

# REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**

Département de :génie civile et hydraulique

C:.....

R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

**Master, Filière: Hydraulique**

**Spécialité : Ressources Hydriques**

**Thème**

Evaluation de l'évapotranspiration de référence par la  
formule de Penman-monteith et les bacs d'évaporation

**Présenté par :**

- ❖ Debba abdelmounaim
- ❖ Ghoula mohammed tahar

Soumis au jury composé de :

Saggai sofiane	MCA	UKM ouargla	Président
Derdous oussama	MCB	UKM ouargla	Examineur
Boutoutaou Djamel	Professeur	UKM ouargla	Encadreur
Gheriani Sofiane	Chercheur attache	INRAA touggourt	Co-Encadreur

**AnnéeUniversitaire: 2020 / 2021**

## REMERCIEMENTS

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreure de mémoire Pr-Boutoutaou.djamel.nous remercions de co-encadreure gheriani sofiane d'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé. Nous adressons mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches. Nous remercions mes très chers parents, , qui ont toujours été là pour nous , « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Nous sommes redevable d'une éducation dont nous sommes fier ». nous remercions mes frères, et mes sœurs pour leur encouragement. Nous remercions très spécialement chef département , leur soutien inconditionnel et leur encouragement. Enfin, nous remercions tous mes Amies que j'aime ... Pour leur sincère amitié et confiance. À tous ces intervenants ,nous présente mes remerciements, mes respect et mes gratitude.*

# Sommaire

## Remerciements

## Liste des tableaux

## Liste des figures

## Introduction générale.....1

### **Chapitre I: caractérisation de milieu physique de la zone d'étude**

#### I-1-Présentation de la région.....2

#### I -2 -Climat.....3

#### I-2-1Pluviométrie.....3

#### I-2-2-Humidité de l'air.....4

#### I-2-3-Vents ..... 4

#### I-2-4-Température.....5

#### I-2-5 - Insolation..... 6

#### I-2- 6 -Evaporation.....6

#### I-2-7-Evapotranspiration.....7

#### I-3-8- indice L'aridité (indice de martonne).....7

#### I-4 Aperçu sur l'hydrogéologie.....8

#### I-4-1 Nappe du continental intercalaire (Albien).....8

#### I-4-2 Nappe du complexe terminal ..... 9

#### I-4-3 Nappe phréatique.....10

#### I-5 Cadre agro- pédologie .....10

#### I-5-1 sol.....10

#### I-5-2 Aperçu sur les activités agricoles.....10

### **Chapitre II :Evapotranspiration de référence dans la plaine de sidi mahdi**

#### II -1 Généralités sur l'évapotranspiration..... 12

#### II-1-1 L'évaporation.....12

#### II-1-2 Facteurs météorologiques.....12

#### II-1-2 -1 Quantité de chaleur disponible.....12

#### II-1-2 -2 Capacité de l'air à stocker l'eau..... 13

#### II-1-3 Facteurs physiques du milieu..... 13

#### II-1-3 -1 Evaporation à partir des surfaces d'eau libre..... 13

#### II-1- 3 -2 Evaporation à partir d'un sol nu.....13

II-1- 4 La transpiration.....	13
II- 1- 5 Evapotranspiration.....	14
II-2 Techniques d'estimation de l'évaporationetdel'évapotranspiration.....	15
II-2- 1 Méthodes empiriques d'estimation de l'évapotranspiration.....	15
II - 2 -1-1 Formule de Thornthwaite (1948).....	15
II - 2 -1-2Formule de Blaney-Criddle (1950).....	16
II - 2 -1-3Formule de Hargreaves (1982).....	16
II - 2 -1- 4Formule de Penman-Monteith FAO (Allen et al. 1998).....	16
II - 3METHODES DE MESURE DIRECTE DE L'EVAPORATION ET DE L'EVAPOTRANSPIRATION.....	17
II – 3-1Bac d'évaporation.....	18
II – 3 -2Evaporimètre .....	19
II – 3 -3Lysimètre .....	19
<b>CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES</b>	
III -1-1 MATERIELS .....	22
III -1-1-1Présentation de site d'expérimentation.....	22
III -1-1-2 Présentation de la station météorologique .....	22
III -1-2METHODES .....	23
III -1-2-1 Prélèvement des paramètres climatique .....	23
III -1-2-1-1Température .....	23
III -1-2-1-2 Vent .....	24
III -1-2-1-3 Evaporation .....	24
III -1-2-1-4Humidité.....	25
III -1-2-1-5 Insolation.....	26
III -1-3 Estimation de l'évapotranspiration par la formule penman- monteith .....	26
III -1-3-1Equation de Penman-Monteith (ETo).....	28
III -1-3-2 Calcul des paramètres .....	28
Tension de vapeur saturante (ea).....	28
Pente de la courbe de tension de vapeur .....	28
Rayonnement extraterrestre (Ra).....	28
Rayonnement solaire global (Rs).....	28
Rayonnement net (Rn).....	29

Flux de chaleur du sol (G) .....	29
III -1-4 - Etude statistique .....	29
III -1-4-Analyse statistique par la régression.....	29
<b>CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
IV-1RESULTATS.....	30
IV-1-1 Variation d'évaporation piche en fonction des paramètres climatiques.....	30
IV-1-2 Variation d'évaporation bac en fonction des paramètres climatiques.....	32
IV-1-3Variation d'évapotranspiration et des bacs d'évapotranspiration	
IV-1-4 Régression d'évapotranspiration ET0 en fonction d'évaporation piche et évaporation du bac classe A.....	34
<b>Conclusion générale</b> .....	35
<b>Résumé</b> .....	36
<b>Références bibliographique</b> .....	37
<b>Annexe</b> .....	38

## Liste des tableaux :

<b>(Tableau I -1) :</b> Données climatiques de la région de Touggourt, (2009-2018):.....	3
<b>(Tableau I -2):</b> Données pluviométrie de la région de Touggourt(2009-2018) .....	4
<b>(Tableau I-3):</b> donées Evapotranspiration de la région de Touggourt(2009- 2018).....	7
<b>(Tableau I -4):</b> un tableau montrant les superficies irriguées et les débits des coummunes la de la région de touggourt (DSA TOUGGOURT 2021) .....	10
<b>Tableau(IV-1):</b> représente résultat des paramètre climatique mensuelle.....	30

## Liste des figures

<b>Figure ( I-1):</b> La localisation géographique de la vallée de L'Oued Righ (Ballais ,2010).....	2
<b>Figure(I-2 ):</b> l'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Touggourt (2009-2018).....	4
<b>Figure. ( I-3 ):</b> Diagramme de vitesse du vent mensuel moyen de la région de Touggourt(2009-2018).....	5
<b>Figure ( I-4):</b> de la température mensuelle moyenne et maximales et minimales de la région de Touggourt (2009-2018.....	5
<b>Figure ( I-5):</b> Histogramme de la durée d'insolation moyenne mensuelle de la région de Touggourt (2009-2018).....	6
<b>Figure ( I-6 ):</b> Histogramme de l'évaporation mensuelle moyenne de la région de Touggourt(2009-2018).....	7
<b>Figure(I-7):</b> Ressources en eaux souterraines (A.N.R.H, 2005).....	8
<b>Figure(I-8):</b> Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de l'Oued Righ (ANRH).....	9
<b>Figure(II-1 ) :</b> Bacs d'évaporation Classe «A».....	18
<b>Figure ( II-2):</b> jauge a crochet(debba.2021).....	18
<b>Figure: (II-3 ):</b> Appareil de "Piche.....	18
<b>Figure: (II-4):</b> lysimètre( photo debbaabdel monaim.2021).....	19
<b>Figure: (II-5):</b> Schéma d'une cuve lysimétrique (Tiré de Musy et Soutter, 1991).....	19
<b>Figure (III -1 )</b> Emplacement de station inraa sidi mahdi(googlemap).....	22
<b>Figure ( III -2)</b> thermomètre min et max.....	23
<b>Figure ( III -3)</b> thermomètre sec et mouille.....	23
<b>Figure(III - 4)</b> anémomètre (debbaa.2021).....	24
<b>Figure ( III - 5)</b> Bacs d'évaporation Classe «A».....	24
<b>Figure ( III -6)</b> Evaporimetre piche (debba.2021).....	25
<b>Figure ( III -7)</b> Héliographe (debba.2021) .....	25
<b>Figure (IV -1):</b> Variation d'évaporomètre piche par rapport température.....	30

<b>Figure (IV-2):</b> Variation de évaporomètre piche par rapport humidité.....	31
<b>Figure (IV -3):</b> variation de évaporomètre piche par rapport vitesse de vent.....	31
<b>Figure (IV -4):</b> Variation de évaporation de bac class A par rapport température.....	32
<b>Figure (IV -5):</b> Variation d'évaporation de bac class A par rapport humidité.....	32
<b>Figure (IV -6):</b> Variation d'évaporation de bac class A par rapport vitesse de vent.....	33
<b>Figure (IV -7):</b> variation d'évapotranspiration et des bac d'évaporation.....	33
<b>Figure (IV -8):</b> Régression d'évapotranspiration ET0 par rapport évaporation de bac et évaporamètre piche .....	34

:

.

**CHAPITRE I**  
**CARACTÉRISATION DE**  
**MILIEUPHYSIQUE DE LA**  
**ZONE D'ETUDE**

## **Introduction générale**

Dans les régions arides l'irrigation est indispensable pour les cultures, donc il est nécessaire de connaître des paramètres sur la plante le sol et le climat pour estimer les besoins en eau des plants dont l'évapotranspiration de référence.

Nombreux chercheurs ont établi des formules empiriques estimées l'évapotranspiration qui dépend à des paramètres climatiques. Dans notre étude nous essayerons de contribuer à faire l'évaluation de l'évapotranspiration de référence par formule Penman-Monteith et l'évaporation de bac class A en raison de son importance dans les estimations des besoins en eau des plantes et les cultures irrigués.

En cas d'absence de certaines mesures des paramètres climatique elle est compensée par l'évaporation de la bac classe implanté dans l'institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), installé dans la circonscription administrative de Touggourt (Willaya de Ouargla). Le choix de ce site a été justifié par la disponibilité des mesures météorologiques nécessaires à l'estimation de l'ETP, telles que principalement la température, l'humidité relative, la vitesse du vent et la durée de l'insolation. La précision de méthode d'estimation de l'ETP par Penman-Monteith varie d'une région géographique à une autre en fonction des conditions climatiques prévalant dans chaque région Ceci nous a conduits en premier temps d'identifier le cadre climatique de la région de Touggourt, en choisir la plus proche d'entre eux vis-à-vis les mesures réelles.

Ce manuscrit est présenté, en plus d'une introduction générale et une conclusion générale, sous forme de quatre chapitres:

Le chapitre I donne les généralités de la zone d'étude et la caractérisation des surfaces irriguées et les cultures principales.

Le chapitre II est consacré aux généralités de l'évapotranspiration ainsi qu'aux méthodes d'estimation d'ETP

Dans Le chapitre III nous avons discuté les méthodes et des moyens nécessaires pour calculer les facteurs climatiques : température  $T(^{\circ}\text{C})$ , la vitesse de vent  $V(\text{m/s})$  et l'humidité relative HR (%), contrôlée par la tension de vapeur d'eau saturante  $e_s(\text{hPa})$  ) sur l'évapotranspiration.

Le chapitre VI est consacré à l'analyse et le traitement des résultats.

Enfin le manuscrit est finalisé par une liste des références utilisé dans cette étude.

**I-1-Présentation de la région:**

La région d'Oued Righ est partagée entre les deux nouveaux états, Touggourt et Al-Meghaier. Elle était auparavant dépendante des états de Ouargla et d'El oued

La région d'Oued Righest située dans le centre, c'est la plus grande ville de la région, qui comprend également les villes de Marara, Jamaa, Meghaier et Temacine. L'urbanisation d'Oued Ray remonte à mille ans, et sa relation étroite avec le commerce à travers le Sahara a été marquée par cette dépendance. Certains centres sont devenus un carrefour important dans le commerce des caravanes, y compris Touggourt. Elle comptait 120 000 habitants en 2008 et est aujourd'hui la capitale de la région. La région se caractérise également par une abondance de palmiers, de panneaux et de dunes de sable, un temps chaud en été et froid en hiver. La région est également considérée comme une zone économique et touristique en raison de son emplacement stratégique important[1].



**Figure I-1-** La localisation géographique de la vallée de L'OuedRigh (Ballais ,2010)

**I -2 -Climat:**

Les données climatiques collectées sont présentées dans le tableau( I-1)

**Tableau I -1 : Données climatiques de la région de Touggourt, (2009-2018).**

Mois	Tm C	Tm	Tmoy	hr %	p( mm)	ins (h)	EVA en mm	V km /h max
Janvier	3.93	19.2	11.56	61.09	10.98	253.66	107.29	8.63
Février	5.47	19.98	12.72	54.75	5.85	238.21	137.24	9.82
Mars	8.96	24.56	16.76	49.03	7.21	264.88	176.2	10.21
Avril	12.42	30.01	21.21	46.18	9.9	291.71	212.94	10.52
Mai	18.25	34.54	26.39	41.06	2.41	331.02	251.6	10.36
Juin	23.78	39.64	31.71	35.45	0.17	323.62	293.49	9.57
Juillet	26.01	43.17	34.59	32	0	362.07	356.5	9.25
Août	25.77	41.7	33.73	36.96	1.39	343.98	313.19	9.23
Septembre	21.27	36.96	29.11	45.88	6.02	279.08	234.17	9.11
Octobre	15.2	31	23.1	49.17	0.78	288.25	187.17	7.91
Novembre	8.28	24.34	16.31	57.01	6.07	250.33	136.24	8.04
Décembre	4.31	19.34	11.82	60.68	2.8	242.02	92.35	7.21
<b>Moyenne annuelle</b>	14.47	30.37	22.42	47.44	53,58*	3468.83*	2498,38*	9.155

(Source : ONM de Touggourt, 2019)

T M : Moyenne mensuelle des températures maximales

T m : Moyenne mensuelle des températures minimales

T moy : Températures moyennes annuelles

H : Moyenne mensuelle d'humidité relative

P : Précipitation mensuelle

V : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent

Ins : la durée d'insolation moyenne mensuelle

Eva : Evaporation mensuelle

**. I-2-1-Pluviométrie :**

la pluviométrie est rare, la moyenne est de 53.58 mm/an (O.N.M, 2019). Nous avons utilisé les données de la station météorologique la plus proche, se rapportant à une période de dix ans de 2009 à 2018 (Tableau N° (I -2))

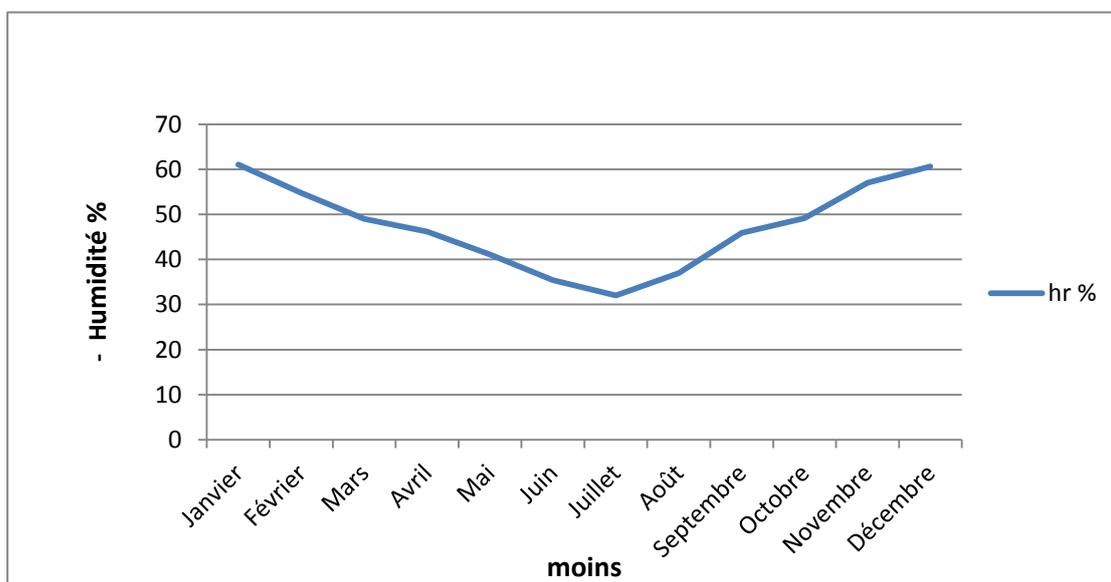
**Tableau(I -2):**Données pluviométrie de la région de Touggourt(2009-2018)

mois	j	f	m	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy annuelle
pluviométrie (mm)	10.98	5.85	7.21	9.9	2.41	0.17	0	1.39	6.02	0.78	6.07	2.8	53.58

Source: O.N.M –Sidi Mahdi- Touggourt, 2019

**-2-2-Humidité de l'air :**

L'humidité relative de l'air est faible, elle est de l'ordre de 32% en juillet, atteignant un maximum de 61,09% au mois de Janvier et une moyenne annuelle 47.43% (Tableau ( I-1)et Figure( I-2).



**Figure( I-2):** l'humidité relative moyenne mensuelle de la région de Touggourt (2009-2018).

**I-2-3-Vents**

La valeur maximale de la vitesse du vent est de 10.52Km/h ( Avril),la valeur minimale est de 7.21 km/h pour ( Décembre).Figure( I-3) et le Tableau ( I-1) montrent que

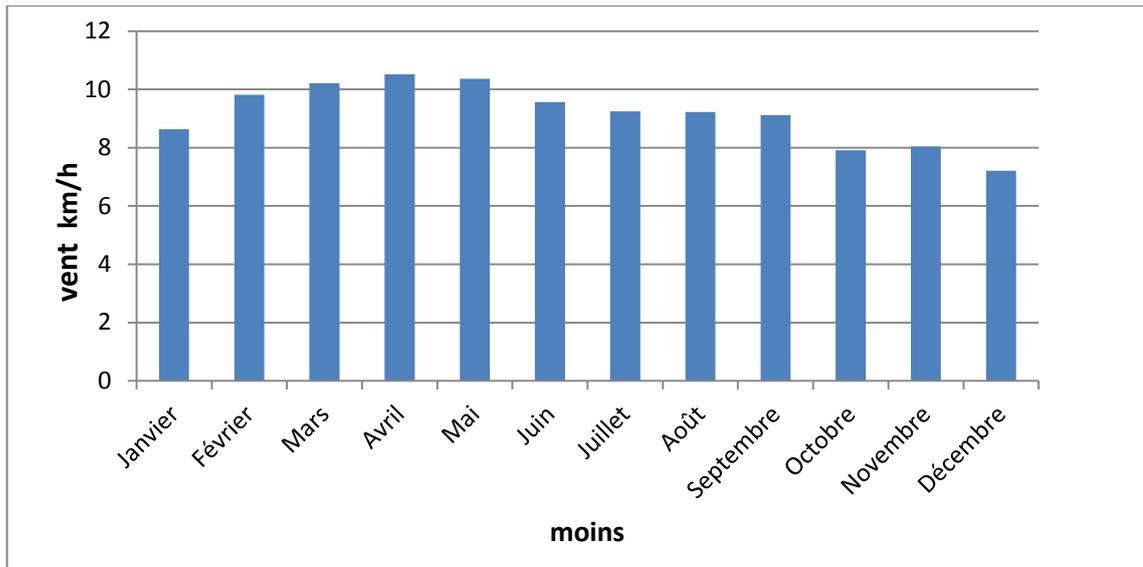
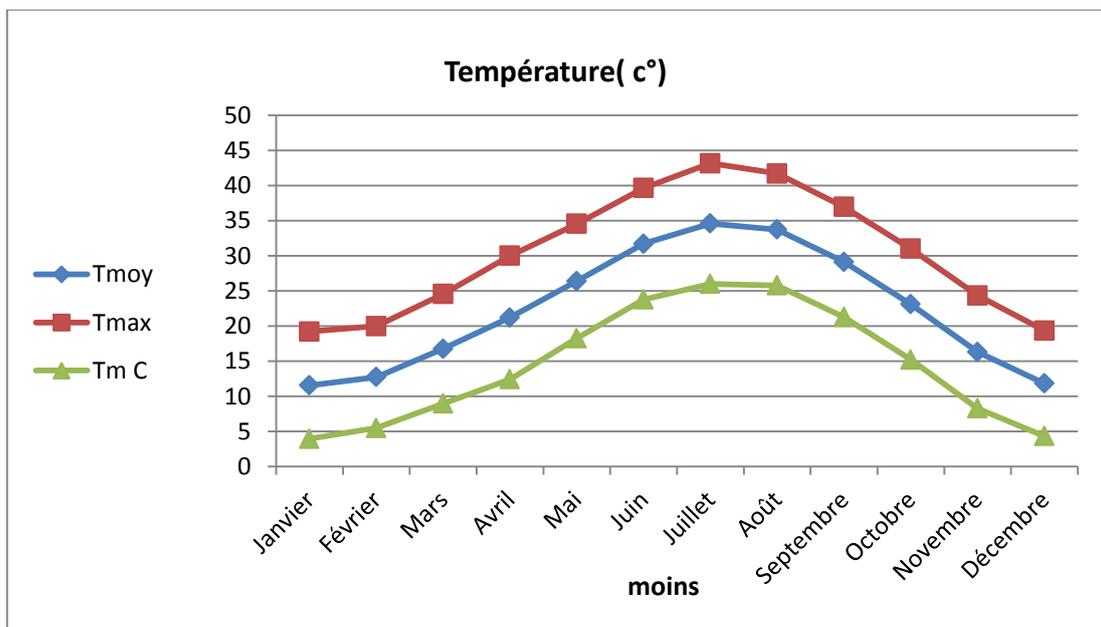


Figure. ( I-3 ): Diagramme de vitesse du vent mensuelle moyen de la région de Touggourt(2009-2018).

**I-2-4-Température**

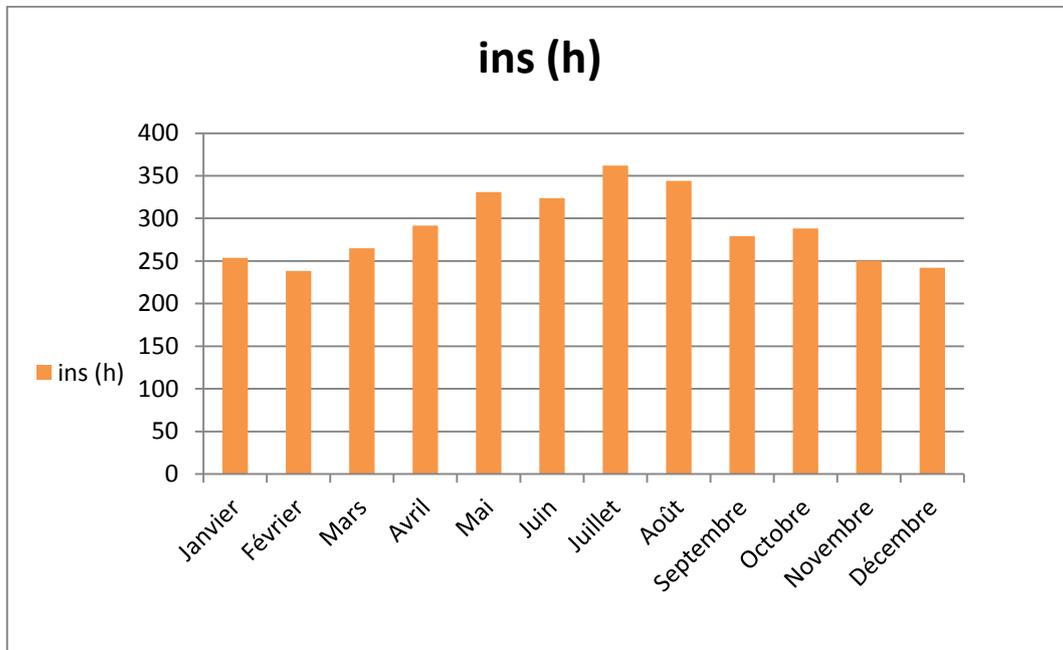
La température moyenne annuelle dans la région de Touggourt est de 22,41 °C avec un maximum de 34,59 °C en Juillet pour le mois le plus chaud et un minimum de 11,56 °C en Janvier qui est le mois le plus froid. Concernant la température maximale, la valeur la plus importante est atteinte aussi en juillet avec 43,17 °C tandis que la température minimale du mois le plus froid (janvier) est égale à 3.93 °C pour la période de dix ans (2009-2018) (Tableau ( I-1) et figure ( I- 4))



Figure( I-4) de la température mensuelle moyenne et maximales et minimales de la région de Touggourt (2009-2018)

### I-2-5- Insolation

L'ensoleillement est considérable à Touggourt, avec un maximum de 362,07 heures en juillet et un minimum de 238,21 heures en Février. La durée d'insolation annuelle est de 3468,83 heures (Tableau ( I-1)et Figure ( I-5)

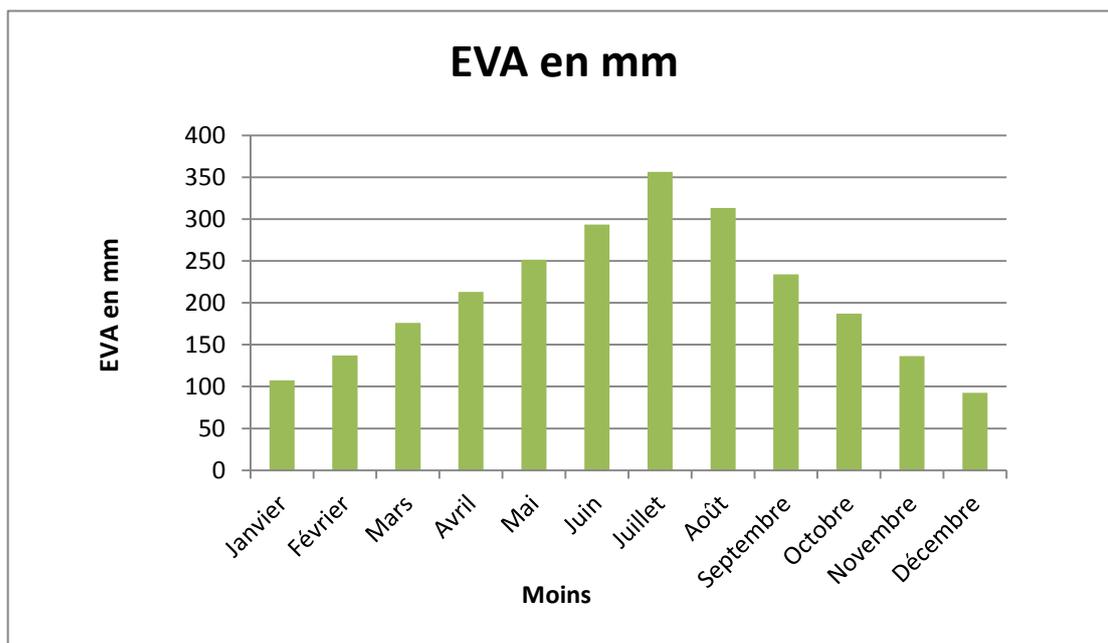


*Figure( I-5):* Histogramme de la durée d'insolation moyenne mensuelle de la région de Touggourt (2009-2018).

### I-2- 6-Evaporation

L'évaporation est très importante surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds.

Le cumul est de l'ordre de 2498,38 mm/an avec un maximum mensuel de 356,50 mm au mois de juillet et un minimum de 92,35 mm au mois de Décembre (Tableau ( I-1) et Figure( I-6).



**Figure( I-6 ):** Histogramme de l'évaporation mensuelle moyenne de la région de Touggourt(2009-2018).

### I-2-7-Evapotranspiration

Dans la région d'oued Righ, l'évapotranspiration maximale connaît de grandes variations saisonnières. Cela est dû au changement climatique Ceci est noté dans le tableau suivant ( I-3 ) ::donées *Evapotranspiration* de la région de Touggourt(2009-2018)

Moins	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>Ma</i>	<i>AV</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Juill</i>	<i>Ao</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Cuml (mm)</i>
<b>ETP mm</b>	<b>104.47</b>	<b>95.48</b>	<b>155.93</b>	<b>209.1</b>	<b>261.33</b>	<b>279</b>	<b>301.32</b>	<b>279</b>	<b>213</b>	<b>158.72</b>	<b>97.5</b>	<b>67.89</b>	<b>2222.74</b>

**Source :**La station INRAA -Sidi Mahdi- Touggourt, 2019

À travers le tableau( I-3)on remarque des changements dans la valeur de Etp tous les mois de sorte que la valeur maximale en juillet est de 301,32 mm et est diminuée en hiver de sorte que la valeur minimale en décembre soit de 67,89 mm et la somme des valeurs de Etp obtenues par mois atteint une valeur de 2222,74 mm.

### I-3-8- indice L'aridité (indice de Martonne):

**L'indice de Martonne** (godard , 1970) est un indice de classification du climat il est fonction de la hauteur annuelle des précipitations et de la température moyenne annuelle )

$$I = p / (T+10)[2]$$

Avec

I: indice de Martonne

P: Hauteur annuelle des précipitations en mm

T: Température moyenne annuelle en degrés centigrades.

A partir de cet indice les différents climats se classent comme suit :

Climat hyperaride ou désertique:  $1 < I < 5$ ;

Climat aride ou steppique:  $5 < I < 20$ ;

Climat semi aride:  $10 < I < 20$ .

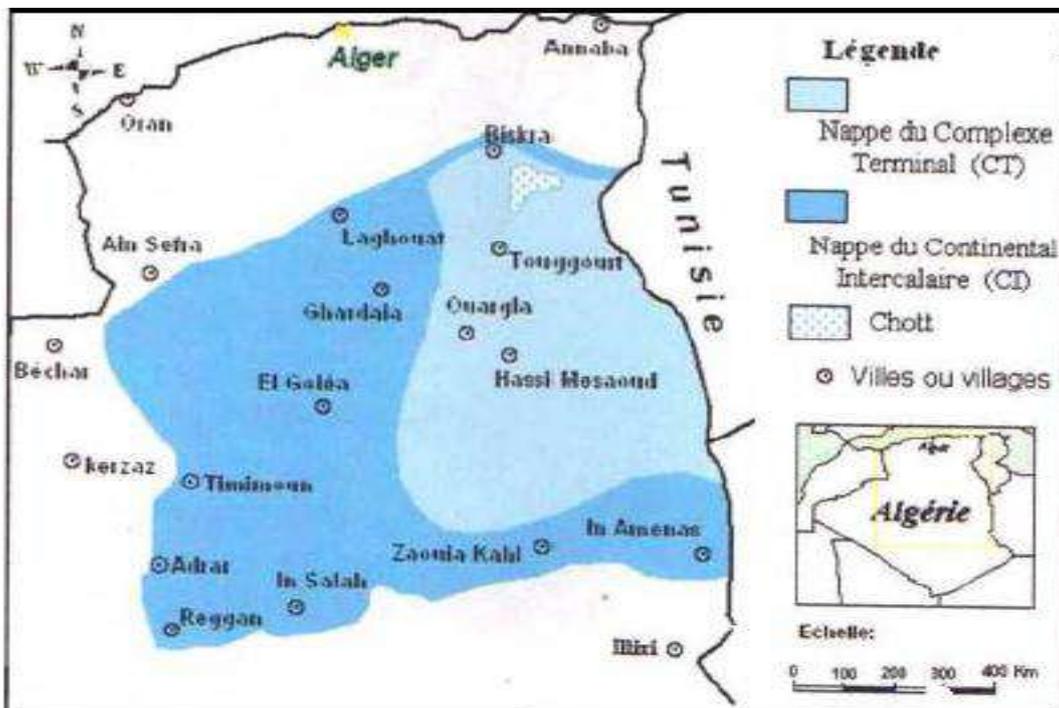
Climat sub-humide à humide:  $I > 20$

Le calcul de cet indice dans la zone d'étude donne  $I=1.65$  d'où l'appartenance de la plaine de sidi mahdi au climat désertique ou hyperaride[2]

#### I-4 Aperçu sur l'hydrogéologie

##### I-4-1 Nappe du continental intercalaire (Albien)

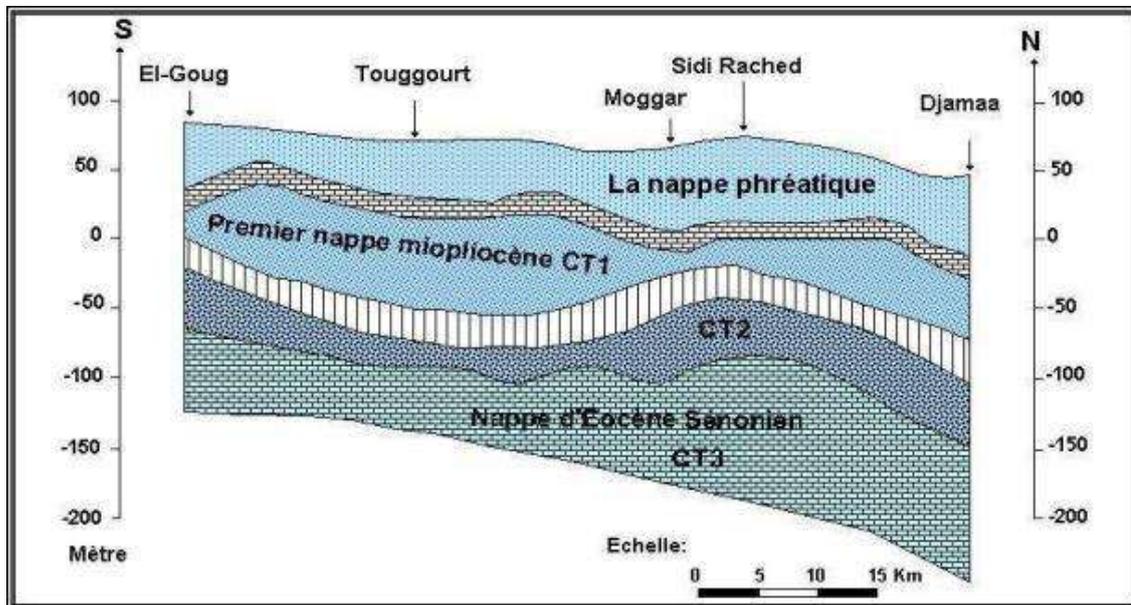
C'est un aquifère qui est partagé entre les trois pays maghrébins ; l'Algérie, Libye, Tunisie" (figure(I-7), le de la partie algérienne couvre 600 000 km<sup>2</sup>, elle stocke un volume d'eau estimé à environ 60 000 milliards de m<sup>3</sup>, Elle se situe à une profondeur de 1400 à 2200 m dans la région de Oued-Righ.(A.N.R.H, 2005).[3]



Figure(I-7) Ressources en eaux souterraines (A.N.R.H, 2005).

### I-4-2 Nappe du complexe terminal

Le complexe couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional, avec une superficie de 350 000 km<sup>2</sup> environ, sa profondeur oscille entre 100 et plus de 500 m, et une épaisseur moyenne de 50 à 100 m. (Figure 7)[3]



**Figure (I-8):** Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de l'Oued Righ (ANRH)

### I-4-3 Nappe phréatique

La profondeur de la nappe phréatique ne dépasse pas 50 mètres, elle est considérée comme une bonne source de puits. Les aquifères se trouvent dans diverses régions désertiques dans les dépressions sous les vallées. Il est alimenté par la pluie, les inondations, le ruissellement diffus, les eaux usées et aussi (Dubost, 1991).[3]

## I-5 Cadre agro- pédologie

### I-5-1 sol

Il s'agit d'un sol meuble et bien ventilé en surface, la plupart salé ou très salé. L'influence de la nappe phréatique est critique, et on remarque parfois un horizon d'eau ou un fluage sur le calcaire. Le sel est de type sulfate-calcium dans les sols moins salins ( $CE < 6$  mmos / cm) et de type NaCl dans les sols plus salins. Les sols en général sont pauvres en matière organique et la minéralisation est très rapide.[4]

### I-5-2 Aperçu sur les activités agricoles

La région d'étude de l'Oued Righ, située au nord-est du Sahara algérien, se caractérise par une activité agricole importante et offre des possibilités de développement certaines à l'échelle locale. Mais sous le poids de diverses contraintes, cette évolution n'a pas pu être

réalisée correctement. Plusieurs études ont montré que les terrains de la région d'étude (nus et cultivés) se caractérisent par une nappe phréatique moyennement profonde et des eaux à salinité excessive. Les sols sont très salés et alcalins, les valeurs des paramètres de salinités sont très élevées dans les terrains nus par rapport aux terrains cultivés. Les aménagements hydro-agricoles, à travers les actions d'irrigation et de drainage, ont produit des effets préjudiciables sur la dégradation de l'environnement oasien, sous l'effet de la salinisation et de la remontée de la nappe phréatique qui ont fortement affecté cette région[5].

Le tableau( I - 4) montre les superficies irriguées et les débits des communes la de la région de Touggourt (DSA TOUGGOURT 2021)[6].

<b>commune</b>	<b>surface irriguée'ha'</b>	<b>débit l/s</b>
<b>Beldetamor</b>	5708	1545
<b>tebesbest</b>	1129	981
<b>nezla</b>	12758	1520
<b>zouiaaelabidia</b>	1174	999
<b>sidislimane</b>	15414	1055
<b>touggourt</b>	2551	818
<b>hadjira</b>	224882	3542
<b>taibet</b>	348661	1636
<b>Temcine</b>	8295	1828
<b>Ben nacer</b>	152256	1548
<b>Mnaguer</b>	167780	2058
<b>meggarine</b>	9468	838
<b>El alia</b>	463236	2086
<b>Cumule</b>	1413312	20454

## **CHAPITRE II**

# **EVAPOTRANSPIRATION**

## II -1 Généralité sur l'évapotranspiration

Le mot évapotranspiration regroupe l'évaporation et la transpiration des plantes.

En effet, la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation. Elle englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes

### II-1-1 L'évaporation

Ce phénomène est une vaporisation progressive qui a pour effet d'absorber de l'énergie thermique et donc de réduire la température de l'environnement. Dalton (1802) a établi une loi qui exprime le taux d'évaporation d'un plan d'eau en fonction du déficit de saturation en air et de la vitesse du vent. Cette loi a été rédigée Selon la relation suivante:

$$E=f(u).(e_s-e_a) \quad [8]$$

$E$  : taux d'évaporation,

$e_a$ : pression effective ou actuelle de vapeur d'eau dans l'air

$e_s$ : pression de vapeur d'eau à saturation à la température de la surface évaporante

$f(u)$  : constante de proportionnalité (avec la vitesse du vent  $u$ ).

L'évaporation dépend essentiellement de deux facteurs associés à des facteurs météorologiques (la quantité de chaleur à disposition, la capacité de l'air à stocker de l'eau) mais aussi de facteurs physiques liés aux surfaces évaporantes

### II-1-2 Facteurs météorologiques

Les facteurs météorologiques sont liés principalement à la quantité de chaleur disponible et à la capacité de l'atmosphère à stocker l'eau[8].

#### II-1-2-1 Quantité de chaleur disponible

La quantité d'eau qui peut s'évaporer à partir d'une surface des moyens de la quantité de chaleur qui est libérée par le soleil. Cette quantité de chaleur est variable, d'une part, en fonction de conditions géographiques, et d'autre part, en fonction de la hauteur de la surface du liquide par rapport au niveau de la mer. L'atmosphère, la surface de la Terre, la surface des lacs et les océans sont sensibles à la convection et à la conduction. L'énergie provient de diverses radiations:

le rayonnement solaire ( $RS$ )

le rayonnement atmosphérique ( $RA$ )

le rayonnement terrestre ( $RT$ )

le rayonnement net ( $RN$ )

**II-1-2 -Capacité de l'air à stocker l'eau**

Elle est fonction de la saturation en humidité de l'atmosphère environnante.

L'humidité relative est le rapport entre la quantité d'eau contenue dans une masse d'air et le plus grand nombre d'eau que cette masse d'air peut contenir [8].

L'évaporation sera plus importante dans un air sec que dans un air humide [8].

Un apport de chaleur tel que le soleil favorise le séchage par évaporation, car celle-ci, est endothermique, c'est-à-dire qu'elle absorbe de la chaleur de l'environnement.

**II-1-3 Facteurs physiques du milieu**

Les facteurs physiques qui affectent l'évaporation d'une surface dépendent étroitement des propriétés de cette surface et différeront selon que l'évaporation provient d'une surface d'eau libre, d'un sol stérile ou d'une surface recouverte de neige ou de glace.[8].

**II-1-3 -1 Evaporation à partir des surfaces d'eau libre**

L'évaporation à la surface de l'eau libre dépend non seulement des propriétés physiques et techniques de cette surface (profondeur et étendue), mais aussi des propriétés physiques de l'eau (température et salinité). L'évaporation à la surface de l'eau libre dépend non seulement des propriétés physiques et techniques de cette surface (profondeur et étendue), mais aussi des propriétés physiques de l'eau (température et salinité)[8].

**II-1-3 -2 Evaporation à partir d'un sol nu**

L'évaporation requise du sol nu à partir des mêmes facteurs météorologiques qui ont participé à l'évaporation de la surface de l'eau libre. Cependant, la quantité d'eau disponible devient un facteur limitant. Cela affectera donc l'évaporation du sol nu d'un côté par la demande d'évaporation mais aussi la capacité du sol à y répondre la demande et sa capacité à transporter l'eau vers la surface, en fonction de diverses caractéristiques: la teneur en eau du sol , la capillarité, la texture du sol [8].

**II-1-4La transpiration**

Elle consiste en l'évaporation de l'eau contenue dans les tissus de la plante par le biais de ses stomates. La transpiration est le processus continu causé par l'évaporation d'eau par les feuilles (plus de 90 % de la perte d'eau par ces organes)

L'évapotranspiration, deux processus qui se déroulent en même temps. Ces deux termes sont regroupés sous l'évaporation du nom. [8].

### II- 1- 5 Evapotranspiration

C'est un processus consistant en une évaporation physique et une évaporation physiologique (transpiration). Pour que le processus d'évaporation se produise, le système doit d'abord avoir la capacité d'évaporer l'eau et, deuxièmement, l'air environnant nécessite un mouvement d'évaporation. Cela dépend donc des conditions météorologiques mais aussi de la disponibilité de l'eau. En plus de ces deux types de facteurs, dans le cas de la transpiration, s'ajoutent les propriétés physiques et physiologiques de la végétation. Ainsi, l'estimation de l'évaporation par transpiration est possible à travers différentes relations en fonction des caractéristiques climatiques, physiques et physiologiques du milieu étudié. Il est nécessaire d'établir le bilan hydrique et d'estimer les besoins en eau des plantes. La recherche dans ce domaine est très large et fournit actuellement les fondements théoriques et les relations qui régissent ce phénomène. [8].

Une procédure courante pour estimer les besoins en eau des plantes et des cultures, bien approvisionnées en eau, consiste d'abord à estimer l'évapotranspiration (ETP), puis à appliquer des paramètres de culture spécifiques à chaque espèce végétale (Doorenbos et Pruitt, 1977; Wright, 1982; Allen et al., 1998)[12].

L'ETP a été introduit par Thornthwaite en 1948. Il correspond à des pertes par évaporation directe de l'eau du sol et transpiration d'une végétation dense, bien posée, en croissance et surtout bien arrosée. De plus, selon Van Bavel (1966), l'ETP se produit lorsque la pression de vapeur à la surface d'évaporation est au point de saturation. Cela correspond à ce qui remarquerait la vaste superficie de terres cultivées, un approvisionnement suffisant en eau, et lorsqu'il est exposé à des conditions climatiques qui ne changent pas par lui-même (Fawzi, 1999).

Ces différentes définitions de l'ETP restent vagues et se prêtent à des interprétations différentes. Le débit d'évaporation dépend dans une large mesure de la surface de l'évaporateur. Par conséquent, l'ETP doit faire référence à une région standard spécifique. D'où l'introduction de la transpiration d'évaporation de référence (ETO) [8].

Les problèmes associés à la sélection d'une culture de référence ont été discutés par Allen et al. (1998).. Ainsi, l'évaporation de transpiration de référence représente `` le degré d'évapotranspiration de transpiration d'une culture de référence de 0,12 m de hauteur, la résistance du couvert de 70 cm-1 et la blancheur de 0,23 correspond à l'évaporation de la transpiration de la surface recouverte d'herbe verte , une hauteur de croissance uniforme, recouvre complètement le sol et contient suffisamment d'eau, 1991) [8].

À la suite de ces diverses recherches, certaines méthodes ont été établies pour mesurer l'évaporation et la transpiration. Ces modèles peuvent être classés en trois catégories principales:

- mesures directes d'évaporation,
- méthodes expérimentales,

Ci-dessous, nous décrivons certaines des méthodes et techniques de mesure de l'évaporation et de la transpiration.

**II-2 Techniques d'estimation de l'évaporation et de l'évapotranspiration**

**II-2- 1 Méthodes empiriques d'estimation de l'évapotranspiration**

Ces modèles d'évaporation et de transpiration sont principalement dérivés de données atmosphériques collectées à une altitude de référence. Dans cette section, nous devons exposer certaines de ces méthodes expérimentales qui ont été implémentées dans ce travail. Ils ont été sélectionnés d'une part en fonction de la disponibilité des paramètres climatiques qu'ils utilisent, de la fréquence de leur utilisation dans les conditions climatiques, et dans le but de comparer leurs résultats [8].

**II - 2 -1-1 Formule de Thornthwaite (1948)**

THORNTHWAITE a proposé en 1948 une méthode pour calculer le bilan moyen mensuel et annuel de l'eau dans laquelle intervient une évaluation théorique de l'évapotranspiration potentielle à partir de la température et de la durée d'insolation.. Puis en utilisant les données et les modifications statistiques des mesures expérimentales d'ETP obtenues sur des boîtes lysimétriques, il est arrivé à l'équation suivante [7].

$$E_{t_0} = 16 * N_m ((10 * T_m)/I)^{\alpha} \quad [2].$$

Avec

$E_{t_0}$  : Evapotranspiration de référence en mm/mois

$T_m$  : Température moyenne journalière du mois en °C,

$N_m$  : Facteur d'ajustement relatif aux heures diurne.

$$\alpha = 6.75 * 10^{-7} * I^3 - 7.71 * 10^{-5} * I^2 + 1.792 * 10^{-2} * I + 0.49239$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} (T_m/5)^{1.514}$$

Cette méthode se caractérise par l'utilisation de la seule température, un paramètre facilement accessible à différentes stations. Cependant, il néglige d'autres facteurs climatiques et physiques importants dans le processus d'évaporation.

### II - 2 -1-2 Formule de Blaney-Criddle (1950)

Cette formule conduit généralement à une sous-estimation de l'ETP en région aride et à une surestimation de celle-ci en région humide. Blaney et Criddle ont exclu la plage d'humidité relative et ont adopté la formule originale Blaney – Criddle suivante [9].

$$E_{t_0} = P(0.46 * T + 8.13) \quad [2] .$$

$E_{t_0}$  : Evapotranspiration de référence en mm/j ;

P : Pourcentage journalier moyen des heures annuelles de lumière diurne

T : Température moyenne en °C.

Les méthodes de prévision de l'évaporation ne devraient pas être utilisées, à moins que la température ne soit la seule donnée météorologique existante. Toute méthode de prévision  $E_{t_0}$  qui n'utilise qu'un seul facteur météorologique implique inévitablement beaucoup d'empirisme (Doorenbos et Pruitt, 1997). Cependant, ces technologies restent conviviales et faciles à mettre en œuvre.

### II - 2 -1-3 Formule de Hargreaves (1982)

Cette méthode repose sur le fait qu'elle ne nécessite qu'une seule variable : la température de l'air. Cependant, il n'est pas recommandé d'utiliser cette méthode pour un pas de temps inférieur au mois, Hargreaves et Sammani (1982) ont proposé d'estimer  $R_s$  de  $R_a$  et d'utiliser la différence entre les températures mensuelles moyennes maximales et minimales. [10].

$$E_{t_0} = 0.0023 * R_a * (T_m + 17.8) * (T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad [2].$$

Avec

$E_{t_0}$  : évapotranspiration de référence (mm/j)

$R_a$  : la radiation extraterrestre pour le mois et la latitude ( $Mj.m^{-2}.j^{-1}$ )

$T_m$  : température moyenne journalière du mois en °C

$T_{max}$  : température maximale journalière du mois en °C

$T_{min}$  : température minimajournalière du mois en °C

### II - 2 -1- 4 Formule de Penman-Monteith FAO (Allen et al. 1998)

Comme l'équation de Penman, l'équation de Penman-Monteith (d'après Howard Penman et John Monteith) se rapproche de l'évapotranspiration nette (ET), nécessitant comme entrée la

température moyenne quotidienne, la vitesse du vent, l'humidité relative et le rayonnement solaire. ces paramètres sont implicites.

Les méthodes standard de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour la modélisation de l'évapotranspiration utilisent une équation de Penman-Monteith. Les méthodes standard de l'American Society of Civil Engineers modifient cette équation de Penman-Monteith pour une utilisation avec un pas de temps horaire. Le modèle SWAT est l'un des nombreux modèles hydrologiques intégrés au SIG qui estiment ET à l'aide des équations de Penman-Monteith.[11]

Les contributions à l'évapotranspiration sont très importantes dans le bilan hydrique d'un bassin versant, mais ne sont souvent pas soulignées dans les résultats car la précision de cette composante est souvent faible par rapport à des phénomènes plus directement mesurés, par ex. la pluie et le débit des cours d'eau. En plus des incertitudes météorologiques, l'équation de Penman-Monteith est sensible aux paramètres spécifiques à la végétation, par ex. résistance ou conductance stomatique. Les lacunes dans les connaissances à ce sujet sont comblées par des hypothèses éclairées, jusqu'à ce que des données plus spécifiques s'accumulent.

Diverses formes de coefficients de culture ( $K_c$ ) expliquent les différences entre la végétation spécifique modélisée et une norme d'évapotranspiration de référence (RET ou  $ET_0$ ). Les coefficients de stress ( $K_s$ ) tiennent compte des réductions de l'ET dues au stress environnemental (par exemple, la saturation du sol réduit l' $O_2$  dans la zone racinaire, une faible humidité du sol induit le flétrissement, les effets de la pollution atmosphérique et la salinité). Les modèles de végétation indigène ne peuvent pas assumer la gestion des cultures pour éviter un stress récurrent. Les données agrométéorologiques enregistrées par les stations, y compris la température de l'air, la vitesse du vent, l'humidité et l'irradiance globale sont les paramètres nécessaires et suffisants pour calculer l'évaporation de référence selon l'équation Penman-Monteith-FAO.[11]

## **II - 3 METHODES DE MESURE DIRECTE DE L'EVAPORATION ET DE L'EVAPOTRANSPIRATION**

Les types de dispositifs de mesure de l'évaporation et de l'évapotranspiration les plus largement utilisés sont les bacs d'évaporation et les lysimètres.

### **II -3-1 Bac d'évaporation**

La station météorologique du Sidi Mahdi, INRAA dispose d'un bac class A. Ce dernier a été exploité pour nos mesures de l'évaporation. Figure(II-1)



Figure(II-1) : Bacs d'évaporation Classe «A». Figure ( II-2)jauge a crochet (debba.2021)

### II –3-2Evaporimètre :

L'évaporation naturelle est également mesurée en mesurant l'évaporation de l'eau distillée à travers une surface poreuse. Le plus simple d'entre eux est l'évaporateur Piche

Ce tube gradué est scellé au sommet de celui-ci, tandis que le trou inférieur est fermé par une feuille ronde de papier filtre standard de 30 mm de diamètre, et fixé par un ressort. Après avoir rempli l'appareil avec de l'eau distillée, et l'avoir placé dans un abri orageux, il est progressivement évaporé par le papier filtre; La diminution du niveau d'eau dans le tube permet de calculer le taux d'évaporation. Le processus d'évaporation est principalement lié au déficit d'humidité dans l'air.

L'appareil peut ne pas prendre en compte l'impact d'un coup de chaleur. L'évaporation du Piche est un indicateur d'énergie aérodynamique mais est très sensible à la forme de l'appareil. Non recommandé pour les études hydrologiques dans les zones sèches (FAO, 1981)[11].

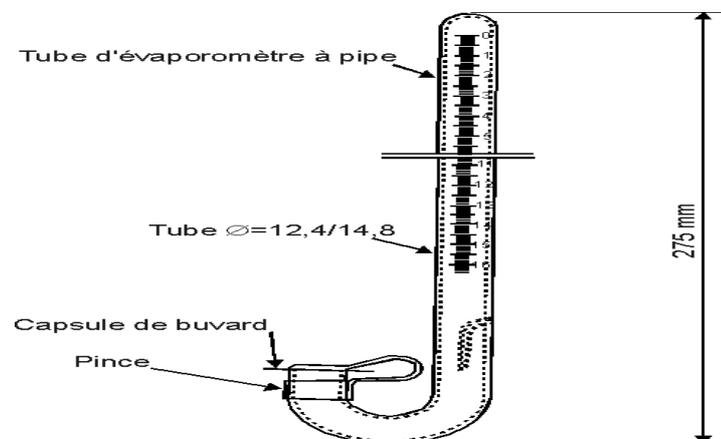


Figure: (II-3) Appareil de "Piche"

### II -3 -3 Lysimètre :

Il s'agit d'un réservoir de sol étanche à parois verticales, qui s'ouvre sur le toit et se remplit d'une section de terre de 0,5 à 2 mètres d'épaisseur. La végétation et les conditions sont préservées à chaque niveau, en particulier la teneur en eau, dans une large mesure similaire à celles du terrain actuel. Le lysimètre est pourvu à sa base d'un dispositif de collecte des eaux usées. L'évaporation à la surface du sol peut être déduite des variations des stocks en poids ou des mesures du sol, des eaux usées et des précipitations. La zone horizontale de la partie isolée du terrain doit être suffisamment grande pour avoir une bonne précision de la hauteur de l'eau qui s'évapore. Cet appareil, comme l'évaporateur Piche, est suffisamment simple et précis pour autant que les normes d'installation et les protocoles de surveillance soient respectés. La difficulté d'obtenir les conditions qui représentent la zone d'étude, le poids et la stabilité de l'appareil, entre autres, sont les limites de la méthode[8].



Figure: (II-4) lysimètre ( photodebbaabdel monaim.2021)

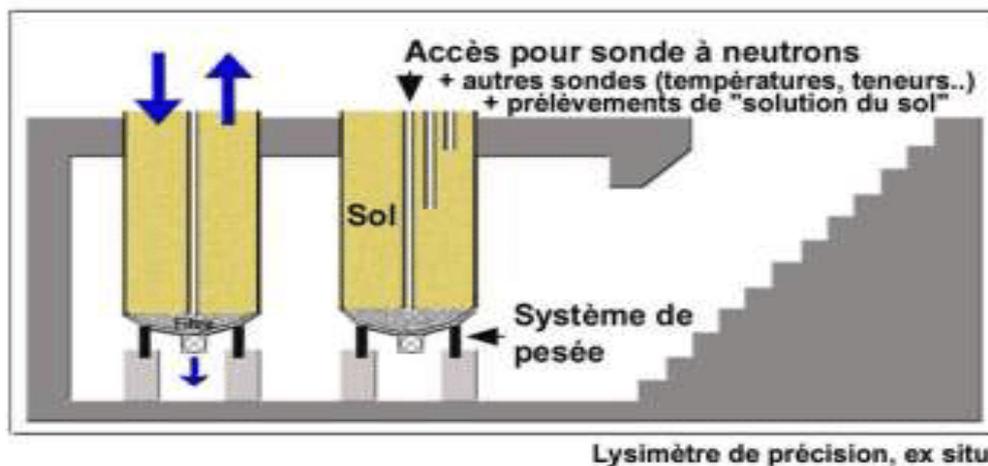


Figure: (II-5):Schéma d'une cuve lysimétrique (Tiré de Musy et Soutter, 1991).

# **CHAPITRE III**

## **MATERIELS ET METHODES**

### III -1 MATERIELS ET METHODES

#### III-1-1 MATERIELS :

##### III-1-1-1Présentation de site d'expérimentation :

La Station de Sidi Mehdi, TOUGGOURT a été créée en 1959 par le Service des études scientifiques de l'Hydraulique au sein d'un périmètre irrigable d'environ 150 ha.

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

La station INRAA est située à 07 Km au Sud Est de Touggourt sur le plateau qui constitue la bordure orientale de l'Oud Righ.

La région de l'Oued Righ dans le Sahara algérien septentrional est un vaste ensemble de palmeraies entourées de dunes.

Cette zone dépressionnaire est bordée au Nord par le Ziban à l'Est par les grands alignements dunaires de l'erg oriental au Sud par les oasis d'Ouargla, à l'Est par la région d'Oued Souf et à l'ouest par la dépression de Dzioua.

La région d'Oued Righ est connue par le développement considérable de ses oasis qui produisent des dattes d'excellente qualité. Ces oasis sont alignées du Nord au Sud en partant de l'importante Oasis d'Ourir (Daïra de Mghaïer),jusqu'à celle de Témacine (à 10 km au Sud de la Daïra de Touggourt), sur une longueur de 150 Km environ. La largeur de la zone varie entre 20 et 30 km.[14]



**Figure ( III -1) Emplacement de station inraa sidi mahdi(googlemap)**

### III-1-1-2 Présentation de la station météorologique :

La station météorologique de la station sidi mehdi Touggourt est installée pour l'enregistrement de toutes les données climatiques de la région (température, précipitation, vitesse du vent, durée d'insolation...). Les données météorologiques nous ont servi à calculer l'évapotranspiration potentielle (ETP).

Certains de ces paramètres (facteurs météorologiques ou force d'évaporation de l'air) peuvent être facilement mesurés.

Les stations évapométriques installées sont souvent équipées d'un dispositif de mesure directe sur une longue période d'évaporation. Ainsi les taux d'évaporation sont observés

Donnez une bonne idée de la puissance qui s'évapore de l'atmosphère. Les plateaux d'évaporation sont les principaux appareils de mesure utilisés, mais il existe d'autres types d'appareils qui sont plus simulés.) [13]

### III-1-2 METHODES :

#### III-1-2-1 Mesure des paramètres climatiques :

##### III-1-2-1-1 Température :

La température a été mesurée 3 fois par jours (08H :00min ;13H :00 min ;17H:00min). C'est-à-dire la mesure de la température sec, mouille en plus le température maximale et minimale de la journée . [14]



Figure ( III -2)thermomètre min et max. Figure ( III -3) thermomètre sec et mouille (Debba 2021).

**III-1-2-1-2 Vent :**

La mesure de la vitesse du vent est laà été prise 3 fois par jour (08H :00min ;13H :00 min ;17H:00min)[14].



Figure ( III -4)anémomètre (debba a.2021)

**III-1-2-1-3 Evaporation :**

La mesure de l'évaporation du plan d'eau du bac a été réalisée une fois par jour à 8H00min. en plus nous avons mesuré également l'évaporation par l'évaporimètre Piche [14]



Figure ( III -5)Bacs d'évaporation Classe «A»(debba .2021)



Figure ( III -6) Evaporimetre piche (debba.2021)

#### III-1-2-1-4 Humidité :

L'humidité relative qui représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau est un paramètre important. Cette caractéristique météorologique a été également mesurée par le psychromètre

#### III-1-2-1-5 Insolation :

L'insolation fait référence à la quantité d'énergie solaire reçue et peut être synonyme de lumière du soleil, c'est-à-dire la durée pendant laquelle le site est exposé au soleil.



Figure ( III -7) Héliographe (debba.2021)

**III-1-3 Estimation de l'évapotranspiration par la formule Penman-Monteith :**

La connaissance de l'évapotranspiration (ET) est très importante dans la planification et la gestion des ressources en eau. A cet effet, plusieurs formules ont été développées pour son estimation. Parmi ces méthodes, la FAO a recommandé l'utilisation de la méthode Penman-Monteith comme modèle de référence en raison de ses performances dans différentes conditions climatiques. Cependant, l'application de cette méthode peut être difficile dans certains pays, en particulier ceux qui sont en cours de développement, où l'accès aux données climatiques est parfois limité. Une alternative consiste donc à utiliser des méthodes qui intègrent moins de variables climatiques.

Le but de ce travail est d'évaluer les méthodes d'estimation de l'évaporation

La méthode PENMAN fournit logiquement les estimations les plus proches de l'évaporation de référence.[2]

**III-1-3-1 Equation de Penman-Monteith (ET<sub>0</sub>):**

L'estimation de l'évaporation de référence est ensuite estimée quotidiennement selon ce modèle de Penman-Monteith par: [2]

$$E_{t0} = \frac{1}{\lambda} * \frac{\Delta(R_n - G) + \frac{86400 * \rho c_p * (e_a - e_d)}{r_a}}{\Delta + \gamma * \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad [2]$$

**E<sub>t0</sub>**: évapotranspiration de référence (mm / jour)

**R<sub>n</sub>**: radiation nette à la surface de la culture (MJ/)

**G**: flux de chaleur du sol (MJ/m<sup>2</sup>.jour);

**λ** : Chaleur latente de vaporisation (Mj.Kg<sup>-1</sup>)

**(e<sub>a</sub>-e<sub>d</sub>)** : déficit pression de vapeur (kPa)

**Δ** :Pente de la courbe de tension de vapeur saturante-température (kPa / K)

**γ**: Constante psychrométrique (kPa / K)

**ρ** :masse volumique de l'air (kg.m<sup>-3</sup>)

**c<sub>p</sub>**:chaleur spécifique de l'air (MJ / kg.K)

**r<sub>a</sub>**: résistance aérodynamique au transfert de vapeur d'eau

**r<sub>c</sub>** : résistance du couvert au transfert de la vapeur d'eau (s/m) ;

**e<sub>a</sub>** : pression de vapeur saturante de l'air (kPa) ;

**e<sub>a</sub>** : pression de vapeur actuelle de l'air (kPa).

A partir de cette formule de base, plusieurs variations de cette équation ont été utilisées pour estimer l'Eto à une échelle quotidienne. La méthode adoptée par la FAO sous le nom de méthode Penman-Monteith FAO est donnée par l'équation suivante:

$$E_{t0} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad [2]$$

avec :

**E<sub>t0</sub>** : évapotranspiration de référence (mm/j)

**R<sub>n</sub>** : radiation nette à la surface de la culture (MJ/m<sup>2</sup>.j)

**G** : flux de chaleur du sol (MJ/m<sup>2</sup>.j)

**T** : température moyenne à 2 m au dessus du sol (°C)

**U<sub>2</sub>** : vitesse du vent mesurée à 2m (m/s)

**(e<sub>a</sub>-e<sub>d</sub>)** : déficit pression de vapeur (kPa)

**Δ** :Pente de la courbe de tension de vapeur (kPa/°C)

**0.34** : coefficient du vent (s/m)

**e<sub>a</sub>** : pression de vapeur saturante de l'air (kPa)

**e<sub>a</sub>** : pression de vapeur actuelle de l'air (kPa)

**γ**: Constante psychrométrique (kPa/°C)

### III-1-3-2 Calcul des paramètres :

**Tension de vapeur saturante (e<sub>a</sub>) :**

$$e_a = 0.611 \exp\left(\frac{17.27T}{T+273.3}\right) \quad [2]$$

Où T est température de l'air (°C).

**Pente de la courbe de tension de vapeur:**

$$\Delta = \frac{4099e_a}{(T-237.3)^2} = \frac{2504 \exp(17.27T)}{(T+237.3)^2} \quad [2]$$

Avec T la température de l'air (°C) et e<sub>a</sub> (kPa) : tension de vapeur saturante à la température T(°C).

**Rayonnement extraterrestre (R<sub>a</sub>):**

est donné dans les tables en fonction de la latitude et l'hémisphère (Doorenbos et Pruit, 1977)

[12].

**Rayonnement solaire global (Rs):**

Il a été déterminé à partir des données d'insolation par la formule suivante [12].

$$R_s(a+b \cdot n/N) \cdot R_a \quad [12].$$

où  $R_a$  est la radiation solaire extra-terrestre (MJ.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>)

,  $n$  la durée d'insolation (h.j<sup>-1</sup>),

$N$  la durée maximale possible d'insolation (h.j<sup>-1</sup>)

$a$  et  $b$  des constantes empiriques.

adimensionnelles pour lesquelles les valeurs de 0,25 et 0,5 ont été adoptées respectivement (Doorenbos et Pruitt, 1997)[12].

**Rayonnement net (Rn):**

Il est composé du rayonnement net de courtes longueurs d'onde ( $R_{ns}$ ) et du rayonnement net de longues longueurs d'onde ( $R_{nl}$ ) [12].

$$R_n = R_{ns} + R_{nl} \quad [12].$$

$R_n$  : rayonnement net (MJ / m.jour) .

$R_{ns}$  : rayonnement net de courtes longueurs d'onde (MJ / m<sup>2</sup>.jour) .

$R_{nl}$  : rayonnement net de longues longueurs d'onde (MJ / m<sup>2</sup>.jour).

**Flux de chaleur du sol (G) :**

$$G = 0.38 (T_i - T_{i-1}) \quad [12]$$

$G$  : flux de chaleur du sol (MJ / m<sup>2</sup>.j)

$T_i$  : température moyenne de l'air (°C)

$T_{i-1}$  : température moyenne de l'air du jour précédent (°C). Nous avons adopté  $G \approx 0$  car la température moyenne journalière varie peu d'un jour à l'autre.

**III -1-4 –Calcul de l'évapotranspiration :**

Pour le calcul de l'évapotranspiration nous avons utilisé le logiciel CROPWATER 8.0, en utilisant des données d'entrée suivant : la température moyenne, l'humidité de l'air, la vitesse du vent et durée de l'insolation.

**III-1-4 - Etude statistique :****III-1-4-1Analyse statistique par la régression :**

L'objectif est de trouver une expression polynomiale qui permet d'estimer évapotranspiration en fonction d'évaporation du bac classe A et l'évaporation de piche

$$ETP = F (E_{bac})$$

$$ETP = F (E_{piche})$$

## **CHAPITRE IV**

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

**IV-1RESULTAT :**

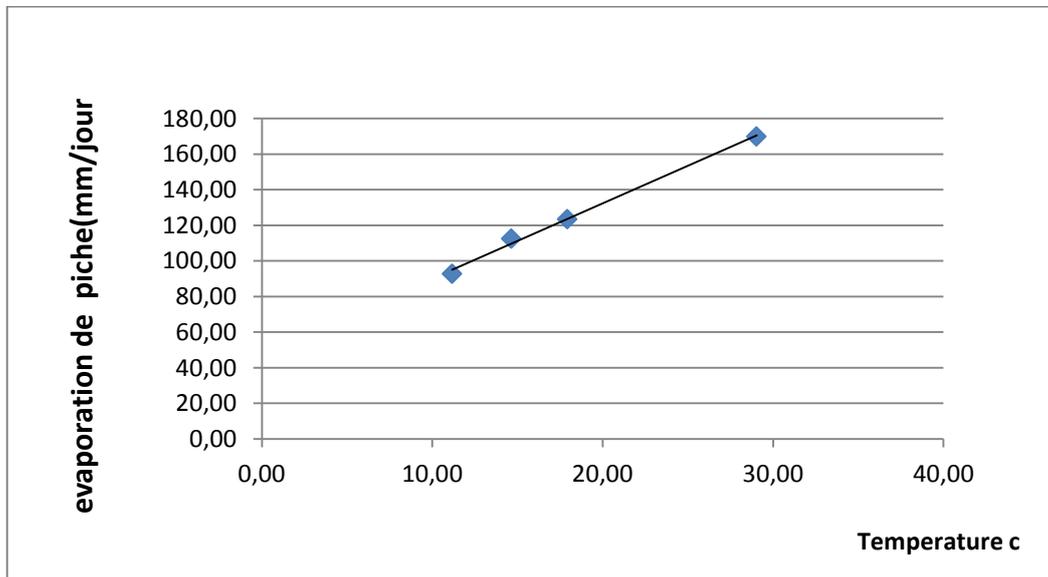
Les résultats de mesure de l'évaporation (bac et Piche), la température et l'humidité de l'air, la vitesse du vent et le calcul de l'évapotranspiration par Penman-Monteith (ET<sub>p</sub>) sont présentés dans le tableau IV.1:

Tableau (IV.1) Résultats de mesure des paramètres météorologiques, l'évaporation et les valeurs de calcul l'évapotranspiration.

mois	T(c)	H(%)	V(m/s)	Ins(h)	Eb(mm/j)	Ep(mm/j)	ET° mm/mois	ET° mm/j
Fevrier	11.17	75.10	2.94	4.00	81.20	92.77	47.04	1.68
Mars	14.65	51.8	2.12	4.46	113.56	112.43	90.83	2.93
Avril	17.93	48.56	2.61	5.92	157.70	123.50	121.80	4.06
Mai	29.04	45.48	3.19	9.79	263.91	169.98	221.96	7.16

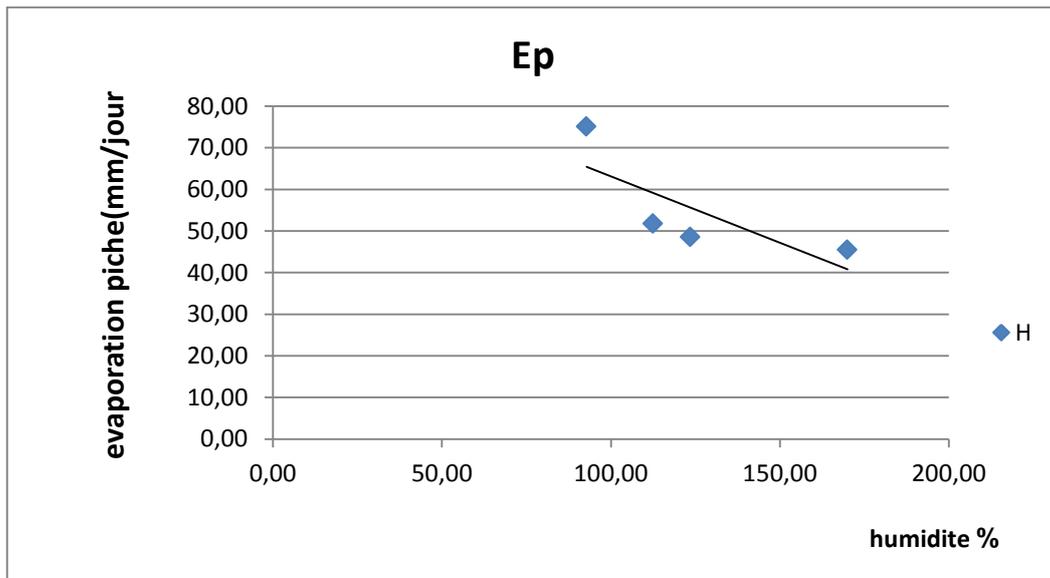
**IV-1-1 Variation d'évaporation piche en fonction des paramètres climatiques :**

La variation de l'évaporation piche en fonction des paramètres climatiques est présentée dans les figures (IV.1) (IV.2) (IV.3)



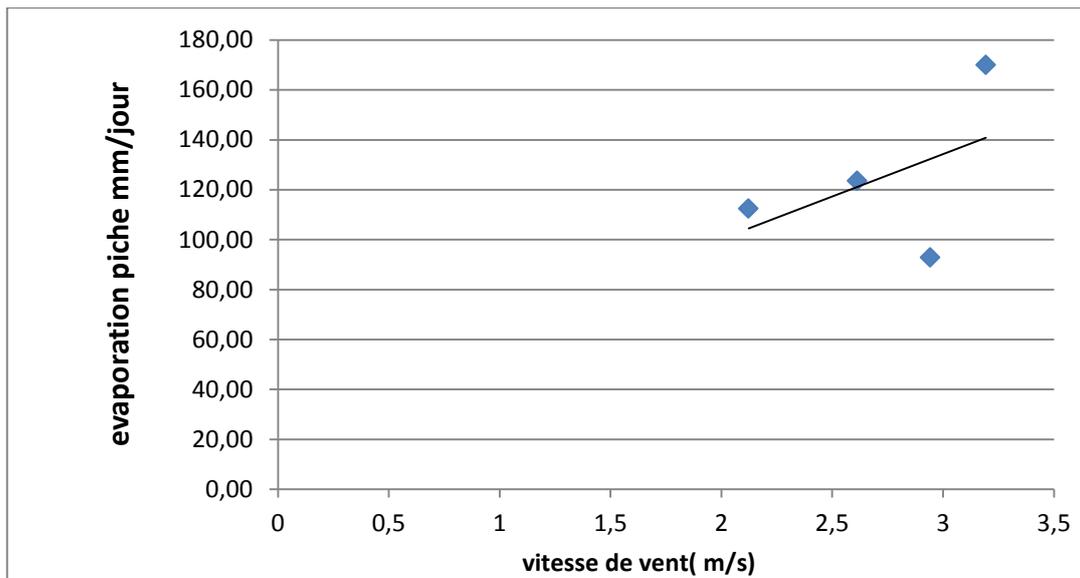
**Figure (IV -1):** Variation de l'évaporation piche en fonction de la température de l'air

Nous remarquons sur le graphique que plus la température est élevée, plus l'évaporation de piche est importante, ce qui indique une relation directe entre eux.



**Figure (IV-2):** Variation de l'évaporation piche en fonction de l'humidité

Nous remarquons sur le graphique que plus l'humidité est élevée, plus l'évaporation de piche est faible, ce qui indique une relation inverse entre eux au fil du temps

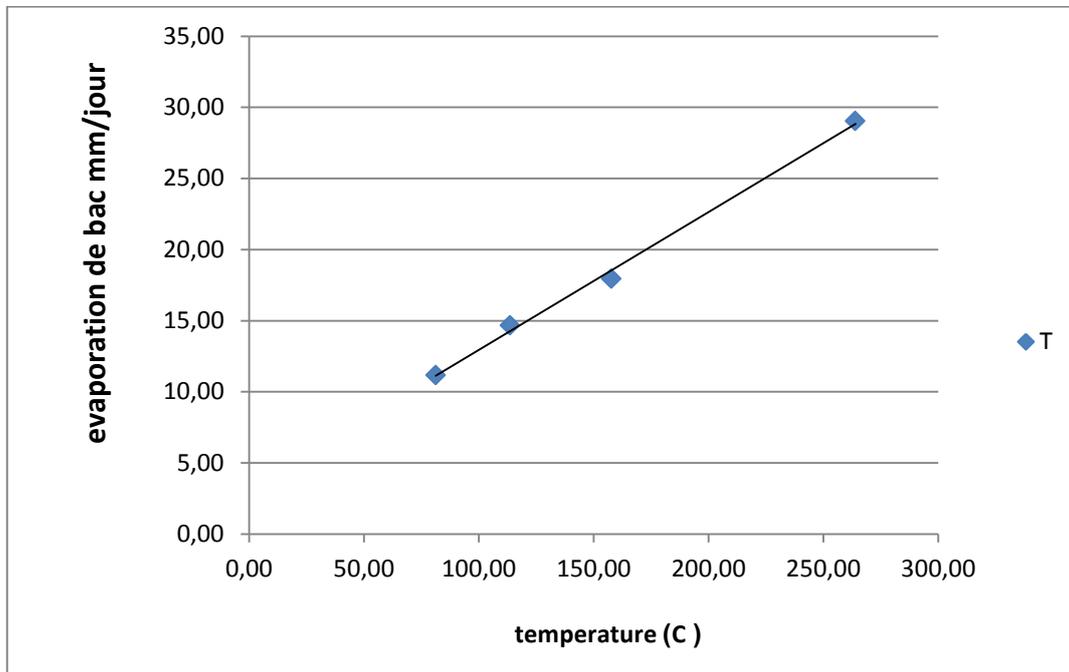


**Figure (IV -3):** Variation de l'évaporation piche en fonction de la vitesse de vent

Nous remarquons sur le graphique que plus la vitesse du vent est élevée, plus l'évaporation est importante, et cela indique qu'il existe une relation directe entre eux dans le temps.

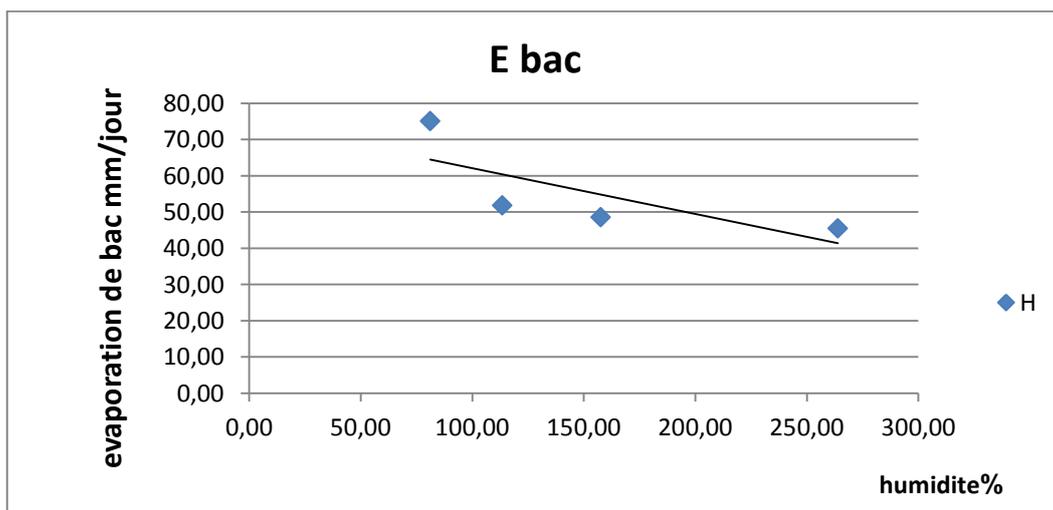
**IV-1-2 Variation de l'évaporation du bac en fonction des paramètres climatiques**

La variation d'évaporation piche en fonction des paramètres climatiques sont présentés dans les figures (IV.4) (IV.5) (IV.6) suivants :



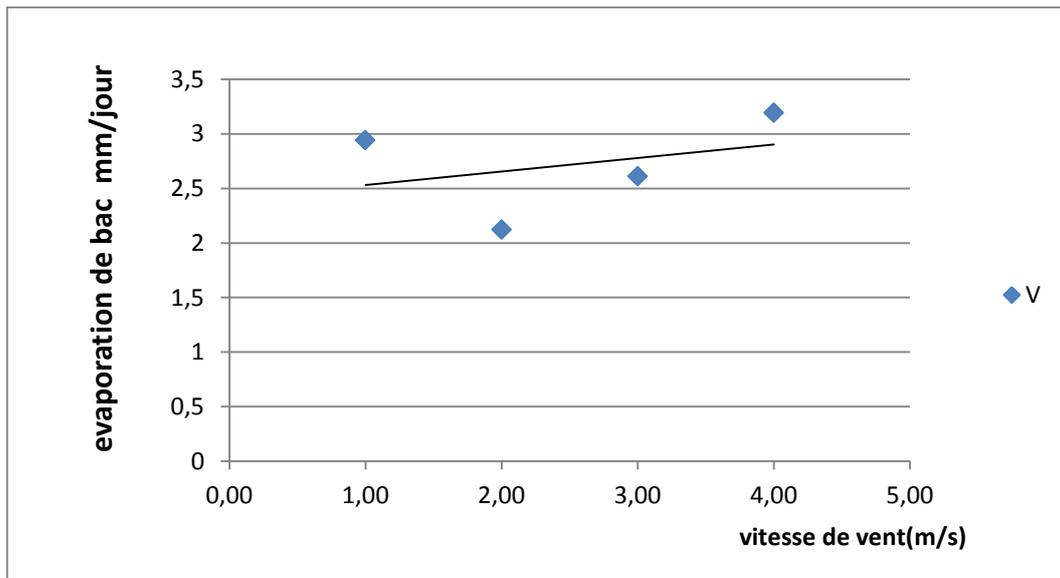
**Figure (IV -4):** Variation de l'évaporation du bac Classe A en fonction de la température:

La figure IV-4 montre que plus la température est élevée, plus l'évaporation de bac est importante, et cela indique qu'il existe une relation directe entre ces deux caractéristiques



**Figure (IV -5):** Variation de l'évaporation du bac Classe A en fonction de l'humidité

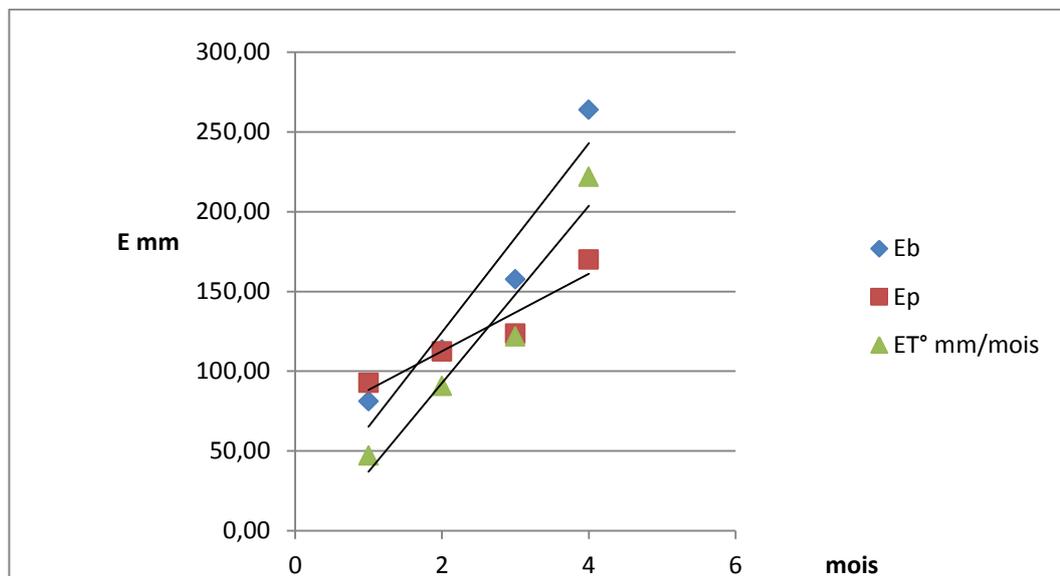
La figure (IV -5) montre que plus l'humidité est élevée, plus l'évaporation de bac est faible, ce qui indique une relation inverse entre l'évaporation et l'humidité de l'air



**Figure (IV -6)** Variation de l'évaporation du bac Classe A en fonction de la vitesse de vent. Nous remarquons que si la vitesse du vent est élevée, l'évaporation de bac est importante. Cela veut dire que la vitesse du vent influe également sur l'évaporation du plan d'eau.

**IV-1-3 Variation de l'évapotranspiration et de l'évaporation des bacs**

Le graphique de la Figure (IV -7) montre que l'évapotranspiration et l'évaporation du plan d'eau varient identiquement. Avec l'augmentation de la température et la diminution de l'humidité durant l'expérimentation (de février à mai) les valeurs de ces deux caractéristiques climatiques.



**Figure (IV -7):** Variation de l'évapotranspiration et de l'évaporation du bac dans le temps.

**IV-1-4 Régression entre l'évapotranspiration ET0, l'évaporation piche et évaporation du bac classe A.**

La relation entre l'évapotranspiration et l'évaporation Piche et l'évapotranspiration et l'évaporation du bac(plan d'eau) est très étroite, elle indiquée par la forte valeur du coefficient de corrélation qui est 0.998 et 0.993 respectivement.

L'étude de régression nous a permis d'établir des relations suivantes :

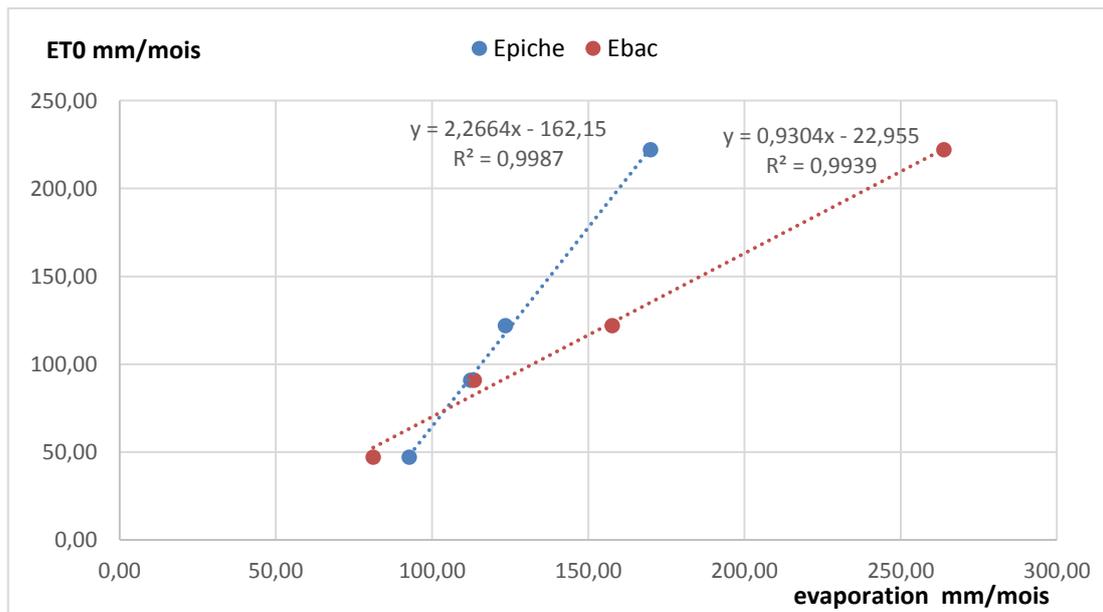
1. Relation entre l'évapotranspiration et l'évaporation Piche :

$$ET^{\circ} = 2.2664 * E \text{ piche} - 162.15$$

2. Relation entre l'évapotranspiration et l'évaporation du bac classe A :

$$ET^{\circ} = 0.9304 * E \text{ bac A} - 22.955$$

Les relations entre l'évapotranspiration et l'évaporation Piche et l'évapotranspiration et l'évaporation du bac(plan d'eau) sont données dans la figure Figure (IV -8). La relation entre l'évapotranspiration et l'évaporation Piche est presque fonctionnelle.



**Figure (IV -8):**Régression entre l'évapotranspiration ET0 et les évaporation Piche et bac Classe A.

## Conclusion générale

L'évapotranspiration (ET) est la quantité d'eau transférée dans l'atmosphère, par évaporation au niveau du sol et au niveau de l'interception des précipitations, et par la transpiration des plantes.. La transpiration est définie par les transferts d'eau dans la plante et la perte de vapeur d'eau au niveau des stomates de ses feuilles. Ce travail avait comme objectif d'évaluer l'évaporation à travers du bac classe A et évapotranspiration par méthode penman-monteith en dans le cas d'absence de certaines mesures. Ceci s'avère nécessaire dans les estimations des besoins en eau des plantes et les cultures irrigués.. L'étude a été effectuée au sein de l'institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA)Touggourt(Willaya de Ouargla), en4 mois (de février à mail 2021).

Les résultats obtenus montrent que la méthode penman- monteith que peut être appliquée dans la région aride pour calculer l'évapotranspiration en absence de données:

La relation entre l'évaporation mesurée (Piche te bac Classe A) et la méthodes d'ETP penman-monteith est linéaire .

La méthode Penman–Monteith présente un meilleur coefficient de détermination  $R^2= 0.99$

L'évaporation de bac et l'évaporation de piche ,sont appropriées à être une alternative aux certaines mesures météorologiques à travers région de Oued-Righ, vue la ressemblance en terme des conditions climatiques.

Nous recommandant pour la suite de cette étude prolonger les mesures a longue durée pour une modèle bien précis dans la même zone (c'est à dire la zone aride).

## Résumé :

La connaissance l'évapotranspiration (ET) est très importante en matière de planification et de gestion des ressources en eau. Ace effet plusieurs formules ont été développées pour son estimation dont la méthode de PENMAN-MONTEITH qui recommandait par la FAO comme modèle de référence. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'évapotranspiration par la formule PENMAN-MONTEITH à l'aide de logiciels CROPWATER dans les zones arides (cas de TOUGGOURT) ,puis l'étude de la régression entre l'évapotranspiration et l'évaporation du bac et de Piche. Les relations obtenues permettent de calculer l'évapotranspiration en absence de mesure de cette dernière.

**Mots clés :** évapotranspiration ,PENMAN-MONTEITH, FAO, les zones arides

## abstract

knowledge of évapotranspiration (ET) is very important inplanning and management of water resources. indeed several formulas have been developed for its estimation, including the PENMAN-MONTEITH method which recommended by the FAO as reference model of the fact. The objective of this work is to assess evapotranspiration by PENMAN-MONTEITH formula using software CROPWATER in arid zones case of TOUGGOURT, then study of the linear regression of  $ET^{\circ}$  as a function of evaporation from the tanks, this regression provides to use tank evaporation and evaporation of the pitcher in the absence of certain climatic parameters.

**Keywords:** evapotranspiration, PENMAN-MONTEITH ,FAO ,arid zones

## ملخص :

معرفة التبخرنتح (ET) مهم جدا في تخطيط وإدارة الموارد المائية. في الواقع متطورالعديد من الصيغ لتقديرها،بمافي ذلك كطريقة PENMAN-MONTEITH التي أوصت بها منظمة الأغذية والزراعة نموذج مرجعي للحقيقة. الهدف من هذ العمل هوالتقييم التبخرالنتح بواسطة صيغة بنمان مونتيث باستخدام البرنامج المحاصيل في حالة المناطق الجافة من تقرت ثم دراسة الانحدارالخطي لـ  $ET^{\circ}$  كدالة للتبخرمن الخزانات ،يوفر هذا الانحدارإستخدام تبخر الخزان وتبخر إبريق فيحالة عدم وجود معايير مناخية معينة.  
**الكلمات المفتاحية:** التبخر النتح،بنمان مونتيث،منظمة الأغذية والزراعة،المناطق الجافة

## Référence bibliographique :

- [1]- D'In Salah à Ouargla, cette nouvelle carte est reçue comme «une mauvaise réponse» | El Watan » [archive], sur *www.elwatan.com* (consulté le 11 décembre 2020).
- [2]- pare .s (2006)météorologique Contribution à la détermination d'un terme du bilan hydrologique dans la région d'Errachidia-Tafilalet : Evaluation de l'évapotranspiration de référence et de l'évaporation à travers la zone non saturée de la Plaine de Tafilalet p 17-18.
- [3]-GUEZZOUN-O ( 2009) .Contribution à l'étude spatiale du phénomène de la remontée de la nappe phréatique : Problèmes posés et conséquences sur l'écosystème oasien à Touggourt p27.
- [4]- (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1988).
- [5]- (Journal Algérien des Régions Arides Volume 12, Numéro 2, Pages 49-59).
- [6]- DSA (2020) direction subdivision agriculture touggourt .
- [7]- Thorn thwaite, C.W. and Mather, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel Institute of Technology, Publications in Climatology Vol X, No. 3, Centerton, New Jersey. 311 pp.
- [8]- pare s (2006) météorologique Contribution à la détermination d'un terme du bilan hydrologique dans la région d'Errachidia-Tafilalet : Evaluation de l'évapotranspiration de référence et de l'évaporation à travers la zone non saturée de la Plaine de Tafilalet p24-42
- [9]- Blaney, H.F. et Criddle, W.D. (1950). Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. USDA-SCS. TP- 96.
- [10]- Hargreaves, G.H. and Samani, Z. A. (1982). Estimating potential. evapotranspiration. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 108: 225 – 230.
- [11]- Allen, R.G., Smith, M., Raes, D. et Perreira, L.S. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- [12]- Doorenbos J, Pruitt (1977) Crop water requirements. - FAO Irrigation and Drainage Paper N°.24 (rev.). FAO, Rome.
- [13]- La station INRAA -Sidi Mahdi- Touggourt .

# Annexe

tableau de calcul d'humidité ( Table psychrométrique)

**TABLE PSYCHROMÉTRIQUE**  
Température du Thermomètre sec

**X**

Delta corrigé (Tsec - Thumide) x (Pression / 1000)

0.4	0.3	0.2	0.1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45											
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0					
6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0
12.0	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0
18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	21.9	22.0	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	24.0
24.0	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	24.9	25.0	25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.0	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8	28.9	29.0	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8	29.9	30.0
30.0	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9	31.0	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9	32.0	32.1	32.2	32.3	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	33.0	33.1	33.2	33.3	33.4	33.5	33.6	33.7	33.8	33.9	34.0	34.1	34.2	34.3	34.4	34.5	34.6	34.7	34.8	34.9	35.0	35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	36.0
36.0	36.1	36.2	36.3	36.4	36.5	36.6	36.7	36.8	36.9	37.0	37.1	37.2	37.3	37.4	37.5	37.6	37.7	37.8	37.9	38.0	38.1	38.2	38.3	38.4	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9	39.0	39.1	39.2	39.3	39.4	39.5	39.6	39.7	39.8	39.9	40.0	40.1	40.2	40.3	40.4	40.5	40.6	40.7	40.8	40.9	41.0	41.1	41.2	41.3	41.4	41.5	41.6	41.7	41.8	41.9	42.0
42.0	42.1	42.2	42.3	42.4	42.5	42.6	42.7	42.8	42.9	43.0	43.1	43.2	43.3	43.4	43.5	43.6	43.7	43.8	43.9	44.0	44.1	44.2	44.3	44.4	44.5	44.6	44.7	44.8	44.9	45.0	45.1	45.2	45.3	45.4	45.5	45.6	45.7	45.8	45.9	46.0	46.1	46.2	46.3	46.4	46.5	46.6	46.7	46.8	46.9	47.0	47.1	47.2	47.3	47.4	47.5	47.6	47.7	47.8	47.9	48.0
48.0	48.1	48.2	48.3	48.4	48.5	48.6	48.7	48.8	48.9	49.0	49.1	49.2	49.3	49.4	49.5	49.6	49.7	49.8	49.9	50.0	50.1	50.2	50.3	50.4	50.5	50.6	50.7	50.8	50.9	51.0	51.1	51.2	51.3	51.4	51.5	51.6	51.7	51.8	51.9	52.0	52.1	52.2	52.3	52.4	52.5	52.6	52.7	52.8	52.9	53.0	53.1	53.2	53.3	53.4	53.5	53.6	53.7	53.8	53.9	54.0
54.0	54.1	54.2	54.3	54.4	54.5	54.6	54.7	54.8	54.9	55.0	55.1	55.2	55.3	55.4	55.5	55.6	55.7	55.8	55.9	56.0	56.1	56.2	56.3	56.4	56.5	56.6	56.7	56.8	56.9	57.0	57.1	57.2	57.3	57.4	57.5	57.6	57.7	57.8	57.9	58.0	58.1	58.2	58.3	58.4	58.5	58.6	58.7	58.8	58.9	59.0	59.1	59.2	59.3	59.4	59.5	59.6	59.7	59.8	59.9	60.0
60.0	60.1	60.2	60.3	60.4	60.5	60.6	60.7	60.8	60.9	61.0	61.1	61.2	61.3	61.4	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	62.0	62.1	62.2	62.3	62.4	62.5	62.6	62.7	62.8	62.9	63.0	63.1	63.2	63.3	63.4	63.5	63.6	63.7	63.8	63.9	64.0	64.1	64.2	64.3	64.4	64.5	64.6	64.7	64.8	64.9	65.0	65.1	65.2	65.3	65.4	65.5	65.6	65.7	65.8	65.9	66.0
66.0	66.1	66.2	66.3	66.4	66.5	66.6	66.7	66.8	66.9	67.0	67.1	67.2	67.3	67.4	67.5	67.6	67.7	67.8	67.9	68.0	68.1	68.2	68.3	68.4	68.5	68.6	68.7	68.8	68.9	69.0	69.1	69.2	69.3	69.4	69.5	69.6	69.7	69.8	69.9	70.0	70.1	70.2	70.3	70.4	70.5	70.6	70.7	70.8	70.9	71.0	71.1	71.2	71.3	71.4	71.5	71.6	71.7	71.8	71.9	72.0
72.0	72.1	72.2	72.3	72.4	72.5	72.6	72.7	72.8	72.9	73.0	73.1	73.2	73.3	73.4	73.5	73.6	73.7	73.8	73.9	74.0	74.1	74.2	74.3	74.4	74.5	74.6	74.7	74.8	74.9	75.0	75.1	75.2	75.3	75.4	75.5	75.6	75.7	75.8	75.9	76.0	76.1	76.2	76.3	76.4	76.5	76.6	76.7	76.8	76.9	77.0	77.1	77.2	77.3	77.4	77.5	77.6	77.7	77.8	77.9	78.0
78.0	78.1	78.2	78.3	78.4	78.5	78.6	78.7	78.8	78.9	79.0	79.1	79.2	79.3	79.4	79.5	79.6	79.7	79.8	79.9	80.0	80.1	80.2	80.3	80.4	80.5	80.6	80.7	80.8	80.9	81.0	81.1	81.2	81.3	81.4	81.5	81.6	81.7	81.8	81.9	82.0	82.1	82.2	82.3	82.4	82.5	82.6	82.7	82.8	82.9	83.0	83.1	83.2	83.3	83.4	83.5	83.6	83.7	83.8	83.9	84.0
84.0	84.1	84.2	84.3	84.4	84.5	84.6	84.7	84.8	84.9	85.0	85.1	85.2	85.3	85.4	85.5	85.6	85.7	85.8	85.9	86.0	86.1	86.2	86.3	86.4	86.5	86.6	86.7	86.8	86.9	87.0	87.1	87.2	87.3	87.4	87.5	87.6	87.7	87.8	87.9	88.0	88.1	88.2	88.3	88.4	88.5	88.6	88.7	88.8	88.9	89.0	89.1	89.2	89.3	89.4	89.5	89.6	89.7	89.8	89.9	90.0
90.0	90.1	90.2	90.3	90.4	90.5	90.6	90.7	90.8	90.9	91.0	91.1	91.2	91.3	91.4	91.5	91.6	91.7	91.8	91.9	92.0	92.1	92.2	92.3	92.4	92.5	92.6	92.7	92.8	92.9	93.0	93.1	93.2	93.3	93.4	93.5	93.6	93.7	93.8	93.9	94.0	94.1	94.2	94.3	94.4	94.5	94.6	94.7	94.8	94.9	95.0	95.1	95.2	95.3	95.4	95.5	95.6	95.7	95.8	95.9	96.0
96.0	96.1	96.2	96.3	96.4	96.5	96.6	96.7	96.8	96.9	97.0	97.1	97.2	97.3	97.4	97.5	97.6	97.7	97.8	97.9	98.0	98.1	98.2	98.3	98.4	98.5	98.6	98.7	98.8	98.9	99.0	99.1	99.2	99.3	99.4	99.5	99.6	99.7	99.8	99.9	100.0	100.1	100.2	100.3	100.4	100.5	100.6	100.7	100.8	100.9	101.0	101.1	101.2	101.3	101.4	101.5	101.6	101.7	101.8	101.9	102.0
102.0	102.1	102.2	102.3	102.4	102.5	102.6	102.7	102.8	102.9	103.0	103.1	103.2	103.3	103.4	103.5	103.6	103.7	103.8	103.9	104.0	104.1	104.2	104.3	104.4	104.5	104.6	104.7	104.8	104.9	105.0	105.1	105.2	105.3	105.4	105.5	105.6	105.7	105.8	105.9	106.0	106.1	106.2	106.3	106.4	106.5	106.6	106.7	106.8	106.9	107.0	107.1	107.2	107.3	107.4	107.5	107.6	107.7	107.8	107.9	108.0
108.0	108.1	108.2	108.3	108.4	108.5	108.6	108.7	108.8	108.9	109.0	109.1	109.2	109.3	109.4	109.5	109.6	109.7	109.8	109.9	110.0	110.1	110.2	110.3	110.4	110.5	110.6	110.7	110.8	110.9	111.0	111.1	111.2	111.3	111.4	111.5	111.6	111.7	111.8	111.9	112.0	112.1	112.2	112.3	112.4	112.5	112.6	112.7	112.8	112.9	113.0	113.1	113.2	113.3	113.4	113.5	113.6	113.7	113.8	113.9	114.0
114.0	114.1	114.2	114.3	114.4	114.5	114.6	114.7	114.8	114.9	115.0	115.1	115.2	115.3	115.4	115.5	115.6	115.7	115.8	115.9	116.0	116.1	116.2	116.3	116.4	116.5	116.6	116.7	116.8	116.9	117.0	117.1	117.2	117.3	117.4	117.5	117.6	117.7	117.8	117.9	118.0	118.1	118.2	118.3	118.4	118.5	118.6	118.7	118.8	118.9	119.0	119.1	119.2	119.3	119.4	119.5	119.6	119.7	119.8	119.9	120.0
120.0	120.1	120.2	120.3	120.4	120.5	120.6	120.7	120.8	120.9	121.0	121.1	121.2	121.3	121.4	121.5	121.6	121.7	121.8	121.9	122.0	122.1	122.2	122.3	122.4	122.5	122.6	122.7	122.8	122.9	123.0	123.1	123.2	123.3	123.4	123.5	123.6	123.7	123.8	123.9	124.0	124.1	124.2	124.3	124.4	124.5	124.6	124.7	124.8	124.9	125.0	125.1	125.2	125.3	125.4	125.5	125.6	125.7	125.8	125.9	126.0