



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Hydropédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
HENANOU Kamir

Le : dimanche 24 juin 2018

Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) par la Méthode de PenmanMonteith (Par logiciel CROPWAT 8.0) dans la région de Biskra

Jury :

M.	BENSMACHINE Boubakeur	MAA	Université de Biskra	Président
Mme.	MEBREK Naima	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mlle.	HIOUANI Fatima	MCB	Université de Biskra	Examineur

Tableau de Matières

Liste de figure

Liste de tableau

Introduction

Chapitre I : synthèse bibliographique	2
1. Déterminé les besoin en eau des cultures.....	2
1.2. Pourquoi déterminer la valeur des besoins en eau des végétaux ?.....	3
1.3. Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?.....	3
1.4. Besoins en eau d'irrigation	3
1.4.1. Besoin net en eau d'irrigation	4
1.4.1. Besoin brut en eau d'irrigation	4
1.5. Besoin en eau de culture (ETm)	4
1.6. Choix du coefficient cultural	5
2. Méthodes de calcul de l'évapotranspiration potentielle	6
2.1. Définition de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	6
2.2. Méthodes utilisées pour calculer l'évapotranspiration potentielle(ETP)	7
2.2.1. Méthodes directe.....	7
2.2.1.1. Evapotranspiromètre ou cuve lysimétrique	7
A. Lysimètre non pesables	7
B. Lysimètre pesables.....	8
2.2.1.2. Bac évaporant	8
2.2.1.3. Evaporomètre piche.....	8
2.2.2. Méthodes indirectes.....	9
2.2.2.1. Méthode de Thornthwaite (1948)	9
2.2.2.2. Méthode de Blaney-Criddle(1950)	9
2.2.2.3. Méthode de Turc(1962)	10
2.2.2.4. Méthode de Penman- Monteith (1975).....	11
A. Formule de chaque paramètre	12
3. pilotage de l'irrigation.....	13
3.1. Définition de pilotage d'irrigation	14

3.2. . Quelle méthode de pilotage de l'irrigation choisir ?.....	14
3.3. L'opération de pilotage d'irrigation	15
3.3.1. Choix de la date d'irrigation	15
3.3.3. Choix de mode d'irrigation	15
3.3.2. Choix de la dose et de la fréquence d'irrigation	15
3.3. Outils de pilotage	16
3.4. Paramètres de pilotage	16
3.4.1. Climat	16
3.4.2. Plante	16
3.4.3. Sol.....	16
3.4.2 Classification des méthodes de pilotage.....	17
3.4.2.1. Méthode basée sur la mesure d'un paramètre indicateur.....	17
3.4.2.2. Méthode basée sur le suivi de bilan hydrique du sol.....	17
3.4.2.3. Méthodes basées sur l'utile informatique.....	18
Chapitre II : Méthodologie de l'étude	19
1. présentation de région d'étude (Ziban-Biskra).....	19
1.1. Situation géographique	19
1.2. Relief	19
1.3. Réseaux hydrographique	20
1.4. Climat.....	21
1.4.1. Température	21
1.4.2. Précipitation.....	22
1.4.3. Vent.....	23
1.4.4. Humidité relative	25
1.4.5. Ensoleillement.....	26
1.5. Climagramme d'Emberger	27

2. Matérielles et méthode..... ;.....	29
2.1. Objectif de l'étude.....	28
2.2. Présentation la logicielle (CROPWAT 8.0)	28
2.2.1. Définition de CROPWAT..... ;..... ;.....	28
2.2.2. Méthodologie de travail avec le logiciel CROPWAT.....	28
2.2.3. Aperçu des fonctionnalités..... ;.....	29
2.3. Données utilisées par le Cropwat dans le calcul des besoins.....	30
2.3.1. Données climatiques	30
2.3.2. les données climatiques entrées dans le CROPWAT..... ;;;.....	30
2.3.3. Les données liées de sol.....	31
2.3.4. Données liées à la culture..... ;;.....	31

Chapitre III : Présentation des résultats et discussion

1Calcul des besoins des plantes.....	32
1.1. Calcule les valeurs de l'ETP par méthode de Penman_ Monteit (par CROPWAT 8.0).....	32
1.2. Déficit hydrique	33
2. Calcul de besoin en eau des principale cultures dans la région d'étude.....	34
2.1. Calcule les besoin en eau des palmes dattier.....	34
2.2. Calcul des besoins en eau de la céréaliculture.....	35
2.3. Calcul les besoins en eau des cultures maraichères.....	37
2.3.1 Culture .Poivron.....	37
2.3.2. Culture Tomate.....	38
2.3.3. Culture Pomme de terre.....	38
2.3.4. Culture Melon.....	39
2.3.5. Culture Fève verte	39

1. Besoins en eau de différentes cultures dans la région de Biskra durant l'année 2017..40

Conclusion Générale.....	41
Référence bibliographique.....	42
Annexe.....	44

Liste de Tableau :

Les tableaux	Titre	Page
Tableau 1	récapitulant les paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures.	01
Tableau 2	Ressources hydrauliques de la wilaya de Biskra (hm ²).	19
Tableau 3	L'évapotranspiration (mm/mois) dans la wilaya de Biskra pendant la période de 10 ans (2007à 2017) et celle de l'année en cours	33
Tableau 4	Le déficit hydrique mensuel (2007	34
Tableau 5	Le déficit hydrique mensuel (2017)	35
Tableau 6	présenté les besoin en eau de culture poivron	38
Tableau 7	présenté les besoins en eau de la tomate sur une période de 10 ans.	38
Tableau 8	les besoin en eau des cultures de pomme de terre	39
Tableau 9	le besoin en eau de melon	39
Tableau 10	le besoin en eau de fève verte	39
Tableau 11	les besoins en eau des cultures de l'année 2017	40

Liste de figure :

Les figures	Titre	Page
Figure 01	Courbe de coefficients culturaux et définition des phases	6
Figure02	limites géographique de la wilaya de Biskra	18
Figure03	Présentation de relief dans la wilaya de Biskra	19
Figure04	Températures moyennes mensuelles de la période (2007-2017).	20
Figure05	Températures moyennes mensuelles de l'année 2017	21
Figure06	Précipitations moyennes mensuelles (mm) durant la période (2007-2017) dans la région de Biskra.	22
Figure07	précipitation moyennes mensuelles de l'année 2017	22
Figure08	Courbes des vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s) dans la région de Biskra enregistrées durant la période (2007– 2017)	23
Figure09	vitesses du vent moyennes mensuelles de l'année 2017	23
Figure10	Courbes de l'humidité relative moyenne mensuelle (%) de la région de Biskra enregistrées durant la période (2007– 2017).	24
Figure11	Humidité moyennes mensuelles de l'année 2017	24
Figure12	Insolation mensuelle durant la période (2007-2017).	25
Figure13	Insolation moyennes mensuelles de l'année 2017	25
Figure14		
Figure15	fenêtre de logicielle « CROPWAT 8.0 »	29
Figure16	présentation d'un fichier de sol.	30
Figure17	Fichier de fenêtre des données de la culture.	31
Figure18	les besoins mensuels en eau de palmier dattier	35
Figure19	les besoins en eau de blé dur dans la région de Biskra.	36
Figure20	les besoins en eau de blé tendre dans la région de Biskra.	36
Figure21	les besoins en eau de l'orge dans la région de Biskra	36
Figure22	Classement des besoins d'irrigation des cultures maraîchères de la wilaya de Biskra	

Introduction

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles.

L'Algérie comme les pays méditerranéens est confronté de plus en plus au problème du manque d'eau. D'après la Banque Mondiale, l'Algérie se classe parmi les pays les plus pauvres en potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté qu'elle a fixé à 1 000 m³ par habitant et par an. Ces potentialités correspondent actuellement à un taux de 500 m³/ hab. / an qui passera à 400 m³ / hab. / an à l'horizon 2020. De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays Africains qui souffrent le plus du manque d'eau (Mouhouche, 2003).

En Algérie, les ressources en eau sont limitées et inégalement réparties, elles ont été évaluées à 17,2 milliards de m³, dont 10,4 milliards de m³ d'eau de surface, 1,8 milliards de m³ d'eau souterraines du Nord et 5 milliards de m³ d'eau souterraine exploitable de Sud. (Ferrah, 2004).

La wilaya de Biskra est l'une des wilayas du Sud, selon les statistiques de l'année 2015, elle compte approximativement 15151 forages. Parmi ces forages, 14144 forages sont destinés à l'irrigation des terres agricoles (Aaïde, 2016).

L'expression programmation de l'irrigation décrit la procédure par laquelle un irrigateur détermine la périodicité et le dosage des applications d'eau. Lorsque l'on programme l'irrigation, on se pose les deux questions suivantes: quand faut-il irriguer? Et quelle quantité d'eau faut-il appliquer?

Notre travail est réalisé dans ce contexte afin de déterminer les besoins en eau des principales cultures pratiquées à Biskra en utilisant logiciel « CROPWAT 8.0 ».

Ce travail est divisé en trois grands chapitres:

Chapitre 1 : Porte sur les données bibliographiques sur les besoins en eau des cultures, les méthodes de calcul de l'ETP et les outils de pilotage.

Chapitre 2 : Comporte la méthodologie de travail.

Chapitre 3 : Présente les résultats et discussions.

1. Détermination des besoins en eau des cultures

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région (Boudjelal et Bammoun, 2006).

Selon Doorenbos et Pruitt (1976), le besoin en eau d'une culture est la hauteur d'eau en mm, nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établit dans un champ de grande superficie, dans les conditions de sol non limitantes du point de vue de la disponibilité de l'eau, de la fertilité et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données (Johnny, 2008).

Tableau 1 : récapitulatif des paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures. (Johnny, 2008).

Paramètres	Composants	Représenté / synthétisé par
Climatiques	Température et humidité de l'air, vent, ensoleillement ...	L'ETP
Pédologiques	Texture, structure (infiltrabilité), physico-chimie du sol, disponibilité de l'eau de surface(RU)	Le potentiel hydrique
Biologiques	Caractéristiques propres au végétal	Le coefficient de culture(KC)

La demande en eau est fonction des données climatiques et météorologiques et exprimée à travers l'évaporation réelle (ETR) combinaison de l'ETP et des kc. Les ressources en eau sont la pluviométrie, la réserve en eau du sol et les doses d'irrigation. Pour évaluer la quantité d'eau à irriguer, il faut donc un bilan hydrique, égal à la différence ressource-demande (Johnny, 2008).

1.1. Pourquoi déterminer la valeur des besoins en eau des végétaux ?

Connaitre la valeur des besoins en eaux des cultures est à la base de plusieurs raisons :

- Pour une bonne gestion des réseaux d'irrigation : prévision à court terme (programmation des apports d'eau) ;
- Pour une planification de l'utilisation des ressources hydrauliques : volume d'eau nécessaire pour l'irrigation, surfaces irrigables au vu des ressources, etc.
- Pour la conception des réseaux d'irrigation : calculs du débit de dimensionnement des ouvrages (projet d'irrigation et la prédiction) ;
- Pilotage des irrigations (Johnny, 2008).

Notre objectif dans notre travail est de faire un programme d'irrigation de plusieurs cultures à partir d'un logiciel pour le pilotage.

1.2. Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?

Un couple sol/ plante, en réponse à une demande climatiques (effets combinées de la température, vent ensoleillement, humidité), va respectivement évaporer et transpirer l'eau qu'elle à sa disposition. On quantifie ce phénomène : l'évapotranspiration de référence ET_{Ref} , exprimée en mm d'eau/jour. Elle est déterminée de manière théorique pour un couvert végétal de type gazon, recouvrant entièrement le sol.

Pour une culture donnée, l' ET_{Ref} est pondérée grâce à un coefficient cultural k_c , correspondant au stade de développement de plante (surface foliaire principalement).

Ainsi, on obtient les besoins en eau pour chaque culture :

$ET_c = k_c \cdot ET_{Ref}$ (en mm d'eau/ jour) (Naio technologie. 2016).

1.2.1. Besoins en eau d'irrigation

Le besoin en eau d'irrigation c'est le volume d'eau requis pour les cultures qui n'est pas fourni par les précipitations, la sur exploitation de l'eau du sol, ou par l'écoulement de l'eau vers la zone racinaire à partir d'une zone saturée (Boudjelal et Bammoun. 2006).

Le besoin en eau d'irrigation se divise à leur tour en :

1.2.1.1. Besoin net en eau d'irrigation

Le besoin net est la quantité qui doit être effectivement consommée par la plante

$$B_n = ETM - P_e - R$$

ETM : C'est la quantité d'eau perdue par une végétation jouissant d'une alimentation hydrique optimale. Par rapport à la notion d'ETP, on ajoute l'action climatique, l'influence du type de culture et du stage végétatif. Ces informations sont contenues dans les coefficients culturaux (K_c) par lequel on multiplie l'ETP pour obtenir l'ETM.

$$ETM = K_c * ETP$$

P_e : fraction des précipitations stockées dans la zone racinaire (Pluie efficace)

R : ruissellement de l'eau de la pluie

1.2.1.2. Besoin brut en eau d'irrigation

Le besoin brut est le volume d'eau qui doit être délivré par le réseau ou prélevé sur la ressource en eau. Il s'agit d'une majoration des besoins nets pour tenir compte :

$$B_b = \delta B_n \text{ avec } \delta \text{ coefficient d'irrigation}$$

1.2.2. Besoin en eau de culture (ETM)

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base l'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximale (ETM) qui est une valeur ponctuelle liée à l' ET_0 qui est relative à une région par un coefficient cultural, (**Boudjela et Bammoun. 2006**).

Elle est calculée par la formule suivante :

$$ETM = k_c \times ET_0$$

ETM: évapotranspiration maximale d'une culture (mm),

k_c : coefficient cultural,

ET_0 ou bien ETP : évapotranspiration de référence (mm).

1.3. Choix du coefficient cultural

Par définition, le coefficient cultural (k_c) est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ET_c) et l'évapotranspiration potentielle (ET_0), il intègre les effets des 4 caractéristiques primaires qui distinguent une culture de la culture de référence qui sont : la hauteur de la culture, la résistance de surface sol - végétation, l'albédo, l'évaporation de sol. (Allen et al, 1998).

Les facteurs qui influent sur la valeur de k_c sont : les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, le rythme de son développement et la durée de son cycle végétatif, les conditions climatiques, en particulier au début de la croissance et la fréquence des pluies ou des irrigations. (Boudjelal et Bammoun. 2006).

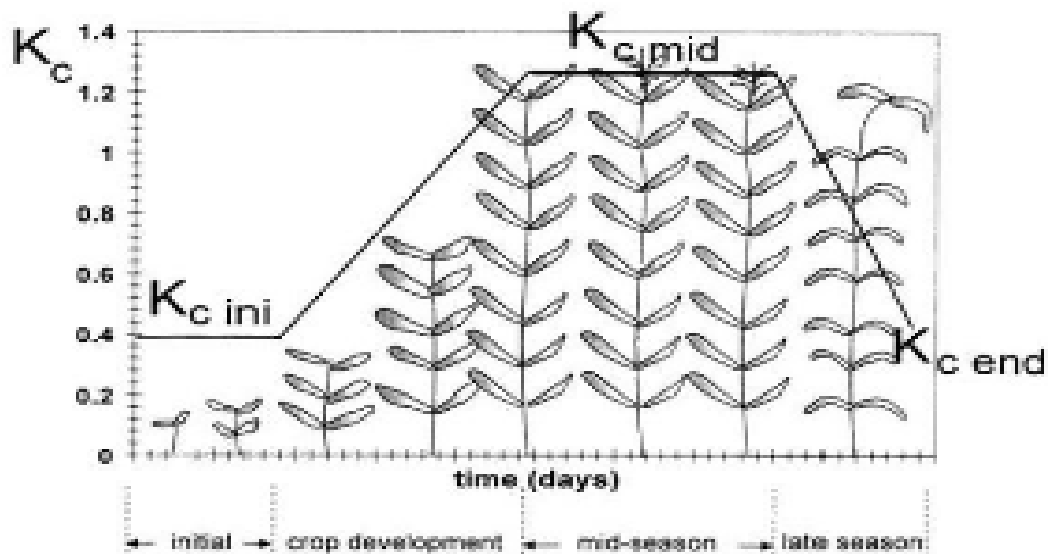


Figure 1 : Courbe de coefficients culturaux et définition des phases (Doorenbos et Pruitt, 1975).

La courbe de k_c sur l'ensemble de la période de croissance a été présentée initialement par Doorenbos et Pruitt (1975). Elle permet de distinguer les 3 valeurs de k_c (initial, mi- saison, et d'arrière-saison). Les valeurs les plus élevées du k_c sont observées au printemps et en automne, lorsque le sol est encore humide. Les valeurs les plus basses sont notées en été. (Allen et al, 1998 in traité d'irrigation).in (Boudjelal et Bammoun. 2006).

En choisissant le k_c approprié pour une culture donnée et pour chaque mois du cycle végétatif, il faut tenir compte du rythme de son développement, l'époque de plantation ou de semis, les conditions climatiques notamment le vent et l'humidité et également la particularité de la formule utilisée pour le calcul de l' ET_0 , ce qui pose un problème d'harmonisation et d'utilisation des valeurs publiées dans la littérature d'après Puech et Hernandez (1973) (cité par Choisnel (1989) in Merdaci, 2015).

Selon Tuzet et Perrier (1998) in traité d'irrigation, le k_c varie essentiellement avec les caractéristiques propres de la culture et seulement un peu avec le climat. Cela permet le transfert des valeurs standard de k_c (comme celles proposées dans les Bulletins FAO-24 et 56) d'un endroit à l'autre entre les zones climatiques. Mais pour avoir plus de précision dans la détermination de l' ET_c , il est toujours préférable d'utiliser les valeurs de k_c déterminés expérimentalement dans la région elle-même (Boudjelal et Bammoun, 2006).

2. Méthodes de calcul de l'évapotranspiration potentielle

2.1. Définition de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

On admet généralement que le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration (Doorenbos, 1986).

L'évapotranspiration potentielle (ETP) ou de référence ET_0 est définie comme étant l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas continu et homogène (gazon) dont l'alimentation en eau n'est limitant et qui n'est soumis à aucune limitation d'ordre nutritionnelle, physiologique ou pathologique. L'ETP ainsi définie est considéré comme une donnée climatique (Ollier et Poiree, 1983 in Borni et Saad, 2006).

C'est la plus grande quantité d'eau susceptible d'être évapotranspirer par une culture uniforme, en plein période d'activité qui recouvre la totalité de la parcelle, bien alimenté en eau.

Par convention, on convient de définir l'ETP comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant.

2.2.Méthodes utilisées pour calculer l'évapotranspiration potentielle(ETP)

La détermination des besoins en eau des plantes se fait selon deux méthodes : méthodes directes et méthodes indirectes (Niel et *al.*, 1977 in Mouhouche,1983).

2.2.1. Méthodes directe

2.2.1.1.Evapotranspiromètre ou cuve lysimétrique

Selon Hillel et al. (1969), le lysimètre est un grand récipient remplis de terre, généralement situés dans la parcelle pour mieux tenir compte de l'environnement au champ et dans lesquels on peut réguler et enregistrer les conditions : sol, eau, plante et de façon précise.

On peut classer les lysimètre en deux classes :

A- Lysimètre non pesables

Son principe est basé sur le bilan hydrique avec une variation de stock nulle (Zella et Mouhouche, 2004 in Borni et Saad, 2006).

La méthode est résumée par la formule suivante :

$$\mathbf{I+Pe-D=ETP}$$

Avec :

I : irrigation en mm pour une période donnée.

Pe : pluie efficace en mm pour une période donnée.

D : quantité d'eau drainée pour une période donnée.

Le principe de l'utilisation est de collecter et mesurer au fond du récipient du lysimètre de façon volumétrique les pertes par percolation prévenant de l'eau apportée en excès. Les précipitations et les irrigations sont mesurées au moyen de pluviomètres et/ou de récipients calibrés.

Plusieurs types existent, on cite parmi eux :

- Lysimètre à compensation avec nappe à niveau constant.
- Lysimètre à compensation nappe de surface.
- Types spéciaux de lysimètre à drainage.

B- Lysimètre pesables

Les changements de poids du récipient lysimétrique constituent une mesure directe des quantités d'eau, pluie ou arrosage, une diminution due à une perte d'eau par l'évapotranspiration ou drainage. Ils permettent une précision de l'ETP d'une culture sur une courte période, mais il présente une complexité d'installation.

On peut citer quelques-uns :

- Lysimètre hydrauliques.
- Lysimètre flottants.

2.2.1.2. Bac évaporant

La meilleure façon de connaître la quantité d'eau que peut absorber la plante consiste à observer l'évaporation des surfaces d'eau libre (Hagan et *al.*, 1967 in Zoubiri et bouadou, 1991).

L'ETP représentant la valeur moyenne en mm/j sur une période considérée, elle s'obtient par la formule suivante :

$$\text{ETP} = K_{\text{bac}} \times E_{\text{bac}}$$

Avec :

K_{bac} : coefficient du bac dépendant du couvert végétal et de l'humidité relative moyenne.

E_{bac} : désigne l'évaporation du bac (Doorenbos, 1980).

2.2.1.3. Evaporomètre piche

Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lit directement sur les graduations du tube.

2.2.2. Méthodes indirectes

Elles sont basées sur l'utilisation des formules empiriques pour le calcul de l'ETP. Ces méthodes de calcul de l'ETP sont à partir des données climatiques. Parmi ces méthodes indirectes on peut citer :

2.2.2.1. Méthode de Thornthwaite(1948)

Ce chercheur a tenté de relier l'ETP à des paramètres facilement accessibles : la température moyenne de l'air sous abri (donnée atmosphérique) et la durée théorique de l'insolation (donnée astronomique, fonction de la saison et de latitude).

La méthode de Thornthwaite permet de calculer ponctuellement (en une station) le bilan d'eau mensuel et annuel à partir des valeurs mensuelles des précipitations et des valeurs moyennes mensuelles des températures (Chemloul et Sellal, 2001).

Le calcul de l'ETP mensuelle n'est possible que si la température moyenne mensuelle est inférieure ou égale à 38°C (Bonnet, 1970).

La Formule de la méthode Thornthwaite est la suivante :

$$\mathbf{ETP = 16. \left(\frac{10. T}{I} \right)^a}$$

Avec :

- ✓ ETP (m) : Evapotranspiration moyenne de mois m (m = 1 à 12) en mm
- ✓ T : Température moyenne de la période considérée (°C)
- ✓ a : fonction complexe d'indice I et $a = 0.016 * I + 0.5$
- ✓ I : indice théorique annuel, somme de 12 indices mensuels
et $I = \sum_1^{12} i$ avec $i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,5}$

2.2.2.2. Méthode de Blaney-Criddle(1950) :

La formule de Blaney –Criddle est l'une des plus couramment utilisées pour estimer les besoins en eau des cultures. L'approche originale de Blaney –Criddle fait intervenir la température (T) et le pourcentage d'heures diurnes (p) comme variable climatique pour prédire l'effet du climat sur l'ETP (Doorenbos, 1986).

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

$$ETP = \left(\frac{0,254 \cdot k}{1,8 \cdot T} + 32 \right) p$$

k: coefficient cultural constante de chaque culture

T : température moyenne de la période considérée

p: pourcentage d'heures de lumière du jour par an pendant la période considérée (Kadi et al.2014).

2.2.2.3. Méthode de Turc(1962) :

La formule de turc (1962) fait intervenir la température moyenne mensuelle, la radiation globale du mois considéré et l'insolation relative. Dans ce cas, l'ETP est exprimée en mm/mois selon la formule suivante :

$$ETP = (I_g + 50) \cdot \frac{t}{t + 15} \cdot \left(1 + \frac{50 - ur}{70} \right) \cdot K$$

Avec :

$$I_g = I_g A \cdot \left(0,18 + 0,62 \cdot \frac{h}{H} \right)$$

Ou

t : température moyenne mensuelle de l'air en °C

I_g : radiation globale moyenne du mois petites calories par cm² et par jour sur une surface horizontale.

I_{gA} : valeur théorique de la radiation globale (énergie en absence d'atmosphère)

h : durée de l'insolation mensuelle effective.

H : durée mensuelle du jour.

Ur : humidité relative moyenne mensuelle de l'air.

Pour les valeurs du ur > 50 l'expression (1+ 50-ur/70) est prise égale a 1

K : valeur constante égale 0.37 pour février et 0.50 pour tous les autres mois (B.E.I E. R.E, 2009 in Dahkal, 2016)

2.2.2.4. Méthode de Penman- Monteith (1975)

Dans la région où l'on dispose de mesures de la température, de l'humidité, du vent et des heures d'insolation effective ou du rayonnement, on préconise d'utiliser la formule de Penman modifiée car c'est celle qui donne les résultats les plus satisfaisants pour estimer l'effet du climat sur les besoins en eau des cultures.

La formule de Penman– Monteith est une combinaison du bilan énergétique et de la méthode de transfert de masse. Parmi les différentes méthodes de calcul des ETP, elle est recommandée par la FAO (Allen et al, 1994 in Dahkal, 2016).

Cette formule brute se présente comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34. U_2)}$$

Où :

ET₀ : évapotranspiration de référence (mm/j)

R_n : rayonnement net (MJ/ m²/j)

G : flux de la chaleur de sol (MJ/ m²/j)

(e_s - e_a) : représente le déficit de pression de vapeur d'air (kPa)

e_s : pression de vapeur de saturation d'air (kPa)

e_a : pression réelle de vapeur d'air (kPa)

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante à la température (kPa/°C)

γ : constante psychométrique, (kPa/°C)

U₂ : vitesse moyenne journalière du vent mesuré à 2 mètres (m/s)

900 coefficient pour la culture de référence (kg K /KJ) liées aux unités utilisées a distribution de variables p, Cp et ra.

0.34 : coefficient de vent pour la culture de référence (kg k/KJ) résultant du rapport r_s/r_a, 0.408 inverse de λ= 2.45 MJ/kg.

A. Formule de chaque paramètre :

- VITESSE moyenne journalière du vent :

$$U_2 = \left[\left(U_{10} \frac{4.87}{(\text{LN}(67,8.10 - 5,42))} \right) \cdot \frac{5280}{(3,2808.60.60)} \right]$$

Avec $U_{10} = 17.8$ (mn/h)

- Température minimale :

$$T_{\min} = \frac{5}{9} \cdot (T_{\min} - 32)$$

$$T_{\max} = \frac{5}{9} \cdot (T_{\max} - 32)$$

- Lat radians = $(\text{PI}() / 180) \cdot \text{lat dec}$
- $T_{\text{dew}} = T_{\min}$
- $T_{\text{ang}} = (T_{\min} + T_{\max}) / 2$
- $P = 101.3 \cdot ((293 - 0.0065 \cdot \text{Elev}) / 293)^{5.26}$
- Chaleur latente de la vaporisation :

$$\text{Gamma} = ((0.666 \cdot 10^{-3}) \cdot P$$

- Rapport de la pente de la température :

$$\Delta = 4098 \cdot (0.6108 \cdot \text{Exp}((17.27 \cdot T_{\text{dew}}) / (T_{\text{dew}} + 237.3))) / (T_{\text{dew}} + 237.3)^2$$

$$\rightarrow \Delta' = \Delta / (\Delta + \gamma \cdot 3)$$

- $\gamma' = \gamma / (\Delta + \gamma \cdot 3)$
- $E(t_{\max}) = 0.6108 \cdot \text{Exp}((17.27 \cdot T_{\max}) / (T_{\max} + 237.3))$
- $E(T_{\min}) = 0.6108 \cdot \text{Exp}((17.27 \cdot T_{\min}) / (T_{\min} + 237.3))$
- Pression de vapeur de saturation d'air (kpa) :

$$E_s = (e(t_{\max}) + e(t_{\min})) / 2$$

- Pression réelle de vapeur d'air :

$$E_a = ((e(t_{\min}) \cdot R_s \text{ estim} / 100) + (e(t_{\max}) \cdot R_{h\min} / 100)) / 2$$

- $V_p = e_s - e_a$
- $D_r = 1 + 0.333 \cdot \cos(2 \cdot P) \cdot \text{day} / 365$
- $\text{Del} = 0.409 \cdot \sin(2 \cdot P) \cdot \text{day} / 365 - 1.93$
- $W_s = \text{Acos}(-\text{Tan}(\text{lat radians}) \cdot \text{Tan}(\text{del}))$
- Résistance aérodynamique :

$$R_a = (24 \cdot 60 / \text{PI}()) \cdot 0.08 \cdot d_r \cdot (w_s \cdot \sin(\text{lat radians}) \cdot \sin(\text{del}) + \cos(\text{lat radians}) \cdot \cos(\text{del}) \cdot \sin(w_s)).$$

- $R_{sO} = (0.75 + \text{Elev} * (2 * 10^{-5})) * R_a$
- $R_s / R_{sO} = R_s \text{ estin} / R_{sO}$
- $R_{ns} = 0.77 * R_s \text{ estin}$
- $T \text{ to 4th power} = ((0.13 * 10^{-9}) * (T_{\text{max}} + 273.16)^4 + (4.903 * 10^{-9}) * (T_{\text{min}} + 273.16)^4) / 2$.
- Rayonnement net :
- $R_{nl} = 0.50 * 0.13 * t_0$
- $R_n = R_{ns} - R_{nl}$ $G=0 \rightarrow$ flux de la chaleur de sol
- $R_n - G = R_n - G$
- $E_{t0} = 2.06 + 2.43$ $E_{t0} = E_{t0} / 25.45$

On peut classer les méthodes proposées d'après leur degré de précision et de la prédiction de l'ETP ou l' ET_0 , pour une plus grande précision, il est préférable d'utiliser la formule de Penman- Monteith (1975) qui tient compte de la turbulence due au mouvement d'air à travers la notion résistance de surface et permet donc de mieux suivre les fluctuations de l'ETP au jour dans les régions venteuses. En effet, elle introduit les coefficients de la plante. Au second rang se classe la méthode en bac et en dernier la méthode de Blaney-Criddle (Doorenbos, 1986).

La formule de Penman- Monteith, qui va être utilisée dans le logiciel de CROPWAT, que nous allons utiliser dans notre travail pour calculer l'ETP.

3. pilotage de l'irrigation

Dans les zones arides et semi-arides, l'eau est le principal facteur limitant la production agricole. Le recours à l'irrigation devient une nécessité afin d'assurer les besoins alimentaires d'une population de plus en plus nombreuse (Ferjani, 2013).

Toutefois, l'irrigation comme toute pratique agricole peut avoir des impacts négatifs sur l'environnement si elle n'est pas correctement raisonnée.

La gestion rationnelle de l'eau d'irrigation appelle à maîtriser davantage l'utilisation de cette denrée sans oublier que le but recherché demeure d'assurer une production optimale tout en évitant les effets néfastes d'un stress hydrique (Hammani, 2011).

Ceci ramène aux deux questions traditionnellement posées pour le pilotage de l'irrigation :

- Quand faut-il commencer à irriguer ?
- Quelle dose apporter et à quelle fréquence ?

- Comment prendre en compte les pluies ?
- Quand faut-il arrêter ?

Avant de présenter les méthodes utilisées pour le pilotage de l'irrigation, il serait utile de reprendre la définition de quelques termes qui parfois sont utilisés abusivement pour parler du pilotage de l'irrigation (Hamed, 2015).

3.1. Définition de pilotage d'irrigation

Le pilotage de l'irrigation, appelée encore conduite ou programmation des arrosages (irrigation scheduling en anglais), consiste à répondre à 3 questions essentielles : quand irriguer, maximale pour garantir un potentiel de production qualitatif et qualitatif à moindre cout en évitant tout apport d'eau inutile et parfois nuisible (Chol, Tron, 1999 cité par Filali, 2003 in Merdaci, 2015).

Le pilotage de l'irrigation aura donc pour but, d'éviter le stress hydrique sur l'ensemble du cycle de la culture afin d'avoir une production maximale sans contrainte d'alimentation en eau, et l'optimisation de l'utilisation de l'eau quand les ressources sont limitées. (Merdaci, 2015).

3.2. Quelle méthode de pilotage de l'irrigation choisir ?

Le choix d'une méthode repose sur de nombreux facteurs tels que l'espèce (c'est - à-dire le cycle de développement et les pratiques culturales), le mode d'irrigation (surface, aspersion, goutte à goutte), le coût des équipements de pilotage, le temps disponible pour collecter les données, etc. le niveau de connaissance de l'utilisateur intervient également dans la mesure où seules des données correctement interprétées s'avèrent utiles.

Pour une conduite efficace de l'irrigation, Les méthodes basées sur des données liées au sol sont les plus préconisées (les mesures de l'eau dans le sol sont faciles à réaliser et suffisamment fiables). En effet les méthodes basées sur des données climatiques sont parfois difficiles à mettre en œuvres (difficulté d'obtention des données valides), et les méthodes basées sur les mesures des plantes (température de surface du couvert végétal, variation des démentions des organes végétaux) nécessitent des appareils coûteux et délicats à manipuler (Boudjelal et Bommoun, 2006).

3.3. L'opération de pilotage d'irrigation

L'opération de pilotage est délicate, nécessite la combinaison de plusieurs facteurs qui sont : climat, sol, plante, et moyens techniques ; Permet l'établissement d'un calendrier d'irrigation où est définie pour chaque irrigation la date et la dose jugée optimales. (Boudjelal et Bommoun, 2006).

Les décisions apprendre pour conduire les irrigations sont :

3.3.1. Choix de la date d'irrigation

Ce qui répond à la question « quand irriguer? » qui nécessite la connaissance de la réserve en eau du sol (RFU), et le suivi de l'état hydrique de la plante, pour déclencher l'irrigation. (Boudjelal et Bommoun, 2006).

3.3.2. Choix de la dose et de la fréquence d'irrigation

Il s'agit de savoir combien doit-on apporter à la culture et à quelle fréquence, on connaissant au préalable ses besoins en eau et le rendement qu'on espère obtenir. (Boudjelal et Bommoun, 2006).

Dans la pratique, on a 3 possibilités de choix :

- dose fixe et intervalle entre irrigation variable,
- dose variable et intervalle fixe,
- dose variable et intervalle variable.

3.3.3. Choix de mode d'irrigation

Pour satisfaire les besoins en eau de la culture, le choix de mode d'irrigation doit prendre en considération les contraintes techniques (eau, coût de matériel, culture, énergie, main d'œuvre) et l'efficacité de système. (Boudjelal et Bommoun, 2006).

3.4. Outils de pilotage

L'objet principal d'un outil de pilotage d'irrigation est de permettre à l'agriculteur d'apporter la dose adéquate au moment opportun pour les différentes cultures irriguées et de maintenir ainsi la production agricole et optimiser le rendement.

3.4.1. Paramètres de pilotage

Les recherches concernant les besoins en eau des cultures et ses conséquences sur la croissance ou le rendement des cultures requièrent la détermination des paramètres de pilotage qui se regroupe en trois paramètres qui sont le climat, le sol et la plante.

3.4.1.1. Climat

Les besoins en eau directement proportionnels à la demande climatique, qui s'exprime par les diverses notions d'évapotranspiration ETP, ETM et ETR. Il existe de nombreux procédés de mesure ou d'estimation de l'évapotranspiration, qui sont soit par la mesure de l'ETP par le lysimètre ou par évaporomètre ou indirectement par l'utilisation l'un des formules empiriques que nous avons données on parvient qui sont très pratiquées pour les études de simulation et de la modélisation des bilans hydriques par ordinateur (Decroix et Puech, 1984 in Borni et Saad, 2006).

3.4.1.2. Plante

Les recherches ont montrés que l'activité photosynthétique d'une culture est directement liée au taux de satisfaction des besoins en eau de la plante pour avoir un rendement élevé. Mais la réponse exacte de la culture dépend du type de production envisagé (matière sèche, huile, protéine...etc.) et le rationnement en eau est possible sans diminution de la récolte (Decroix et Puech, 1984 in Borni et Saad, 2006).

3.4.1.3. Sol

Le sol est considéré comme un réservoir, dont le volume d'eau dépend de sa profondeur, la texture et la structure de chacune des couches qui le constituent et suivant la profondeur des racines de la plante.

On peut suivre l'état hydrique du sol par :

- Soit par la mesure de la quantité d'eau qu'il contient en fonction de la profondeur (profil hydrique).
- Soit par la mesure de la force de succion que la plante doit exercer pour extraire de l'eau qui se trouve liée au sol (Decroix et Puech, 1984 in Borni et Saad, 2006).

3.4.2. Classification des méthodes de pilotage

Les méthodes de pilotage peuvent être classées à partir d'un paramètre indicateur (climat, sol et plante) ou par le suivie du bilan hydrique dans le sol.

3.4.2.1. Méthode basée sur la mesure d'un paramètre indicateur

On peut citer trois modes de pilotage à l'aide d'un paramètre indicateur qui sont :

- pilotage par le climat : parmi les méthodes qui sont utilisées pour la détermination des besoins en eau par la grandeur climatique est celle des bacs évapomètres.
- Pilotage par la plante : elle est définie l'état énergétique de l'eau qui est le meilleur indicateur de l'état hydrique de la plante selon certains auteurs il est réalisable à l'aide d'une chambre à pression et l'autre est la mesure de la température radiative (Decroix et Peuch, 1984 in Borni et Saad, 2006).
- Pilotage par le sol : on peut citer la méthode gravimétrique, la méthode par tensiomètre et par la méthode neutronique (sonde à neutron).

3.4.2.2. Méthode basée sur le suivi de bilan hydrique du sol

La méthode du bilan hydrique est nécessaire en irrigation afin de décider la date de déclenchement des irrigations.

L'expression du bilan hydrique est comme suit :

$$\mathbf{P + I \pm S \pm D \pm \Delta R - ETR = 0}$$

Avec :

P : Précipitation (mm) :

I : Irrigation (mm) ;

S : Ruissellement du surface (mm) ;

D : Drainage ou apport d'eau par remonté de la nappe (mm) ;

ΔR : Variation de la réserve en eau du sol (mm) ;

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

On irrigue lorsque la réserve en eau du sol atteint l'humidité critique (RFU).

3.4.2.3. Méthodes basées sur l'utile informatique

Parmi les modèles informatiques, on peut citer : CYPPAC, IRSIS, EPIC et CROPWAT qui ont des points communs pour le calcul de l'ETP, pour calculer les besoins en eau des cultures et de conduire à un pilotage d'irrigation adéquat.

- Le modèle CYPPAC : l'objectif principal de ce modèle est d'élaborer un calendrier optimale dans lequel les dates et les besoins quantitatives en eau que l'irrigant doit apporter à sa culture (Ben Mohamed, 1992 in Borni et Saad, 2006).
- Le modèle IRSIS : est un logiciel de calcul des besoins en eau des cultures et l'élaboration d'un calendrier d'irrigation. Il permet donc de réduire les pertes en eau et valoriser le mètre-cube d'eau (Daoud, 1994 in Borni et Saad, 2006).
- Le modèle EPIC : est modèle pluri-espèces, à pas de temps journalier de type photosynthétique. Il estime, d'après la radiation et l'indice foliaire, la quantité d'énergie lumineuse interceptée et sa transformation en biomasse selon les diamètres propres à chaque espèce (Sbargoud et Hameni, 1997 in Borni et Saad, 2006).
- Le modèle CROPWAT : est conçu pour le calcul des besoins en eau des cultures par la détermination de l'ETP à partir des données climatiques mensuelles par la formule de Penman Monteith, le model est facile à appliquer en plein champs et sous serre (Sallaheddine et *al.* ,1996 in Borni et Saad, 2006).

Dans notre travail on va utiliser le logiciel de FAO « CROPWAT 8.0 ».

1. présentation de région d'étude (Ziban-Biskra)

1.1. Situation géographique

D'une superficie de 21671 km², la wilaya de Biskra est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord-Ouest par la wilaya de M'sila au Nord-Est par la wilaya de khenchla, au Sud par la wilaya d'el oued et au Sud-ouest par la wilaya de Djelfa (fig.02)

La wilaya de Biskra se localise dans les coordonnées géographiques 34° 48' Nord et 05° 44' Est. Latitude 34,8°N (Boukria, 2010).



Figure02 : limites géographique de la wilaya de Biskra (Boukria, 2010).

1.2. Relief

La région de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissée du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. Le territoire de la wilaya peut être divisé en quatre grandes entités géographiques (voir la Figure), à savoir :

- Une zone de montagnes, qui borde la limite septentrionale de la wilaya. Le Djebel Taktiout est le point culminant de la wilaya, d'une altitude de 1942 m.
- Une zone de plateaux, localisée à l'ouest de la wilaya. Cette zone s'étend du Nord au et constitue en partie le territoire de la daïra d'oules Djalal et celle de Tolga.
- Une zone de dépression, située au Sud-Est de la wilaya. Il s'agit des trois grandes plaines d'el Outaya de sidi Okba et de celle Doucen.

- Une zone de dépression, située au Sud-Est de la wilaya, qui correspond en fait à la zone des chottes à altimétrie négative (atteignant par endroits 40m). cette zone constitue le point de convergence et d'exécution naturelle de la majorité des grands oueds qui drainent la wilaya (Boukria, 2010).

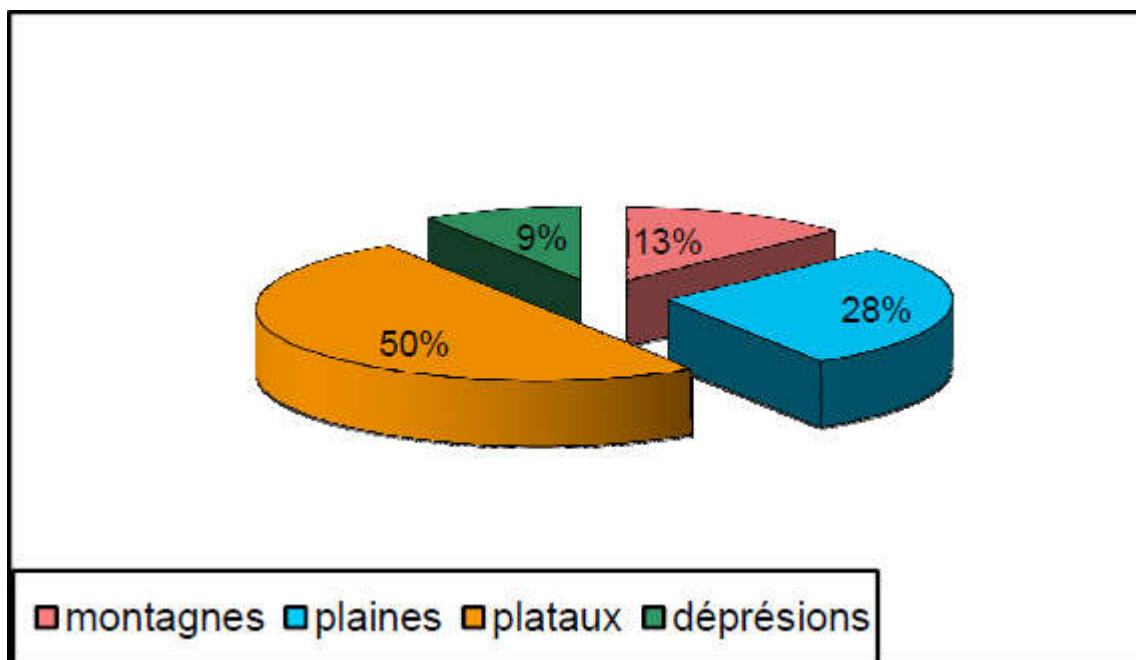


Figure03 : Présentation de relief dans la wilaya de Biskra (Boukria, 2010).

1.3. Réseaux hydrographique

D'après Hannachi et Bekkari (1994), la région de Biskra est drainée par une série d'oueds dont les plus importants sont : Oued Djedi, Oued Biskra, Oued el-Arab et oued el-Abiod. (Boukria, 2010).

Tableau 02 : Ressources hydrauliques de la wilaya de Biskra (hm²) (Boukria, 2010).

Ressources hydrauliques	Souterraines	Superficielles	Total
Potentielles	760	167.5	927.5
Exploitées	581	114.5	695.5
% d'exploitation	76.45	68.35	75

1.4. Climat

Il est à rappeler que le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie déserte vivante. Il dépend de nombreux facteurs : température, précipitation, humidité, évaporation, vent, lumière, relief et nature du sol, voisinage et éloignement de la mer (Faurie et *al*, 2003).

Les principaux facteurs climatiques comme la température, les précipitations et les vents sont traités d'une manière particulière. Il est à rappeler que compte tenu de son importance la synthèse climatique est faite pour cette **région**. (Torki, 2014).

1.4.1. Température :

Les valeurs de Température mensuelles minimales et maximales de la région de Biskra, durant la période (2007- 2017) sont données dans l'annexe.

D'après la Figure 04, on remarque que la région de Biskra est caractérisée par une température moyenne maximale de 34,8 °C pour le mois de juillet sur une période de 10ans (2007-2017) et une température moyenne minimale est de 12,6°C enregistrée le mois de Janvier.

Selon la Figure (05), on remarque que la température mensuelle moyenne durant la l'année en court (2017) la plus élevée est de 34,8°C de mois de juillet, et la température mensuelle moyenne minimale est de 11,03°C pour le mois de janvier

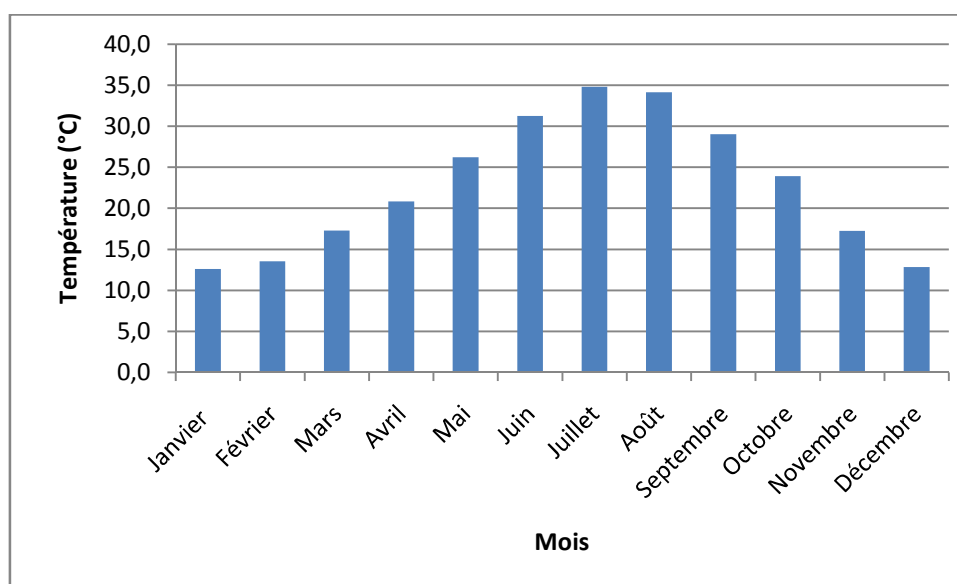
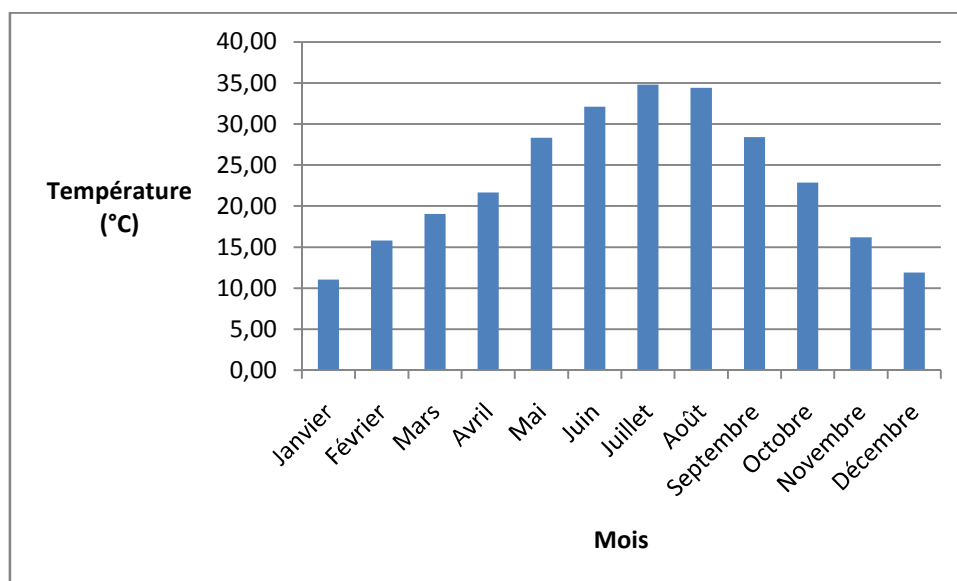


Figure04 : Températures moyennes mensuelles de la période (2007-2017).**Figure05 : Températures moyennes mensuelles de l'année 2017.**

1.4.2. Précipitation :

La pluviométrie constitue un facteur important pour l'agriculture. Notre région d'étude est caractérisée par des précipitations faibles, irrégulièrement réparties en automne et en hiver avec un maximum pendant le mois octobre (27,35 mm) pour les 10ans (2007-2017)(voir la Figure06).

Selon la Figure (07), on remarquer que les précipitations mensuelle maximal durant la l'année en court (2017) est de 14 en mois d'avril.

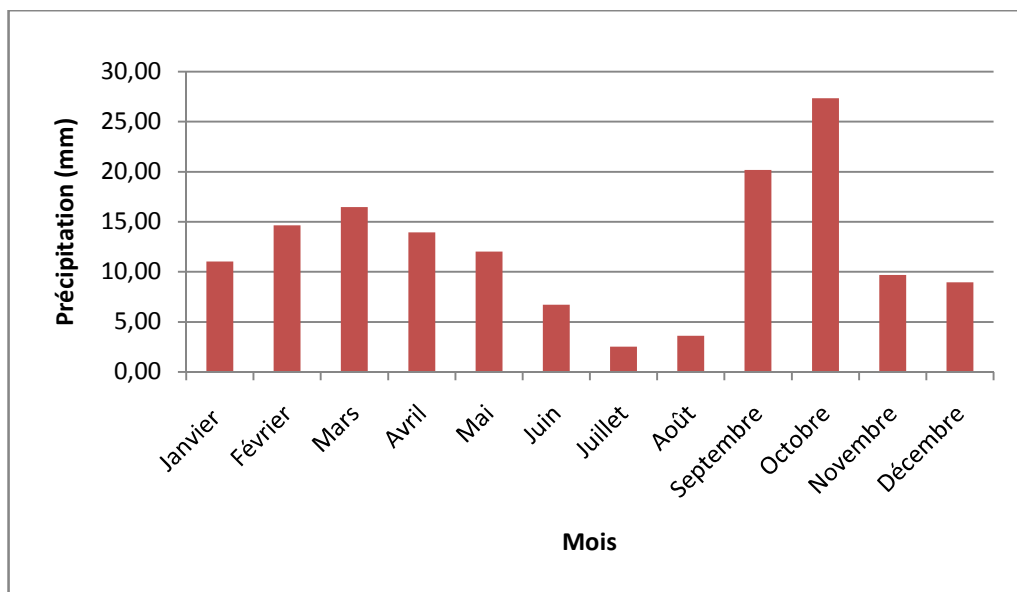


Figure06 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) durant la période (2007-2017) dans la région de Biskra.

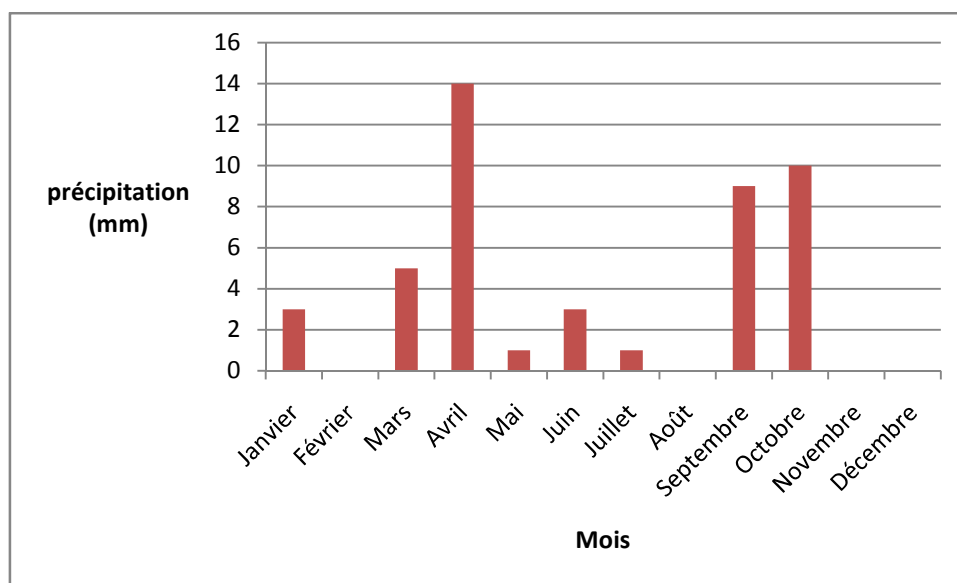


Figure07 : précipitation moyennes mensuelles de l'année 2017.

1.4.3. Vent

Le vent joue un rôle important dans le vol et la migration des oiseaux. Dans la région de Biskra, les vents les plus forts soufflent du Nord-Est et du Sud. Il exerce une grande influence sur les êtres vivants. (Torki, 2014).

La figure08 Montre que le vent maximale moyenne est de 13,97 m/s pour le moi Juillet par contre la vitesse de vent minimale moyenne est de 6,16m/s pour le mois de décembre pour la durée de 10 ans (2007-2017).

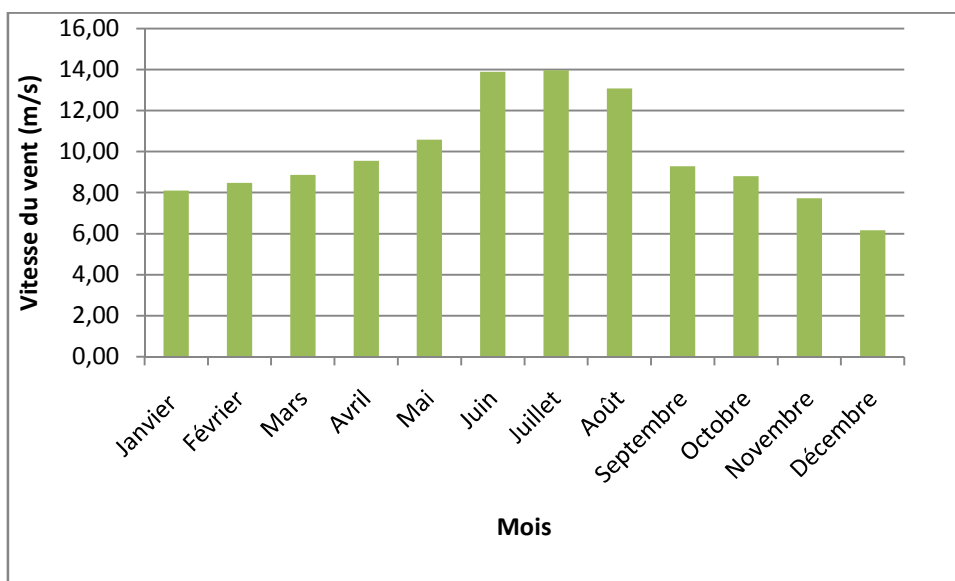


Figure08 : Courbes des vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s) dans la région De Biskra enregistrées durant la période (2007– 2017).

Selon la Figure (09), on remarquer que des vitesses du vent mensuelle maximal durant la l'année en court (2017) est de 7,4en mois décembre

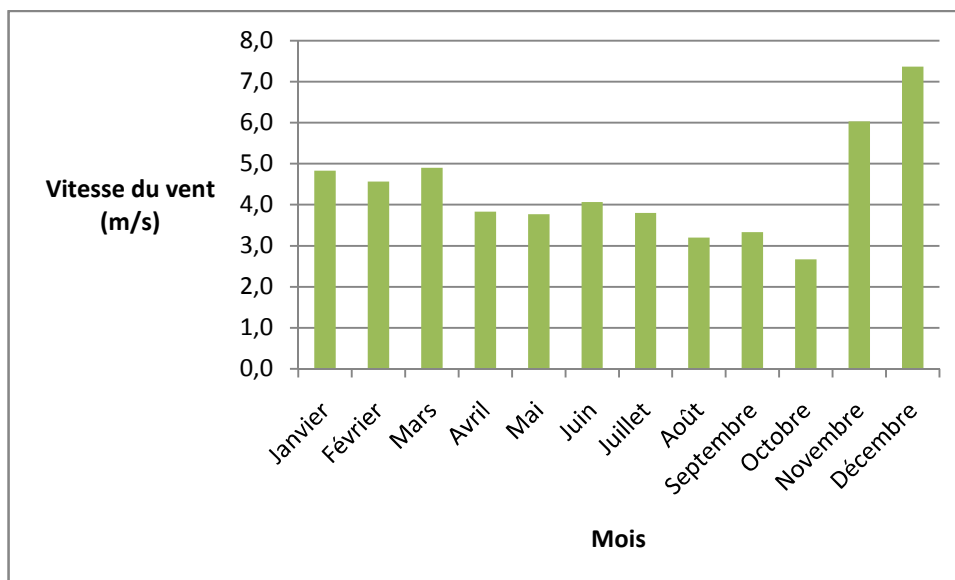


Figure09 : vitesses du vent moyennes mensuelles de l'année 2017

1.4.4. Humidité relative

Les valeurs mensuelle de humidité relative dans de la région de Biskra durant la période (2007-2017) sont données dans l'annexe .

Dans la région de Biskra, durant la période (2007-2017) le pourcentage de l'humidité maximale moyenne est de 58,7% pour le mois de Décembre, et l'humidité minimale moyenne est de 27,33% pour le mois de juillet (voir la Figure10).

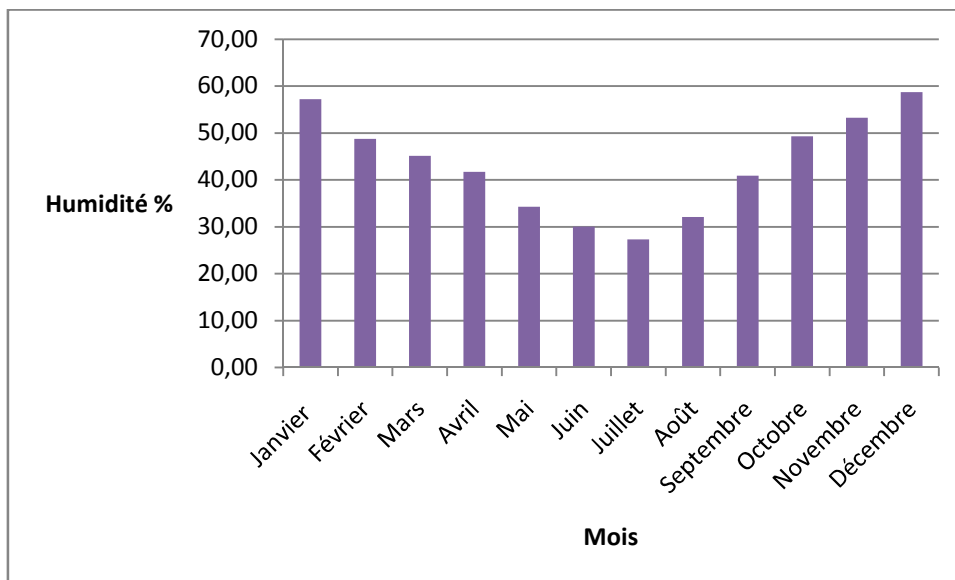


Figure10 : Courbes de l'humidité relative moyenne mensuelle (%) de la région de Biskra enregistrées durant la période (2007– 2017).

Selon la Figure (11), on remarquer que des vitesses du vent mensuelle maximal durant la l'année en court (2017) est de 59,7% en mois Janvier

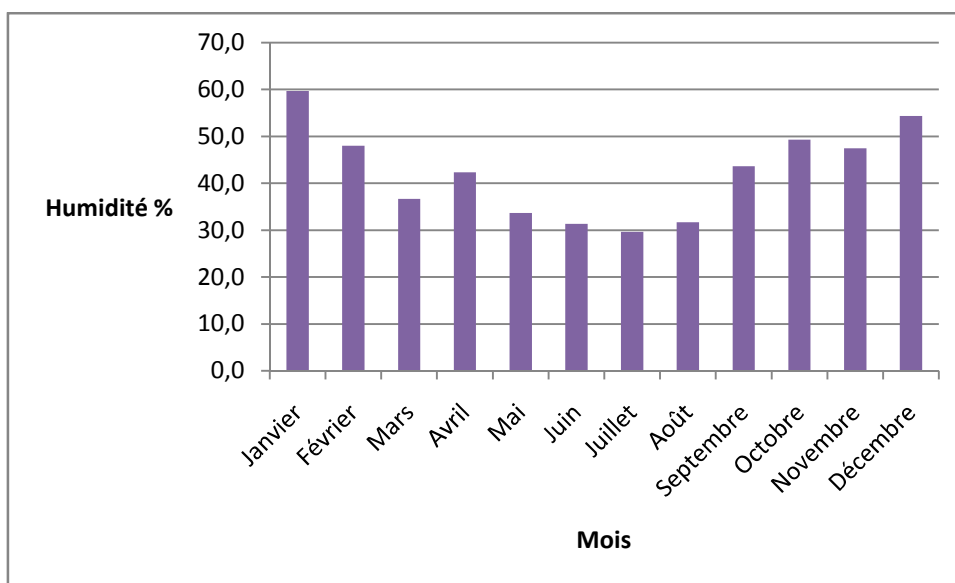


Figure11 : Humidité moyennes mensuelles de l'année 2017

1.4.5. Ensoleillement

La Figure(12) montre sur la période (2007-2017), le nombre annuel moyen d'heures d'insolation est 234 heures. Le maximum est enregistré en mois de juillet avec une valeur de 270 heures par an par contre la valeur minimum est enregistré en mois de décembre (227 heures).

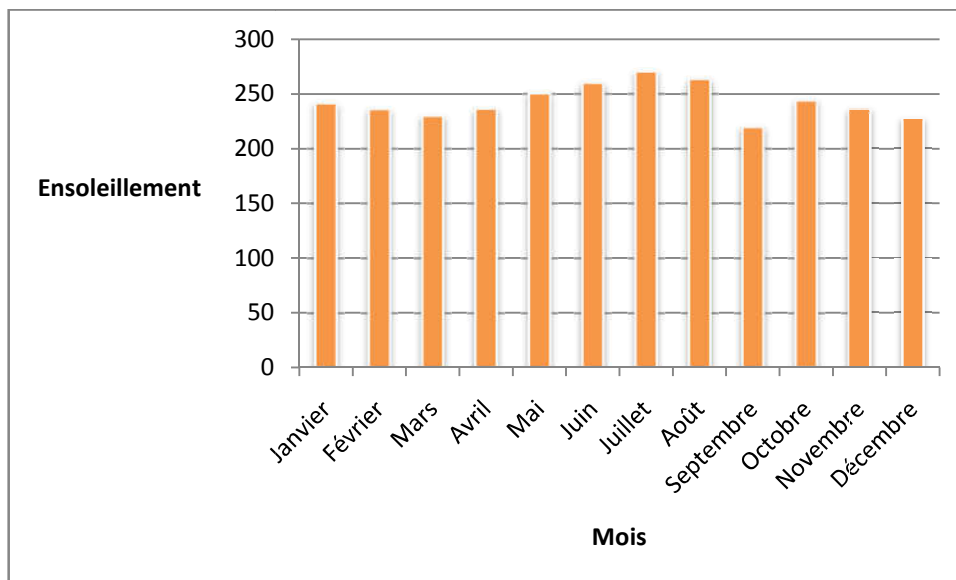


Figure 12 : Insolation mensuelle durant la période (2007-2017).

Selon la Figure (13), on remarquer que des vitesses du vent mensuelle maximal durant la l'année en court (2017) est de 59,7% en mois Janvier

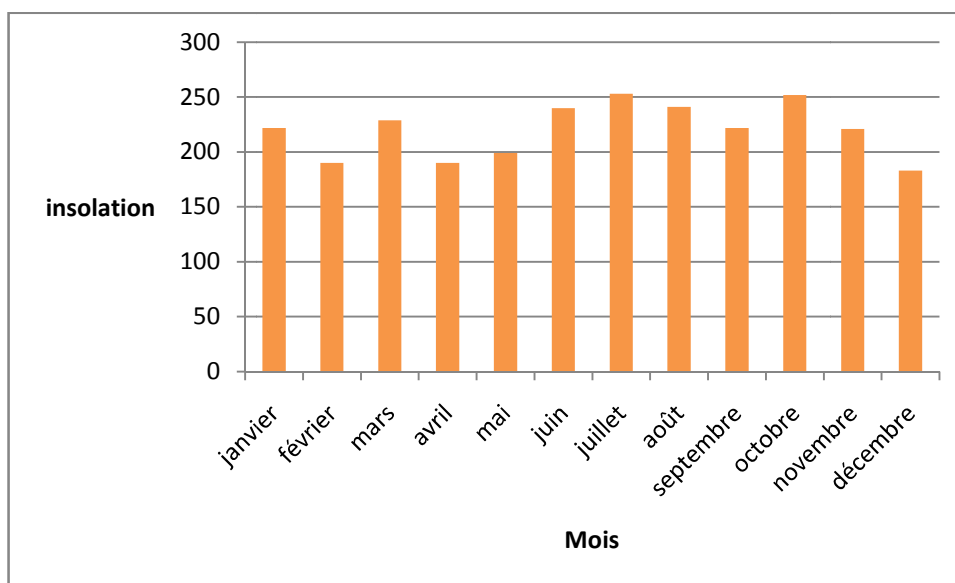


Figure13 : Insolationmoyennes mensuelles de l'année 2017

1.4.6. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'EMBERBER (Q2) est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat. Il est donné par la formule suivante :

$$Q2 = 2000P/M2 - m, \text{ donc}$$

P : pluviométrie annuelle moyenne en mm

M : moyenne des maximal du mois le plus chaud en degrés

m : moyenne des minimal du mois le plus froid en degrés

STEWART (1969) en transformant cette équation a obtenu pour le climat méditerranéen la formule suivante :

$$Q2 = KP/M - m$$

K : constante qui est à 3,43 ; les températures en degrés Celsius pour M et m ; P est la pluie en mm. Le facteur M-m est l'expression de l'évaporation, en général elle est d'autant plus forte que (M-m) est plus grand (Emberger in Letrech- Belarouci)

Après application de cette formule : avec T=41,3 °C, t= 12,6°C et P= 147,14mm

$$\text{Donc } (Q2 = 3,43 \cdot [147,14 / (41,3 - 12,6)] = 22,73$$

D'après la projection du point obtenue sur le climagramme d'Emberger nous pouvons dire que la wilaya de Biskra est dans l'étage bioclimatique saharien et à hiver très chaud.

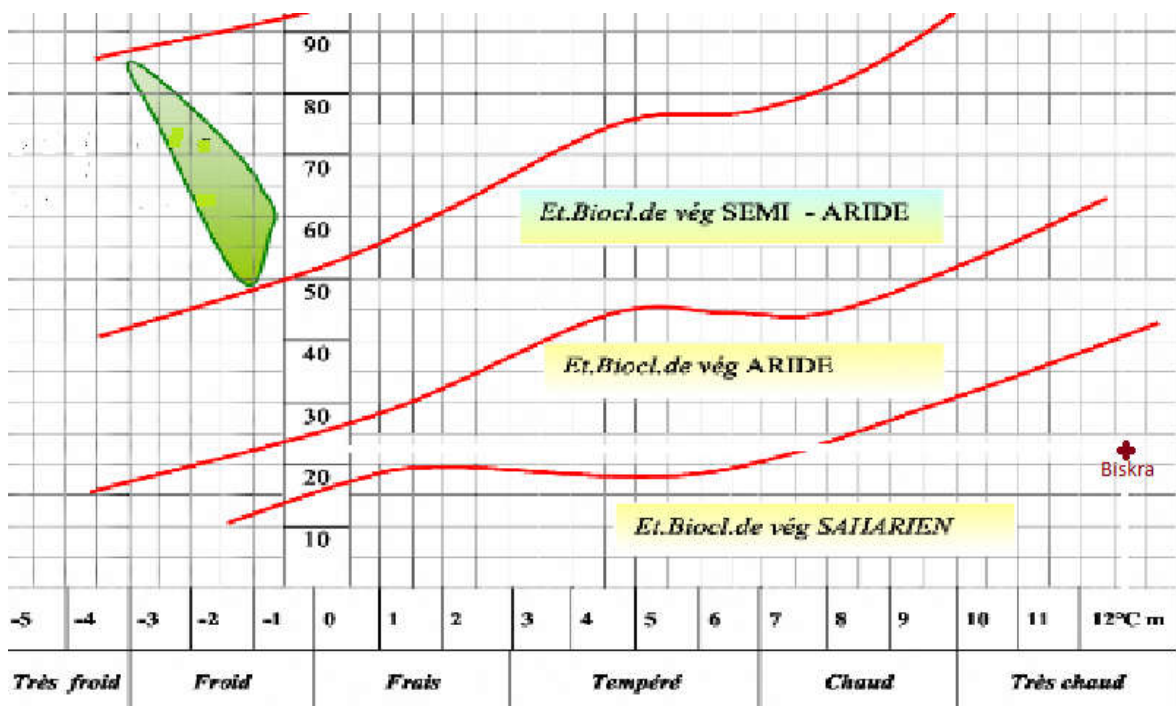


Figure 14 : le point de projection de la wilaya de Biskra dans le climagramme d'Emberger.

2. Matérielles et méthode

2.1. Objectif de l'étude

L'objectif essentiel de cette étude est l'utilisation de logiciel (CROPWAT 8.0) pour calculer l'ETP dans la région de Biskra sur une durée de 10 ans (2007-2017) et cela pour ressortir les besoins en eau de quelques cultures qui sont les plus cultivés dans la région de Biskra et ressortir un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, et les bilans hydriques.

Ensuite faire une comparaison avec d'autres travaux qui ont utilisés des logiciels pour déterminer l'ETP et les besoins en eau.

2.2. Présentation la logicielle (CROPWAT 8.0)

2.2.1. Définition de CROPWAT

Pour calculer l'ETP et les besoins en eau de culture nous avons utilisé le logicielle (CROPWAT 8.0).

Le CROPWAT est un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation, il a été mis au point par la FAO en 1992, basé sur la formule de Penman - Monteith modifiée. Il permet le calcul des besoins en eau des cultures et des quantités d'eau d'irrigation ; basés sur les Bulletins d'irrigation et de drainage FAO-24 et 33. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, et d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficacité de différentes pratiques d'irrigation (Boudjelal, et Bommoun, 2006).

CROPWAT 8.0 pour Windows est un programme informatique qui permet de calculer les besoins en eau des cultures et les besoins en irrigation à partir de données climatiques et culturales, nouvelles ou déjà existantes. De plus, le programme permet l'établissement de calendriers d'irrigation pour différentes conditions de gestion et le calcul de l'approvisionnement en eau de périmètres pour divers assolements

2.2.2. Méthodologie de travail avec le logiciel CROPWAT

La collecte des données et l'analyse des données ont été faites par l'utilisation du logiciel et leur homogénéisation :

- Températures moyennes mensuelles min et max (°C) ;
- précipitation moyenne mensuelle (mm) ;

- humidité relative moyenne mensuelle (%) ;
- vitesse de vent moyenne mensuelle (m/s)
- durée d'insolation moyenne mensuelle (heure/j).

2.2.3. Aperçu des fonctionnalités

CROPWAT 8.0 pour Windows inclut des fonctionnalités nouvelles et actualisées:

- l'entrée des données climatiques pour le calcul d'ET_o par jour, décade ou mois
- la compatibilité avec les données provenant de la base de données CLIMWAT
- la possibilité d'estimer les données climatiques en l'absence de données mesurées
- le calcul des besoins en eau des cultures par décade et jour basé sur des algorithmes actualisés qui incluent l'ajustement des valeurs des coefficients de culture
- les calculs de besoins en eau des cultures et le calendrier d'irrigation pour les "cultures.
- des calendriers d'irrigation modifiables par l'utilisateur.
- des tableaux présentant les bilans hydriques des sols par jour.
- l'enregistrement et la consultation aisés des sessions et des calendriers d'irrigation définis par l'utilisateur
- des présentations graphiques des données d'entrée, des besoins en eau des cultures et des calendriers d'irrigation
- des programmes d'impression étendus fonctionnels sur toutes les imprimantes compatibles Windows
- un gestionnaire d'aide contextuelle

Toutes les procédures de calcul utilisées dans CROPWAT 8.0 sont basées sur les directives FAO exposées dans la publication No. 56 du bulletin FAO d'Irrigation et Drainage "Évapotranspiration des Cultures - Instructions pour estimer les besoins en eau des cultures

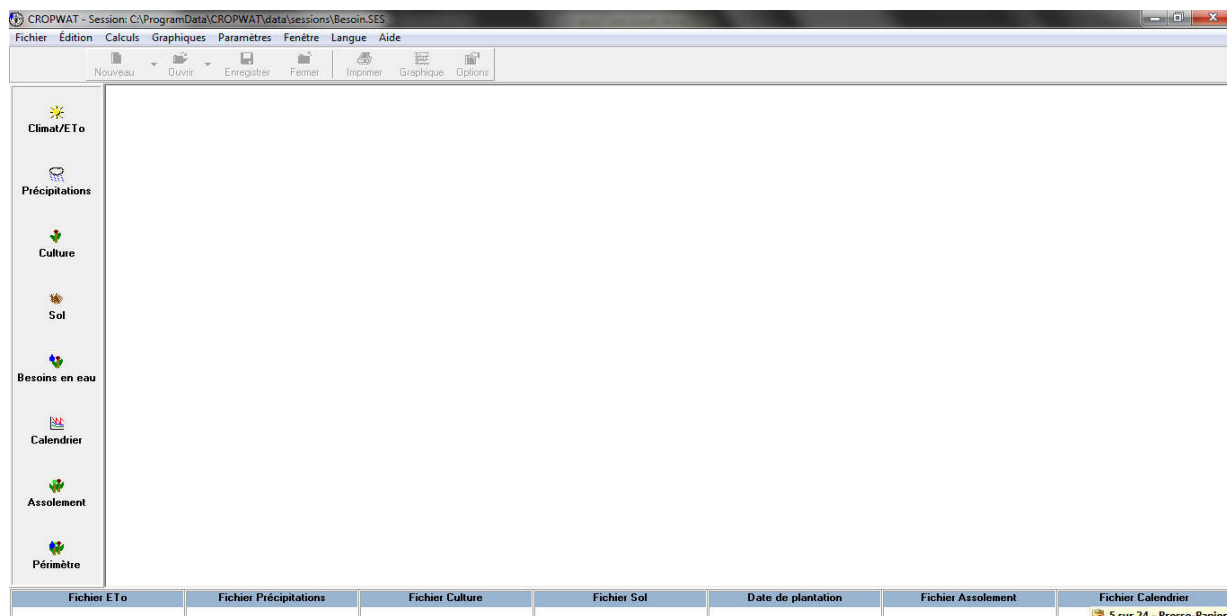


Figure15 : fenêtre de logicielle « CROPWAT 8.0 »

Après avoir recueilli des données climatiques dans la région de Biskra, nous avons inséré les données dans le logiciel pour calculer l'ETP et les besoins en eau des cultures par décennie durant de la période de 10 ans (2007_2017).

2.3. Données utilisées par le CROPWAT dans le calcul des besoins

2.3.1. Données climatiques

Le logiciel CROPWAT exige 5 données climatiques d'une station météorologique normalisée, pour que cette dernière soit représentative elle doit être la plus proche de la zone agricole, les stations comme celle des aéroports ou dans les zones urbaines sont à éliminer (Doorenbos et Kassam, 1987). En cas où la station la plus représentative ne donne pas les 5 données climatiques il est conseillé de les estimer, la FAO propose les méthodes d'estimation de l'humidité relative, rayonnement, et la vitesse de vent dans son Bulletin-56 (1998). (Boudjelal, et Bommoun, 2006)

2.3.2. les données climatiques entrées dans le CROPWAT.

Les données climatiques entrées dans le logiciel CROPWAT sont insérées dans l'annexe, qui nous a été obtenue de l'ITDAS (Institut National de Sol, d'Irrigation et l'Agriculture Saharienne).

2.3.1. Les données liées du sol

Les données des sols que nous avons utilisés dans notre travail sont celles données par FAO.

Exemple : sol moyenne qui utilisée pour calcule le besoin en eau de culture de palmier dattes

Nom du sol Medium (loam)	
Données générales sur le sol	
Eau disponible totale (CC - PF)	290.0 mm/mètre
Taux d'infiltration maximum de l'eau de pluie	40 mm/jour
Profondeur maximum d'enracinement	150 centimètres
Épuisement de la teneur en eau initiale (en % TAM)	0 %
Eau disponible initiale	290.0 mm/mètre

Figure16 : présentation d'un fichier de sol.

2.3.3. Données liées à la culture

Le logiciel CROPWAT contient un fichier reprenant les caractéristiques cultures les d'un grand nombre des cultures. Ces données sont les suivantes :

- Le coefficient cultural pour chaque phase de développement de culture
- Épuisement maximale, réponse du rendement et l'hauteur de culture (par chaque phase aussi)

Exemple : la figure suivante montre la fenêtre des données de liée de culture

Culture	Date palms	Date de plantation	01/03	Récolte	28/02
Kc Valeurs	0.90	0.95	0.95	0.95	
Phase (jours)	initiale 140	croissance 30	mi-saison 150	arrière-saison 45	total 365
Profondeur d'enracinement (m)	2.00		2.00		
Épuisement maximum (fraction)	0.50		0.50	0.50	
Réponse du rendement (f.)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Hauteur de culture (m)			8.00 (optionnel)		

Figure17: Fichier de fenêtre des données de la culture.

Dans cette partie, nous interprétons nos résultats en premier lieu en situant les besoins en eau des cultures par rapport aux normes qui existent dans la bibliographie notamment ceux du Bulletin FAO-24(1986), FAO-33 (1989) et celle obtenue par d'autres auteurs qui ont calculés ces besoins.

1. Calcul des besoins des plantes

1.1. Calcul les valeurs de l'ETP par méthode de Penman_ Monteit (par CROPWAT 8.0)

D'après le tableau 3, on remarque que l'ETP moyenne annuelle calculée sur la période de 10ans (2007à 2017), par le logiciel est de 2264,122 mm par contre la valeur de l'ETP de l'année en cours est de 2321,27 mm. La valeur maximale de l'ETP de est 320,904 mm pour le mois de juillet et la valeur minimale est de 65,898 mm pour le mois de décembre pour la période (2007à 2017) par contre l'année en cours la valeur maximale de l'ETP est de 334,17mm pour le mois de juillet et la valeur minimale est de 67,62 mm pour le mois de décembre.

Tableau 3 :L'évapotranspiration mensuelle moyenne (mm/mois) dans la wilaya de Biskra pendant la période de 10 ans (2007à 2017) et les valeurs mensuelle de l'année 2017

Mois	ETP (mm /mois) durant la période (2007à 2017)	ETP (mm /mois) de l'année 2017
Janvier	82,056	84,85
Février	108,36	119,2
Mars	165,624	194,91
Avril	211,749	178,41
Mai	281,272	265,77
Juin	298,19	311,47
Juillet	320,904	334,17
Août	276,3	285,45
Septembre	203,283	203,86
Octobre	151,15	139,65
Novembre	99,336	135,91
Décembre	65,898	67,62
TOTAL	2264,122	2321,27

On remarque que nos résultats de l'ETP annuelle sont proches des résultats obtenue par Hamel (2009) par la méthode de Penman qui est de 2182,92 mm, par contre les résultats de Dahkal (2017) qui a trouvé une valeur de l'ETP égale à 2554,38 mm par la méthode de Turc sont supérieurs à nos résultats.

On peut expliquer cette différence de valeur par la méthode utilisée et aussi la période de calcul.

1.2. Déficit hydrique

Il est indispensable de calcule le déficit hydrique pour savoir la valeur théorique d'eau à apporter à la culture (vois le tableau 4),

Le déficit calculé a donné une valeur positive ($D_p > 0$) est supérieure à la précipitation, c'est le résultat logique car la région classé comme la zone saharien.

Tableau 4 : Le déficit mensuelle moyenne hydrique mensuelle (2007_ 2017)

Mois	ETP (mm)	P (mm)	Dp=ETP-P (mm)
Janvier	82,056	11,04	71,02
Février	108,36	14,65	93,71
Mars	165,624	16,46	149,16
Avril	211,749	13,95	197,80
Mai	281,272	12,02	269,25
Juin	298,19	6,71	291,48
Juillet	320,904	2,53	318,38
Août	276,3	3,62	272,68
Septembre	203,283	20,18	183,10
Octobre	151,15	27,35	123,80
Novembre	99,336	9,69	89,65
Décembre	65,898	8,95	56,95
TOTAL	2264,122	147,14	2116,99

Le tableau suivant donne le déficit de l'année 2017 ; on remarque que le Dp est supérieure à la précipitation.

Tableau 5 : Le déficit mensuelle hydrique mensuel (2017)

Mois	ETP (mm)	P (mm)	Dp=ETP-P (mm)
Janvier	84,85	3	81,85
Février	119,2	0	119,2
Mars	194,91	5	189,91
Avril	178,41	14	164,41
Mai	265,77	1	264,77
Juin	311,47	3	308,47
Juillet	334,17	1	333,17
Août	285,45	0	285,45
Septembre	203,86	9	194,86
Octobre	139,65	10	129,65
Novembre	135,91	0	135,91
Décembre	67,62	0	67,62
Total	2321,27	46	2275,27

2. Calcul des besoins en eau des principales cultures dans la région d'étude

Les besoin en eau de culture ont été donnée par le logiciel « CROPWAT ».

2.1. Calcul des besoins en eau de palmier dattier

Les valeurs des besoins en eau de palmier dattier sont données dans l'annexe. Selon la figure (18), le calcul des besoins en eau de palmier dattier sont de 22183,3 m³/ha.

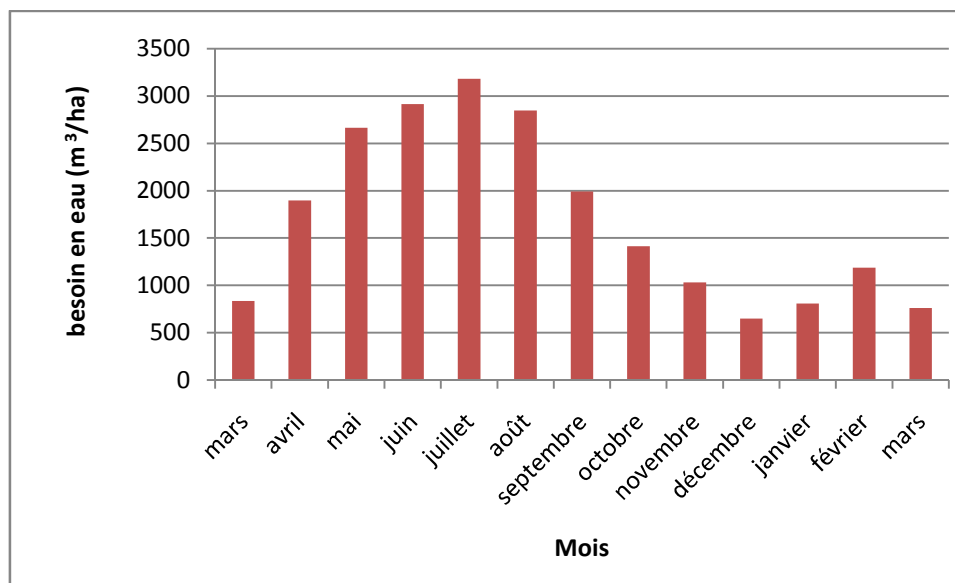


Figure 18 : les besoins mensuels en eau de palmier dattier

On remarque que Le résultat de Dahkal (2017) est supérieure à la valeur que nous avons trouvée, elle a trouvé une valeur de $25548,33\text{m}^3/\text{ha}$ par la méthode de turc qui cela peut s'expliquer par la différence dans la période de calcul, par contre les Labdi (2016) a trouvé une valeur $23512,06\text{ m}^3/\text{ha}$ qui est proche de nos résultats.

2.2. Calcul des besoins en eau des céréalicultures

Les tableaux des besoins en eau pour les céréalicultures sont données dans l'annexe on remarque d'après les figures (19, 20, et 21) que les besoin en eau des céréalicultures pour chaque espèce (blé dur, blé tendre et l'orge) sont différentes mais le blé tendre est l'espèce qui a le besoin en eau le plus élevé.

Selon les résultats de Dahkal (2017), aussi le même résultat pour le besoin le plus élevé de blé tendre

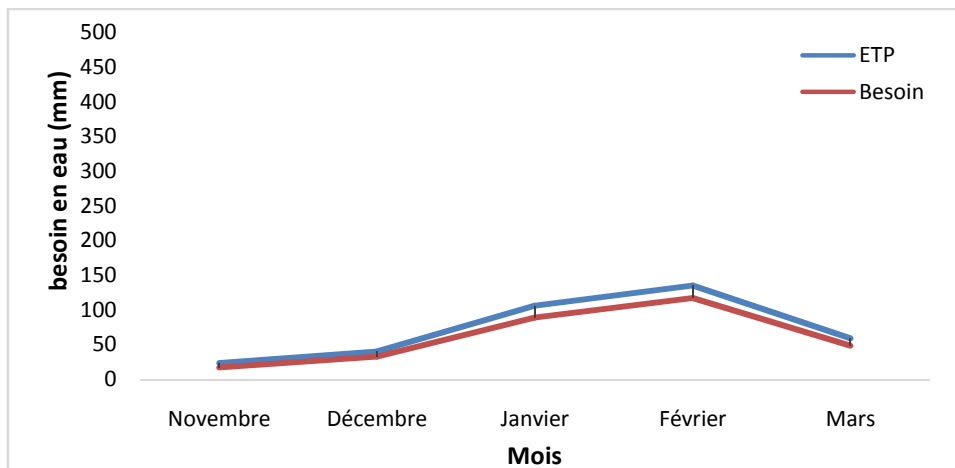


Figure 19 : les besoins en eau de blé dur dans la région de Biskra.

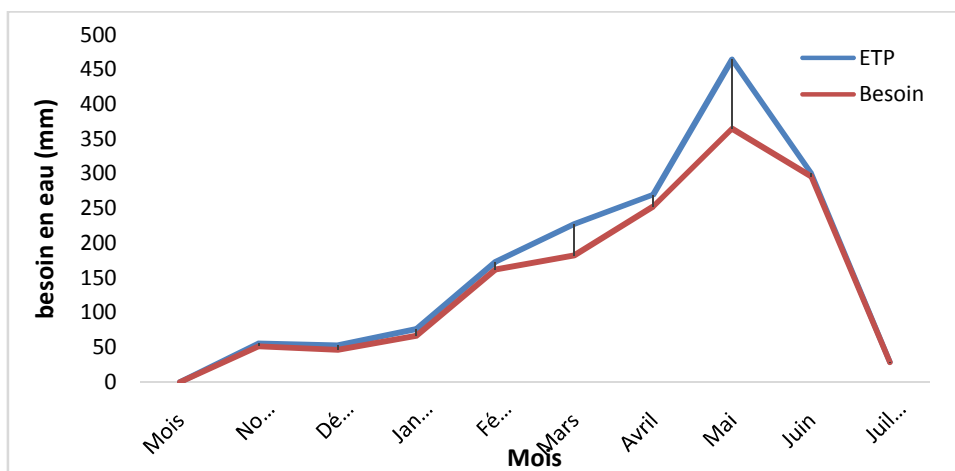


Figure 20 : les besoins en eau de blé tendre dans la région de Biskra.

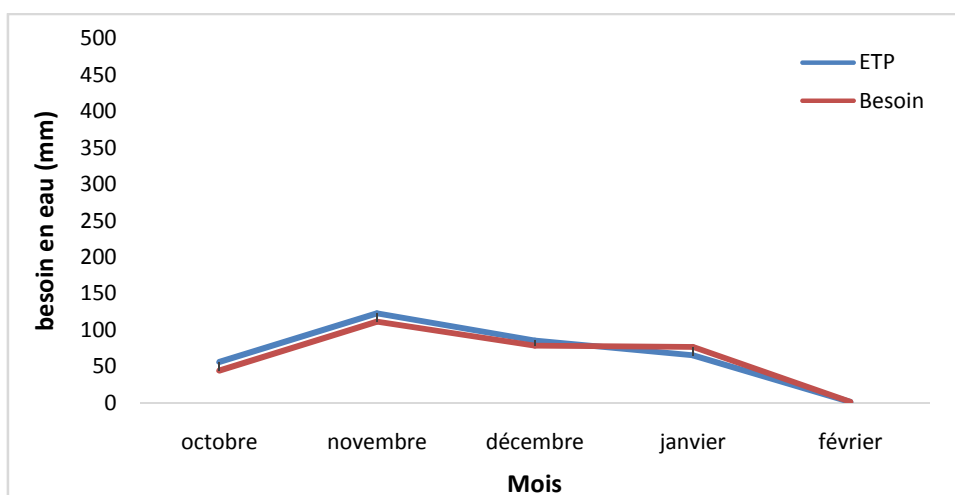


Figure 21 : les besoins en eau de l'orge dans la région de Biskra.

2.3. Calcul les besoins en eau des cultures maraîchères

Les besoins d'irrigation des principales cultures maraîchères pratiquées dans la wilaya de Biskra que nous avons considérées sont présentés dans la figure 19, elle permet de distinguer les cultures maraîchères les plus exigeantes en eau. La tomate est la culture qui consomme le plus d'eau (945,79mm), suivi du melon une consommation en eau de 944,25mm, vient après le poivron avec un besoins d'irrigation de 560,16mm et suivi par la pomme de terre avec un besoin de 416,05mm et aussi la fève verte une consommation de 201,81mm

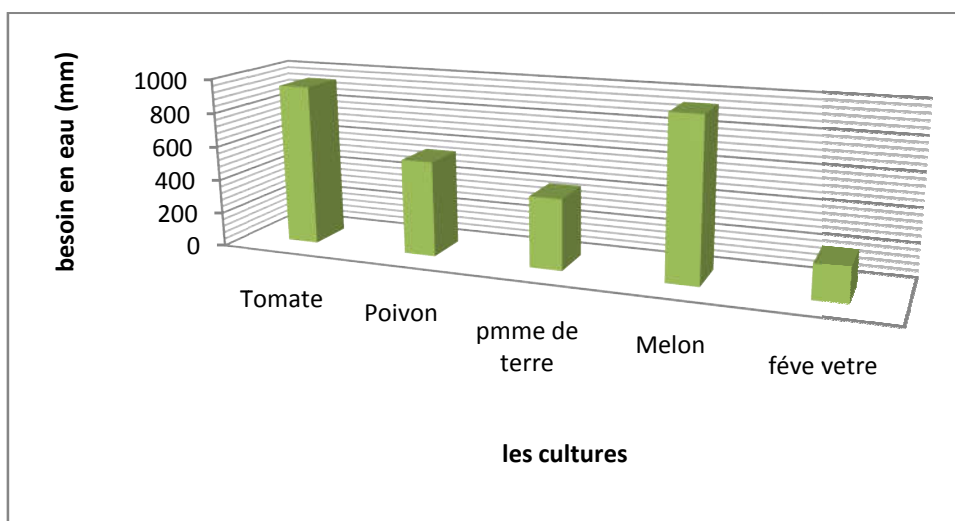


Figure 22 : Classement des besoins d'irrigation des cultures maraîchères de la wilaya de Biskra

2.3.1. Poivron

Selon Doorenbos et Kassam (1987), Les besoins d'eau totaux (ETm) du poivron sont de 600 à 900 mm et atteignent 1250 mm, dans le cas de cycles végétatifs prolongés, tandis que dans la wilaya de Biskra ces besoins maximaux sont de 179,97mm (voir le tableau 8)

Tableau6 : présenté les besoin en eau de culture poivron

MOIS	ETP	Besoin
Janvier	22,52	18,57
Février	62,76	52,82
Mars	144,88	131,69
Avril	195,65	179,97
Mai	184,3	177,11

2.3.2. Tomate

La culture de tomate est particulièrement sensible au déficit hydrique pendant et immédiatement après le repiquage, ainsi que pendant la floraison et la formation du fruit.

D’après le tableau suivant, on remarque que les besoins de la tomate est de 945,79 mm.

Tableau 7 : présenté les besoins en eau de la tomate sur une période de 10 ans.

Mois	ETP	Besoin
Janvier	31,71	25,99
Février	80,27	70,03
Mars	280,1	184,13
Avril	277,64	260,42
Mai	341,68	331,04
Juin	74,67	74,18

D’après Doorenbos et Kassam, (1987), les besoins de tomate sont de 400 à 600 mm en plein champ par rapport à nos résultats ils sont plus grand cela peut être expliqué par la zone d’étude.

2.3.3. Pomme de terre

La culture de pomme de terre peut avoir 3 cycles de production (saison, primeur et arrière-saison) dont les besoins en eau totaux d’après Doorenbos et Kassem, (1987) sont généralement entre 500 et 700 mm. Dans la wilaya de Biskra, selon les résultats obtenus les besoins sont de 416,05 mm, elles sont dans les normes.

Tableau 8 : les besoin en eau des cultures de pomme de terre

Mois	ETP	Besoin
septembre	94,64	74,93
octobre	142,96	120,2
novembre	132,36	123,56
décembre	79,51	72,57
janvier	26,92	24,79

2.3.4. Melon

Selon Doorenbos et Kassam(1987), la culture de melon peut consommer généralement entre 400 à 600 mm. Dans la wilaya de Biskra ses besoins sont plus important de l'ordre de 944,25mm d'après le tableau suivant.

Tableau 9 : le besoin en eau de melon

mois	ETP	BESOIN
mars	68,54	56,69
avril	167,7	152,41
mai	335,08	324,4
juin	346,59	341,79
juillet	69,26	68,96

2.3.5. fève verte

Le tableau suivant représenté des besoins en eau des cultures de fève verte dans la région de Biskra est de 201,81mm.

Tableau 10 : le besoin en eau de fève verte

mois	ETP	Besoin
Octobre	29,54	23,33
Novembre	74,88	67,92
Décembre	76,09	69,14
Janvier	46,88	41,42
total	227,39	201,81

3. Besoins en eau de différentes cultures dans la région de Biskra durant l'année 2017

Le tableau suivant donne les différents besoins des cultures dans la région de Biskra ; d'où on remarque que la culture de Palmier dattier est celle qui consomme le plus d'eau par rapport aux autres cultures.

Tableau11 : les besoins en eau des cultures de l'année an coure

Culture pratiquée	Besoin en eau mm
Palmier dattier	2177,1
Blé dur	368
Blé tendre	1301
Orge	331,1
Poivron	653,2
Tomate	846,3
Melon	232
Fève verte	839.9

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Notre travail a pour but de déterminer les besoins en eau des principales cultures pratiquées à Biskra en utilisant logiciel « CROPWAT 8.0 » par méthode de Penman_Monteith. Et on se basant sur les variables climatique (Température, précipitation, Humidité relative, vitesse de vent et durant l'insolation) les données sont obtenue du l'ITDAS dans Biskra durant la période de 10ans (2007_2017).

D'après les résultats obtenues on peut conclure que :

- l'ETP moyenne annuelle calculée sur la période de 10ans (2007à 2017), par le logiciel est de 2264,122 mm par contre la valeur de l'ETP de l'année en cours est de 2321,27 mm.
- Le déficit calculé a donné une valeur positive ($D_p > 0$) est supérieure à la précipitation.
- le calcul des besoins en eau de palmier dattier sont de 22183,3 m³/ha.
- les besoin en eau des céréalicultures pour chaque espèce (blé dur, blé tendre et l'orge) sont différents mais le blé tendre est l'espèce qui a le besoin en eau le plus élevé.
- Les besoins d'irrigation des principales cultures maraîchères pratiquées dans la wilaya de Biskra ont données que la tomate est la culture qui consomme le plus d'eau (945,79mm), suivi du melon une consommation en eau de944,25mm, vient après le poivron avec un besoins d'irrigation de560,16 mm et suivi le pomme de terre avec un besoin de 416,05mm et aussi la fève verte une consommation de 201,81mm
- Pour les besoins de l'année en cours donne les résultats que la période de 10ans.

Le logiciel CROPWAT peut donc être utilisé pour d'autres cultures et aussi avoir un calendrier pour les différentes cultures d'après la région.

Néanmoins il serait intéressant de reprendre cette étude afin de mieux maitriser les besoins en eau des cultures dans la région de Biskra et de confirmer les résultats obtenus dans notre travail.

Références

Borni D. et Saad K., 2006. « Le pilotage de l'irrigation localisée pour la culture de tomate (*Lycopersicon esculentum*) sous serre ». Mémoire d'ingénieur d'Etat en agronomie, Univ.Biskra. 58p.

Boudjellal. A et Bommoun. R, 2006. Détermination des besoins en eau des cultures à l'aide de logiciel cropwat 4.3 dans la wilaya de Tipaza cas du périmètre de la Mitidja Ouest, diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. Institut National Agronomie El Harrach-Alger. pp15 à 27

Boukria. A, 2010. Démocologie des peuplements lombriciens dans la zone aride de l'est Algérien- Biskra, P18 à 20 ; Masters thèses, université Mohamed khider-Biskra.

Boumaza S., 2006. « Evaluation des besoins en eau d'une culture stressée cas du poivron (*capsium annum* L.) Avec irrigation goutte à goutte». Mémoire d'ingénieur d'Etat en agronomie, hydraulique agricole, INA, El Harrach, pp: 22-30.

Chemloul Z. et Sellal S., 2001. « Détermination des besoins en eau de la tomate conduite en irrigation localisée 'goutte à goutte' sous abri-serre dans le littoral Algérois ». Mémoire d'ingénieur d'Etat en agronomie, hydraulique agricole, INA, El Harrach, pp: 2-24.

Dahkal. M, 2017. La dynamique Agricole et l'enjeu hydrique dans la région de ziban, diplôme de master, science d'agronomie, p14 à P 50 ; Université mohame d khider – Biskra.

Doorenbos J. et Pruitt W.O., 1986. « Les besoins en eau des cultures ». Bulletin d'irrigation et de drainage n°24, Rome. 198p.

Hemed. M, 2015. Pilotage d'irrigation à l'aide du logiciel « FAO- ACSAD-ITDAS » : cas de l'orge (hordeume vulgare L.), diplôme de master, science d'agronomie, Université Mohamed Khider –Biskra, p6

<https://www.Naiotechnologie.com/irrigation-déterminez-besoins-eau-cultures-stocks-deau-disponibles/>

Johnny. L, 2008. Etude de faisabilité de l'aménagement hydro agricole de la plaine de Lhomond dans la 11^{ème} section communale d'Aquin : zone frangipane, diplôme d'ingénieur. Université d'état d'haiti.

Kadi. K, Chergui. M, Malkia. N, Hamli. S, Boukeria. S, Yahia. A, 2014. Estimation des besoins en eau de la culture de l'ail par différentes formules. Européen scientifique journal, N°27, ISSN : 1857- 7881(drint).

Khanfouci. M, 2005. Contribution a l'étude de la fructification et de la régénération du cédre de l'Atlas, thèse magister. Université Mohamed Khider- Biskra, pp : 28,29

Mardaci. S, 2016. Le pilotage d'irrigation de la culture de blé dure (*Triticum durum*) au niveau du site expérimentale de l'ITDAS à L'Outaya – wilaya de Biskra, diplôme de master – science d'agronomie, université Mohamed Khider- Biskra, p18

Mouhouche B., 1983. « Essai de rationnement de l'eau sur tomate : Recherche de la production optimale et valorisation de l'eau ». Thèse de Magister en aménagement et mise en valeur, INA, El Harrach, pp: 19-23.

Torki. S, 2014. Reproduction des tourterelles dans la région des Ziban, diplôme de magister- science agronomie. Université Mohamed Khider- Biskra. p5

Naio., 2016. Naio technologie

Site :

https://www.naio_technologie.com/irrigation_determinez_besoins_eau_cultures_stocks_deau_disponibles/

Annexe N°1 :**Tableau 1 :** Les données climatiques moyennes mensuelles de 10ans durant de (2007 à2017)

MOIS	T max	T min	Tmoy	Précipitation	Vitesse de vent	Humidité	insolation
Janvier	18,1	6,9	12,6	11,04	8,10	57,24	241,4
Février	19,1	9,9	13,5	14,65	8,48	48,79	236,1
Mars	23,2	11,4	17,3	16,46	8,87	45,15	229,9
Avril	27,6	15,2	20,8	13,95	9,55	41,71	236,3
Mai	32,6	19,9	26,2	12,02	10,58	34,30	250,3
Juin	37,8	24,7	31,2	6,71	13,90	30,03	260,1
Juillet	41,3	28,2	34,8	2,53	13,97	27,33	270,4
Août	40,3	27,9	34,1	3,62	13,08	32,07	263,7
Septembre	35,1	23,6	29,0	20,18	9,28	40,88	219,8
Octobre	29,4	18,4	23,9	27,35	8,81	49,32	244
Novembre	22,6	14,4	17,3	9,69	7,72	53,28	236,4
Décembre	18,1	9,4	12,8	8,95	6,16	58,70	227,7

Tableau 2 : les données climatiques moyenne mensuelles de l année 2017

Mois	T max	T min	Tmoy	Précipitation	Vitesse de vent	Humidité	Insolation
Janvier	16,2	5,8	11,03	3	4,8	59,7	222
Février	21,8	9,7	15,80	0	4,6	48,0	190
Mars	25,3	12,7	19,03	5	4,9	36,7	229
Avril	27,7	15,5	21,67	14	3,8	42,3	190
Mai	34,7	21,9	28,33	1	3,8	33,7	199
Juin	38,6	25,6	32,10	3	4,1	31,3	240
Juillet	41,5	28,1	34,80	1	3,8	29,7	253
Août	41,0	27,8	34,43	0	3,2	31,7	241
Septembre	34,3	22,4	28,40	9	3,3	43,7	222
Octobre	28,8	16,8	22,87	10	2,7	49,3	252
Novembre	22,0	10,6	16,20	0	6,0	47,5	221
Décembre	17,2	7,0	11,90	0	7,4	54,3	183

Annexe N°2 : les tableaux suivants représentent les données climatiques que j'ai entrées dans le logiciel « cropwat » de chaque année

Tableau 1 : les données climatiques de l'année 2007

Mois	Décade	T max (°)	T min (°)	tmoy(°)	hum(%)	inso(%)	evapo(mm)	précipitation(mm)	vent moy(m/s)
Janvier	décade1	18,1	6,4	12,5	58,4	70,1	25,6	2,5	9,2
	décade2	18,2	7,0	12,7	56,9	66,3	27,5	3,9	7,4
	décade3	17,9	7,4	12,6	56,5	59,7	34,3	4,6	4,8
Février	décade1	17,8	8,0	12,2	46,4	68,1	32,4	7,9	11,4
	décade2	19,6	7,8	13,7	50,3	70,0	36,0	2,9	4,9
	décade3	20,0	13,9	14,7	49,7	68,1	38,3	3,8	5,1
Mars	décade1	21,9	10,1	16,1	46,6	72,4	43,5	2,9	12,5
	décade2	23,2	11,3	17,3	44,9	67,4	44,2	9,2	4,4
	décade3	24,5	12,6	18,5	43,9	71,4	50,1	4,4	5,1
Avril	décade1	26,2	13,7	20,0	42,5	71,5	56,8	1,8	14,0
	décade2	27,9	15,5	19,9	40,8	71,3	52,9	3,7	4,8
	décade3	28,8	16,3	22,6	41,9	74,4	58,8	8,4	4,8
Mai	décade1	31,8	18,9	25,4	34,9	81,5	69,5	2,5	15,7
	décade2	31,9	19,6	25,8	34,5	81,5	73,2	7,9	4,7
	décade3	34,0	21,1	27,5	33,5	82,5	83,4	1,6	5,1
Juin	décade1	35,7	22,5	29,1	32,4	74,9	89,5	0,9	17,3
	décade2	38,5	25,1	31,8	29,6	88,0	95,5	2,9	10,1
	décade3	39,3	26,3	32,8	28,1	90,7	108,4	2,9	7,2
Juillet	décade1	41,1	27,9	34,5	26,8	85,5	109,4	0,9	21,9
	décade2	41,1	28,2	34,8	27,5	88,6	109,0	0,9	6,7
	décade3	41,8	28,4	35,1	27,6	94,5	111,5	0,7	5,7
Août	décade1	40,7	28,5	34,6	27,5	90,5	105,3	0,6	19,8
	décade2	40,6	28,0	34,3	35,4	81,2	99,2	0,9	7,7
	décade3	39,6	27,1	33,5	33,3	84,5	87,3	2,1	4,3
Septembre	décade1	37,0	25,1	31,1	39,5	74,8	82,2	3,1	15,2
	décade2	36,0	24,0	30,0	38,5	73,2	78,8	5,7	3,2
	décade3	32,2	21,7	26,0	44,5	61,7	65,4	11,3	3,2
Octobre	décade1	31,2	20,5	25,9	46,4	72,8	60,8	6,7	13,9
	décade2	29,7	18,3	24,1	51,7	74,4	58,9	2,0	3,1
	décade3	27,2	16,4	21,8	49,9	68,9	46,2	18,6	4,2
Novembre	décade1	24,5	14,0	19,3	53,6	72,2	42,2	4,8	10,7
	décade2	22,4	11,4	16,8	52,7	69,5	39,4	2,4	3,0
	décade3	21,0	17,8	15,7	53,5	62,5	37,4	2,5	5,5
Décembre	décade1	18,5	8,5	13,4	59,5	61,6	28,8	2,4	9,2
	décade2	17,4	6,6	12,0	58,9	64,7	27,1	3,6	3,1
	décade3	18,4	13,1	13,1	57,7	62,3	39,8	2,9	3,1

Annexe N°3 :

Tableau N°4 : les besoins en eau des cultures de palmier dattier

mois	ETP	besoin m ³ /ha
mars	103,94	836,5
avril	206,62	1897,5
mai	277,04	2665,9
juin	296,41	2916,3
juillet	318,91	3182,2
août	287,05	2846,3
septembre	220,75	1991,9
octobre	162,97	1414,1
novembre	111,63	1030,1
décembre	71,79	648,7
janvier	90,33	807
février	129,62	1186,3
mars	82,54	760,5
Totalm	2359,6	22183,3

Tableau N°5 : les besoins en eau des cultures de blé dur

mois	ETP	Besoin
Novembre	23,89	17,48
Décembre	40,31	33,18
Janvier	106,6	89,39
Février	135,59	117,5
Mars	59,56	48,64
total		

Tableau N°6 : le besoin en eau de blé tendre

Mois	ETP	besoin
Novembre	55,73	51,51
Décembre	53,14	46,72
Janvier	76,4	66,81
Février	173,35	162,4
Mars	228	182,7
Avril	270,43	253,2
Mai	465,2	365,33
Juin	301,38	296,6
Juillet	28,89	28,6

Tableau N°7: le besoin en eau d'orge

Mois	ETP	besoin
octobre	56	44,18
novembre	122,57	111,29
décembre	85,5	78,53
janvier	65,13	76,53
février	1,03	1,03

Résumé

Dans un souci d'une gestion rationnelle de l'eau d'irrigation où la connaissance des besoins en eau est indispensable pour approcher la demande et mieux l'intégrée avec l'offre dans la wilaya de Biskra, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT 8.0. Après introduction des données de base relatives aux données climatiques qui ont été données par l'ITDAS, Nous avons déterminé l'évapotranspiration, puis les besoins en eau d'irrigation pour quelque culture.

Les résultats montre que les l'ETP moyenne annuelle calculée sur la période de 10ans (2007 à 2017), par le logiciel est de 2264,122 mm par contre la valeur de l'ETP de l'année en cours est de 2321,27 mm et le déficit calculé a donné une valeur positive ($D_p > 0$) est supérieure à la précipitation ce qui explique que la région classé comme la zone saharien.

Mots clés :

Evapotranspiration, besoins en eau, CROPWAT, wilaya de Biskra, déficit hydrique.

Abstract

In the interests of a rational management of the irrigation water where the knowledge of the water needs is essential to approach the demand and better integrated with the offer in the wilaya of Biskra, we used the software CROPWAT 8.0. After introducing the baseline climate data that was provided by the ITDAS, we determined the évapotranspiration and then the irrigation water requirements for some crop.

The results show that the average annual FTE calculated over the 10-year period (2007 to 2017), by the software is 2264.122 mm, whereas the value of the FTE of the current year is mm and the calculated deficit gave a positive value ($D_p > 0$) is greater thane the précipitation which explains the région classifie as the Sahara zone.

الملخص

من أجل الإدارة السليمة للمياه الري حيث معرفة احتياجاتها للمياه أمر ضروري من أجل تقريب طلب الإصلاح وأكثر اندماجا مع العرض في ولاية بسكرة، قمنا استخدم برنامج CROPWAT 8.0. وبعد إدخال البيانات المناخية التي أعطيت من قبل ITDAS، توصلنا إلى متطلبات التبخر ومياه الري لبعض محاصيل

من خلال النتائج تبين ان l'ETP المتوسط السنوي في مدة عشر سنوات (2007 _ 2017) باستخدام برنامج CROPWAT 8.0 هي 2264,122 مم على عكس قيمة l'ETP للعام الجاري المتحصل عليها هي 2321,27 مم , و فرق المحل عليه يعطي قيمة ايجابية ($D_p > 0$) و تفوق قيمته قيمة التساقط و هذا يفسر ان المنطقة مصنفة كمنطقة صحراوية .

تظهر النتائج أن متوسط FTE السنوي المحسوب خلال فترة العشر سنوات (2007 إلى 2017) ، بواسطة البرنامج هو 122.2264 ملم ، ومع ذلك ، فإن قيمة FTE للعام الحالي هي mm و عجز محسوب أعطى قيمة إيجابية ($0D_p >$) أكبر من هطول الأمطار مما يوضح أن المنطقة المصنفة كمنطقة صحراوية.

