



Université Mohamed Kheider de Biskra

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie Filière : Sciences Agronomique

Spécialité : Hydro pédologie

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Kahoul Nawal

Etude bibliographique sur les besoins en eau de culture de la laitue à l'aide de logiciel CROPWAT 8.0 dans la wilaya de Biskra.

Jury :

Ms. Hichem Aissaoui	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. Mebrek Naima	MAA	Université de Biskra	Président
Mme. Hiouani Fatima	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2022 -2023



Dédicaces

Avant tous je remercie ALLAH qui m'a donnée la volonté de continuer mes études et faire ce modeste travail, je le dédie à :

Ma chère mère que je l'aime beaucoup et pour son amour, ses sacrifices et ses encouragements durant toute ma vie.

A mon père que dieu me le garde, qui me manque tant, je prie pour lui avec miséricorde.

Toutes les professeures qui m'ont enseigné tout au long de mon parcours académique.

A ma cher frère Salah Eddine et mes chères soeurs toute ma famille.

A mes amies Chaima, Amel, Amira, Zoubida, ...

A toutes mes amis d'université Mohamed Kheider.

À toutes les professeures d'Agronomie.

A mes chères collègues de section d'Agronomie master 02

Hydro pédologie 2020/2021.

Kahoul Nawal



Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Ms. Aissaoui Hichem, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leur propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à réalisation de ce travail.

Kahoul Nawal

Contents

Introduction	1
Chapter 1: The History of the Book	10
Chapter 2: The Structure of the Book	20
Chapter 3: The Language of the Book	30
Chapter 4: The Style of the Book	40
Chapter 5: The Art of the Book	50
Chapter 6: The Science of the Book	60
Chapter 7: The Philosophy of the Book	70
Chapter 8: The Psychology of the Book	80
Chapter 9: The Sociology of the Book	90
Chapter 10: The Economics of the Book	100
Chapter 11: The Law of the Book	110
Chapter 12: The Future of the Book	120
Appendix A: Bibliography	130
Appendix B: Glossary	140
Appendix C: Index	150
Appendix D: The End of the Book	160



SOMMAIRE

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur la culture de la laitue

1. Introduction.....

2. Origine et histoire de la laitue.....

3. Taxonomie.....

4. Caractéristique de la laitue.....

4.1. Plant

4.2. Semence

5. Stades phénologiques de la laitue.....

5.1. Phase végétative.....

5.2. Phase reproductive

6. Variétés cultivées en Algérie.....

7. Exigences écologiques de la plante.....

7.1. Climatiques.....

7.1.1. Température.....

7.1.2. Eclairage.....

7.1.3. Humidité.....

8. Exigence édaphiques.....

9. Conduite de la culture.....

9.1. Semis.....

9.2. Plantation.....	.....
10. Fertilisation .....	.....
10.1. Fertilisation organique .....	.....
10.2. Fertilisation minérale.....	.....
10.2.1. Engrais de fond .....	.....
10.2.2. Engrais de couverture ou d'entretien .....	.....
11. Irrigation.....	.....
12. Principaux ennemis de la culture de laitue et les moyens de lutte.....	.....
12.1. Ravageurs.....	.....
12.2. Maladie.....	.....
13. Récolte et le rendement de la laitue.....	.....
14. Consommation.....	.....
15. Conclusion.....	.....

Chapitre II : Détermination des besoins en eau de la culture et pilotage d'irrigation

1. Introduction.....	.....
2. Notions d'évapotranspiration.....	.....
2.1. Evapotranspiration potentielle (ETP) ou (ET0).....	.....
2.2. Evapotranspiration maximale (ETM).....	.....
2.3. Evapotranspiration réelle (ETR).....	.....
3. Pourquoi déterminer les besoins en eau des cultures??.....	.....
4. Comment déterminer les besoins en eau des cultures.....	.....
4.1. Besoin en eau d'irrigation .....	.....
4.2. Besoin en eau de culture(ETm) .....	.....
4.2.1. Choix du coefficient cultural .....	.....
4.2.2. Méthodes d'estimation .....	.....
5. Détermination des besoins en eau des cultures sous serre.....	.....
5.1. Modèles de détermination de l'évapotranspiration sous serre (ET0).....	.....

6. Quelle méthode de pilotage de l'irrigation choisir	
7. Opération de pilotage d'irrigation.....	
7.1. Choix de la date d'irrigation	
7.2. Choix de la dose et de la fréquence d'irrigation	
7.3. Choix de mode d'irrigation.....	
8. Outils de mode d'irrigation	
9. Conclusion.....	

Chapitre III : Présentation de la wilaya de Biskra

1. Introduction	
2. Situation géographique.....	
3. Relief	
3.1. Les montagnes	
3.2. Les plaines	
3.3. Les plateaux	
3.4. Les dépressions	
4. Hydrogéologie.....	
4.1. La nappe phréatique quaternaire	4.2. La
nappe des sables du miopliocène	
4.3. La nappe des calcaires de l'éocène et de sénonien	
4.4. La nappe profonde du continental inter-calcaire	
5. Hydrographie	
6. Climatologie	
6.1. Précipitations	
6.2. Températures	
6.3. Vents	6.4.
Humidité relative	
7. La synthèse climatique	
7.1. L'indice de l'aridité (Ia)	7.2.
Diagramme ombrothermique de GAUSSEN	
7.3. Climagramme d'Emberger	8.
Type des sols	
9. Végétation	

10. Conclusion..... **Chapitre IV**

: La présentation du logiciel « Cropwat »

1. Introduction
2. Présentation du logiciel (CROPWAT 8.0)
 - 2.1. Définition de CROPWAT
 - 2.2. Description du logiciel (CROPWAT 8.0)
 - 2.3. Structure de logicielle
 - 2.3.1. Les modules d'entrée de données de Cropwat
 - 2.3.2. Les modules de calcul de Cropwat
3. Données utilisées par le CROPWAT dans le calcul des besoins
 - 3.1. Les données climatiques

Conclusion générale.....

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre des tableaux	Page
------------------------------	---------------------------	-------------

Tableau 01	Principaux ravageurs de la culture de laitue et les moyens de lute
Tableau 02	Principaux maladies de la culture de laitue et les moyens de lutte.
Tableau 03	Récapitulatif des paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures
Tableau 04	Ressources hydraulique de la wilaya de Biskra (km ²)
Tableau 05	Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Biskra durant la période 2009-2020
Tableau 06	Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2009-2020
Tableau 07	Vitesse moyenne mensuelle des vents pour la période (2009 à 2020)
Tableau 08	Taux d'humidité relative moyenne durant la période (2009-2020)

Liste des figures

Numéro de la figure	Titres des figures	Page
Figure 01	Cycle de développement de la laitue	
Figure 02	Schéma des stades phénologiques de la laitue	
Figure03	Courbe des coefficients cultureux et définition des phases	
Figure 04	Position et situation géographique de la zone d'étude	
Figure 05	Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra	
Figure 06	Présentation des reliefs dans la wilaya de Biskra	
Figure 07	Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra	
Figure 08	Digramme ombrothermique de Gaussen pour la période (2009 à 2020).	
Figure 09	Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'EMBERGER durant la période (2009 à 2020)	



INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur agricole joue un rôle important dans la croissance de l'économie nationale. Il constitue un appui fort au développement des pays puisqu'il contribue dans le produit intérieur brut et emploie de la population active.

La baisse de la productivité des terres dans la plupart des sols dans les pays en voie de développement, notamment ceux situés en milieu aride est le résultat des mauvaises pratiques de gestion des terres entraînant des pertes annuelles de la couche arable des sols (FAO, 2009).

Le Sahara Algérien, d'une superficie de plus de 02 millions de km², est l'un des déserts les plus arides et les plus chauds du monde (Daoud et Halitim, 1994) . Ces zones arides représentent 95% du territoire national dont 80% dans le domaine hyperaride où la pluviométrie ne dépasse pas plus de 100 mm (Halitim, 1988).

Actuellement, l'explosion démographique qui va de paire avec la demande en produits alimentaires impose à développer des ressources agricoles par le biais de la mise en valeur de ces zones. De nombreux programmes de développement ont été entamés dans ces zones arides pour palier aux besoins de la population et de relancer l'agriculture dans ces régions, ce qui contribuent à une extension rapide des superficies consacrées à diverses cultures. Cette activité agricole exige aux agriculteurs d'appliqués tous les facteurs d'intensification de l'agriculture moderne notamment l'utilisation des produits phytosanitaires et les fertilisants pour augmenter les rendements (Bockman et al., 1990 in Oustani, 2016).

La région de biskra sont réputés pour l'agriculture de plein champ pratiquée en assolement triennal (maraîchage/ légumineuses/ céréales) .Cette localité a connu de très fortes mutations agricoles notamment grâce à l'introduction du maraîchage sous serres et elle devient le premier fournisseur du marché national en produits maraîchers (la tomate, le piment, le poivron, la laitue...) (Bouzidi et al., 2015).

La laitue (*Lactuca sativa* L.) est une plante herbacée, annuelle, qui appartient à la famille des Astéracées, division des magnoliophytes, et la classe des magnoliopsides (Zorrig, 2011).

Espèce originaire d'Égypte cultivée dès 4500 av JC dans la région méditerranéenne pour son huile extraite de ses graines oléagineuses et ses propriétés médicinales (Blancard et al., 2003). La laitue est un légume très populaire partout dans le monde avec une production de plus de 21 millions de tonnes cultivées chaque année (Statistiques Canada, 2009 in Ramirez, 2015).

L'eau est un facteur de production primordial mais ce n'est pas une ressource abondante et les différents utilisateurs sont vite en concurrence : ainsi l'aménagement en culture irriguée pose souvent des problèmes d'arbitrage entre plusieurs utilisations possibles de l'eau ; Cela implique le plus souvent la recherche de l'optimisation des consommations et la réduction des gaspillages.

L'Algérie comme les pays méditerranéens est confrontée 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. (Mouhouche, 2003)

Avec des ressources en eau qui sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Ces ressources ont subi durant les deux dernières décennies les effets négatifs de la sécheresse, de la pollution et de la mauvaise gestion. Les potentialités globales sont évaluées à 19,4 milliards de m³/an dont seulement 12 milliards sont mobilisables (Ferrah, Yahiaoui, 2004).

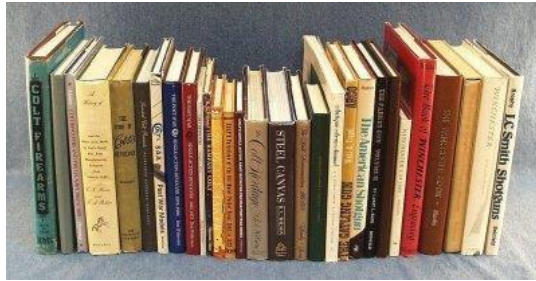
La connaissance des besoins en eau des cultures est certainement une des celles qui sont à la base de toute réflexion sur la gestion rationnelle et efficace de l'eau dans le domaine de la production agricole.

Notre travail s'inscrit dans cette optique, qui vise à déterminer les besoins en eau de la culture de la laitue et leurs pilotages à l'aide du logiciel « Cropwat 8.0 ».

Le travail de ce mémoire sera donc développé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre, présentera d'une synthèse sur la culture de la laitue.
- Le deuxième chapitre, correspond à la détermination des besoins en eau de la culture et Pilotage de l'irrigation
- Le troisième chapitre, correspond à une présentation générale de la wilaya de Biskra.
- Le quatrième chapitre, est réservé à la présentation du logiciel « Cropwat ».

Enfin, en guise de conclusion générale, nous proposerons une synthèse des résultats acquis, des recommandations et des perspectives.



Chapitre I : Généralités sur la culture de la laitue

1. Introduction

La laitue est un légume très populaire partout dans le monde avec une production de plus de 21 millions de tonnes cultivées chaque année (**FAOSTAT, 2004**).

En Algérie, depuis les années soixante Dix, les besoins de la population en légumes ont augmenté suite à l'explosion démographique. De Ce fait, les cultures maraîchères incluant les nombreuses variétés de laitues toutes différentes par leurs formes, leurs saveurs et leurs couleurs occupent la deuxième place alimentaire après les cultures céréalières (**Ramirez, 2005**).

Aujourd'hui, la laitue est une des espèces cultivées les plus importantes aux Etats-Unis (**Davis et al., 1997**).

2. Origine et histoire de la laitue

La laitue (*Lactuca sativa* L.) est une plante herbacée, annuelle, qui appartient à la famille des astéracées, originaire de l'Asie de l'Ouest (**Zorrig, 2011**).

On a d'ailleurs trouvé des traces de laitues dans certaines tombes égyptiennes datant de 4500 ans avant J.C. (**Labrie et Ménard, 2012**).

La domestication de la laitue aurait été réalisée dans la vallée du Nil ou dans la région du Tigre et de l'Euphrate, qui correspondent à la zone maximale des espèces adventices de *Lactuca* et ses formes apparentées dont les formes pommées (beurre, batavia et grasse) seraient vraisemblablement apparus plus tard au nord de la zone méditerranéenne et seule la laitue beurre ; aussi désignée laitue de BOSTON (*Lactuca sativa*), est cultivée en serre (**Elmhirst, 2006**).

Selon **Collin et Lizot (2003)**, le nom de la laitue vient du mot lait, ce liquide blanc appelé latex qui exsude lorsqu'on coupe une partie de la tige ou de la feuille.

3. Taxonomie

La laitue est une espèce de la famille Asteraceae (compositae), avec un nombre de chromosomes $2n=18$ (**Michaelson et al., 1991**).

D'après (**Fornet, 2002**) La laitue (*Lactuca sativa* L.) dont la classification botanique est la suivante :

Règne : Plantae

Classe : Equisetopsida

Sous-classe : Magnolidae

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae **Genre**

: *Lactuca* L.

Espèce : *Lactuca sativa* L., 1753

4. Caractéristiques de la laitue

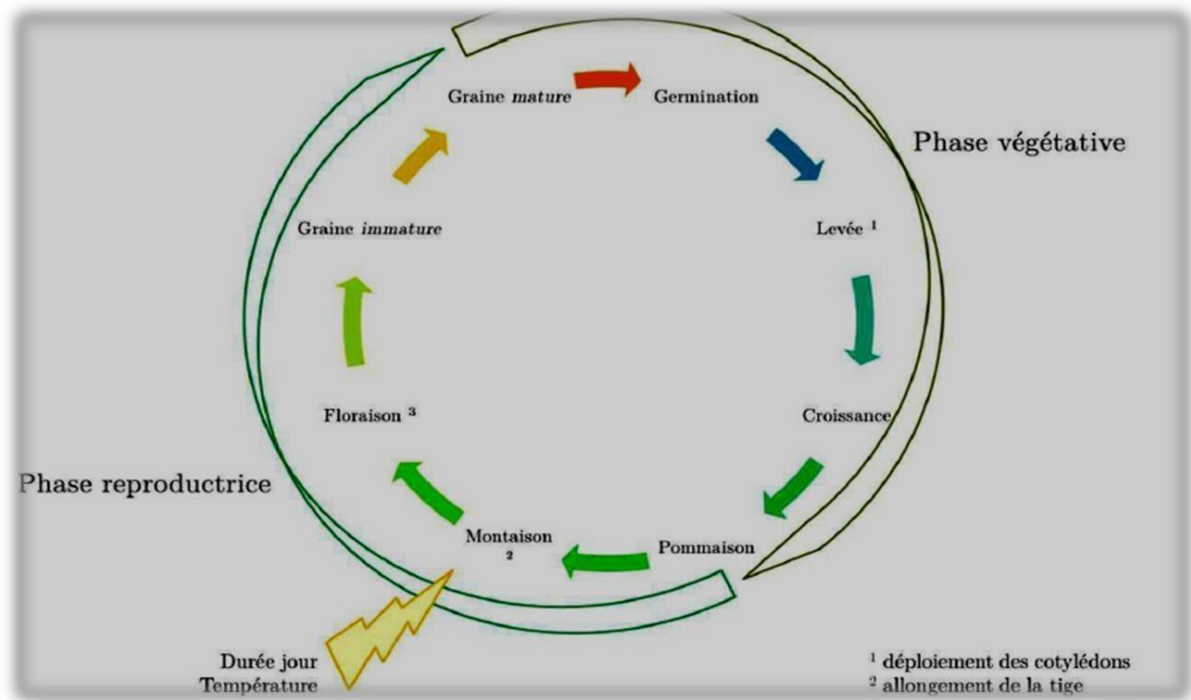


Figure 1 : Cycle de développement de la laitue (Huang et al., 2003)

4.1. Plant

La laitue est une plante annuelle de jours longs à cycle court. Elle développe une rosette de feuilles entières, capable ou non selon le type, de former une pomme. Après la formation de cette dernière, la tige subit une élévation et l'apex évolue en hampe florale dont les feuilles sont larges, allongées, cloquées et imbriquées en plusieurs couches plus ou moins serrées. Les fleurs sont jaunes et réunies en grappes (Lakhdari et al., 2010) de 7 à 35 par capitule, bisexuées. Le système racinaire superficiel. (Grubben et Sukprakarn, 1993).

4.2. Semence

Les semences sont décrites par Lakhdari et al (2010) comme des graines fines, allongées, pointues et aplaties, d'une couleur grise au centre et jaune aux pointes.

Selon G.A.B. et F.R.A.B (2010), Les caractéristiques de la semence sont :

- Nombre de graines par gramme : 800 à 1000 graines.
- Longévité moyenne de la graine : 4 à 6ans.
- Température de germination : 12°C - 15°C.

□ Germination s'effectue 7 à 10 jours selon la température du sol.

La conservation des semences est comprise entre une température de 4°C et 10°C.

Dormance induite au de là de 25°C. Pour une facilité de semis et une meilleure capacité de germination, les graines enrobées (95%) sont préférables par rapport aux graines nues (75%) (**Chalayer al., 1998**).

5. Stades phénologiques de la laitue

La laitue est une plante dont le cycle de croissance est court. Selon la période du semis elle prend de 70 jours au printemps à 53 jours en été pour atteindre la maturité. (I.T.C.M.I., 2010).

La laitue est une plante potagère annuelle à végétation rapide (**Mazoyer, 2002**) avec deux phases : la phase végétative et la phase reproductive. (Figure 01).

5.1. Phase végétative

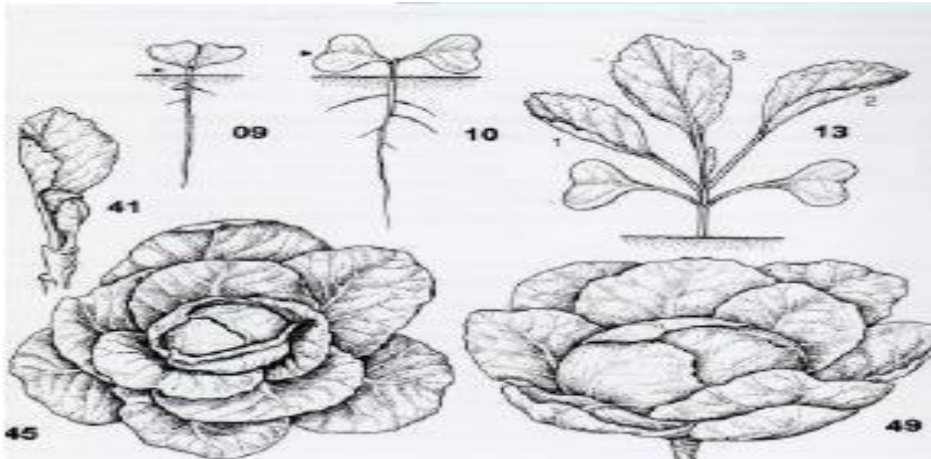
La plante de laitue forme d'abord une rosette de feuilles entières. Puis survient la période de pomaison, au cours de laquelle se différencient les types de laitue. En effet, les feuilles se redressent, s'imbriquent plus ou moins, aboutissant à la formation d'une pomme fermée ou d'un ensemble de feuilles serrées formant un bouquet ouvert (**Pitrat et Foury, 2004**).

5.2. Phase reproductive

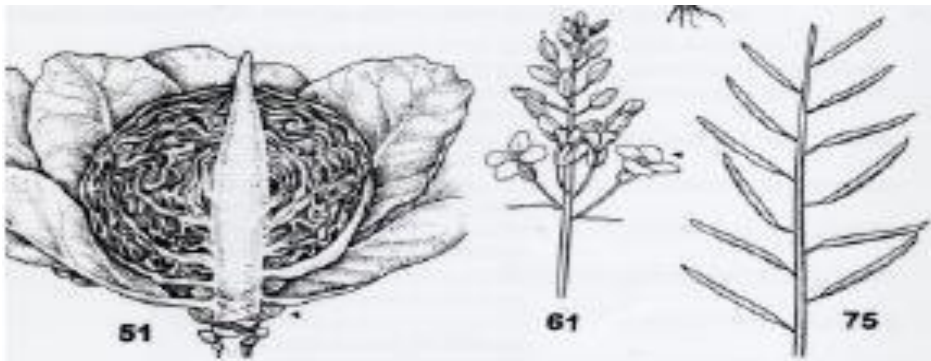
La tige s'allonge et la hampe florale ramifiée en corymbe se développe. Les plantes ont alors 1 m à 1,5 m de haut et portent de nombreux capitules (appelés couramment fleurs).

L'inflorescence ne s'ouvre qu'une fois, le matin après le lever du soleil (**Zorrig, 2011**).

Phase végétative



Phase reproductrice



09 : levée 41 : début de formation des têtes

10 : cotylédons étalés 45 : la tête a atteint 50%
de sa taille finale

13 : 3 feuilles étalées 49 : les têtes ont atteint leur grandeur, forme et dureté typique

51 : la pousse principale à l'intérieur de la tête commence à sortir

61 : début de la floraison 75 : maturation des graines

Figure 2: Schéma des stades phénologiques de la laitue (ITCMI, 2018).

6. Variétés cultivées en Algérie

D'après (I.T.C.M.I., 2010) Les variétés les plus cultivées en Algérie sont groupées comme suit:

- Laitue à couper : laitue blonde et laitue frisée d'Amérique avec un cycle de 40 à 50 jours.
- Laitue pommée : Reine de mai, gotte jaune d'or ; Batavia, merveille des quatre saisons, tête de Nîmes et Divina avec un cycle de 60 à 85jrs.
- Laitue Romaine : Balen, blonde maraîchère avec un cycle de 70 à 135 jrs.

7. Exigences écologiques de la plante

7.1. Climatiques

Un climat printanier est nécessaire au développement de la laitue. Lors de la maturation, les laitues ont besoin d'un climat chaud et sec. (**Collin et Lizot, 2003**).

7.1.1. Température

La laitue est une plante qui se développe dans des conditions de température variant entre 20 à 24 C° au jour, et 7C° à la nuit (**Elattir et Skirdj, 2003**).

Selon Elmhirst (2006), la température de germination devrait se situer entre 15°C et 18°C.

7.1.2. Eclairage

Selon **Elmhirst (2006)**, les optimums de l'éclairage en cours de culture dépendent du stade de développement, de l'intensité de l'éclairage et de la variété, c'est ainsi que :

- Sous éclairage réduit : jours courts et faible intensité lumineuse, des températures diurnes élevées retardent la pommaturation, alors que les températures basses la favorisent.
- Sous éclairage fort : des températures diurnes de l'ordre de 20°C, accélèrent la pommaturation en favorisant le développement en largeur des feuilles

7.1.3. Humidité

Elle est très exigeante en humidité du sol et de l'air (**ITCMI, 2010**).

8. Exigences édaphiques

La laitue a besoin d'oxygène pour mettre en place ses racines : le sol doit donc être aéré, non tassé et non hydromorphe (**Collin et Lizot, 2003**), ayant un pH de 6 à 8, et appréciant la présence de matière organique (**Denard, 2017**), avec une salinité de 3 à 5 mm / hos/ cm1(**ITCMI, 2010**). Selon (**G.A.B. et F.R.A.B., 2009**) les cultures à associer à la laitue sont les : carotte, melon; navet, oignon, et précédents à éviter sont: chou, fève, betterave ...

9. Conduite de la culture

Le semis de cette plante n'est pas difficile, mais requiert une certaine rigueur dans la gestion de l'arrosage et de la température afin d'avoir des résultats corrects (**Denard, 2017**).

9.1. Semis

Le semis se réalise soit en mottes de petite taille (4 cm de côté), soit en plaques alvéolés. Le taux de germination est maximal aux alentours de 20°C, et chute rapidement au delà de 25°C. Les graines nues, moins chères à l'achat, ont un taux de germination de 50 à 70%, alors que les graines enrobées (beaucoup plus faciles à manipuler et utilisables dans une motteuse) ont un taux de germination de 90 à 95% (**Denard, 2017**).

Les semis peuvent se faire durant toute l'année, cependant les semis de mai et juin (risque de montaison en graines des laitues) (**ITCMI, 2018**).

9.2. Plantation

Le stade "03 feuilles" est idéal pour la plantation, mais en présence d'une forte pression de limaces, il est préférable de planter au stade "05 feuilles". Une plantation trop serrée peut entraîner une stagnation d'eau en dessous des laitues, augmentant le risque de maladies telles que le botrytis ou le mildiou (**Denard, 2017**). Selon (**ITCMI, 2018**):

- Distances de plantation : 0,30 à 0,40 m entre lignes et 0,30 m entre plants.
- Densité de plantation : 90 000 – 120 000 plants /
ha.
- Dose / ha : 1 à 1,5 kg.

10. Fertilisation

La fertilisation organique et minérale est complémentaire. Les éléments minéraux apportent à la plante des nutriments rapidement assimilables, et les éléments nutritifs des produits organiques ne deviennent assimilables qu'après solubilisation et transformations chimiques et biochimiques. (**Grasset, 2008**)

10.1. Fertilisation organique

L'utilisation des produits organique (comme le fumier composté) pour fertiliser et / ou amender les sols est particulièrement intéressante du point de vue économique et agronomique (**Gerber et al., 2009**).

Selon (**ITCMI, 2018**) la laitue besoin 20 t /ha de fumier.

10.2. Fertilisation minérale

Il existe 2 types d'engrais minéraux :

10.2.1. Engrais de fond

Ce sont les engrais contenant le potassium et le phosphore et qui doivent être incorporés dans le sol au moins 15 jours avant le semis (**Anonyme, non date in Ben Madani et Belouadah, 2018**)

10.2.2. Engrais de couverture ou d'entretien

Ce sont les engrais contenant l'azote tels que l'urée, sulfate d'ammoniaque, le phosphate mono et biamoniacal (MAP ou DAP) (**Anonyme, 2009**)

Le choix du type d'engrais doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et doit être appliqué après irrigation, par conséquent risque de brûler les racines des plantes. (**C.T.A., 2009**). A savoir que pour le légume feuille (laitue, endive, chicoré) apporter plus d'engrais azotés que phosphatés ou potassés.

Selon (**ITCMI, 2018**), les besoins en engrais de la laitue sont comme suit :

- 30 unités de N/ha.
- 50 unités de P/ha.
- 100 unités de K/ha.

11. Irrigation

La laitue est très exigeante en humidité du sol et de l'air. Un déficit hydrique peut occasionner la formation prématurée de pommes défectueuses et des brûlures marginales.

L'humidité atmosphérique joue également un grand rôle (**ITCMI, 2010**).

La laitue est sensible au stress hydrique, une ou deux irrigations de 25 à 30 mm pourront être mises en œuvre au début de floraison et au stade de remplissage des graines (**Collin et Lizot, 2003**).

Selon (**ITCMI, 2018**), les besoins en eau sont estimés à 4500 m³/ha.

12. Principaux ennemis de la culture de laitue et les moyens de lutte

Plusieurs ravageurs et maladies physiologiques peuvent s'établir dans les champs de laitues.

12.1-Ravageurs

Le tableau suivant dresse la liste des ravageurs prépondérants, et les dégâts de chaque ravageur avec les luttés correspondantes (tableau 1).

Tableau 1 : Principaux ravageurs de la culture de laitue et les moyens de lutte.

Ravageurs	Dégâts	Luttes
<p>Noctuelle défoliatrice des laitues</p>	<p>-Les dégâts dus aux larves des chenilles terricoles</p> <p>- Les très jeunes larves rongent les feuilles, puis s'attaquent rapidement au collet des plantes.</p> <p>Elles s'alimentent la nuit et se dissimulent dans le sol durant le jour. Elles laissent de nombreuses déjections noirâtres.</p> <p>(Beliard, 2003)</p>	<p>-Respecter la rotation des cultures.</p> <p>-Eliminer soigneusement les déchets de cultures qui peuvent abriter des stades hivernants. -Eliminer également les adventices.</p> <p>(Beliard, 2003)</p>
<p>Limaces – escargots</p>	<p>-Par temps humide les feuilles et les jeunes plants peuvent être rapidement dévorées.</p> <p>(Anonyme, 2017)</p>	<p>Ramassage. Appât au phéramol- Pièges.</p> <p>(Anonyme, 2017)</p>
<p>Pucerons des parties aériennes (<i>Nasonovia ribis nigri</i>)</p>	<p>-présent sur les feuilles de laitue de la mise en place des plants à la récolte.</p>	<p>-Eliminer, éventuellement par enfouissement, les résidus de cultures après récolte, pour empêcher la propagation des</p>

	-Peuvent transmettre des maladies virales. (Beliard, 2003).	puçerons aux autres champs de laitue. (Beliard, 2003) -Le traitement chimique contre les puçerons doit se faire avec précaution. (IBGE, 2014)
Puçerons des racines de laitues	-Présence sur les racines de petits insectes couverts d'une poudre blanche peuvent provoquer des dégâts lors d'étés chauds et secs, en cultures de salades de plein champ près de peupliers (hôtes primaires). (Beliard, 2003)	-La pratique de façons culturales superficielles (binages, sarclages, griffages) en été permet de réduire les populations. - L'installation de pièges (sur de petites superficies). (Beliard, 2003)

12.2-Maladie

Les feuilles tendres des laitues sont la cible de nombreuses attaques cette tableau conclu quelque maladie et ces symptômes avec quelque lutte pour protéger la laitue (tableau 2).

Tableau 2 : Principaux maladies de la culture de laitue et les moyens de lutte.

Maladie	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Mildiou des laitues	<p>-La face supérieure des feuilles des taches vert clair à jaune, délimitées par les nervures secondaires. Par la suite, ces lésions deviennent nécrotiques. - A la face inférieure, ces taches sont couvertes par un feutrage blanc, farineux (fructifications du champignon). (Beliard, 2003)</p>	<p>-La plantation trop dense est à éviter. En terre humide, il faut cultiver sur planche surélevée.</p> <p>-Traitement préventif -On applique les fongicides homologués pour le mildiou.</p> <p>(Elmhirst, 2006)</p>
Rhizoctone brun	<p>-Les premiers symptômes se manifestent généralement lorsque les laitues approchent de la maturité.</p> <p>-Des lésions rougeâtres apparaissent sur les nervures des feuilles en contact avec le sol.</p> <p>(Beliard, 2003)</p>	<p>-Respecter la rotation des cultures.</p> <p>-Pratiquer la culture en planches ou sur paillage.</p> <p>- Eviter une humidité trop importante dans les abris.</p> <p>- Eliminer les débris végétaux et les plantes malades.</p> <p>-Désinfecter si nécessaire le sol par solarisation ou en dernier recours à la vapeur.</p> <p>(Beliard, 2003)</p>
Sclerotinia ou Sclérotiniose	<p>- Des pourritures humides avec le développement d'un feutrage blanc où fructifient des sclérotés</p>	<p>-Rotation des cultures. - Les plants atteints sont à arracher.</p>

	(Collin et Lizot ,2003).	<ul style="list-style-type: none"> - Recourir aux fongicides à base de cuivre. -Renouveler le traitement au moins une fois, à deux semaines d'intervalle. (IBGE, 2014)
--	--------------------------	--

13. Récolte et le rendement de la laitue

La récolte de la laitue reste manuelle. Sauf dans le cas d'une production de jeunes pousses, elle est réalisée après 50 jours de culture au moins (Mazoyer, 2002). Le conditionnement classique est de 12 laitues par caisse. Pour limiter le flétrissement des feuilles et pour abaisser leur température on mouille les laitues avec de l'eau froide (Denard, 2017).

14. Consommation

La laitue est une plante annuelle de jours longs à cycle court, consommée à l'état jeune avant la montée en graine (Verolet, 2001). Elle est appréciée par de nombreuses personnes, d'autant plus qu'elle est considérée comme l'un des principaux ingrédients des salades et des fast-foods. Bien qu'elle se consomme sous plusieurs formes, crue, braisée ou encore cuite sous forme de soupe, de nombreux consommateurs la préfèrent crue et fraîche sous forme de salades pour son goût agréable et pour les vertus de ses feuilles vertes (Anonyme, non date in Zatra et Echcherki, 2020).

15. Conclusion

La laitue est un légume très populaire qui est beaucoup consommé et qui constitue une importance économique à travers le monde entier (**Coelho et al, 2005**). Certes, du point de vue nutritionnel, la laitue est riche en vitamines et minéraux. Sa richesse en fibres la rend très digeste en apportant 15 kcal/100 g lorsqu'elle est crue, un peu moins lorsqu'elle est cuite. Elle est également très riche en vitamine B9, vitamine C et B3, mais aussi en potassium, en phosphore, en magnésium et en calcium. Son contenu en calories, protéines, glucides, lipides et fibres (même en faibles quantités) sont autant de caractéristiques appréciées pour la santé. Outre ces composants, la laitue contient, des substances anti oxydantes dont les flavonoïdes, qui suscitent beaucoup d'intérêt en raison de leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. Ils ont des effets antiagrégants plaquettaires, antiviraux, antiallergiques, anti-inflammatoires, anti-tumoraux et des activités anti oxydantes (**Ross et Kasum, 2002**). De ce fait, la laitue représente aliment diététiquement très prisé et vivement recommandée dans les régimes hypocaloriques (**Ramirez, 2005**).



Chapitre II : Détermination des besoins en eau de la culture et pilotage d'irrigation

1. Introduction

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, quelle dose prévoir, comment l'apporter ? Auxquelles il faut pouvoir répondre avec une précision maximale

pour garantir un potentiel de production quantitatif et qualitatif à moindre coût en évitant tout apport d'eau inutile et parfois nuisible (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

Il est nécessaire d'évaluer les besoins en eau d'une culture, afin de déterminer les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la saison de croissance, pour la planification de l'irrigation des cultures, d'utiliser des méthodes dynamiques de bilan hydrique du sol, incluant la météorologie et l'évolution du stade phénologique de la culture, et des mesures directes de l'état hydrique du sol (**Abbi, 2020**).

2. Notions d'évapotranspiration

2.1. Evapotranspiration potentielle (ETP) ou (ET0)

La définition de l'évapotranspiration potentielle est la suivante : c'est «l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue » (**Abbi, 2020**).

2.2. Evapotranspiration maximale (ETM)

L'évapotranspiration maximale correspond à la consommation d'eau maximale d'une culture, en bon état physiologique, en absence de toute restriction dans son alimentation hydrique. Elle dépend le stade phénologique de la culture. Il peut donc évaluer les besoins maximums des plantes avec la relation suivante :

$$\mathbf{ETM = Kc \times ETP}$$

Avec Kc c'est le coefficient cultural (**Abbi, 2020**).

2.3. Evapotranspiration réelle (ETR)

C'est l'évapotranspiration d'une culture donnée dans les conditions réelles où elles se trouvent. Elle se produit dans un sol occupé par une culture lorsque son humidité varie dans le temps en fonction des ressources en eau disponibles (**Abbi, 2020**).

3. Pourquoi déterminer les besoins en eau des cultures?

L'objectif de cette estimation des besoins en eau dans la cadre de notre étude est de prévoir la quantité d'eau globale nécessaire pour toute la période de végétation, qui servira au dimensionnement du réservoir et permettra de connaître la part d'eau drainée récupérée non utilisée par le maraîchage, qui pourrait être alors potabilisée. L'apport optimisé d'eau jour après jour n'est pas envisageable car le suivi régulier de l'évolution des paramètres est impossible à mettre en place pour le moment pour des raisons techniques et organisationnelles. Etant donné

que les conditions climatiques sont relativement stables durant la période de culture en saison sèche (aucune précipitation, température minimal et maximale journalière, humidité relative quasiment constantes,...), la seule modification de la quantité d'eau à apporter pourrait résulter de l'état et de l'avancement des cultures. En effet, une plante au maximum de sa croissance aura besoin de plus d'eau qu'une graine tout juste semée. On envisage donc de calculer la quantité d'eau nécessaire à chaque culture pour chaque phase de son développement afin de déterminer un plan d'arrosage global simplifié pouvant être suivi aisément par la population et permettant une économie d'eau.

Le besoin en eau des cultures dépend de plusieurs paramètres que l'on peut regrouper en trois catégories, chacune représentée par un paramètre global (Anonyme, 2009) :

Tableau 03: Récapitulatif des paramètres dont dépend le calcul des besoins en eau des cultures (Anonyme, 2009).

Paramètres	Composants	Représenté/Synthétise 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	Caractéristique propres au végétal	Le Coefficient de culture(Kc)

3. Comment déterminé les besoins en eau des cultures ?

L'estimation de l'évapotranspiration en vue de la programmation de l'irrigation doit se faire en se fondant sur le calcul de l'évapotranspiration maximale de la culture et (ETm) et de la pluie efficace (Pe), telle que :

$$ETM = Kc \times ET0 \text{ (Habaieb, 2003).}$$

3.1. Besoin en eau d'irrigation

Le besoin d'irrigation, noté (BI) est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes). Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau de la culture et les apports d'eau d'origine naturelle, donné par la formule : $BI = ETc - Pe - Ac - As - LR$ Avec :

BI : besoin d'irrigation (mm),

ETc : évapotranspiration de la culture (mm),

Pe : précipitation efficace (mm), calculée en retirant à la précipitation totale les pertes par ruissellement ou par percolation profonde,

Ac : ascension capillaire (mm), due aux flux ascensionnels à partir des eaux souterraines, AS : variation de la réserve d'eau du sol (mm), différence entre les quantités d'eau disponible dans la zone racinaire au début et à la fin de la saison végétative, LR : fraction de lessivage.

BI étant un besoin net, pour calculer la quantité réelle d'eau à apporter à la culture il faut tenir compte des efficacités de transport, de distribution et d'application de l'eau. Si on considère une efficacité globale, produit entre les 3 efficacités décrites, le besoin brut en eau d'irrigation

(BI_{brut}) est :

BI brut = BI / eff

Où eff : l'efficacité d'irrigation, exprime le rapport adimensionnel entre la hauteur d'eau d'irrigation effectivement requise par la culture et celle qu'on doit prélever à la source. Pour arriver à calculer les besoins d'irrigation il faut connaître d'abord les besoins en eau maximums des cultures (ETm) (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

3.2. 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'ET0 qui est relative à une région par un coefficient cultural, donnée par la formule de base de l'approche climatique :

$ETm = kc \times ET0$

ETm : évapotranspiration maximale d'une culture (mm), kc

: coefficient cultural,

ET0 : évapotranspiration de référence (mm) (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

3.2.1. Choix du coefficient cultural

Il existe une relation entre l'ETM de culture et l'ETP de lieu en effet l'ETP ne dépend que des conditions climatiques alors que l'ETM pour une culture donnée, dépend essentiellement de l'état de croissance de la culture. Autrement dit, par culture et par stade de croissance.

A cet effet, les quatre phases du développement des cultures sont les suivantes :

□ Phase initiale :

C'est la période qui s'étale depuis le semis ou le repiquage jusqu'à ce que la culture couvre environ 10% de la surface du sol. Le coefficient est fixé pour toute la période et s'appelle K_c min.

□ Phase de développement

Cette période commence à la fin de la phase initiale et se termine quand la couverture totale du sol est réalisée ; C'est-à-dire quand 70% à 80 % de la surface est ombragée par la culture.

□ Phase de mi- saison ou pleine végétation

Cette période commence à la fin de la phase de développement et s'achève à la maturation ; elle comprend la floraison et la formation des grains. Le coefficient cultural est constant pendant toute cette période et dénommé kC max.

□ Phase d'arrière-saison ou de maturation :

Depuis la fin de la mi- saison jusqu'à maturation complète ou récolte ; elle comprend le mûrissement (Abbi, 2020).

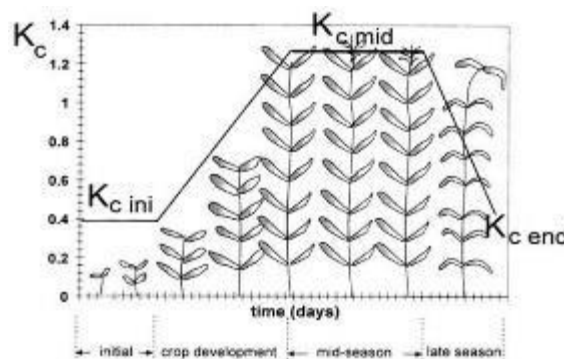


Figure 3 : Courbe des coefficients culturaux et définition des phases (Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006).

3.2.2 Méthodes d'estimation de l'ET0

L'ET0 est considérée comme une donnée climatique, ne dépend que des conditions atmosphériques, de l'énergie disponible à la surface évaporante et la résistance aérodynamique de couvert végétal. Ils existent des méthodes expérimentales pour la mesure directe de l'ET0, basées sur le bilan hydrique, le bilan d'énergie et la méthode lysimétrique. Devant la difficulté

de la mise en place de ces dispositifs, différentes formules avec des degrés d'empirisme variables ont été développées depuis ces 50 dernières années pour estimer indirectement cette grandeur à partir de données climatiques. Elles sont classées en 4 groupes selon les paramètres utilisés, parmi ces formules on peut citer :

- Les formules combinées :

- de Penman originale (1963),

- de FAO Penman-Monteith (1994).

- Les formules basées sur la température :

- Blaney-Criddle (1950),

- Turc,

- Jensen-Haise,

- Hargreaves,

- Thornwaite.

- Les formules basées sur la radiation :

- FAO-Radiation,

- Christiansen - Hargreaves (1969), - Christiansen - Samani (1985).

- Les formules basées sur l'humidité relative de l'air :

- d'Ivanov (1954),

- d'Eagleman (1967), - FAO Class A (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

4. Détermination des besoins en eau des cultures sous serre

Les besoins en eau des cultures sous serre varient, bien évidemment, de ceux en plein champ. Ils dépendent plus particulièrement de l'importance du rayonnement parvenant au niveau de la culture, et des caractéristiques optiques de transmission du matériau de couverture, qui modifieront essentiellement les échanges de chaleur et de vapeur avec l'atmosphère. L'importance de ces échanges dépendra également des apports énergétiques représentés par le chauffage et de la fréquence du renouvellement de l'air à l'intérieur de la serre ainsi que de la ventilation à l'extérieur. Mais la méthode de calcul des besoins en eau reste la même.

$ET_{ms} = ET_{0s} \times kc$ ET_{ms} : besoins en eau max. des cultures (mm),

ET_{0s} : évapotranspiration potentielle sous serre (mm), kc :

coefficient cultural sous serre.

Les besoins en eau d'irrigation sous serres sont : $BI_{serre} = ET_{ms}$ (pluie = 0).

Les besoins en eau des cultures sous serre peuvent être approchés également par une corrélation qui a été établie par Menier et al en 1970 (cité par Boussaid et Kaced, 1996) liant l'évapotranspiration max. sous serre et celle en conditions naturelles.

$ET_{ms} = 0,56 ET_m + 0,7$

Ces mêmes collaborateurs ont établi une autre relation entre l' ET_{ms} et le rayonnement global hors serre (G) :

$$ET_{ms} = 0,44 G - 0,35 \text{ (Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006).}$$

4.1. Modèles de détermination de l'évapotranspiration sous serre (ET_{0s})

Il existe plusieurs formules pour approcher l'évapotranspiration sous serre, dont :

□ formule de De Villele (1970)

Donnée par la relation suivante : $ET_{0s} = 0,67 \times G_s - 0,2$ Avec

:

ET_{0s} : évapotranspiration sous serre (mm/j),

G_s : rayonnement global sous serre (cal/cm²/j) et obtenu par :

$$G_s = G \times t$$

G : rayonnement global estimé (cal/cm²/j), t : coefficient de transmission de la couverture de la serre.

Selon De Villele, dans la région méditerranéenne t est égal à : - 60 à 65 % en cas d'une serre plastique en PVC armé, - 80 % en cas d'une serre plastique en polyéthylène,

- 65 % en cas d'une serre plastique en polyéthylène double, - 75 % en cas d'une serre en verre. L'estimation du rayonnement global se fait à partir de l'équation :

$$G = G^\circ \times (0,62 i + 0,17)$$

G : rayonnement global estimé (cal/cm²/j),

G° : rayonnement global aux confins de l'atmosphère (cal/cm²/j), i : fraction d'insolation relative.

□ Modèle de Bouchet

Qui estime l'ET₀ serre à partir de deux mesures : température et évaporation. $ET_{0s} = a \times k \times ev$
a : coefficient dépendant du type d'abri météorologique, k : coefficient dépendant de la température moyenne journalière (° C), ev : évaporation de la décade considérée (mm/j).

Pour le calcul de l'évapotranspiration sous serre dans la wilaya de Tipaza nous avons préféré d'utiliser la formule de De Villele qui a été déterminé d'après les travaux de ce dernier dans de nombreux pays méditerranéens particulièrement en Tunisie (Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006).

5. 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 (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

6. 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 (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

Les décisions apprendre pour conduire les irrigations sont :

6.1. 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 (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

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

Lorsque les besoins en eau des cultures tout au long de leur phase de croissance sont connus, il reste à estimer les quantités d'eau d'irrigation à fournir au niveau de la parcelle.

Pour ce faire, il est nécessaire d'en connaître les données pédologiques.

Celles-ci permettront de déterminer la capacité de stockage de l'eau dans le sol et par-là même de déterminer la dose d'irrigation à appliquer selon une fréquence définie par l'agriculteur de façon à couvrir les besoins en eau des cultures.

Les paramètres nécessaires sont les suivants:

- Le type de sol;

- La teneur en eau utile (EU) ;
- La profondeur d'enracinement (Zr) ;
- La vitesse maximale d'infiltration de l'eau dans le sol (Ksat) ; - Le pourcentage de tarissement initial du sol (q initiale).

Quantité totale (m³) = B (m³/ha) * Surface de la parcelle irriguée (ha) (**Anonyme, 2003**).

6.3. 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 (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

7. Outils de mode d'irrigation

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 (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

Certaines méthodes constituent des outils d'aide à la décision pour programmer l'irrigation «quand doit-on irriguer ?», et d'autres vont jusqu'à calculer le volume d'eau nécessaire par apport comme le logiciel de FAO « Cropwat » (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).

8. Conclusion

L'estimation des besoins en eau d'une façon simple, réaliste et la plus précise possible, permet d'assurer un optimum de consommation en eau pour une production de qualité et une bonne rentabilité. Dans un contexte de valorisation des ressources en eau dans un climat donné permet d'ajuster au mieux les besoins dans le temps. Elles supposent une bonne connaissance des données à la fois climatiques, pédologiques et biologiques, et parfois même un suivi de certains paramètres durant la période de culture (**Anonyme, 2009**).

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 (**Ammar Boudjellal et Bammoun, 2006**).



Chapitre III :

**Présentation de la
wilaya de Biskra**

Introduction

La porte du désert, la capitale des Zibans, la wilaya de Biskra est située au Sud-est de l'Algérie, dans la partie Est du Sahara septentrional, elle constitue la transition entre les domaines Atlasiques plissés du nord et les étendues plates et désertiques du sud (Merebti, 2016).

1. Situation géographique

La wilaya de Biskra est localisée au sud-est Algérien (Haddad, 2011) occupe une superficie de 21.671.2 Km² avec une densité de l'ordre de 30 Hab / km² (Sedrati, 2011), Limitée par les Wilayas suivantes (Figure 1) :

- La wilaya de Batna au Nord
- La wilaya de M'Sila au Nord-Ouest
- La wilaya de Djelfa au sud-Est
- La wilaya d'Ouargla au sud
- La wilaya d'El-oued au Sud-Est
- La wilaya de Khenchela au Nord-est (Haddad, 2011).

Elle se localise entre les coordonnées Lambert avec une altitude de 34,48 (N) et une longitude de 05,44 E (Haddad, 2011), Son altitude varie entre 29 et 1600 mètres par rapport au niveau de la mer (Merebti, 2016).

La wilaya de Biskra est située donc à l'Est de pays et au Sud des Aurès. Elle s'étend jusqu'à la zone du Chott Melghir au Sud-Est et jusqu'à l'Erg oriental au Sud-Ouest (Sedrati, 2011).

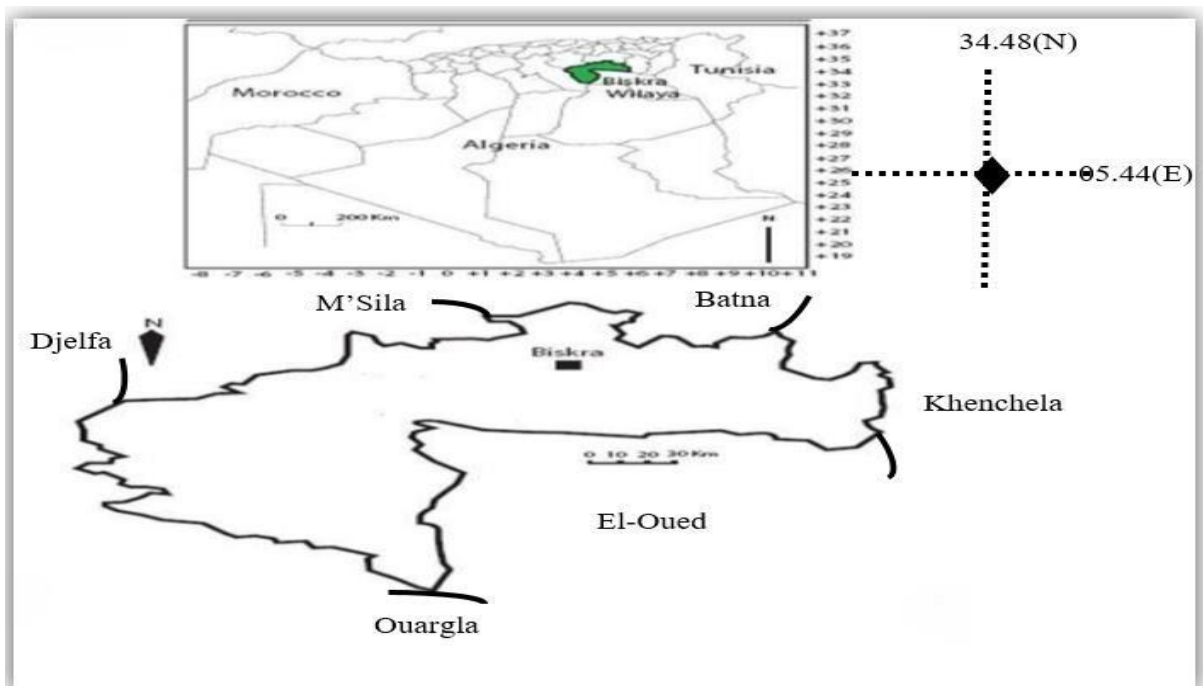


Figure 4: Position et situation géographique de la zone d'étude (Merabti, 2016)

2. Relief

D'après A.N.A.T, (2003), la région de Biskra est une zone de transition du point de vue morphologique et bioclimatique. Le nord de cette région est caractérisé par un relief assez élevé et accidenté, alors que, le sud est dominé par des plateaux et des plaines (figure 2).

D'une façon générale, ce relief peut être réparti en 4 grandes zones :

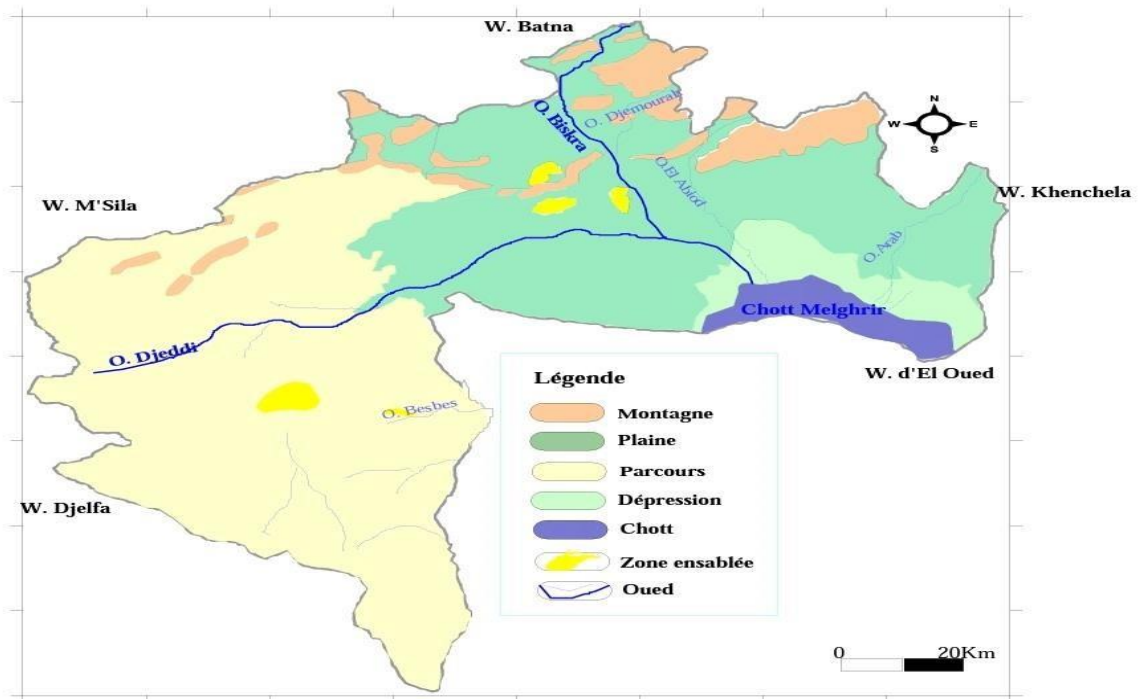


Figure 5 : Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).

2.1. Les montagnes

Ne présentent que 13% de la surface totale, se situées en majorité au nord de la wilaya, elles présentent un relief escarpé, la roche mère affleurant est lacérée de ravins très profonds, entretenus par l'érosion hydrique accélérée. Les monts qui s'apparaissent par les deux versants sud se tournent vers la plaine de Biskra, avec moins de couvert végétal que le versant nord qui présente une formation forestière se rattachant à celle de la forêt des Aurès. Cette chaîne montagneuse est constituée des monts d'El Gaid, Hamara, Guessoum (1087 m), Rabba (721m), Kara, Bourezale, M'lili (1496m), Houja (1070m), Ahmar khedou et Tekiout (1942m) (Anonyme, 2005).

2.2. Les plaines

Elles s'étendent sur l'axe d'EL-Outaya à Doucen et couvrent la quasi-totalité des Daïra d'ElOutaya, Sidi Okba, Zribet El-Oued et la commune de Doucen, elles ne présentent que 28% de la surface (Mrabti, 2016).

2.3. Les plateaux

Plateau de Ouled Djellal et Sidi Khaled ; ils présentent 50% se sont de vastes étendues planes ou faiblement accidentées, situées en hauteur et se localisent dans le côté Sud-Ouest de la Wilaya de Biskra (**Haddad, 2011**).

2.4. Les dépressions

Situées au sud-est, soit 09% de la surface, ce sont des vastes étendues lisses qui occupent des couches minces des eaux qui constituent ce qu'on appelle les Sebkhha ou Chott comme Chott Melghigh (-33 m), qui représente la principale collecte naturelle des eaux superficielle dans la région (**Anonyme, 2005**).

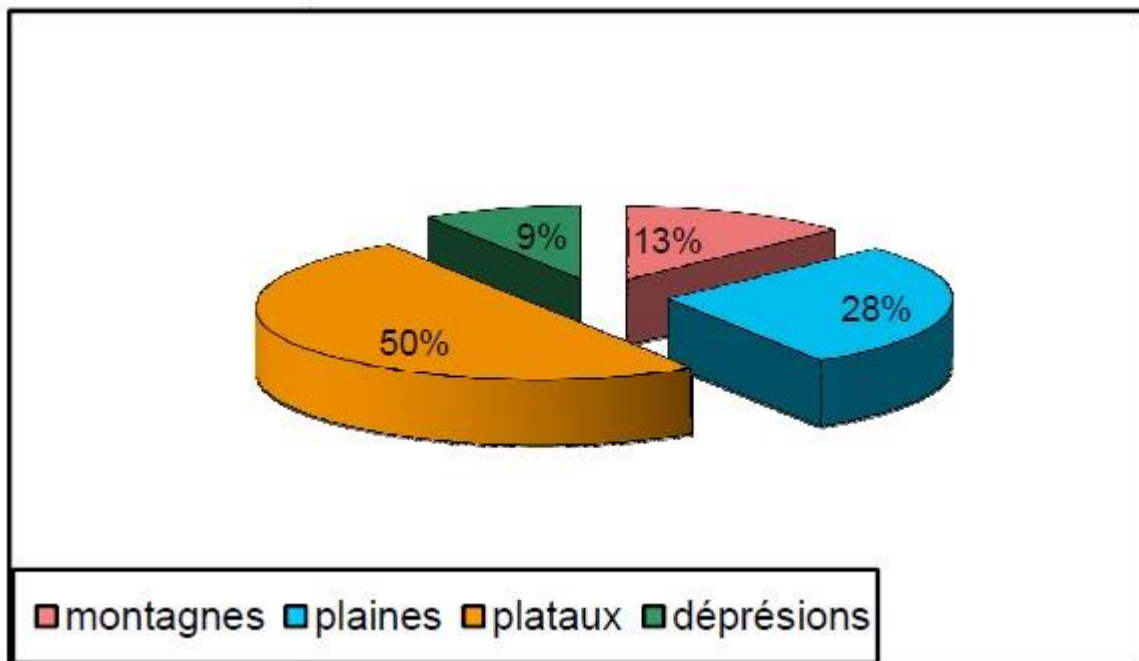


Figure 6 : Présentation des reliefs dans la wilaya de Biskra (**Anonyme, 2005**).

3. Hydrogéologie

D'après (**Gouskov, 1964**), L'hydrogéologie de la région de Biskra est caractérisée par la présence des quatre nappes principales :

3.1. La nappe phréatique quaternaire

Localisé généralement dans les accumulations alluvionnaires, le substratum est formé par une succession plus ou moins épaisse des passés argileux, les plus importants sont celles d'Oued Biskra et Oued Djedi (**Gouskov, 1964**).

3.2. La nappe des sables du miopliocène

Elle est située dans la partie Sud-est de la wilaya, la litho stratigraphie est mal connue, l'alternance de couche d'argiles imperméables et de sable et cailloutis favorise la formation de quelques horizons aquifères dans les terrains appartenant au tertiaire et quaternaire. Il est possible que l'alimentation de la nappe se fasse à partir des zones d'affleurement du miopliocène à la faveur des pluies exceptionnelles (**Gouskov, 1964**).

3.3. La nappe des calcaires de l'éocène et de sénonien

Le réservoir de cette nappe est constitué essentiellement de calcaire de l'éocène inférieur et du sénonien supérieur. Elle est localisée dans des zones différentes : la première est située à l'Oued de Doucen et Ouled Djatal et la seconde au nord de Tolga ; cette nappe est surexploitée, elle devient de plus en plus profonde et saumâtre. (**Gouskov, 1964**).

3.4. La nappe profonde du continental inter-calcaire

Dite aussi « Albiennaise », elle est située à 1500 m de profondeur correspond à un complexe continental en grande partie gréseux dont les limites stratigraphiques varient selon les régions (**Gouskov, 1964**).

4. Hydrographie

L'ensemble des Oueds (**figure 4**) parcourent la région fait partie du grand bassin versant Saharien du chott Melghir :

- L'Oued Djeddi (l'oued le plus important du bassin), présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 9130 Km² ; il constitue un collecteur des eaux de ruissellement d'une superficie importante du flanc Sud de l'Atlas Saharien.
- L'Oued Biskra, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluent qui collectent les eaux de ruissellement du Sud-Ouest de l'Aurès. Cet Oued a formé une vallée alluviale qui recèle une importante nappe d'inférox-actuellement exploitée.
- L'Oued El Arab prend sa source des monts qui constituent la partie Orientale des Aurès et se jette dans la zone dépressionnaire du chott Melghir (**Sedrati, 2011**).

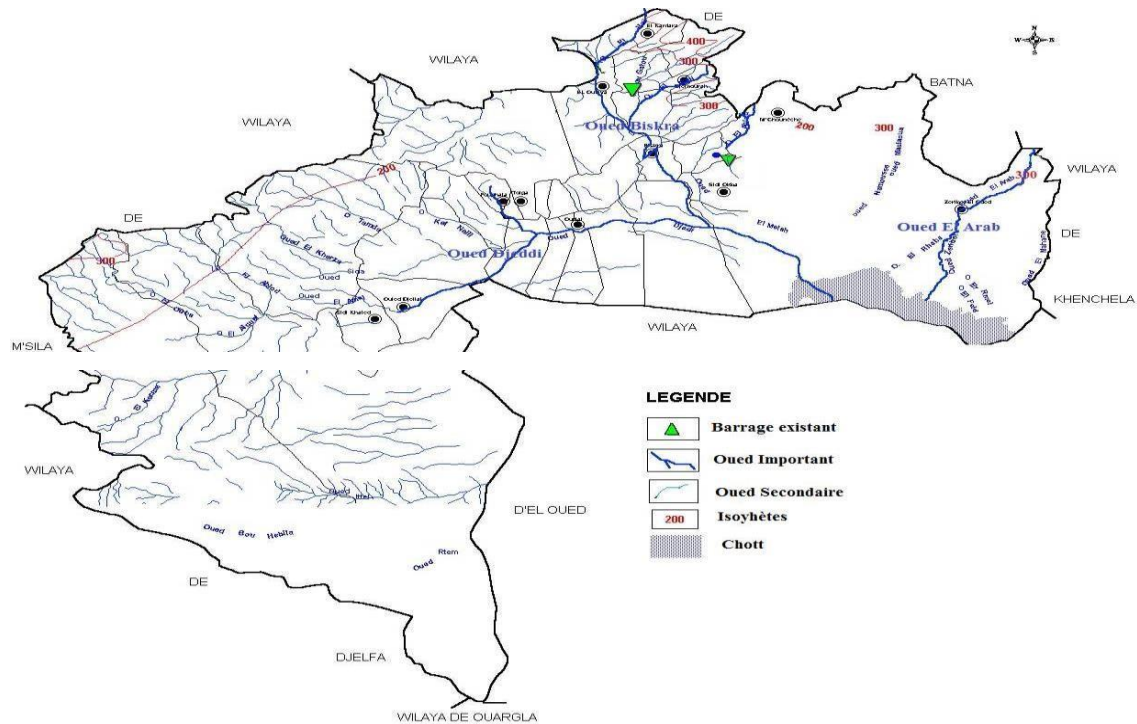


Figure 7 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra (Merzougui, 2019). Tableau 4 : Ressources hydraulique de la wilaya de Biskra (km2) (Merzougui, 2019)

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

5. Climatologie

La région de Biskra est caractérisée par un climat aride, avec des hivers froids et secs et des étés chauds et secs. La période la plus long pendant l'année est la période chaude, Près de la moitié de l'année est chaude, de fin avril à fin août. La température moyenne au cours de cette période chaude est de 30.81°C (moyenne sur 40 ans) (Laifa, 2020).

D'après la carte climatique de l'Algérie, la région de Biskra se caractérise par un climat désertique, avec des vents de sable parfois très violents.

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. (Merzougui, 2019).

5.1. Précipitations

La pluviométrie est un élément primordial dans l'analyse du climat. Selon Sapin (1977), les récoltes sont dépendantes de son importance et sa répartition dans l'année. Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares et les lacs temporaires, et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (Ramade, 2003).

La région des Ziban se caractérise par de très faibles précipitations et d'une manière irrégulière. Elles ne dépassent généralement pas les 200 mm par an.

D'après les valeurs de la pluviométrie moyenne mensuelles présentées dans le tableau 2. On remarque que les précipitations sont très faibles et irrégulières. La moyenne annuelle relevée pendant 10 ans (2009 – 2020) est de 103.8 mm avec une moyenne mensuelle de 8.65 mm.

La pluviosité moyenne la plus élevée est enregistrée durant le mois d'avril avec 24.88 mm et la plus faible au mois de juillet (0.68 mm)

Tableau 5 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la région de Biskra durant la période 2009-2020 (Source : Tutiempo (2021))

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
P (mm)	5.6	2.01	12.76	24.88	15.44	2.68	0.68	2.11	18.05	9.83	6.16	4.07	103.8

5.2. Températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Considérons le développement du végétal ; les facteurs énergétiques, lumière et température, vont déterminer la croissance et l'apparition des nouveaux organes (Henin, 1967).

Les données thermiques calculées sur une période de 10 ans (2009 – 2020) sont consignées dans le tableau 3. D'après les données enregistrées on remarque que les écarts thermiques sont importants en hiver et en été.

Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période 2009-2020 (Source : Tutiempo (2021))

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
T° min	7.3	8.33	11.34	15.64	19.59	25.64	28.59	28.41	23.78	18.25	12.14	8.81	17.31

T° max	17.47	20.17	22.95	27.21	32.09	38.56	41.2	40.8	33.02	28.96	22.37	19.04	28.65
T° moy	12.23	14.17	17.34	21.67	28.30	30.11	35.18	34.81	31.09	23.45	15.54	13.72	23.13

T° max : Températures moyennes mensuelle des maximas,

T° min : Températures moyennes mensuelle des minimas, **T°**

moy : Températures moyennes mensuelles.

Le tableau 3, résume les températures moyennes mensuelles durant la période de 10 ans entre (2009 à 2020). La région de Biskra se caractérise par une forte température dont la moyenne annuelle est de 23.13°C avec une forte variation saisonnière enregistrés entre le mois le plus chaud 35.18 °C en juillet et le mois le plus froid 12.23°C en janvier.

Pour les températures moyennes maximales mensuelles, on remarque qu'elles sont plus faibles durant les mois de janvier et décembre avec des températures moyennes de 17.47°C et 19.04°C successivement. Par contre, le mois le plus chaud de l'année est juillet, où elle atteint 41,2 °C (Tableau 3).

Concernant les températures moyennes minimales mensuelles de la période de 10 ans (2009 à 2020), on constate qu'elles sont plus basses durant le mois de janvier 7.3°C. En été, les températures moyennes minimales mensuelles sont plus élevées, durant le mois de juillet avec 28.59 °C (Tableau3).

5.3. Vents

Les vents ont une conséquence importante sur les phénomènes d'évaporation, de précipitation et a un degré moindre sur les températures. Les vents sont relativement fréquents au printemps et en été, et durant la période des températures maximales arrivent des Siroccos Sud-est (Bouchemal, 2017).

Dans les régions arides les vents ont joué et jouent un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, dans la dégradation de la végétation et la destruction des sols (Halitim, 1988). La vitesse de vent est très forte dans le mois de juin 15.8 Km /h, et très faible dans les mois Aout et Septembre de avec une vitesse moyenne de 11.56 km/h dans la période de (2009-2020), (Tableau 4).

Tableau 7 : Vitesse moyenne mensuelle des vents pour la période (2009 à 2020). (Source : Tutiempo (2021))

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vent (Km/h)	15.4	22.8	14.43	13.8	15.53	15.8	13.3	11.56	11.56	12.36	13.1	12.5

5.4. Humidité relative

Se situant aux ports du Sahara, la région de Biskra est considérée comme une zone aride, qui caractérisé par un climat sec et chaud, il est cependant tout à fait normal de constater des pourcentages d'humidités moins importants (Bouchemal, 2017).

D'après les données de site Tutiempo(2020) l'humidité relative mensuelle moyenne est à son minimum le mois de juin avec une humidité relative moyenne de 23,69 %, et elle est à son maximum le mois de janvier avec une humidité relative moyenne de 53.5 %, le tableau 5, Pour la période (2009-2020).

Tableau 8 : Taux d'humidité relative moyenne durant la période (2009-2020) (Source : Tutiempo (2021))

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Hr(%)	53.5	40.26	42.7	41.77	33.21	23.69	25.13	28.37	41.2	41.65	50.06	52.99

6. La synthèse climatique

De nombreux indices climatiques sont proposés. Les plus courants sont basés essentiellement sur la pluie et la température. C'est le cas de l'indice xérothermique de Bagnouls et Gausson (1953) et du quotient pluviothermique d'Emberger (Emberger, 1955 ; Sauvage, 1963) qui sont les plus utilisés. A ce propos, nous avons déterminé l'indice de l'aridité, le diagramme ombrothermique de Gausson et le climagramme d'Emberger (Merabti, 2016).

6.1. L'indice de l'aridité (Ia)

La formule de cet indice est donnée comme suite :

$$Ia = P/T + 10 \quad (P : \text{précipitations totales annuelles en (mm)}, T : \text{température annuelle moyenne en } (^\circ\text{C}), 10 : \text{chiffre ajouté afin de ne pas avoir un indice négatif}).$$

Le classement des régions s'effectue selon les limites suivantes :

- Climat aride : $Ia < 10$.
- Climat semi -aride : $10 < Ia < 20$.
- Climat Sub -humide : $25 < Ia < 35$.
- Climat humide : $Ia > 35$.

6.2. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Ce diagramme ombrothermique a été réalisé avec les données climatiques relevées durant de la période (2009-2020).

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (1957) est une représentation graphique où sont portés en abscisse les mois, et en ordonnées à droite les précipitations (P) et à gauche les températures (T), selon la formule $P = 2T$. Gausсен considère que l'intersection des deux courbes (P et T) permet de définir, la saison sèche ($P \text{ mm} < 2T \text{ }^\circ\text{C}$), et la période humide ($P \text{ mm} > 2T \text{ }^\circ\text{C}$) (Dajoz, 1971).

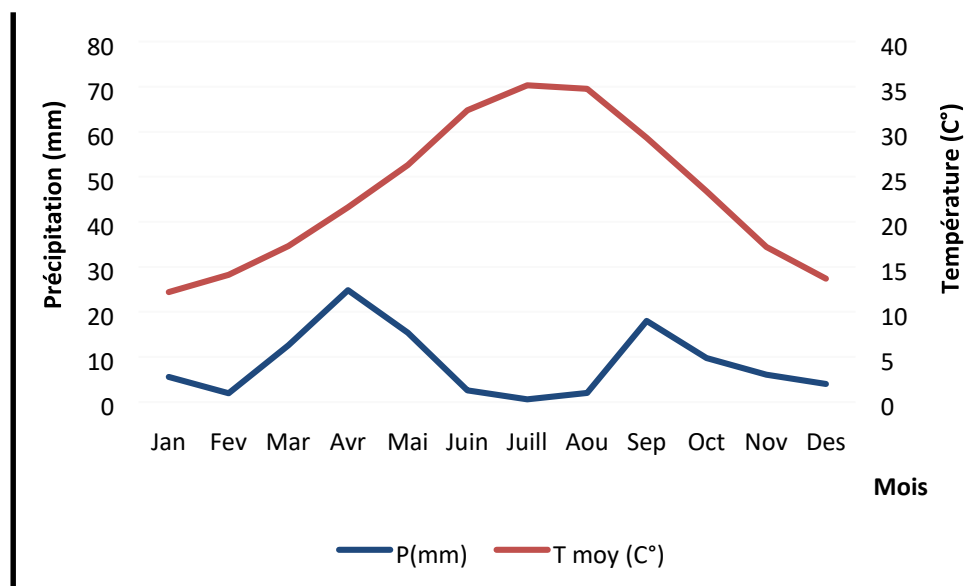


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de Gausсен pour la période (2009 à 2020).

L'analyse de diagramme ombrothermique de Gausсен dans notre cas sur les données de 10 ans, montre que la région de Biskra a subi une période sèche étal sur toute l'année ; de mois de Janvier jusqu'au mois de décembre (Figure 5).

6.3. Climagramme d'Emberger

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de Biskra, nous avons calculé le quotient pluviométrique d'Emberger (Q) avec des données climatiques calculées durant la période 1984 - 2009.

Selon la formule établie par Stewart (1969), le quotient pluviométrique de la région méditerranéenne est exprimé par la formule suivante :

$$Q = 3,43 \frac{P}{M - m}$$

Q : quotient pluviométrique

P : pluviométrie annuelle (mm)

M : moyenne maximale du mois le plus chaud (°C) **m**

: moyenne minimale du mois le plus froid (°C)

D'après les données climatiques de Biskra (2009 à 2020) nous avons :

$$P = 103.8 \text{ mm.}$$

$$M = 41.2 \text{ C}^\circ.$$

$$m = 7.3 \text{ C}^\circ.$$

$$Q2 = 3,43. \quad 103.8$$

$$\text{Donc} \quad : \quad 41.2 - 7.3 \\ = 10.51$$

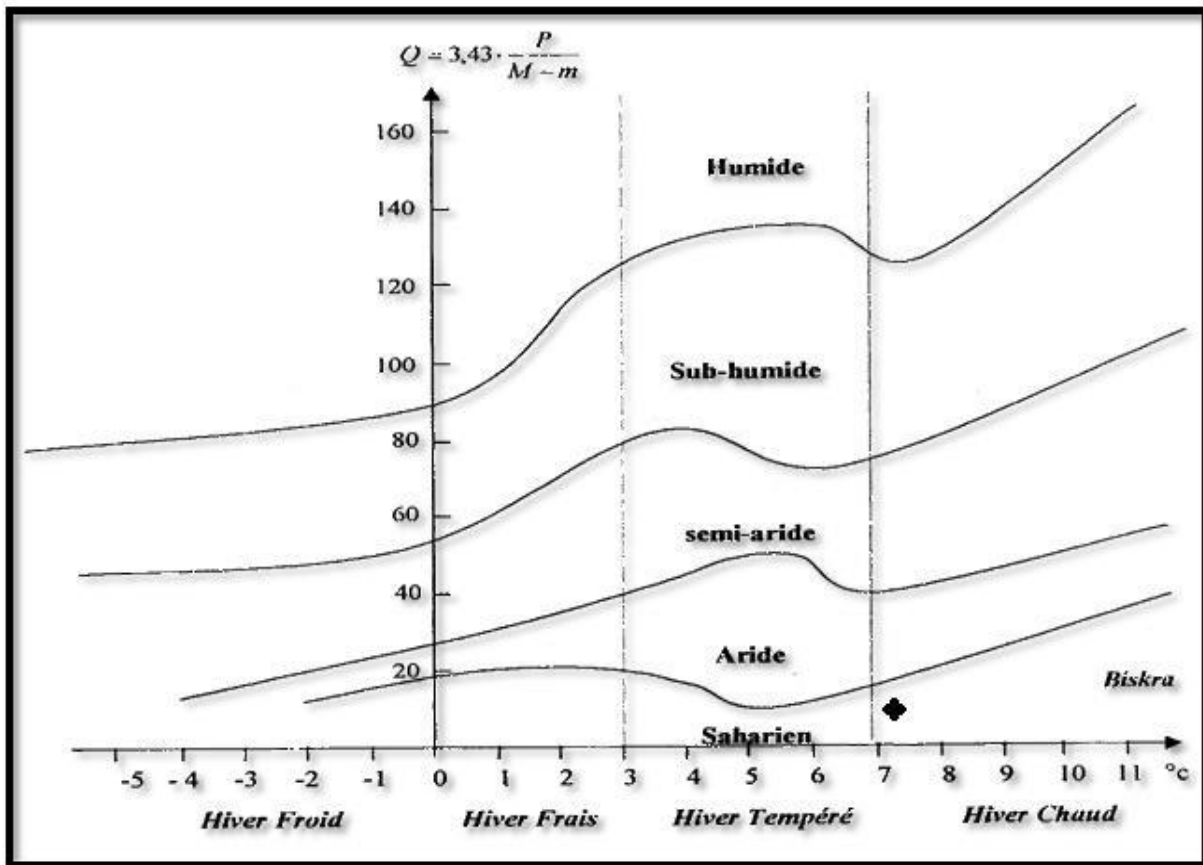


Figure 9 : Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'EMBERGER durant la période (2009 à 2020)

La valeur du quotient pluviométrique $Q2$ égal à 17.51 calculé à partir des données de la période (2009 à 2020). Cette valeur classe la région de Biskra dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud (Figure 6).

7. Type des sols

Les principaux types des sols dans les régions arides selon la classification française effectuée par le (Laboratoire de Géologie Pédologie de Paris, 1967) sont : - Les sols salés

- Les sols calcaires
- Les sols à accumulation de sels.
- Les sols gypseux.
- Les sols gypseux-calcaires (**Haddad, 2011**).

Les sols de la région de Biskra sont inventoriés dans les classes des sols peu évolués, calcimagnésiques et halomorphes. L'étude morpho-analytique montre l'existence de plusieurs types des sols qui ont des traits pédologiques comme la salinisation, apports évolués, remontées capillaires, apports alluvionnaires et colluvionnaires (**Bougherara et Lacaze, 2009**).

(**Khachai, 2001**), a défini plusieurs groupes de sols répartis comme suit :

Les régions Sud sont caractérisées par des accumulations salées, gypseuses et calcaires.

Les régions Est sont définies par des sols alluvionnaires, argileux fertiles et peu fertiles. La plaine située au Nord-Ouest de la région Biskra où les sols argileux-sodiques sont irrigués par les eaux fortement minéralisées qui constituent le caractère de la pédogénèse de cette région.

Les sols qui constituent le territoire de la Wilaya de Biskra sont en général pauvres et peu profonds, ce sont des sols éoliens d'ablation et des sols basiques. Il existe cependant en région Nord des zones où le sol est absent, c'est une zone d'affleurements de la roche mère. Au Sud-est de la Wilaya dans la région des chotts, c'est la zone des sols halomorphes (**Sedrati, 2011**).

8. Végétation

L'étude de la végétation de la zone des oasis de Ziban montre une liaison étroite entre la composition floristique et les conditions du milieu. La végétation y est rare elle comprend d'un part des plants annuelles à croissance rapide qui fleurissent et fructifient après les rares périodes humides, d'autre part des plantes vivaces adoptées à la sécheresse.

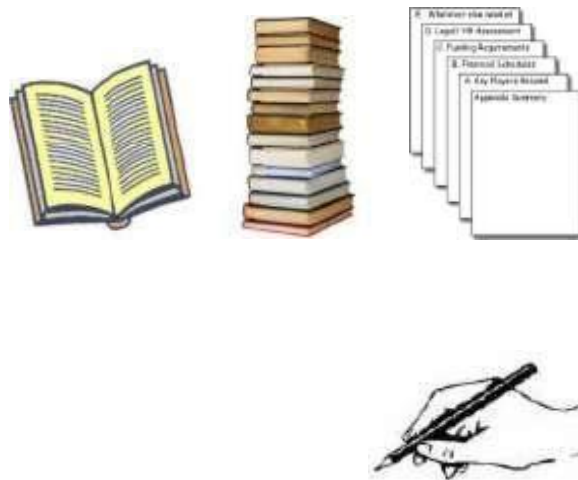
Pour les oasis des Ziban caractérisées principalement par des sols à pédogénèse bien définie ; la végétation résultante de l'interaction sol-végétation permet de signaler la présence des groupements halophiles, psammophiles, gypsophiles et des hygrophiles.

La végétation actuelle est le résultat des interactions de trois facteurs ; climat, sol et action anthropique. Les cultures maraîchères sont pratiquées ; aussi ; comme culture intercalaire.

L'existence des nappes favorise le développement des palmeraies dattier dans de nombreuses Oasis comme ; Tolga, Borge Ben azzouze, Ourlel et Oumech (**Merzougui, 2016**).

9. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation des caractéristiques climatiques de la région de Biskra. Les paramètres climatiques ont permis de situer la région dans un climat aride inférieur ou saharien à hiver chaud, avec une précipitation moyenne annuelle de 129,5 mm et des températures moyennes mensuelles maximales durant les mois de juillet et d'août respectivement de 34,3 °C et 33,9 °C.



Chapitre IV :

Présentation du logiciel « Cropwat »

1. Introduction

Cropwat est un logiciel informatique qui permet de calculer les besoins en eau des cultures et les besoins en irrigation à partir de données climatiques et culturales fournies par l'utilisateur. De plus, le logiciel 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 (Abbi, 2020).

2. Présentation du logiciel (CROPWAT 8.0)

2.1. Définition de CROPWAT

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 (Merzougui, 2016).

2.2. Description du logiciel (CROPWAT 8.0)

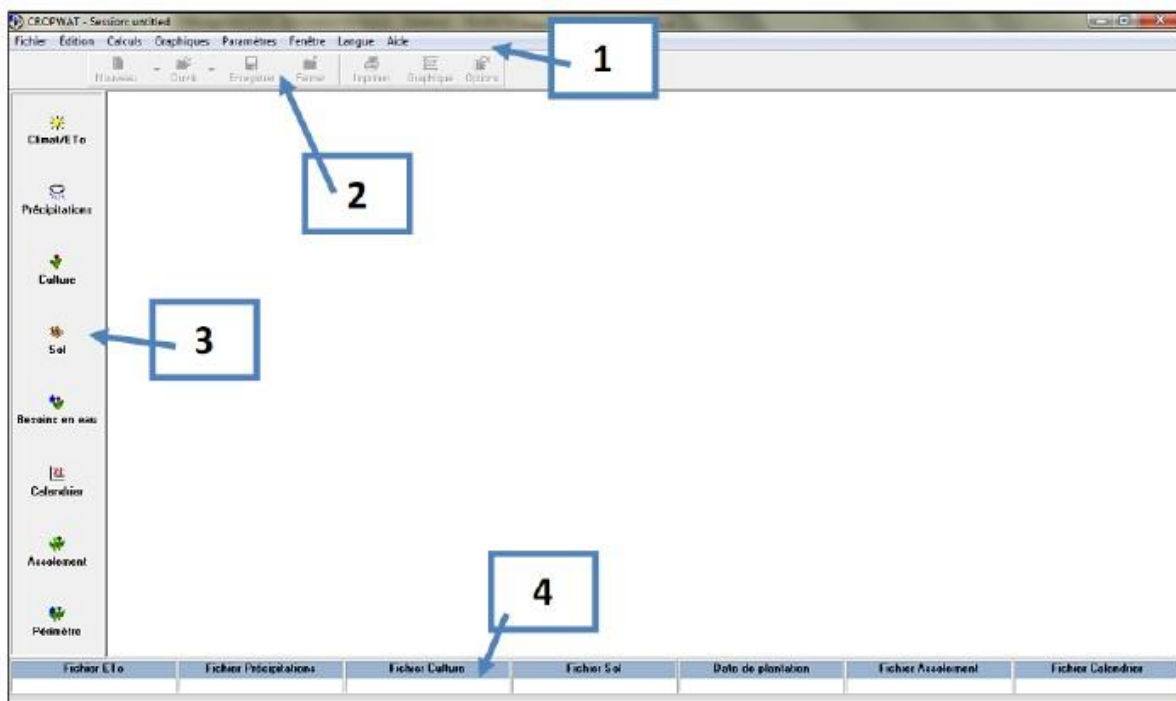


Fig.: Fenêtre principale du logiciel CROPWAT 8.0 (Debauche *et al.*, 2012).

Comme la montre la figure ci-dessus, l'interface du logiciel CROPWAT 8.0 se compose de quatre parties :

- Une barre de menu principal. Noté 1 sur la figure ci-dessus.

- Une barre d'icônes située sous la barre de menu principal. Noté 2 sur la figure ci-dessus. □
Une barre de raccourcis contenant un ensemble d'icônes relatifs aux données nécessaires au calcul des besoins en eau des cultures, à l'établissement du calendrier d'irrigation et au calcul des besoins en eaux des périmètres. Noté 3 sur la figure ci-dessus.
- Une barre de résumé qui indique les noms des fichiers de données sélectionnés. Noté 4 sur la figure ci-dessus (**Debauche et al., 2012**).

2.3. Structure du logicielle :

Le programme Cropwat est organisé en 8 modules différents, dont 5 sont des modules d'entrée et 3 sont des modules de calculs. Ces modules sont accessibles par le menu principal mais plus aisément par la barre «Modules» qui est visible en permanence sur le côté gauche de la fenêtre principale. Ceci permet à l'utilisateur de combiner aisément des données climatiques, culturelles et pédologiques pour le calcul des besoins en eau des cultures, des calendriers d'irrigation et d'approvisionnement du périmètre (**Abbi, 2020**).

2.3.1. Les modules d'entrée de données de Cropwat

- Climat et ETo : pour l'entrée des données ETo mesurées ou des données climatiques qui permettent le calcul de ETo Penman-Monteith.
- Précipitations : pour l'entrée de données précipitations et le calcul des précipitations efficaces.
- Culture (hors riz ou riz) : pour l'entrée de données culturelles et des dates de plantation.
- Sol : pour l'entrée des données sol (seulement nécessaire pour le calendrier d'irrigation).
- Assolement : pour l'entrée de données assolement pour les calculs d'approvisionnement du périmètre (**Abbi, 2020**).

2.3.2. Les modules de calcul de Cropwat

- Besoins en eau : pour calculer le besoins en eau des cultures.
- Calendrier : pour le calcul des calendriers d'irrigation.
- Périmètre : pour le calcul de l'approvisionnement du périmètre basé sur un assolement spécifique (**Abbi, 2020**).

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

3.1. Les données climatiques

Les données climatiques rentrées dans Cropwat, permettent au logiciel de Calculer l'évapotranspiration potentielle. Pour cela, le programme utilise la formule de Penman- Monteith. Cette formule prend en compte la pression de vapeur, les radiations solaires nettes, la température, la vitesse du vent.... (**Abbi, 2020**).

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. 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).

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m²/jour	ETo mm/jour
Janvier							
Février							
Mars							
Avril							
Mai							
Juin							
Juillet							
Août							
Septembre							
Octobre							
Novembre							
Décembre							
Moyenne							

Fig. : Fenêtre d'encodage des données climatiques (Merzougui, 2016).

3.1.2. Traitements des données pluviométriques

Cropwat utilise les données pluviométriques pour calculer les précipitations efficaces. Les précipitations efficaces sont la fraction des précipitations qui contribuent à la satisfaction des besoins en eau des cultures.

Cropwat offre la possibilité d'utiliser plusieurs méthodes pour calculer les précipitations efficaces :

- Pourcentage fixé de précipitations.
- Précipitations probables.
- Équation empirique.
- Méthode Service USDA Conservation des sols.
- Précipitations non considérées pour les calculs d'irrigation (Précipitations efficaces = 0) (Abbi, 2020).

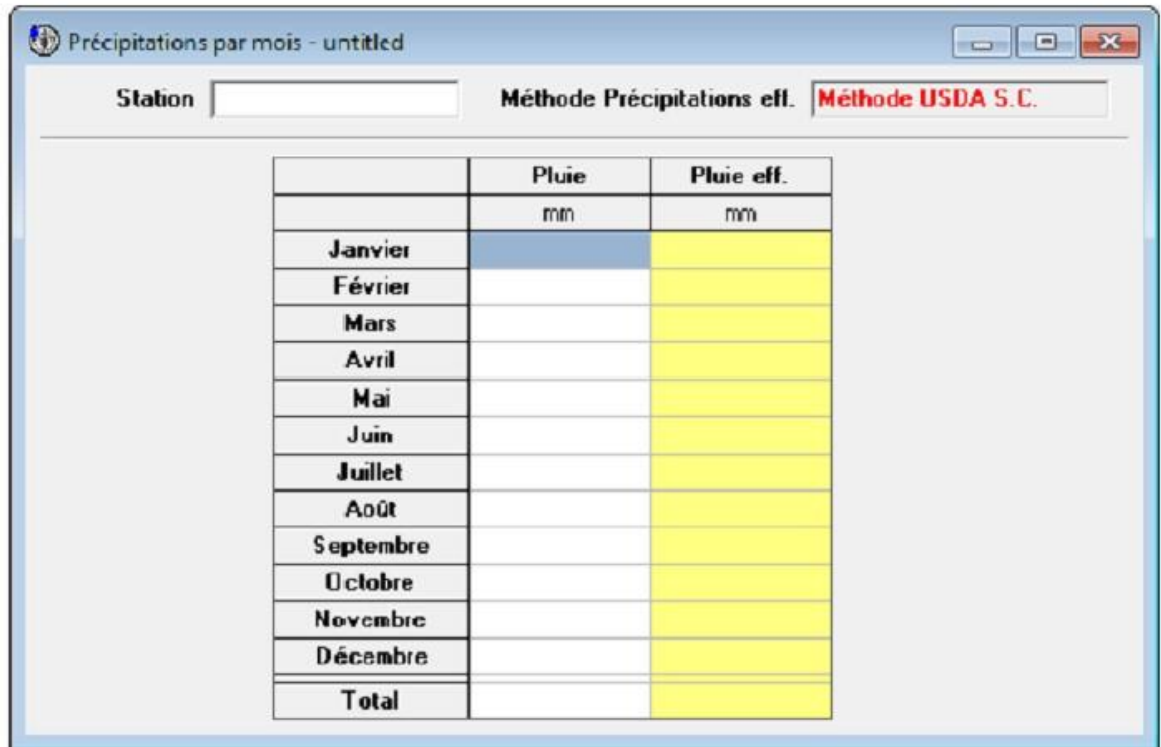


Fig. : Fenêtre d'encodage des données pluviométriques.

3.2. Les données liées au sol

Selon (Debauche et al., 2011), Le logiciel CROPWAT contient un fichier reprenant les données liées du sol.

La fenêtre ci-dessous (figure 23) contient les informations suivantes :

- ✓ Le nom du sol
- ✓ L'eau disponible totale (CC-PF) : c'est-à-dire la teneur en eau entre la capacité au champ et le point de flétrissement exprimée en mm/mètre de sol
- ✓ Le taux d'infiltration maximum de l'eau de pluie.
- ✓ Ce paramètre peut être mesuré par des essais au double anneau sur le terrain. ✓ La profondeur maximum d'enracinement. C'est-à-dire la profondeur où se trouve un horizon de sol imperméable ou la roche mer.
- ✓ Ce paramètre permet de limiter la profondeur racinaire de la culture si la profondeur d'enracinement est inférieure à la profondeur racinaire de la culture.
- ✓ L'épuisement de la teneur en eau initiale (en % de RU (TAM)). L'eau disponible initiale est automatiquement calculée en fonction du % d'épuisement de RU. Ce paramètre permet de commencer la simulation sur un teneur en eau différente de la capacité au champ.

Sol - untitled

Nom du sol

Données générales sur le sol

Eau disponible totale (CC - PF) mm/mètre

Taux d'infiltration maximum de l'eau de pluie mm/jour

Profondeur maximum d'enracinement centimètres

Épuisement de la teneur en eau initiale (en % TAM) %

Eau disponible initiale mm/mètre

Fig. : les données liées au sol (Abbi, 2020).

3.3. Les données liées aux cultures

Culture hors riz - untitled

Culture Date de plantation 16/08 Récolte

Kc Valeurs

Phase (jours)

Profondeur d'enracinement (m)

Épuisement maximum (fraction)

Réponse du rendement (f.)

Hauteur de culture (m)

Fig. : Données culturelles chargées dans le logiciel CROPWAT 8.0

Selon (Debauche et al., 2011) Le logiciel CROPWAT contient un fichier reprenant les caractéristiques cultures et La fenêtre ci-dessus(fig.) contient les informations relatives aux :

- ✓ Nom de la culture, sa date de plantation
- ✓ Valeurs de Kc : c'est à dire les trois valeurs caractéristiques de la courbe de Kc de base.
- ✓ Phase (jours) : les durées des quatre stades de développement. La durée totale de la culture est automatiquement calculée. La date de récolte est également automatiquement calculée en ajoutant le nombre de jour total de la culture à la date de plantation.
- ✓ Profondeur d'enracinement (**Zr**) : ce paramètre permet de calculer la réserve utilisable par la plante RU (TAW).

- ✓ Epuisement maximum (fraction) (**p**) : ce paramètre permet de déterminer la fraction de la réserve utilisable qui est facilement utilisable par la plante. En d'autres termes, $E_{Tr}/E_{tc} = 1$.
- ✓ Réponse en rendement : facteur qui lie la baisse du rendement au déficit d'évapotranspiration
- ✓ La hauteur de culture : permet d'ajuster les K_c mid et K_c end aux conditions locales.

Conclusion

Le Cropwat est un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation, 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. 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.



CONCLUSIONS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANAT, 2003. Etude prospective et de développement de la wilaya de Biskra.

Anonyme, 2009. C.T.A. Les cultures maraîchères, tonne1, produire mieux.

Anonyme, 2017. Site internet:<https://plandejardinjardinbiologique.com/maladiesparasiteslaitue-traitements-bio.html>.

Anonyme, 2021 - Weather. Climate. Africa. Algeria. Biskra. www.Tutiempo.net/en.

Aubert G., 1978. Méthodes d'analyses des sols, Marseille, Editions CRDP, 360 p

Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie. 2ème éd. INRA. Paris, 257 p. **Bationo**

A., Mokwuoyé A.U., 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: with special reference to the sahelian and soudanian zones of West Africa. Fertilizer Research 29: 117-125.

Beliard, 2003. Maladies et ravageurs de la laitue et de la chicorée à salade en AB, fiche ITAB (Institut Technique de l'Agriculture), Biologique, 6P.

Ben Madani R, Belouadah A., 2018. Test de germination dans des conditions de stress salin et caractérisation phénotypique de quelques variétés de la laitue cultivée dans la région de M'sila. Mémoire de mastère, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, Algérie. 27p. **Bessaoud**

O., Pellissier J. P., Rolland J.P., Khechimi W., 2019. Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM. 2019, pp.82. fihal 02137632f

Blancard D., Lot H. et Maisonneuve B., 2003. Maladies des salades - Identifier, connaître et maîtriser. Ed. INRA, Paris, 375p.

Bouchemal F., 2017. Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra. Thèse de doctorat, université Biskra, 179p.

Boukhalfa-Deraoui N., Halilat M Et Mekliche A., 2011. Effet d'un apport de phosphore sur une culture de blé tendre conduite en conditions irriguées. Revue des Bio-Ressources Vol 1 N° 1. Pp 39-46.

Brigitte L., Bernard N., 2012. Fientes de volaille : le sol vivant bio. Chambres d'agriculture. p2.

Brossard G., 2014. Analyse de la filière d'épandage de déchets organique dans le Bas-Rhin. Chambre d'agriculture région alsace. p17.

C.A.M., 2007. Laitue sous abri hors sol. Fiche Tec. Chambre d'Agriculture Martinique, 2p.

C.T.A., 2009. Les cultures maraîchères, tome 1, produire mieux. Bureau National Inades Formation /Burkina, 110 p.

Cai QY, Mo CH, Wu QT, Zeng QY et Katsoyiannis A., 2007. Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts. Journal of Hazardous Materials, 147(3), 1063-1072.

Chalayer P., Gouze M. Et Lizot J.F., 1998. Les salades d'automne-hiver sousabri froid, conduite en agriculture biologique, Laitue – Batavia - Feuilles de chêne - Lollo. Fiche Tec. GRAB-ITAB, 4p.

Chéla, C., Thibault, E., 2005. Rationalisation de la fertilisation azotée de la laitue en sol organique. Résumé rédigé par Direction de l'innovation scientifique et technologique du MAPAQ. PSIH04-1-27. 2 p.

Christophe B., 2016. Diagnostique de sol en agriculture, réalisation d'une fiche de codification des observations sur le terrain et analyse de plusieurs scénarios de bilan humique, notamment pour des projets de méthanisation. Chambre d'agriculture alsace. p5. **Clément M., et Françoise P., 2003.** Analyse chimique des sols : méthodes choisissés. Éd TEC et DOC. Londre-Paris- New York. 388p.

Collin F, Lizot J.F., 2003. Produire des semences de laitue dans un itinéraire agrobiologique.

Fiche Tec. ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), 4p.

Dajoz R., 1971. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.

Davis R.M., Subbarao K.V., Raid R.N. & Kurtz E.A., 1997. livre: Compendium of lettuce diseases, Edition Unstated, 79 p.

Denard F., 2017. Fiche technique de Production de Plein champ laitue. pp : 2-4. **Dudka**

S. et adriano D.C., 1997. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review. Journal Environmental Quality, 26, 590-602.

Elattir H., Skirdj A. Et Elfadl A., 2003. Transfert de technologie en agriculture, La laitue, l'endive, le topinambour, la verveine, la tomate industrielle. Fiche Tec. Institut Agronomique et Vétérinaire -HASSAN II, Rabat, 4p.

Elmhirst J., 2006. Profil de la culture de la laitue de serre au Canada, CLAPC (Centre de lutte anti parasitaire. Canada), 38p.

ENITA., 2000. Agronomie : des bases aux nouvelles orientations, ENITA de Bordeaux, Ed. Synthèse agricole. 339 p.

Essadaoui M., 2013. Industrie Agroalimentaire, Bulletin édité par l'Institut Marocain de l'Information scientifique et technique IMIST, 25. 34p.

FAO., 2003. Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. 4ème édition. Association internationale de l'industrie des engrais institut mondial du phosphate rabat, 2003. 84p.

FAOSTAT Food and Agriculture Organization, 2004. data base. <http://www.fao.org>2010

Fournet J., 2002. Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique.

Nouvelle édition revue et augmentée. CIRAD, Montpellier-Gondwana Edition, La trinité, 2538p.

GAB/FRAB., 2009. Laitues, Batavias, Lactuca sativa - Astéracées. Fich Tec. n°11, 2p.

(Groupement des Agriculteurs Biologiques/La Fédération Régionale des Agriculteurs Biologiques)

GAB/FRAB., 2010. Laitues, Batavias, *Lactuca sativa* - Astéracées. Fich Tec. n°11, 2p.

(Groupement des Agriculteurs Biologiques/La Fédération Régionale des Agriculteurs Biologiques)

Gadda N., 2013. Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla. Mémoire master académique, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie .20p

Gerber M., Fontaine L. Et Cresson C., 2009. La fertilisation organique en agriculture biologique. Fiche Tec. n°6 Agronomie, 4p.

Gousskov N., 1964. Note explicative de la carte géologique de la région de BISKRA 1/200.000. Service géolo. Alger, 12 p.

Grasset D., 2008. Les engrais organo-minéraux. La lettre de l'UNIFA n°17, Paris, 12p.

Grubben G.J.H. & Sukprakarn S., 1993. *Lactuca sativa* L. In: Siemonsma. Plant Resources of South-East Asia No 8. Vegetables. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, Netherlands, pp. 186–190.

Haddad A., 2011. Contribution à l'étude de la répartition spatiale de la végétation spontanée de la région de Biskra. Thès. Mag. Université de Biskra (Algérie).4p

Halilat M T., 2004. Effect of Potash and Nitrogen Fertilization on Wheat under Saharan Conditions. IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco, 24-28 November, 2004. 16p.

Halitm A., 1988. Les sols des régions arides d'Algérie. Ed, OPU, 361p.

Henin S., 1967. Economie rural, Persee.fr. Volume 74. Numéro 1, pp 37-44. **Huang Z,**

Zhang X, Zheng G, Gutterman Y (2003) Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. J Arid Environ, 55:453- 464.

Huber G. et Schaub C., 2011. La fertilité des sols : L'importance de la matière organique.

Service Environnement-Innovation, Chambre d'agriculture. Bas-Rhin. 42 p. **IBGE,**

2014. LES SALADES. Fiche Tec. (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement), 2-4p

ITA, 1977. Laboratoire du sol : méthode d'analyses physiques et chimiques du sol. 3eme Ed. I.T.A., Mostaganem. 105 p.

ITCMI, 2010. La culture de laitue. Fiche Tec. (Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles) Alger. 5p.

ITCMI, 2018. La culture de laitue. Fiche Tec. (Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles) Alger. 2-3p.

Khechai S., 2001. Contribution à l'étude du comportement hydrophysique des sols du périmètre irrigué de l'ITDAS, dans la plaine de l'Outaya (Biskra). Thès. Mag. Univ. Batna, 178 p.

Labrie M. Et Menard F., 2012. Les jardins laurentiens. Val-Morin. Qc. In http://www.lesjardinslaurentiens.com/laitues_histoire.html.

Lakhdari K., Kherfi Y. Et Boulasse L., 2010. Atlas des semences locales au acclimatées dans les oasis de l'Oued Righ. Centre de recherche scientifique et technique des régions arides. 78p.

Landais., Lhoste P., 1993. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. Cahiers Agricultures 2: 9-25p.

Maltais, A-M., 2007. Conditionnement nutritionnel en serre des transplants de laitues Boston et Iceberg (lactuca sativa l.) cultivés en mottes cubiques. Mémoire de maîtrise. Department de phytologie, Université Laval, Québec, Canada. 69 p

Maltas, A., Oberholzer, H., Charles, R., Bovet, V., & Sinaj, S., 2012. Effet à long terme des engrais organiques sur les propriétés du sol. Recherche Agronomique Suisse, 3(3), 148-155p.

Mazoyer M., 2002. Dictionnaire LAROUSSE AGRICOLE, Institut national agronomique Paris-Grignon (INA P-G), 289p.

Mehaoua M. S., 2014. Abondance saisonnière de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839), bioécologie, comportement et essai de lutte. Thèse de Doctorat. Université de Biskra (Algérie). 109 p.

Michaelsonm J., Price H.J., Ellison J.R., Johnston J.S., 1991. Comparaison of plant DNA contents determined by feulgen microspectrophotometry and laser flow cytometry. *Am J. Bot* 78, p: 183-188.

Mouloubou R., 2015. Développements spectroscopiques pour l'étude de la matière organique du sol dans extraits liquides, avec étude de son impact sur le comportement des métaux application à un sol agricole amendé par du compost. Thèse doctorat, Université Aix Marseille.p17.

Mustin M., 1987. Le composte, gestion de la matière organique. Edit. François Dubusc.

Paris. 954p.**N'Dayegamiye, Adrien., 2007.** La contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la

MO : facteur climatique et régies agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote. In Colloque sur l'azote, CRAAQ-OAQ. Québec. 11 p.

Noomene H., 2011. Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmere irrigue de kalacat landelous en Tunisie : cas d'une parcelle de courge. Thèse master, université Tunisien, p.5-6.

Oustani M., 2016. Influence des fertilisants organiques sur la réactivité physico-chimique et le fonctionnement microbiologique d'un sol sableux non salé et sableux salé en conditions d'irrigation par des eaux chargées en sels. These Doctorat, Universite Kasdi Merbah Ouargla, Algérie,32p.

Pitrat M., Foury C., 2004. Histoires de légumes - Des origines à l'orée du XXI^e siècle Chapitre 12: Laitues (Maisonneuve B.), INRA, Paris, P.410.

Plamondon-Duchesneau L., 2011. Gestion de l'irrigation des laitues romaines (*Lactuca sativa* L.) cultivées en sol organique. Mémoire de maîtrise. Département de phytologie. Université Laval. Québec. Canada, 80 p.

Priac A., 2014. *Lactuca sativa* L. Evaluation éco toxicologique de rejets industriels complexes et de solutions synthétiques. Ecologie, Environnement. Université de Franche Comté, 64P.

Rabefiraisana H. J., 2015. Analyse des paramètres physico-chimiques des sols de kianjasoa, d'ambohitsaina et d'ambatobe. La recherche au service de la gouvernance et du développement humaine durable. Rapport de stage (G/DHD), 20p.

Rahmoune, C., Maalem, S., Kadri, K., & Bennaceur, M., 2008. Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre *Atriplex* en zones semi arides. Revue des régions arides, (21), 924-929

Ramade F., 2003. Eléments d'écologie, écologie fondamentale. DUNOD, Paris. 690 P.

Ramirez J.C., 2015. Développement d'une culture durable de laitue de transformation en sol minéral, Mémoire de maîtrise en Biologie Végétale, Université Laval, Québec. Canada, 90p.
Razi S., 2017. Etude éco-biologique des thrips de la région de Biskra. Thèse de doctorat d'état, université Biskra, 145p.

Ross J.A. & Kasum C.M., 2002. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects and safety. Ann. Review Nut. NO22, pp: 19-34.

Saïdou, A., Bachabi, S. F. X., Padonou, G. E., Biaou, O. D. B., Balogoun, I., & Kossou, D., 2012. Effet de l'apport d'engrais organiques sur les propriétés chimiques d'un sol ferrallitique et la production de laitue au Sud Bénin. Rev. CAMES-Série A, 13(2), 281-285.

SAPIN P., 1977. L'arboriculture fruitière en Algérie (pommier et poirier). INA, Alger, 215 p.

Sarkar D. et Haldar A., 2005. Physical and chemical methods in soil analysis: fundamental Concepts of Analytical Chemistry and instrumental techniques. New Delhi: New Age International. 176 p.

Senesi N., Plaza C., Brunetti G. et Polo A., 2007. A comparative survey of recent results on humic-like fractions in organic amendments and effects on native soil humic substances. *Soil Biology and Biochemistry*. 39(6), 1244–1262.

Tejada M., Hernandez M. T. et Garcia C., 2009. Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. *Soil and Tillage Research*. 102(1), 109–117.

Tremblay, N., Zebarth, B. et N'dayegamiye, A., 2011. Améliorer les recommandations en engrais par des tests sur l'apport du sol en azote minéral. In Congrès annuel de l'AQSSS, 25 au 27 mai 2011. Wendake, Québec.

Verolet J., 2001. Laitue et Batavia sous grand tunnel froid et en plain champ. Fiche technique en agriculture biologique. A.D.A.B. Année 200, 12 p.

Winegrader duane L., 1995. An introduction to soils environmental Professional. Ed, Lewis Publisher, états unis d'Amérique.

Zatra H, Echcherki W., 2020. Etude de l'impact du purin d'ortie sur les paramètres de croissance et de qualité d'une variété de laitue « *Lactuca sativa L.* » cultivée sous serre.

Mémoire de mastère, Université Djilali Bounaama Khemis- Miliana, Algérie. 1p.

Zorrig W., 2011. Recherche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la Laitue « *Lactuca sativa* » thèse de doctorat, université de Tunis, 49p.

Daoud Y., et Halitim A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. *Science et changement planétaire /Sécheresse*, 5 (3), 151-160.

FAO, 2009 Nourrir le monde, éliminer la faim. Sommet mondial sur la sécurité alimentaire, FAO, Rome, 16-18 novembre 2009.

Halitim A., 1988 - Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U. Alger. 384 p.

Oustani M., 2016 - Influence des fertilisants organiques sur la réactivité physicochimique et le fonctionnement microbiologique d'un sol sableux non salé et sableux salé en conditions d'irrigation par des eaux chargées en sels. Thèse doctorat, université Ouargla 285p.

Zorrig W., 2011. Recherche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la Laitue « *Lactuca sativa* » thèse de doctorat, université de Tunis, 49p.

Ramirez J.C., 2015. Développement d'une culture durable de laitue de transformation en sol minéral, Mémoire de maîtrise en Biologie Végétale, Université Laval, Québec. Canada, 90p.

Blancard D., Lot H. et Maisonneuve B., 2003. Maladies des salades - Identifier, connaître et maîtriser. Ed. INRA, Paris, 375p.

Mouhouche B. (2003). Polycopie de cours d'irrigation, INA, EL HARRACH (Alger).

Ferrah A., Yahiaoui S. (2004). Eau et agriculture en Algérie : problématique et enjeux.

Résumé

L'Algérie comme les pays méditerranéens est confrontée de plus en plus au problème du manque d'eau. D'après la Banque Mondiale.

Depuis les années soixante Dix, les besoins de la population en légumes ont augmenté suite à l'explosion démographique. De Ce fait, les cultures maraîchères incluant les nombreuses variétés de laitues toutes différentes par leurs formes, leurs saveurs et leurs couleurs occupent la deuxième place alimentaire après les cultures céréalières.

La connaissance des besoins en eau des cultures est certainement une des celles qui sont à la base de toute réflexion sur la gestion rationnelle et efficace de l'eau dans le domaine de la production agricole.

L'objectif de cette étude c'est la connaissance de besoin en eau de la culture de Laitue dans la région de Biskra durant la période(2009-2020), par logiciel Cropwat 8.0 proposé par FAO ,qui permet la détermination de l'efficience d'utilisation d'eau et pour plusieurs paramètres doivent être pris en compte tel que les donné climatique de la région précipitation, température ,humidité ,vitesse de vent et insolation aussi le stade végétatif de la culture et la date de plantation plus les caractères de sol comme épuisement , Hcc , Hpf .

Mots clés :

Besoin en eau de la culture (ETM) mm /jour, laitue, CROPWAT 8.0, Biskra

ملخص

الجزائر، مثل دول البحر الأبيض المتوسط ، تواجه بشكل متزايد مشكلة نقص المياه. بحسب البنك الدولي. منذ السبعينيات، ازدادت احتياجات السكان من الخضار في أعقاب الانفجار الديموغرافي. ونتيجة لذلك، تحتل محاصيل الخس، بما في ذلك العديد من أصناف الخس المختلفة في الشكل والنكهة واللون، المرتبة الثانية بعد محاصيل الحبوب.

إن معرفة الاحتياجات المائية للمحاصيل هي بالتأكيد واحدة من تلك التي تشكل أساس أي انعكاس على الإدارة الرشيدة والفعالة للمياه في مجال الإنتاج الزراعي.

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة الاحتياجات المائية لزراعة الخس في منطقة بسكرة خلال الفترة (2009-2020)، من خلال برنامج Cropwat 8.0 الذي اقترحه منظمة الأغذية والزراعة، والذي يسمح بتحديد كفاءة استخدام المياه ولهذه الغاية. يجب أن تؤخذ المعلمات في الاعتبار مثل البيانات المناخية لهطول الأمطار ودرجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والتشمس وكذلك المرحلة الخضرية للمحصول وتاريخ الزراعة بالإضافة إلى خصائص الأرض مثل الإرهاق ، Hcc ، Hpf.

الكلمات المفتاحية

الاحتياج المائي للنبات (ETM) mm/jour , بسكرة , CROPWAT 08 , الخس

Abstract

Algeria, like the Mediterranean countries, is increasingly faced with the problem of lack of water. According to the World Bank.

Since the 1970s, the needs of the population for vegetables have increased following the demographic explosion. As a result, vegetable crops including the many varieties of lettuce, all different in shape, flavor and color, occupy the second food place after cereal crops.

Knowledge of the water needs of crops is certainly one of those, which are the basis of any reflection on the rational and efficient management of water in the field of agricultural production.

The objective of this study is to know the water needs of lettuce cultivation in the Biskra region during the period (2009-2020), by Cropwat 8.0 software proposed by FAO, which allows the determination of the efficiency of water use and for this the several parameters must be taken into account such as the climatic data of the region precipitation, temperature, humidity, wind speed and insolation also the vegetative stage of the crop and the date of planting plus the ground characters like Exhaustion, Hcc, Hpf.

Keywords:

Culture water requirement (ETM) mm / day, lettuce, CROPWAT 8.0, of Biskra