons également pu déterminer les valeurs de l'exposant n de l'expression d'Averianov et celle proposée par Borovsky.

Le choix de l'une ou de l'autre des formules nécessite à notre avis une durée d'expérimentation assez longue.

Enfin nous avons établi une relation linéaire entre la profondeur et l'évaporation des eaux de la nappe phréatique.

Les corrélations obtenues sont les suivantes :

-Ouargla :  $y = -0.958x + 9.6415$   $R^2 = 0.84$

-Touggourt :  $y = -0.0248x + 4.7945$   $R^2 = 0.959$

**Mots clés :** Evapotranspiration - Evaporation des eaux de la nappe phréatique - Zones arides.

## SOMMAIRE :

Sommaire .....	1
Liste des tableaux.....	6
Liste des figures .....	8
Liste des cartes .....	9
Liste des annexes .....	10
Introduction générale.....	11

### PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU CADRE NATUREL, RAPPEL THEORIQUE, EVAPOTRANSPIRATION AU SAHARA, LA NAPPE PHREATIQUE.

#### **Chapitre 1 : Cadre naturel** .....14

1.1- Situation géographique des zones d'étude.....	14
1.2- Hydrogéologie .....	16
1.2.1- Nappe phréatique .....	16
1.2.2- Nappe du complexe terminal.....	16
1.2.3- Nappe du continental intercalaire.....	16
1.3- Ressources agricoles .....	19
1.3.1- Ancien système agricole oasien .....	19
1.3.2- Nouveau système oasien .....	19
1.4- Les sols.....	19
1.4.1- Sols peu évolués.....	19
1.4.2- Sols hydromorphes.....	20
1.5- Eaux mobilisées et exploitées .....	20
1.6- Contexte climatique .....	20
1.6.1- Température de l'air.....	20
1.6.2- Humidité de l'air.....	21
1.6.3- Les vents .....	21
1.6.4- Evaporation .....	21
1.6.5- Les pluies .....	21
1.7- Conclusion.....	22

#### **Chapitre II: Rappel théorique** .....23

2.1- Concepts de l'évapotranspiration.....	23
2.1.1- Evapotranspiration de la culture de référence, Eto .....	24
2.1.2- Evapotranspiration de la culture, Etculture.....	24
2.1.3- Evapotranspiration réelle de la culture, Eta (culture) .....	24
2.2- Méthodes d'estimation de l'ETP .....	24
2.2.1- Formule de Penman.....	25
2.2.1.1- Conduite des calculs.....	25
2.2.1.1.1- Rayonnement net.....	25
2.2.1.1.2- Rayonnement global.....	26
2.2.1.1.3- Albédo.....	26
2.2.1.1.4- Rayonnement thermique.....	27
2.2.1.1.5- Pouvoir évaporant.....	28
2.2.1.2- Données climatiques.....	29
2.2.1.2.1- Description sommaire des stations.....	29
2.3- Méthodes de mesure de l'ETP.....	30
2.3.1 - Les bacs d'évaporation.....	30

2.3.2- Les évapotranspiromètres .....	31
2.3.3- Description des bacs et des évapotranspiromètres.....	31
2.4- Etude théorique de l'évaporation de la nappe phréatique.....	32
2.5- Conclusion .....	34

### **Chapitre III : Evapotranspiration au Sahara.....36**

...

3.1 - Facteurs influençant l'évapotranspiration.....	36
3.1.1- Le couvert végétal.....	36
3.1.2- La taille de l'exploitation.....	36
3.1.3- La profondeur de la nappe phréatique.....	39
3.2- Aridité du climat.....	39
3.3- ETP radiative et ETP advective.....	40

### **Chapitre IV : La nappe phréatique.....42**

4.1 - Introduction.....	42
4.2- Profondeurs des eaux de la nappe phréatique.....	42
4.3- Salinité des eaux de la nappe phréatique.....	44
4.4- Evaporation des eaux de la nappe phréatique.....	44
4.5- Conclusion.....	47

## DEUXIEME PARTIE : METHODE D'ESTIMATION DE L'EVAPORATION DES EAUX DE LA NAPPE PHREATIQUE

### **Chapitre V: Estimation del'évaporation des eaux de la nappe phréatique... ..48**

5.1- Méthode de mesure de l'évaporation des eaux de la surface de la nappe phréatique.....	48
5.1.1- Dispositif expérimental pour Ouargla.....	48
5.1.2- Dispositif expérimental pour Touggourt.....	51
5.1.3- Méthodologie.....	53

## TROISIEME PARTIE :RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### **Chapitre VI : Résultats des caractéristiques Physiques et hydriques du sol ... 55**

6.1- Propriétés physiques et hydriques des sols de Ouargla .....	55
6.1.1 - Analyse granulometrique .....	55
6.1.2- La densité réelle .....	55
6.1.3- La densité apparente.....	56
6.1.4- La porosité totale.....	56
6.1.5- La porosité de drainage .....	56
6.1.6- Coefficient d'infiltration .....	57
6.1.7- La teneur en eau à la capacité de rétention.....	57
6.2- Caractéristiques physiques et hydriques des sols de Touggourt. ....	58
6.2.1- Analyse granulometrique .....	58
6.2.2- La densité réelle.....	59
6.2.3- La densité apparente.....	59
6.2.4- La porosité totale.....	59
6.2.5- Coefficient d'infiltration .....	59

### **Chapitre VII : Résultat des évapotranspirations en absence de nappe Phréatique..... 60**

7.1- Stations hors palmeraies.....	60
7.1.1- Introduction.....	60
7.1.2- Variation de l'ETP dans l'espace .....	60
7.1.2.1- Evapotranspiration moyenne mensuelle.....	60
7.1.2.2- Variation de l'ETP dans l'espace .....	64
7.1.3- Conclusion.....	64
7.2- Calcul de l'évapotranspiration au niveau des zones cultivées .....	65
7.2.1- Introduction .....	65
7.2.2- Calcul de l'ETP : Palmeraie de Sidi-Mahdi (Touggourt).....	65
7.2.3- Comparaison de l'ETPadvective et l'ETPradiative .....	66
7.2.4- Comparaison des paramètres climatiques.....	68
7.2.5- Comparaison de l'évapotranspiration de l'oasis et son environnement .....	70
7.2.6 Conclusion.....	72

### **Chapitre XIII :Détermination de l'évaporation des eaux de la surface de la nappe phréatique..... 73**

8.1- Introduction.....	73
8.2- Cas de Ouargla .....	73
8.2.1- Evaporation moyenne des eaux de la nappe.....	73
8.2.1.1- Evaporation moyennes moyennes par période.....	74
8.2.1.2- Evaporation moyenne.....	74
8.2.1.3- Corrélation entre évaporation et la profondeur de la nappe.....	74
8.2.2- Evaporation des eaux de la nappe- expression d'Averianov .....	75
8.2.3- Détermination de la valeur de n suivant la proposition de Borovsky.....	77
8.2.4- Rapports entre l'évaporation des eaux de la nappe et l'ETP.....	78
83 - Cas de Touggourt.....	78
83.1- Valeurs des évaporations des eaux de la nappe.....	79

8.3.1.1- Evaporation moyenne par période.....	79
8.3.1.2-Evaporation moyenne.....	79
8.3.1.3- Corrélation entre évaporation et profondeurs des de la nappe phréatique.....	80
8.3.2- Evaporation des eaux de la nappe- Expression d'Averianov.....	81
8.3.3- Détermination de la valeur de n suivant la proposition de Borovsky (Tougourt).....	83
8.3.4- Rapports entre Evaporation et ETP.....	84
8.4- Conclusion .....	84
 CONCLUSION GENERALE .....	 86
BIBLIOGRAPHIE.....	89
ANNEXE.....	93