



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

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Hydropédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
KARA Nabila

Le : mercredi 30 septembre 2020

Estimation des besoins en eau des cultures maraîchages par deux Méthode (Penman Monteith par logiciel CROPWA T 8.0 et Turc) dans la wilaya de Biskra durant la période (1998-2018)

Jury :

| | | | | |
|------|---------------------|-----|----------------------|------------|
| M. | BOUKEHIL K. | MAA | Université de Biskra | Président |
| Mme. | MEBREK N. | MAA | Université de Biskra | Rapporteur |
| M. | BENSMAINE B. | MAA | Université de Biskra | Examineur |

Dédicace

Je remercie Dieu «Allah » qui m'a aide à élaborer ce modeste travail,

Je dédie Cette événement marquant mon père disparu trop tot , A ma mère qui ma soutenu moralement et tout au long de mes études.

Aussi je dédie ce travail

A mes chères sœurs : Basma; Sousou et Chaima.

A mes chers frère : Belkacem;Taha

et mon fiancée Saber

A tout ma famille.

A mes amies

Zahia ;Gamra ;Salima ;Zahra ;Ahlem.

*qui n'ont cessé de me soutenir et m'encourager
à qui je souhaite la réussite.*

*A tous personnes que n'aurions nommées ici
et tous ceux que j'aime et je respecte.*

*A tousceux qui ont participé et soutenu la
réalisation de ce travail*

NABILA

Remerciement

Nous exprimons notre profonde gratitude tout d'abord au bon Dieu miséricordieux de nous avoir donné le courage, la volonté et la force pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier profondément mon encadreur **madame MEBREK N** de m'avoir accepté de diriger ce travail, pour la confiance qu'elle m'a accordé, merci pour avoir toujours été disponible pour être à mon écoute, pour m'avoir guidée.

Je tiens également à remercier vivement monsieur **BOUKEHIL K** d'avoir bien voulu accepter de présider le jury de ce travail, de leur aide, et leur encouragement

Je suis très honoré de la présence dans ce jury de monsieur **BENSMINE B** . Je leur adresse également mes remerciements de bien vouloir examiner et juger ce mémoire.

Je remercie énormément **Melle : Tanehe Zahira** pour leurs aides et leurs encouragements pour finir ce travail, sa patience, et son honnêteté.

Résumé

Dans un souci d'une gestion rationnelle de l'eau d'irrigation où la connaissance des besoins en eau est indispensable pour approcher la demande et mieux l'intégrée avec l'offre dans la wilaya de Biskra, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT 8.0 sous Windows et la formule de Turc. Après introduction des données de base relatives aux données climatiques(1998-2018) Nous avons déterminé l'évapotranspiration, puis les besoins en eau d'irrigation pour les cultures marichaires en année normale, sèche, et humide sur la base d'une analyse fréquentielle.

L'introduction des données relatives aux cultures et au sol, nous a permit d'élaborer un calendrier d'irrigation de toutes les cultures irriguées durant tout les mois de l'année.

La somme des besoins en eau mensuelle de toutes nous a permit de définir les besoins totaux de la wilaya d'une part, et les besoins du périmètre irrigué, d'autre part.

Mots clés :Besoin en eau (ETM) , Culture marichaire ,Turc ,Cropwat 8.0 ,Biskra.

Summary

For the sake of rational management of irrigation water where knowledge of water needs is essential to approach demand and better integrated with the supply in the wilaya of Biskra, we used the CROPWAT 8.0 software. under Windows and the Turkish formula. After introduction of basic data relating to climatic data (1998-2018) We determined the evapotranspiration, then the irrigation water requirements for vegetable crops in normal, dry and wet years on the basis of a frequency analysis. .

The introduction of data relating to crops and soil, allowed us to develop an irrigation schedule for all irrigated crops during all months of the year.

The sum of the monthly water needs of all allowed us to define the total needs of the wilaya on the one hand, and the needs of the irrigated perimeter, on the other hand.

Keywords :Water requirement (ETM), Vegetable culture, Turc, CROPWAT 8.0, Biskra.

ملخص

، أجل الإدارة الرشيدة لمياه الري حيث نكثون المعرفة بالحياجات المائية ضرورية لمقاربة الطلب ودمجها بشكل أفضل مع العرض في الية سكرة ، اسخدمنا برنامج CROPWAT 8.0. تحت Windows والصيغة Turc . بعد إدخال البيانات الأساسية المتعلقة بالبيانات المناخية (8181-8991) حددنا التبخر ، ثم متطلبات مياه الري لمحاصيل الخضر في السنوات العادية والجافة والرطبة على أساس تحليل التردد. . أتاح لنا إدخال البيانات المتعلقة بالمحاصيل والتربة وضع جدول زمني الري لجميع المحاصيل المبرومة خلال جميع أشهر السنة. أتاح لنا مجموع الاحتياجات المائية الشهرية لجميع تحديد الاحتياجات الإجمالية للولاية للولاية من جهة ، واحتياجات المحيط المروري من جهة أخرى.

الكلمات الدالة :متطلبات المياه (ETM) ، زراعة الحقول ، Turc ، CROPWAT 8.0 ، بسكرة .

Liste de figure

| Titre | Page |
|--|-------------|
| Fg 01 Les différents stades du poivron | 23 |
| Fg 02 Cycle de développement de petit pois | 28 |
| Fg 03 Les stades phénologiques d'ail (variétés d'automne) | 36 |
| Fg 04 représentent la relation entre les formes de ET | 39 |
| Fg 05 représentent la formule de l'ETM | 40 |
| Fg 06 Courbe de coefficients culturaux et définition des phases | 41 |
| Fg 07 Carte des limites administration de la wilaya de Biskra | 43 |
| Fg 08 Précipitations moyennes <i>Mensuelle</i> durant la période (1998-2018) | 44 |
| Fig 09 Précipitations moyenne mensuelle (mm) durant l'année 2018 | 45 |
| Fig 10 Températures moyennes annuelle de la période (1998-2018). | 46 |
| Fig 11 Températures moyennes mensuelles de l'année 2018 | 46 |
| Fig 12 l'humidité relative moyenne annuelle durant la période (1998-2018) | 47 |
| Fig 13 L'humidité relative moyenne mensuelle (%) durant l'année (2019). | 48 |
| Fig 14 vitesses moyennes annuelle des vents (m/s) durant la période (1998– 2018). | 49 |
| Fig 15 vitesses du vent moyennes mensuelles de l'année 2019 | 49 |
| Fig 16 Insolation moyenne annuelle durant la période (1998-2018) | 50 |

| | | |
|---------------|---|-----------|
| Fig 17 | Insolation moyennes mensuelles de l'année 2019 | 51 |
| Fig 18 | présente la fenêtre principale du logiciel CROPWAT 8.0 | 52 |
| Fig 19 | Figure présente la fenêtre d'encodage des données climatique | 55 |
| Fig 20 | présente la fenêtre d'encodage des données de culture | 56 |
| Fig 21 | présente la fenêtre d'encodage des données de sol | 57 |
| Fig 22 | présente le tableau des besoins en eau | 58 |
| Fig 23 | présente le tableau calendrier d'irrigation | 58 |
| Fig 24 | Feuille Microsoft Excel | 59 |
| Fig 25 | Evapotranspiration mensuelle moyenne de l'ETP (mm) dans la wilaya de Biskra durant 20 ans (1998-2018) calculé par CROPWAT 8.0 et Turc | 60 |
| Fig 26 | Evapotranspiration de l'ETP (mm/jour) dans la wilaya de Biskra de l'année 2018 calculé par CROPWAT 8.0 et Turc. | 61 |
| Fig 27 | Estimation de l'ETM mm moyenne par Cropwat et Turc pendant 20 ans (1998-2018). | 62 |
| Fig 28 | Estimation de l'ETM mm mensuelle par Cropwat et Turc del'année en court 2018. | 62 |

Liste des tableaux

| | Titre | Page |
|---------------|--|-------------|
| Tab 01 | Les stades phénologiques de la plante hôte la fève | 29 |
| Tab 02 | le coefficient culturale des culture marichaire | 42 |

Listes des abréviations

ETP : l'évapotranspiration potentielle

ETM : l'évapotranspiration maximale

ETR : l'évapotranspiration réelle

T_m : la température mensuelle du mois m considéré

I : l'indice thermique annuel

T_k : est la moyenne interannuelle de la température.

T_a : température moyenne mensuelle

p : moyenne journalière de la durée du jour

T_a : température annuelle

K : La présence du coefficient

T_m : température moyenne journalière de l'air à 2 m

e_m : en hPa moyenne journalière de pression de vapeur à 2 m

F : coefficient d'unité

T₁₄ : température journalière de l'air à 2 m à 14 h

N : la durée du jour .

e_d : en kPa pression de vapeur à la température T_d du point de rosée

e_a : en kPa pression de vapeur effective

T_h : est l'équivalent de la température mensuelle mesurée au niveau de la mer en °C

T_m : température moyenne journalière en °C

E_w : est l'évaporation mensuelle en mm d'une surface d'eau libre

α : coefficient dépendant de nombre de jours de mois

S_a : déficit de saturation en mm H_g du mois

e_s : tension de vapeur saturante de l'air à (T)

() : constante de Bowen

(Ep) : de l'évaporomètre Piche

E_p : est l'évaporation Piche en 24 h

T_{r0} : la température de point de rosée (T_{r0}).

R_s : radiation Solaire

R_e : radiation solaire extraterrestre

T_{mo} : température journalière moyenne du mois

T_{max} : température journalière maximale du mois

R_g : rayonnement global

masse spécifique de l'eau.

e_{sr} : est la pression réelle de vapeur à la surface

Λ : chaleur latente de vaporisation

FAO : organisation mondial de alimentation de l'agriculture

DPAT : Direction de planification et d'Aménagement du territoire

A.N.A.T : Etude "Schéma directeur des ressources en eau", Hyd. Wilaya de Biskra. Pp

ETo : besoin des données d'évapotranspiration .

R_g : radiation solaire globale quotidienne moyenne dépendant de la latitude

ITDAS : Institut technique de développement de l'agronomie saharienne

DSA : Direction Des Services Agricoles

PDT : Pomme de terre

Cal :calorie

MJ :méga joule

Table des Matières

Introduction

Chapitre I : Synthèse bibliographique

| Titre | Page |
|---|------|
| I- Méthodes de mesure de l'évapotranspiration potentielle (ETP) | 3 |
| I-1-Définition de l'évapotranspiration potentielle (ETP) | 3 |
| I-2-A quoi sert l'ETP? | 4 |
| I-3-Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) | 4 |
| I-3-A-Méthodes thermiques | 4 |
| I-3-A-1-La formule de Thornthwaite (1944) | 4 |
| I-3-A-2- La formule de Blaney et Criddle (1950) | 5 |
| I-3-A-3- La formule de Holdridge (1959) | 5 |
| I-3-A-4- La formule d'Albrecht (1950) | 5 |
| I-3-A-5- La formule de Haude (1950) | 6 |
| I-3-A-6- La formule de Papadakis (1961) | 6 |
| I-3-A-7- La méthode de Hamon (1961) | 6 |
| I-3-A-8- La méthode de Kharrufa(1985) | 6 |
| I-3-A-9- La méthode de Romanenko (1961) | 7 |
| I-3-A-11- La méthode de Antal (1968) | 7 |
| I-3-A-12- La méthode de Smith et Stopp (1978) | 7 |
| I-3-A-13- La méthode de prescott(1940) | 7 |
| I-3-A-14- La formule de Bouchet (1963) | 8 |
| I-3-B -Méthodes énergétiques | 8 |

| | |
|---|----|
| I-3-B -1-La formule de Makkink (1957) | 8 |
| I-3-B -2-La formule de Turc (1955) | 9 |
| I-3-B -3- La formule de Jensen-Haise (1963) | 10 |
| I-3-B- 5- La formule de McGuinness et Bordne (1972) | 10 |
| I-3-B- 6- La méthode de Hargreaves (1975) | 11 |
| I-3-B- 7- La méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) | 11 |
| I-3-B-8- formule de Abtew (1996) | 12 |
| I-3-C -Méthodes combinatoires | 12 |
| I-3-C -1- La formule de Penman-Monteith (1965) | 12 |
| I-3-C -2- Penman-Monteith, (FAO) et ASCE, 2005 | 13 |
| I-3-C -3- formule de Priestley-Taylor (1972) | 3 |
| I-3-C -4- La formule de Kimberly-Penman (1982) | 14 |
| I-3-C -5- La formule de Thom - Oliver (1977) | 14 |
| II-Généralités sur culture marichaire | 15 |
| II-A- Carotte | 15 |
| 1 -Historique et origine | 15 |
| 2- Définition | 15 |
| 3- Classification | 16 |
| 4- Cycle de vie | 16 |
| 5- Besion en eau | 16 |
| II-B- Tomate | 17 |
| 1-Historique de la tomate | 17 |
| 2-Définition de Tomate | 17 |
| 3- Classification | 17 |
| 4- Cycle biologique de la tomate | 18 |

| | |
|---|----|
| 5- Besion en eau de culture de tomate | 18 |
| II-C- pomme de terre | 18 |
| 1- Origine et historique | 18 |
| 2- Définition | 19 |
| 3-Position systématique | 19 |
| 4-Cycle végétatif de la pomme de terre | 19 |
| 5-Besion en eau de culture pomme de terre | 20 |
| II-D- poivron | 21 |
| 1- Origine et historique | 21 |
| 2- Définition de Poivron | 21 |
| 3- Systématique du poivron | 21 |
| 4- Cycle de vie | 21 |
| 5-Besion en eau de culture | 22 |
| II-E- piment | 22 |
| 1-Histoire et origine du piment | 22 |
| 2-Définition | 22 |
| 3-Systématique | 22 |
| 4-mode de reproduction | 23 |
| 5-Les besoins en eau | 24 |
| II-F- petit pois | 25 |
| 1- Historique et répartition géographique | 25 |
| 2-Définition | 25 |
| 3-Position systématique | 25 |
| 4 - Cycle de développement de petit pois | 26 |
| 5-Besion en eau | 27 |

| | |
|----------------------------------|----|
| II-G-fève | 28 |
| 1-Origine de Vicia faba | 28 |
| 2-Définition | 28 |
| 3-Classification | 28 |
| 4-Cycle de vie | 28 |
| 5-Besion d'eau | 29 |
| II-H- oignon | 30 |
| 1-Origine et historique | 30 |
| 2-Définition | 30 |
| 3-classification | 30 |
| 4-Irrigation | 31 |
| II-I- concombre | 31 |
| 1- L'origine et historique | 31 |
| 2-Définition | 31 |
| 3-Taxonomie | 31 |
| 4-Cycle biologique de la culture | 32 |
| 5- Besion en eau de culture | 33 |
| II-J- ail | 33 |
| 1-Origine et Historique | 33 |
| 2- Définition | 34 |
| 3-Classification | 34 |
| 4- Cycle de vie de Ail | 34 |
| 5-Besion en eau de Ail | 36 |
| II-K – Courgette | 36 |
| II-K -1-L'origine et historique | 36 |

| | |
|--|----|
| II-K -2- Définition | 36 |
| II-K -3- Stades phénologiques | 36 |
| III-1-Comment déterminer les besoins en eau des cultures ? | 37 |
| III-2. Choix du coefficient cultural (kc) | 39 |
| III-2-1- Coefficient Kc des cultures marichaire | 40 |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | |
|--|----|
| I- présentation de la région Biskra | 42 |
| I-1- Situation géographique de la région de Biskra | 42 |
| I-2-Le climat | 42 |
| I-2-A- Les précipitations | 43 |
| I-2-B- Les températures | 44 |
| I-2-C-L'humidité relative | 46 |
| I-2-D-Le vent | 47 |
| I-6-E-Insolation | 48 |
| II-Matériels | 49 |
| II-1- Objectif de l'étude | 50 |
| II-2. Présentation logiciel (CROPWAT 8.0) | 50 |
| II-2-1-Définition de CROPWAT | 50 |
| I -2-2- Description du logiciel cropwat | 51 |
| A- Menu principal de CROPWAT | 52 |
| B- Barre d'outils | 52 |
| C-Barre Modules | 52 |
| D-Fenêtre de données | 53 |

| | |
|-------------------|----|
| II—3-Excel | 57 |
| II 3 1-Définition | 57 |
| III-Méthodes | 58 |
| Méthode de Turc | 58 |

Chapitre III :Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| I- Résultats | 59 |
| I-1- Calcul de l'ETP par deux méthodes (Penman_Monteith et Turc) | 59 |
| A- Pour la période allant de 1998 à 2018 | 59 |
| B- Pour l'année (2018) | 60 |
| I-2-- Calcul des besoins en eau (ETM)des cultures par Cropwat et Turc | 62 |
| A) Calcule de l'ETM pour la période allant de 1998 à 2018 | 62 |
| B) Calcule de l'ETM pour l'année 2018 | 63 |
| II-Discussion | 63 |

Conclusion générale

Référence bibliographique

Annexe

-

Introduction

Introduction

Introduction

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 politique de la gestion des ressources en eau était centrée dès 1970 sur la mobilisation des ressources publiques (approche par l'offre) nécessitant de lourds investissements, consentis jusqu'à présent par l'état : construction des barrages, réseaux d'irrigation et la subvention et le soutien du prix de l'eau.

Actuellement une gestion moderne tend vers l'approche par la demande : révision des allocations de ressources, recherche d'une meilleure efficacité de l'irrigation suivant la recommandation de la FAO (2002) pour l'irrigation « se servir plus et mieux de l'eau pour en prendre moins » ; et en reconnaît que les pays souffrant du manque d'eau, comme ceux affectés par la surabondance de cette ressource, ont besoin d'informations sur l'eau plus complètes, plus précises et mieux intégrées aux fins de la planification, de la mise en oeuvre et de la gestion d'une agriculture plus productive et durable.

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

Introduction

Ces dernières années, de nombreuses recherches se sont concentrées sur l'étude de programmation de l'irrigation qui décrit la procédure par laquelle un irrigateur détermine la périodicité et le dosage des applications d'eau.

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'oeuvre) et l'efficacité de système.

En Algérie, la culture maraîchère est la 2ème culture après celle des céréales. Elle occupe une superficie de plus de 330.000 ha avec une production estimée à 8,5 millions de tonnes en 2013).

Parmi les 6300 ha réservés à la plasticulture en Algérie, plus de 2000 ha se trouvent dans la wilaya de Biskra, soit environ 35 % de la superficie totale (ITDAS, 2008). D'après des statistiques de 2011, parmi les 2910 ha réservés à la plasticulture dans la wilaya de Biskra, la tomate occupe 1345,82 ha (46 %), suivi par le piment (701,64 ha), le poivron (546,74 ha), l'aubergine (127,36 ha), la courgette (106,68 ha) et enfin le concombre (74,44 ha) (DSA de Biskra, communication personnelle, 2011). En matière de production, la tomate occupe toujours le premier rang, avec 1481017 qN. soit un rendement moyen de 1100 qx/ ha (DSA , 2012)

En plus de sa rentabilité, les conditions climatiques favorables, la situation de cette région par rapport aux villes du nord, l'absence de la concurrence en matière de précocité et d'écoulement de la production et la possibilité d'exploitation des espaces à proximité des palmiers, sont parmi les facteurs qui ont contribué à la réussite de cette activité. Cette région est devenue le premier fournisseur du marché national en produits maraichers, notamment, en tomate, piment et poivron (DSA, 2011). Sa production couvre les besoins nationaux durant tout l'hiver (à partir de décembre) et même le printemps. En matière de rentabilité, une serre de 400 m peut rapporter un bénéfice de 5 à 7 millions de centimes (Bedrani, 1999).

Problématique : dans ce travail, nous tentons de répondre sur les questions principales suivantes : Quand faut-il irriguer? Et quelle quantité d'eau faut-il appliquer? Quelle est les besoins en eau des cultures marichaire dans la région de Ziban ?

Pour répondre à la problématique posée, notre travail est réalisé dans ce contexte afin de déterminer les besoins en eau des cultures marichaires pratiquées à Biskra en utilisant deux méthodes (turc et penmane) par Excelle et logiciel CROPWAT 8.

Ces résultats sont développés dans le présent travail à travers trois grands chapitres:

Introduction

Chapitre1 : Porte sur les données bibliographiques sur les méthodes de calcul de l'ETP, généralité sur les cultures marichaires et les besoins en eau de cette culture.

Chapitre2 : présente matérielles et méthodes : englobe des généralités de la région Biskra et expose les caractéristiques géologiques et des différents paramètres climatiques, tels que le type de climat, la végétation de cette dernière (présentation de la région).Le logiciel CROPWAT 8, l'excelle, convertisseur des unités. Méthodes de Penman et Turc.

Chapitre3 : concerne l'étudedes résultats et discussions des données climatiques après leurs traitements par le CROPWAT 8etl'Excel (l'applicationdes méthodes de Penman et Turc).

Chapitre I :
Synthèse
bibliographique

I- Méthodes de mesure de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

I-1-Définition de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration (ET) est la somme de l'évaporation (E) du sol et de la transpiration (T) de la végétation. L'évaporation (E) du sol dépend de l'humidité du sol, donc de la texture, de la structure et de la demande climatique, elle même fonction essentiellement du rayonnement, de l'humidité de l'air et du vent. Elle est plus ou moins atténuée en présence d'un couvert végétal, et est très réduite par l'effet "mulch" sur sol nu (couche superficielle desséchée qui diminue fortement la conductivité hydraulique du sol). La transpiration (T) de la végétation dépend en premier lieu de la demande climatique, modulée en fonction de la surface foliaire (donc du stade de développement et de la croissance de la plante) et de la "résistance" que la feuille oppose à la transpiration une résistance dépendant de la plus ou moins grande ouverture de ses stomates (Zella,2015).

Dans la même référence le professeur Zella déclare que L'évapotranspiration dépend conjointement du stock d'eau disponible et de la demande climatique en eau, exprimée par le climat. Lorsque l'eau n'est pas limitante, l'ET d'une surface cultivée est déterminée par le bilan énergétique de surface et la turbulence de l'atmosphère. Ce qui conduit à considérer trois niveaux ou concepts d'évapotranspiration:

- l'ETP (potentielle ie: attendue, possible), appelée aussi ETréf ou ET0., qui est l'évapotranspiration d'un couvert standard en alimentation hydrique non limitante. Elle est déterminée par le bilan énergétique de surface de ce couvert et l'agitation de l'atmosphère et peut donc être évaluée à partir des données climatiques.

- l'ETM (maximale), qui est définie pour un climat et une végétation donnés en conditions d'eau non limitée; exprime la demande en eau exercée sur ce couvert végétal. Elle est inférieure à l'ETP tant que le couvert végétal n'est pas suffisamment couvrant.

Elle équivaut à l'ETP dès que la surface foliaire atteint 3 m/m au sol et peut même être légèrement supérieure (de l'ordre de 10%) pour des végétations développées et irriguées.

- l'ETR (réelle), inférieure à l'ETM si l'eau est limitée, elle exprime la consommation d'eau dans les conditions réelles. Au vu de ces définitions.

$$ETP > ETM > ETR$$

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I-2-A quoi sert l'ETP?

L'enjeu du calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) est lié à la prévision des capacités maximales d'eau à prévoir pour la réalisation de l'irrigation, comme le débit d'un puits ou d'un forage et le volume utilisable d'un barrage ou d'une retenue collinaire. L'estimation de l'ETP sert aussi à dimensionner les réseaux d'irrigation au niveau de la parcelle. Pendant l'irrigation, si la ressource d'eau n'est pas limitante, c'est l'ETM qui servira au pilotage. Dans le cas contraire, c'est l'ETR qui est considérée. Dans ce dernier cas, on ne peut pas considérer qu'il s'agit de l'irrigation (au sens scientifique du terme) étant donné que la plante n'utilise que la quantité d'eau dont elle dispose. Il n'est donc pas admis de parler d'irrigation en absence de la valeur exacte de l'ETP (Zella,2015).

I-3-Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'estimation de l'ETP constitue le segment le plus délicat irrigation, ce qui s'explique par les nombreuses méthodes de calcul disponibles dans la littérature. Mais cette abondance participe aussi à la confusion, car les résultats comparés sont souvent différents et même très différents.

Selon zella (2015) les méthodes d'estimation de l'ETP sont classifiées comme suit :

I-3-A-Méthodes thermiques

I-3-A-1-Formule de Thornthwaite (1944):

Elle a été élaborée sur la base des expériences lysimétriques, réputée robuste et s'appliquant à un large domaine. Elle donne l'ETP valable pour le mois m en m/j par la formule où (N en h) est la durée max possible de l'insolation, (T_m en $^{\circ}C$) est la température mensuelle du mois m considéré, ramenée à zéro si elle est négative:

$$ETP = 1.6 * 10^{-3} * N \left(\frac{10T_m}{I} \right)^k$$

I est l'indice thermique annuel donné par :

$$I = \sum_{k=1}^{12} \left(\frac{T_k}{5} \right)^{1.51}$$

T_k , est la moyenne interannuelle de la température, ramenée à zéro si elle est négative, au mois k , avec

$$k = 0,49 + 1,8(I/100) - 0,77(I/100) + 0,67(I/100)$$

Chapitre I : Synthèse bibliographique

$$k = 0,49 + 1800 101 - 770 10'' i^2 + 675 10$$

I-3-A-2- Formule de Blaney et Criddle (1950):

Ces deux auteurs américains ayant mené des expériences au sud des Etats-Unis, ont élaboré une relation de l'ETP mensuelle qui s'applique à une grande échelle (70 km de rayon) dans le domaine sub aride. Elle a été utilisée avec succès dans le Rio Negro en Argentine mais a donné de mauvais résultats sous un climat équatorial. La forme habituelle de l'équation donne l'ETP en mm/j, avec (T_a , en °C). température moyenne mensuelle et p : moyenne journalière de la durée du jour selon la latitude:

$$ETP = p(0,46T_a + 8,13)$$

Cette relation a été reformulée en 1962 par le service USDA sous la forme:

$$ETP = k.p(0,457T_a + 8,18)(0,031T_{aa} + 0,24)$$

avec k , coefficient de culture, T_{aa} en °C température annuelle. La présence du coefficient k dénote qu'il s'agit de l'ETR. Son emploi se justifie en climat méditerranéen ou sub tropical réserve d'ajuster convenablement le coefficient k .

I-3-A-3- Formule de Holdridge (1959):

Plus rudimentaire encore, elle envisage l'ETP comme une fonction linéaire de la température moyenne de l'air (T en °C). Exprimée en mm par mois, elle se décline sous ses expressions:

$$\text{Mois de 31j ;} \quad ETP = 5T$$

$$\text{Mois de 30j ;} \quad ETP = 4.84T$$

$$\text{Mois de 28j} \quad ETP = 4.56T$$

I-3-A-4- Formule d'Albrecht (1950):

Réalisée aux Etats-Unis, elle se base sur la température et sur l'humidité de l'air et s'exprime en mm/j par la relation:

$$ETP = F(esT_m - e_m)$$

avec ETP en mm/j; e_s , en hPa pression de vapeur saturante; T_m en C température moyenne journalière de l'air à 2 m; e_m en hPa moyenne journalière de pression de vapeur à 2 m, F coefficient d'unité (=0,4 pour une vitesse du vent à 2 m, $u=4$ m/s).

I-3-A-5- Formule de Haude (1950):

Cette formule est une réplique de celle d'Albrecht avec comme caractéristique la ponctualité pour les mesures de T_{14} et e_s .

$$ETP = F(esT_{14} - e_{14})$$

avec ETP en mm/j ; e_s en hPa pression de vapeur saturante; T_{14} en °C température journalière de l'air à 2 m à 14 h; e_{14} en hPa moyenne journalière de la pression de vapeur à 2 m, à 14 h, F coefficient empirique lié au végétal (LAI). Mais en raison de l'utilisation de ce coefficient, il s'agit plutôt de l'ETR.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I-3-A-6- Formule de Papadakis (1961):

La relation de ce climatologue est utilisée surtout aux basses latitudes où les variations de température ne sont pas un élément essentiel, avec es, tension de vapeur saturante et ea, tension de vapeur effective en mb.

$$ETP=5,625(es-ea)$$

I-3-A-7- Méthode de Hamon (1961):

Elle permet l'estimation de l'ETP journalière (mm/j) par simple mesure de la température moyenne de l'air T en °C et N en h durée astronomique max du jour qui ne change pas d'une année à l'autre.

$$ETP = \frac{2.1N^2 \exp\left(\frac{17.23T}{237.3 + T}\right)}{273.3 + T}$$

I-3-A-8- Méthode de Kharrufa(1985):

Elle exprime l'ETP mensuelle (mm/mois) sur la base de la température moyenne Ta de l'air en °C et la durée du jour N.

$$ETP=0.34NTa$$

I-3-A-9- Méthode de Romanenko (1961):

Cette formule est valable au pas de temps mensuel, exprimée en m/j et elle est basée sur la température et l'humidité relative:

$$ETP = 4.5 * 10^{-3} \left(1 + \frac{T_a}{25}\right)^2 \left(1 - \frac{e_d}{e_a}\right)$$

Avec : Ta en °C température moyenne de l'air, ed en kPa pression de vapeur à la température Td du point de rosée, ea en KPa pression de vapeur effective.

I-3-A-10- Méthode de Linacre (1977):

L'originalité de cette équation réside dans le fait que des données de latitude et d'altitude sont intégrées de manière directe au sein de l'équation de l'ETP en m/j.

$$ETP = \frac{\frac{500T_h}{(100 - A)} + 15(T_a - T_d)}{1000(80 - T_a)}$$

Où : A est la latitude en degrés, Th est l'équivalent de la température mensuelle mesurée au niveau de la mer en °C. Ces températures sont corrélées par $T_h = T_a + 0,006h$, avec Ta en °C et h étant l'altitude en m. Cette méthode s'applique au cas d'une végétation bien alimentée en eau avec un albédo d'environ 0,25.

I-3-A-11- Méthode de Antal (1968):

Cette relation linéaire n'exige que des données de température moyenne journalière Tm en °C à 2 m et de pression de vapeur ea et es en hPa à 2 m.

$$ETP=0,736[esTm-ea]0,7(1+Tm/273)4,8$$

I-3-A-12- Méthode de Smith et Stopp (1978):

Cette relation, citée par Mintz et Walker (1993), est sans doute la relation la plus simpliste des modèles

Chapitre I : Synthèse bibliographique

d'ETP en mm/j, formulée de manière linéaire selon le produit d'un coefficient numérique avec la température moyennée de l'air T_m en °C à 2 m.

$$ETP = 0,16T_m$$

I-3-A-13- Méthode de prescott(1940):

Cette relation détermine en fait l'ETR en mm/mois, selon l'expression:

$$ETR = kE_w^{0.75}$$

Avec $E_w = \alpha S_d$ et E_w est l'évaporation mensuelle en mm d'une surface d'eau libre, α coefficient dépendant de nombre de jours de mois avec $\alpha=21,9$ pour le mois de 31j, $\alpha=21,2$ pour le mois de 30j et $\alpha=19.8$ pour le mois de 28 j. S_d déficit de saturation en mm Hg du mois i . Le coefficient k est variable avec la nature du végétal ($k=3$ pour le riz, $k=2$ pour les céréales et les fourrages, $k=1,5$ pour les prairies et 1 pour le sol nu). L'existence de cette variable liée couvert végétal, enlève à cette formule son sens purement climatique, il s'agit donc de l'ETR et non l'ETP.

I-3-A-14- Formule de Bouchet (1963):

L'auteur a beaucoup travaillé sur le climat et particulièrement sur l'effet oasis. Il établit une relation subtile qui utilise l'évaporation (E_p) de l'évaporomètre Piche.

$$ETP = \alpha \left(1 + \frac{e(T)}{\gamma} \right) E_p$$

avec ETP en mm/mois, T en °C: température de l'air, $e(T)$ dérivée de e_s par rapport à T , avec e_s , tension de vapeur saturante de l'air à (T) , en mm Hg, (γ) constante de Bowen, (α) coefficient variable avec la région considérée et le type d'abri.

Elle s'exprime aussi en mm/j selon cette expression: $ETP = \alpha E_p k(T)$

Avec α coefficient dépendant de l'abri météo, $\alpha = 0,37$ dans le cas d'un abri anglais à 2 m du sol, E_p est l'évaporation Piche en 24 h, k est coefficient fonction de la température, $k=f(T)$ tabulé, (T) est la température moyenne entre la température de l'air (T_m) et la température de point de rosée (T_{r0}).

I-3-B -Méthodes énergétiques

Ces méthodes empiriques et semi empiriques, qualifiées ainsi car basées sur le rayonnement sont généralement issues du bilan d'énergie et de masse. Au niveau d'une parcelle cultivée, comme à l'échelle globale, les volumes d'eau évapotranspirés sont modulés par la balance entre le bilan hydrique et le bilan énergétique. Une balance entre l'offre en eau dans la parcelle (pluie) et la demande d'énergie évaporation de l'atmosphère. Cette énergie (chaleur latente de vaporisation) est nécessaire à la transformation de l'eau de l'état liquide à l'état vapeur.

I-3-B -1-Formule de Makkink (1957):

Elle a été développée sur la base du rayonnement et de la température pour les sols herbeux, sous les

Chapitre I : Synthèse bibliographique

conditions climatiques des Pays-Bas. L'équation s'écrit en m/j:

$$ETP = \frac{1}{\lambda \rho_w} \left(\frac{0.63 R_g \Delta}{\Delta + \gamma} + 14 \right)$$

Cette formule est assez proche de la formule de Penman .

I-3-B -2-La formule de Turc (1955):

Il s'agit d'une méthode empirique développée en région parisienne et algérienne, bien adaptée aux conditions climatiques tempérées. Elle s'écrit, en m/j, où α est l'albédo.

$$ETP = \frac{1}{\lambda \rho_w} \left(\frac{T_a}{T_a + 15} \right) \frac{(R_g(1 - \alpha) + 24)}{1.3}$$

Si l'humidité relative est inférieure à 50%, il convient d'utiliser le coefficient multiplicatif suivant: $0,3 + 1,4 \left(\frac{e_d}{e_a} \right)$ (Shuttleworth, 1993).

La méthode de Turc exprimée en mm par mois est souvent présentée selon la forme :

$$ETP = 0.40 \frac{T}{T + 15} (I_g + 50) \text{Si} H_r > 50\%$$

$$ETP = 0.40 \frac{T}{T + 15} (I_g + 50) \left(1 + \frac{50 - H_r}{70} \right) \text{Si} H_r < 50\%$$

$$I_g = I_{gA} \left(0.18 + 0.62 \frac{n}{N} \right)$$

I_{gA} en cal/cm²/j ou R_g radiation solaire globale quotidienne moyenne dépendant de la latitude ,T en °C température moyenne mensuelle ,(pour toute température moyenne ≤ 0 °C ,ETP=0).Le coefficient k=0.40 pour les mois de 30 ou 31j alors que k=0.37 pour le mois de février .Si on considère des périodes décadaires, le coefficient k=0.13.

I-3-B -3- Formule de Jensen-Haise (1963):

Cette formule a été conçue pour un pas de temps supérieur à cinq jours. Elle s'écrit en m/j, avec T_a , en

Chapitre I : Synthèse bibliographique

°C température de l'air; R_s , en Wm^{-2} :

$$ETP = \frac{R_g T_a}{\lambda \rho_w 40}$$

I-3-B- 4- Formule de Jensen-Haise (1991):

Cette équation a été établie à partir de 35 années de mesures d'évapotranspiration, elle est utilisée pour des parcelles irriguées semi-arides dans l'ouest des Etats-Unis.

$$ETP = (0,015T + 0,24)(K_t R_a TD^{0.5})$$

Avec : ETP en mm/j, R_a radiation extraterrestre pour le mois et la latitude en mm/j, TD différence entre température max moyenne et température min moyenne en ° C, le coefficient K_t basée sur la durée d'insolation S en % et TD, $K_t = 0,0075(S/TD)^{0.5}$.

Elle s'exprime aussi sous la forme:

$$ETP = (0.0025T_a + 0.008) \frac{R_s}{28.6}$$

avec T_a en °C température air à 2 m, R_s en Wm^{-2} radiation Solaire, ETP en mm.

I-3-B- 5- Formule de McGuinness et Bordne (1972):

Cette formule a été développée avec des données lysimétriques à Coshocton, dans l'Ohio et s'écrit, pour un pas de temps mensuel, en m/j :

$$ETP = \frac{R_g T_a + 5}{\lambda \rho_w 68}$$

Cette formulation est proche de celle de Jensen et Haise (1963). Une translation de 5°C a été introduite au sein de la formule afin de mieux prendre en compte les températures négatives. En effet, dans la formule de Jensen et Haise, lorsque la température est inférieure à zéro, l'ETP est nécessairement nulle ce qui n'est plus toujours le cas avec la translation proposée par McGuinness et Bordne.

I-3-B- 6- Méthode de Hargreaves (1975):

Elle est valable pour un pas de temps mensuel et s'écrit en m/j :

Chapitre I : Synthèse bibliographique

$$ETP = \frac{R_e}{\lambda \rho_w} (T_{\max} - T_{\min}) \frac{(T_a + 17.8)}{435}$$

L'avantage de cette méthode repose sur le fait qu'elle ne nécessite qu'une seule variable : la température de l'air. Cependant, il n'est pas recommandé d'utiliser cette méthode pour un pas de temps inférieur au mois (Shuttleworth, 1993). En remplaçant λ et ρ par leurs valeurs respectives, ETP en mm/j devient:

$$ETP = 0,0023(T_{\max} - T_{\min})^{0.5} (T_{\text{moy}} + 17,78)R_e$$

Avec : R_e en mm/j ou MJ/m²/j radiation solaire extraterrestre, déterminée à partir de la latitude du site et le jour de l'année; 0,0023 coefficient de conversion, T_{moy} en °C température journalière moyenne du mois, T_{\max} en °C température journalière maximale du mois, T_{\min} en °C température journalière minimale du mois.

I-3-B- 7- Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977):

Cette approche est une adaptation de la méthode de Makkink (1957). Elle a été développée par Doorenbos et Pruitt (1977), pour le compte de la FAO, afin de fournir une alternative à la formulation de Penman. La formule retenue s'écrit en m/j:

$$ETP = -0.3 * 10^{-3} + \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_g}{\lambda \rho_w} (1 - \alpha)W$$

$$W = 1.066 - 0.13 \left(\frac{e_d}{e_a} \right) + 0.045u - 0.02 \left(\frac{e_d}{e_a} \right) u - 3.15 \left(\frac{e_d}{e_a} \right)^2 - 0.0011u^2$$

I-3-B-8- Formule de Abtew (1996)

Cette relation est essentiellement basée sur le rayonnement solaire global et s'écrit en m/j , avec (α) albédo, (R_g) rayonnement global et (ρ_w) masse spécifique de l'eau.

$$ETP = 0.53 \frac{R_g}{\lambda \rho_w} (1 - \alpha)$$

I-3-C -Méthodes combinatoires

Elles apparaissent dans les travaux de Penman (1948) combinant l'approche aérodynamique de Dalton et l'approche énergétique, ce qui lui permet d'éliminer un terme délicat à mesurer qu'est la température de surface.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I-3-C -1- Formule de Penman-Monteith (1965):

Elle fait intervenir explicitement des paramètres liés aux caractéristiques de végétation. Ainsi, elle peut être considérée comme la première tentative de schématisation des transferts sol-végétation-atmosphère. Monteith exprime la fonction du vent sous la forme:

$$K = \frac{\rho_a C_p}{r_a}$$

Ou : r_a est la résistance aérodynamique, décrivant la résistance du haut de la végétation et représente les échanges turbulents entre l'aire au-dessus de la végétation et l'air présent au sein de la végétation. De plus, il introduit une représentation de la résistance stomatique effective (r_s), décrit la résistance au flux de vapeur par ouverture des stomates, indice foliaire et surface de sol.

$$\lambda \rho_w E_0 = \frac{1}{r_s} \frac{\rho_a C_p}{\gamma} (e_s - e_{sr})$$

Ou : e_{sr} est la pression réelle de vapeur à la surface. Il combine ensuite cette équation avec :

$$\lambda \rho_w E_0 = \frac{1}{r_a} \frac{\rho_a C_p}{\gamma} (e_{sr} - e_d)$$

Afin d'éliminer e_{sr} . Ensuite, de la même manière que Penman, il obtient une expression légèrement différente avec E_0 (m/j) :

$$ETP = E_0 \frac{\Delta R_n + \frac{\rho_a C_p}{r_a} (e_a - e_d)}{\lambda \rho_w \left[\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right) \right]}$$

Lorsque ces résistances sont prises en compte, le taux d'évapotranspiration n'est plus potentiel mais réel. La résistance aérodynamique r_a en s/m, prise égale à $(208/u)$ pour le gazon de référence et r_s est la résistance de surface (ou stomatale) en s/m est prise égale à 69 s/m (Shuttleworth, 1993).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I-3-C -2- Penman-Monteith, (FAO) et ASCE, 2005:

La formule la plus connue et la plus utilisée, elle est recommandée par la FAO et l'ASCE (American Society of Civil Engineers). Elle a été développée pour une culture de référence de 0.2m de hauteur, ayant une résistance de 70s/m et un albédo de 0.23.

$$ETP = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} u_2 (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

I-3-C -3- Formule de Priestley-Taylor (1972):

L'approche de Priestley et Taylor (1972) consiste à relier le terme aérodynamique dans la formulation de Penman à une fraction du terme énergétique. La formule s'écrit en m/ j :

$$ETP = \frac{\alpha_{pt} \Delta R_n}{\lambda \rho_w [\Delta + \gamma]}$$

où α_{pt} , est un paramètre (coefficient de Priestley-Taylor) à calibrer selon les conditions locales ($\alpha_{pt} = 1.26$ pour les climats humides et $\alpha_{pt} = 1.74$ pour les climats arides (Shuttleworth, 1993).

Cette équation est séduisante puisque d'une part elle est beaucoup plus simple que la formule de Penman, ne nécessite que deux variables météorologiques à mesurer et d'autre part elle ôte la partie aérodynamique de la formule de Penman, qui semble être la plus critiquable au vu des diverses tentatives d'ajustement et/ou de généralisations dont elle fait l'objet.

La relation s'écrit:

$$ETP = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda}$$

Avec ETP en mm/j, (γ) pente de la courbe de pression de vapeur saturante $\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$, (R_n) radiation nette $\text{MJ/m}^2/\text{j}$, (α) coefficient de Priestley-Taylor, (λ) chaleur latente de vaporisation en MJ/Kg ($=2.45\text{MJ/Kg}$ à 20°C).

I-3-C -4- Formule de Kimberly-Penman (1982):

Des relations fonctionnelles dépendant du temps ont été développées par Kimberly (Etats-Unis), pour permettre une variation de la fonction de vent (w) prenant en compte les variations saisonnières dans l'advection

Chapitre I : Synthèse bibliographique

de chaleur. L'équation de Kimberly-Penman s'écrit en m/j, avec j le jour julien de l'année, en partant de j=1 pour le premier janvier:

$$ETP = \frac{\Delta R_n + \gamma(e_a - e_d)K(u)}{\lambda \rho_w [\Delta + \gamma]}$$

$$K(u) = a_w + b_w u$$

$$a_w = 0.4 + 0.14 \exp\left(-\left(\frac{j - 173}{58}\right)^2\right)$$

$$b_w = 0.605 + 0.345 \exp\left(-\left(\frac{j - 243}{80}\right)^2\right)$$

I-3-C -5- Formule de Thom - Oliver (1977):

D'après Thom et Oliver (1977), la méthode de Penman néglige le fait que la résistance aérodynamique de l'eau soit plus faible que celle de l'herbe. De plus, la résistance de surface n'apparaît pas au dénominateur. L'équation proposée a été conçue dans le but de prendre en compte ces effets. Précisons que le fait d'introduire des paramètres tels que la résistance de surface et la résistance aérodynamique induit une certaine dépendance saisonnière. Cette équation, qui s'écrit en m/j, très proche de celle de Penman-Monteith tout en reprenant la fonction de vent de Penman, multipliée par un facteur de 2,5 pour tenir compte de la différence de rugosité entre l'eau et le gazon.

$$ETP = \frac{\Delta R_n + \gamma(e_a - e_d)k(u)}{\lambda \rho_w [\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)]}$$

Avec K(u) une fonction du vent : $K(u) = 215(1 + 0.69u)$

Chapitre I : Synthèse bibliographique

II-Généralités sur les cultures marichaires

II-A- Carotte

1 -Historique et origine

La carotte est une plante bisannuelle originaire des zones tempérées froides ; mais elle est aussi cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. La plupart des botanistes de l'Europe centrale admettent que la carotte cultivée est une simple lignée culturale dérivée de la carotte sauvage (Thellung, 1927, Reduron, 2007).

La carotte (*Daucus carota*) est une espèce indigène, commune en Europe. On la trouve surtout dans des zones incultes, des prairies sèches au sol sableux ou caillouteux, du littoral jusqu'à 1 500 m d'altitude. L'aire de répartition de *D. carota* comprend les régions européennes, périméditerranéennes et se prolonge à l'Est jusqu'aux portes de l'Himalaya (Reduron, 2007).

2- Définition

La Carotte (*Daucus carota* L.) est une plante de la famille des Ombellifères. C'est une plante bisannuelle, c'est-à-dire que son cycle dure deux ans. La première année elle produit une rosette de feuilles et des réserves situées dans la racine, c'est à ce stade qu'elle est récoltée pour la consommation.(Jérom ,2018).

3- Classification

Elle est classée dans le règne: Plantae, la division: Magnoliophyta, la classe: Magnoliopsida, la sous classe: Rosidae, l'ordre: Apiales, la famille : Apiaceae, le genre: *Daucus* et son nom binomial: *Daucus carota* L.1753 .

Cette famille comprend d'autres légumes tels que le céleri, le cerfeuil et le persil(Crété, 1965; Mazza, 1989 in Djarmoune , 2008). Elle offre par sa richesse, de multiples qualités nutritionnelles et diététiques (Mazza, 1989 in Djarmoune ,2008).

4- Cycle de vie

La levée des graines est assez lente puisqu'elle dure entre 6 et 10 jours, elle se caractérise par le déploiement de deux cotylédons filiformes, puis l'apparition de la première vraie feuille intervient dans les 15 jours après le semis. Durant les 25 jours suivants la plante se concentre sur son développement racinaire et foliaire, ainsi le nombre de racines latérales augmente alors que le

Chapitre I : Synthèse bibliographique

diamètre de la racine principale (future carotte) reste identique.

Le grossissement de la racine principale ou tubérisation débute en moyenne 40 jours après le semis et commence par le haut des racines pour finir par la pointe, elle dure en moyenne 2 mois. (Jérom ,2018).

5- Besion en eau

Selon Simon (2000), l'irrigation permet l'obtention de meilleurs résultats tant au niveau quantitatif que qualitatif. Sa conduite peut se faire selon le schéma suivant :

- durant le premier mois de culture, une irrigation quotidienne de 8 mm si les apports d'eau (pluviométrie + irrigation) de la veille sont inférieurs à 30 mm (l'irrigation est diminuée de moitié si les apports d'eau sont compris entre 30 et 80 mm) ;
- durant le second mois, une irrigation quotidienne de 20 mm si les apports d'eau (pluviométrie + irrigation) cumulés au cours des 5 jours précédents sont inférieurs à 30 mm ;
- durant le dernier mois, une irrigation de 20 mm tous les deux jours si les apports d'eau (pluviométrie + irrigation) cumulés des 3 jours précédents sont inférieurs à 30 mm.

II-B- Tomate

1-Historique de la tomate

La tomate est originaire des Andes d'Amérique de Sud. Elle a été découverte en 1519 par Hermann Cortès dans le Golfe du Mexique (Harlan, 1987). La première évocation de la tomate en Europe est celle du botaniste italien Pietro Andreas Matthioli en 1544. Ce dernier la présente comme une espèce portant « des fruits aplatis et côtelés, qui de vert deviennent jaune d'or ».

Une décennie plus tard, il indique qu'il existe des tomates jaunes et des tomates rouges. Dans le Vieux Monde, les premières représentations graphiques de la tomate son celles de Rembertus Dodonaeus (Anvers, 1953), Georg Oelinger (Nuremberg, 1953) et Castore Durante (Blancard, 2009). De là, sa culture s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est et en Moyen Orient. L'apparition de la tomate en Afrique du Nord a lieu au XVIIIème siècle au Maroc d'abord puis en Algérie et en Tunisie. On suppose que l'origine de son introduction est due aux morisques chassés d'Espagne lors de la Reconquista (Boumendjel et al 2001).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

2- Définition de Tomate

Produit végétal qui succède à la fleur après fécondation et qui renferme les graines de la plante, la tomate serait donc bien un fruit (on voit les graines à l'intérieur). La tomate est donc biologiquement parlant un fruit mais un légume culinairement parlant (Chaux et Foury, 1994).

3- Classification

Selon Dupont et Guignard, (2012) et Spichiger et al, (2004) la tomate appartient à la classification suivante :

RègnePlantae

Sous règneTrachenobionta

DivisionMagnoliophyta

Classe Magnoliopsida

Sous classeAsteridae

OrdreSolonales

Famille.....Solanaceae

Genre Lycopersicum

Espèceesculentum Miller

4- Cycle biologique de la tomate

Le cycle de développement d'un plant de tomate peut être décrit par trois grandes phases biologiques :

1. la « phase végétative » qui correspond à la production phénologique exclusive d'organes végétatifs (feuilles et tiges) et comprise entre la levée et l'apparition de la première inflorescence ;
2. la « phase reproductive » qui correspond à la période de production des fleurs et des fruits et qui démarre à la floraison pour s'achever en fin de culture
3. la « phase de maturation » des fruits qui démarre sept à dix jours avant la récolte des premiers fruits et se termine à la récolte (Dumas, 1992 in Huat, 2008).

5- Besoin en eau de culture de tomate

L'arrosage est journalier surtout au début du grossissement des fruits, avec environ 4 à 6 arrosoirs pour 10m par jour sans pluies.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Les arrosages sont effectués tot le matin ou le soir,surtout à partir de la floraison.(Anonyme,2015) .

II-C- pomme de terre

1- Origine et historique

Selon(Rousselle et al .,1996) ; Crosnier,éd. On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique,l'espèce *S.tuberosum*.Dés 1929,les botanistes russes Juzepczuk etBukasov avaient montré que cette origine était plus complexe que l'on retrouvait,parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées,des plantes sauvages différents.

Le genre *Solanum* est très vaste(environ 1000espèces) et largement distribué dans le monde.Il ya cependant une forte cocentration d'espèces en Amérique du sud et amérique centrale.Les solanacées tubéreuses ne représentent qu' un petit dixième du genre *Solanum*.On en connaît environ200espèces réparties en 21 séries taxinomique.On les trouve des montagnes Rocheuses au Sud du Chili,surtout en altitude.Mais certaines espèces existent dans les plaines d'argentine,d'uruguay et du Sud Brésil ou sur le littoral du Pacifique péruvien et chilien.

Le centre de variabilité maximum de ces espèces se situe au cœur des Andes (Pérou,Bolivie),ou plus de 100 espèces sauvages ont été détectées,et ou l'on connaît plus de 400 cultivars de pomme de terre indigènes.

Les différentes pommes de terre cultivées,toutes inscrites dans la série *Tuberosa*(avec d'autre espèces sauvages)sont originaires d'Amérique de Sud.Le nombre de chromosomes de base est 12 et l'on trouve des espèces allant de diploides($2n=24$) jusqu'à des pentaploides($2n=60$).Notre pomme de terre est tétraploide($2n=48$).

2- Défénition

La pomme de terre est, dans les situations les plus fréquentes, une espèce à multiplication végétative. Sa reproduction est alors assurée par le tubercule, organe de réserve riche en eau et en substances nutritives. Ce tuberecule est, du point de vue anatomique, une tige modifiée, aux entre-nœuds courts et épaissis et dont les bourgeons vont donner naissance à des germes , Après la plantation du tubercule, ses germes s'allongent.

Pendant cette période, la plante est dépendante des réserves du tubercule-mère.(Rousselle et al .,1996).

3- Position systématique

Selon KHEDIR et LETOUFA (2008), la position systématique de la pomme de terre est comme suit :

Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Gamopétales

Ordre : Polémoniales

Famille : Solanacées

Genre : Solanum

Espèce : Solanum tuberosum L

4- Cycle végétatif de la pomme de terre

Le cycle de la pomme de terre comprend trois étapes et se fait par le tubercule qui sert à la multiplication végétative et se déroule en trois étapes : la dormance, la germination et la tubérisation.

4-1 Dormance

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période de dormance où le tubercule ne germe pas, quelle que soient les conditions climatiques (température, éclairage et humidité,...), et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température. Pour accélérer la germination, on peut traiter les tubercules de semence par des produits chimiques ou les exposer alternativement à des températures élevées et basses (LAHOUEL, 2015).

4-2 Germination

Le tubercule est placé dans des conditions favorables (16-20°C, 60-80% d'humidité relative) instantanément après la fin de son repos végétatif, il commence à germer, les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons après une évolution physiologique interne, ce qui conduit à un seul germe qui se développe lentement et issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons, c'est la dominance apicale, puis un petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite, un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant la perte de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisés

Chapitre I : Synthèse bibliographique

(KECHID, 2005).

4-3 Tubérisation

La tubérisation commence par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. Ce phénomène se réalise dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis s'arrête au cours de l'affaiblissement du feuillage (CHABBAH, 2016)

5- Besion en eau de culture pomme de terre

Les besoins en eau d'une culture de pomme de terre (plantation de saison) sont de 3000 à 4000 m³ par hectare, les quantités d'eau consommées varient en cours de végétation ; elles sont faibles en début de végétation, élevées au moment de la tubérisation et du grossissement des tubercules et minimales lors de la maturation.

Les besoins maximum peuvent atteindre 2 litres par jours et par plant soit 12 litres par m², ainsi en terre sableuse, il faudrait irriguer tous les 2 jours en raison de leur capacité de rétention très faible.(Ameur F , 2011)

En cas de périodes sèches, il est important de pouvoir apporter à cette culture l'eau lui est indispensable depuis la plantation jusqu'à la récolte. Irriguer chaque fois que le sol commence à être sec au toucher : réaliser en moyenne une irrigation de 25 à 50 mm tous les 4 à 5 jours.(SIMON ,2000)

II-D- poivron

1- Origine et historique

Selon Valdez (1994), le poivron vient des zones comprises entre le Sud des Etats-Unis et la Colombie. Ses découvertes archéologiques en Tehuacan, centre du Mexique, datent de 6500 à 5000 avant Jésus-Christ, affirment que le poivron a été la première espèce trouvée en Amérique, dans les régions agricoles avant-gardes, son utilisation était plus intense et variée au Mexique et au Pérou.

Le sud de l'Europe et les Etats-Unis occupent la première place dans la production du poivron. Introduit en Europe comme plantes à épices au XV^{ème} siècle par Christophe Colomb, actuellement,

Chapitre I : Synthèse bibliographique

le poivron est cultivé dans presque toutes les régions du globe et détient une importance économique majeure.

2- Définition de Poivron

Le poivron est un groupe de cultivars de l'espèce *Capsicum annuum*. Ce sont les variétés douces issues de cette espèce par sélection. Ces cultivars doux produisent des fruits de différentes couleurs dont le rouge, le jaune et l'orange. Le fruit est également consommé sous sa forme verte immature.

3- Systématique du poivron

Le poivron (*Capsicum annuum*) est de la famille des solanacées, du genre *Capsicum*, ordre de polémoniacées, classe des dicotylédones, subdivision des angiospermes dont les graines sont cachées à l'intérieur du fruit (Purseglove, 1966).

4- Cycle de vie

Le cycle végétatif du poivron suit plusieurs stades végétatifs qui sont :

Stade 0 : Levée

Stade 1 : Les cotylédons sont étalés

Stade 2 : Deux feuilles étalées sur la tige principale

Stade 3 : Davantage de feuilles étalées sur tige

Stade 4 : Début floraison

Stade 5 : Floraison

Stade 6 : Développement du fruit

Grâce à la durée de vie de poivron et notre suivi dans la serre nous avons remarqué que la première période de croissance la plus sensible aux maladies, ainsi que les ravageurs tel que le puceron, parce que les feuilles de la plante sont sensibles aux différents facteurs pathogènes. (Kolev, 1976)

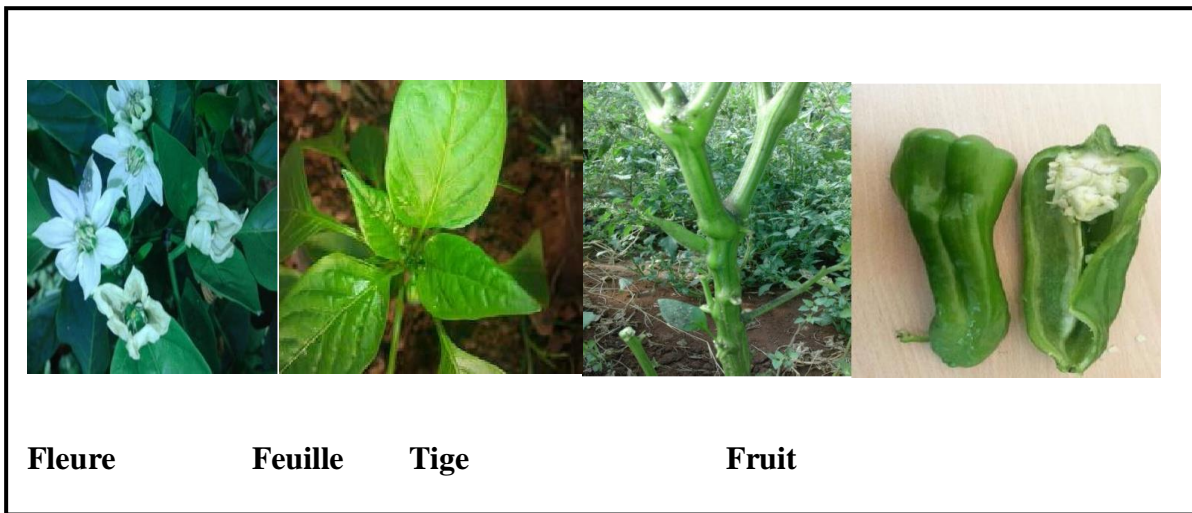


Fig01 : Les différents stades du poivron (ZITOUNI et DOUAR , 2017).

5- Besion en eau de culture

Les besoins de la culture se situent aux environs de 400 mm pendant la période végétative et de 200 à 400 mm pendant la période de cueillettes, soit 600 à 800 mm/cycle. Le but essentiel de tout système d'irrigation consiste à mettre à la disposition de la plante la quantité d'eau nécessaire à ses besoins en temps opportun. Toute erreur en irrigation a des conséquences graves sur la production puisque la faculté restauratrice des racines du poivron est faible (Skiredj, et al, 2005).

II-E- piment

1- Histoire et origine du piment

Le piment (*capsicum*) est originaire d'Amérique tropicale (Fortin et al., 1996; Hjelmqvist, 1995; Jones, 1994; Cordell et Araujo, 1993; Basu et De, 2003; Kothari et al., 2010). Fortin et al (1996) rapportent qu'il fait partie des premières plantes à être cultivées en Amérique du Sud, il ya 7000 ans et son appellation est très diversifiée selon les pays et régions du monde. Des vestiges de piments de plus de 7000 ans avant J.C ont été trouvés dans les sites archéologiques de Sud-Est du Mexique (Coon, 2003). Son introduction dans l'ancien monde a toujours suscité les plus grands débats: Selon l'opinion générale, les espèces cultivées ont été introduites en Europe par les expéditions de Christophe Colomb (Bosland et Votava, 2000). Les espagnols, relayés par les portugais. le répandront ensuite rapidement dans le monde (Stummel et Bosland. 2007. Actuellement, on rencontre *Capsicum* partout dans le monde. Bosland et Votava (2000) ont rapporté que depuis 1994. l'usage du piment comme épice a augmenté de 21% dans le monde, et l'Asie en est le plus grand producteur. En 2008. les statistiques de la FAO (Food and Agricultural Organization) indiquent

Chapitre I : Synthèse bibliographique

également que l'Asie occupe toujours la première place en matière de production de piments.

2-Définition

C'est une plante herbacée de 0,5 à 1, 5 m de haut dont le système racinaire est un pivot assez fort avec des racines qui ont une tendance à se développer latéralement dans un rayon de 0,30 à 0,50 cm. La tige se lignifie progressivement d'où la tendance à un mode pérennant (Chaux & Foury, 1994).

3-Systématique

Le piment appartient au genre *Capsicum* de la grande famille des Solanaceae comme les aubergines (*Solanum melongena*, *S. aethiopicum*), la tomate (*Lycopersicon esculentum*), la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) ou encore la tabac (*Nicotiana tabacum*).

Dans la sous-classe des Aristidae du groupe des Dicotylédones évoluées caractérisés par la gamopétalie (pétales soudés), les Solanaceae appartiennent à l'ordre des Polémoniales, à port herbacé et à ovaire supère. (Guignard, 1996).

4-mode de reproduction

Le piment *C. annuum* L. est une plante annuelle préférentiellement autogame (Chaine-Dogimont, 1993) ou encore autogame facultatif (Pochard et al, 1992). Ses fleurs sont pentamériques et hermaphrodites, et elles sont fréquemment visitées par les insectes d'où une allogamie résiduelle qui en résulte.

Poulos (1993) note que chez la plupart des cultivars, les fleurs diffèrent par la position des stigmates en relation avec les anthères. Ainsi, les fleurs à longs styles dont les stigmates s'étendent au-delà des étamines sont plus susceptibles de pollinisation croisée que les fleurs à styles courts où l'autopollinisation est surtout de mise.

De Witt & Bosland (1993) ajoutent que la pollinisation croisée chez le piment *C. annuum* L. s'accroît avec la structure de la fleur mais aussi la présence de nectar qui attire les insectes.

Diverses méthodes d'autofécondation peuvent être utilisées : fermeture des fleurs à la colle ou avec une bande adhésive, isolement de la plante. Les cas de castration manuelle sont délicats du fait de la fragilité des fleurs et des sacs polliniques. C'est un procédé très utilisé pour la production de semences hybrides commerciales, rapportent Pochard et al (1992)

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Modalités de l'autogamie

L'autogamie est une fécondation forcée et exclusive d'un individu par lui-même. Elle est assurée au plan anatomique par la structure de la fleur qui facilite l'autofécondation et empêche l'hybridation. Cependant, 5 conditions biologiques doivent être réunies à la fois :

Fleurs hermaphrodites, avec étamines et pistil,

Contact ou proximité étamines-stigmates,

Synchronismes des floraisons mâle et femelle,

Absence de systèmes d'auto-incompatibilité et de stérilité mâle, au moins pendant la période de réceptivité,

Fleurs closes, ou au moins stigmates protégés durant leur période de réceptivité.

Biologie florale

Le nombre de jours requis pour la floraison dépend principalement de la variété et des conditions environnementales. Rajput & Parulekar (1998) estiment que pour la plupart des variétés, la floraison commence au bout de 40 jours après le repiquage. Les fleurs sont souvent solitaires mais dans certains cas, elles apparaissent en bouquets. Elles sont bractées, pédicellées et bisexuées (hermaphrodites).

5- Les besoins en eau

Ils peuvent se répartir en besoins intrinsèques et en besoins en termes d'irrigation ; les premiers correspondant à la quantité d'eau consommée par le couple plante-sol, c'est à dire à l'évapotranspiration de la culture (ET culture) qui a été calculée à partir de l'évapotranspiration de référence (ET₀). Ils sont d'environ 4,5 mm/j soit 4,5l/m²/jour (Tropicasem, 2001). Les seconds en fonction du mode d'apport (irrigation de surface, aspersion ou micro-irrigation), du climat, du type de sols et des éventuelles pertes inhérentes peuvent être synthétisés comme suit en fonction des stades phénologiques de la culture.

II-F- petit pois

1- Historique et répartition géographique

Les premières traces de culture du pois datent du début du Néolithique et ont accompagné les céréales dans l'apparition de l'agriculture au Proche-Orient. Il était dans l'antiquité et au Moyen Âge un aliment de base en Europe et dans le bassin méditerranéen ; le pois, la fève, et le blé procurent une alimentation équilibrée notamment en protéines (Benoît et al., 2006). L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) considère l'Éthiopie et l'Asie occidentale comme centres de diversification, avec des centres secondaires dans le sud de l'Asie et la région méditerranéenne. Le petit pois est actuellement présent dans tous les pays tempérés et dans la plupart des hautes terres tropicales (Brink and Belay, 2006).

2-Définition

Le petit pois (*Pisum sativum* L) c'est une plante diploïde : ($2n=14$ chromosome), appartient à la famille des légumineuses (Fabacées) (Krajinski et al., 2011), autogame (Deulvot et al., 2010), annuelle, parfois cultivée comme une bisannuelle. Sa croissance est indéterminée suivant les variétés, c'est-à-dire que le nombre de noeuds de la tige n'est pas fixé génétiquement mais reste sous la dépendance de facteurs externes (Prioul et al., 2004).

3-Position systématique

Le pois, petit pois ou encore pois rond est une plante annuelle de la famille des légumineuses (fabacées), largement cultivée pour ses graines. La classification botanique de cette plante est résumée de la façon suivante (Coussin, 1974) :

Règne..... Végétal
Embranchement Spermaphytes
Sous embranchement Angiospermes
Classe Dicotylédones
Ordre Fabales
Famille..... Fabacées
Sous famille Faboïdeae
Genre *Pisum*
Espèces *Pisum sativum*. L

Chapitre I : Synthèse bibliographique

4- Cycle de développement de petit pois

Le cycle développement du petit pois comprend deux périodes : périodes végétative et périodes reproductrice.

Période végétative : s'étend de la germination jusqu'à la ramification. La germination du petit pois est hypogée (Les cotylédons restent dans le sol) sa durée est entre 15 et 25 jours (Callum et al., 1997).

Période reproductrice : cette période est marquée par l'apparition est le développement des noeuds pour la première fleur. Les fleurs naissent à l'aisselle des feuilles, les pédoncules de longueur variable, une, deux et parfois trois fleurs au plus (Krawczak, 1999).

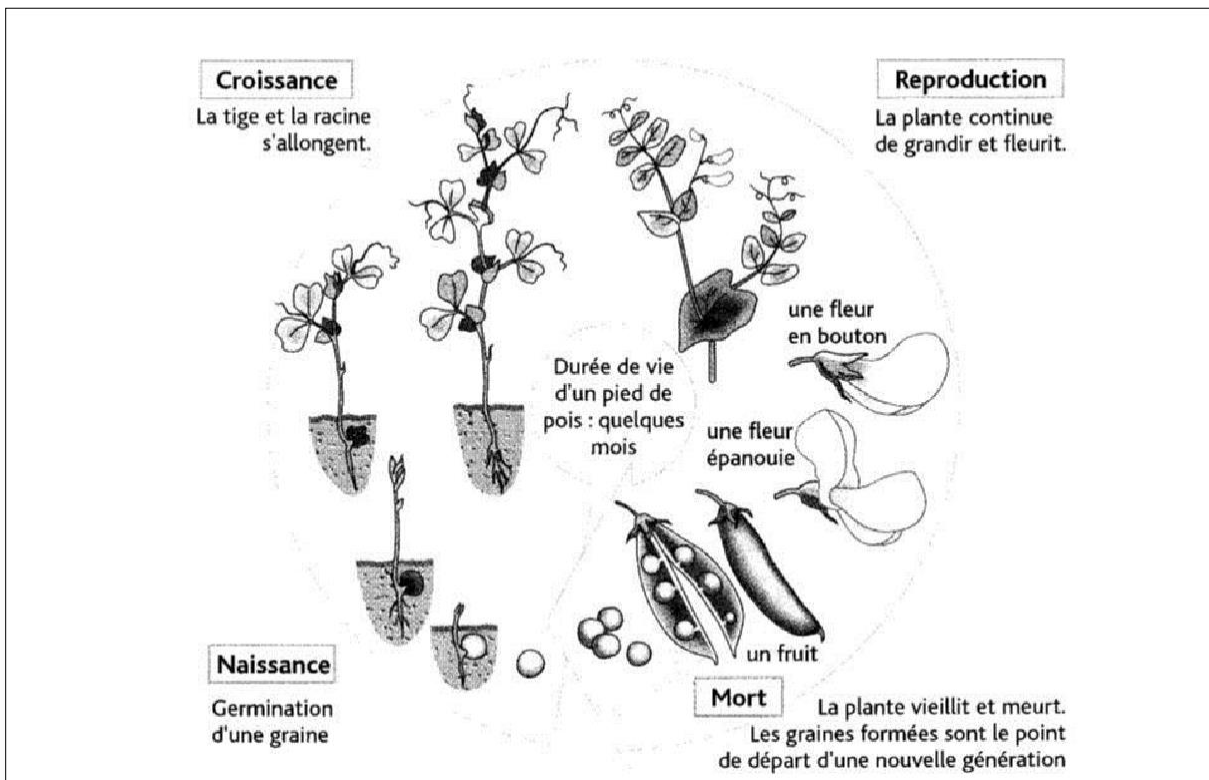


Figure 02 : Cycle de développement de petit pois

5- Besion en eau

L'irrigation est indispensable à un rendement maximal. Les petit pois nécessitent un volume minimal d'eau de 3 000 à 8 000 m³/ha, cet apport est plus efficace par goutte à goutte, si l'on recourt à l'irrigation par aspersion ou à la raie, le volume nécessaire peut atteindre 14 000 m³/ha.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Les cultures sont irriguées goutte à goutte ou par aspersion, Si les réserves hydrique disponibles de la parcelle ne sont pas suffisantes, il est conseillé de Besion en eau

En général, la culture demande une bonne répartition des apports d'eau: (1) les variétés précoces exigent un volume d'eau total de l'ordre de 400 mm/cycle productif; (2) les variétés tardives en ont besoin d'environ 600 mm/cycle. L'irrigation peut être pilotée par le bac classe A; on prend comme coefficient cultural 0,5-0,8 durant la période de transplantation-début grossissement du bulbe; 1 pour la période de grossissement du bulbe et on arrête l'irrigation durant la période proche de la maturité-récolte(Labuschagne, 2009).

II-G-fève

1- Origine de *Vicia faba*

La fève (*Vicia faba*) est une plante potagère de la famille des Papilionacées cultivée depuis la plus haute antiquité. Originnaire d'Asie Centrale cultivait il y a près de 10.000 ans. Elle se répandra ensuite à tout l'hémisphère nord (ZAIDI et MAHIOUT, 2012).

2- Définition

La fève (*Vicia fabae*) est une plante herbacés annuelle c'est une espèce diploïde ($2n=12$ chromosomes) elle présente un cycle phréologique a trois phase sont : une phase de germination une phase développement végétative et une phase de reproduction (Doyle et luckow, 2003)

3- Classification

Selon KOLEV (1976), la fève est classée comme suit :

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Série : Calciflores

Ordre : Rosales

Famille : Fabacées

Sous famille : Papilionacées

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Tribu : Viciées

Genre : Vicia

Espèce : Vicia faba L.

4- Cycle de vie

Tableau 01: Les stades phénologiques de la plante hôte la fève (WEBER et BELEIHOLDER, 1990 ; LANCASHIRE et al., 1991)

| Stades | Définitions |
|----------------------------------|--|
| Germination | Graine sèche jusqu'à la jeune pousse perce la surface du sol |
| Développement des feuilles | 9 ou davantage de feuilles étalées |
| Elongation de la tige principale | Début de l'élongation de la tige principale |
| Apparition de l'inflorescence | Les premiers boutons floraux sont individuels visibles, toujours fermés mais dégagés des feuilles |
| Floraison | Apparition des fleurs |
| Développement du fruit | Presque toutes les gousses ont atteint leur taille Finale |

5- Besion d'eau

Bien que la fève soit généralement conduite en "Bour", elle répond bien aux apports d'eau.

L'humidité du sol doit être maintenue au dessus de 50% de la capacité au champ sur les premiers 30 cm du profil. Pour une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation, il est préconisé de procéder à des irrigations pendant les phases critiques chez la fève. Ces phases correspondent au début de la ramification, la floraison, et le remplissage des grains.

Il est déconseillé d'irriguer la fève pendant les deux premières semaines qui suivent le semis, vu qu'un excès d'eau à ce stade réduit la croissance de la culture et augmente les risques de pourriture des racines.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

On conseille d'effectuer les irrigations tôt le matin pour laisser le temps au feuillage des plantes de sécher avant la tombée de la nuit. Un total de 250 à 400 mm d'eau est nécessaire, selon la nature du climat, du type de sol et du matériel génétique utilisé (Alaoui, Sans date).

Irriguer le champ avant le semis. L'irrigation au semis n'est généralement pas recommandée, car elle favorise uniquement le développement de racines peu profondes. Toutefois, si le sol a tendance à former une croûte, il faut commencer par l'irriguer abondamment (en fonction de la capacité au champ), puis de le labourer peu avant le semis. Une sécheresse avant floraison est fortement préjudiciable au rendement final. Dès le début de la floraison, il est donc judicieux d'irriguer régulièrement les champs en fonction des besoins, en poursuivant cette irrigation jusqu'à la formation des gousses (Labuschagne, 2009).

II-H- oignon

1-Origine et historique

L'oignon est l'une de plus anciennes plantes légumineuses connues par l'homme. Son milieu d'origine est situé dans une zone couvrant le proche Orient et l'Asie Centrale. La domestication de cette espèce s'est accompagnée d'une sélection durant plusieurs milliers d'années de cultivars ayant un développement important du bulbe au cours de la première année (cit web 3)

2-Définition

L'oignon (*Allium cepa*) est une plante monocotylédone bisannuelle mais habituellement cultivé comme annuelle qui appartient à la famille des liliacées. Sa tige est constituée par un plateau sur lequel s'insèrent des feuilles allongés cylindriquement et creuses et d'où portent des racines adventives. La base des feuilles peuvent se renfler lorsque les conditions sont favorables et forment une bulbe surmontée par une fausse tige ou collet lorsqu'elle est cultivé dans le sol profond et myogènes ; la plante développe un système racinaires pouvant atteindre une profondeur de 30 à 50 cm, le bulbe d'oignon est composé d'écailles chaînes et est couvert extérieurement d'une ou plusieurs couches d'écailles desséchées (cite web 3).

3-CLASSIFICATION

L'oignon appartient à l'embranchement de Magnoliophyte

Classe :liliopsida

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Ovale :liliiales

Famille :liliacée

Genre :Allium

Espèce :allium cepa ,nom commun :oignon

Nom :vernaculaire :litungulu (Nvakabwa,2009)

4- Besion en eau

En général, la culture demande une bonne répartition des apports d'eau: (1) les variétés précoces exigent un volume d'eau total de l'ordre de 400 mm/cycle productif; (2) les variétés tardives en ont besoin d'environ 600 mm/cycle. L'irrigation peut être pilotée par le bac classe A; on prend comme coefficient cultural 0,5-0,8 durant la période de transplantation-début grossissement du bulbe; 1 pour la période de grossissement du bulbe et on arrête l'irrigation durant la période proche de la maturité-récolte.(cit web 4).

II-I- concombre

1- L'origine et historique

Né selon toutes probabilités dans le nord de l'Inde, le concombre s'est très tôt propagé vers la Chine et vers le Moyen-Orient. Il fut cultivé sur les bords du Nil par les Egyptiens, qui en consommaient beaucoup, et le faisaient figurer parmi les offrandes destinées à leurs dieux. Les Hébreux l'importèrent en Terre Promise, où il devint l'un de leurs mets préférés. Grecs et Romains appréciaient beaucoup le concombre : Pline rapporte que l'empereur Tibère s'en régalaient quotidiennement, et que les jardiniers le faisaient pousser sous cloche pour accélérer sa croissance.

On trouve mention officielle de sa présence en France dès le IXème siècle, lorsque Charlemagne en ordonna la culture dans ses domaines. Louis XIV était en effet très friand de potages et de salades à base de concombre. Beaucoup plus amer qu'aujourd'hui, le concombre, après avoir été cultivé à grande échelle en plein champ, il est de nos jours de plus en plus souvent produit sous serre.(cit web 5)

2-Définition

Le concombre (*Cucumis sativus* L.) est une plante annuelle à tige herbacée qui appartient à la famille des cucurbitacées. (ANONYM, 1979).

3- Taxonomie

Solon (ANONYM, 1979).

| | |
|--------------------|--------------------|
| Règne | Phyta |
| Embranchements | Spermaphytes |
| Sous embranchement | Angiospermes |
| Classes | Dicotylédones |
| Sous classes | Gamopétales |
| Ordre | Viol ales |
| Familles | Cucurbitacée |
| Genres | Cucumis |
| Espèce | Cucumis sativus .L |

4-Cycle biologique de la culture

Les cotylédons sont très chlorophylliens et assurent le développement de la graine jusqu'à l'apparition des premières feuilles (graines exalbuminées).(Kroll ,1994)

1 Ramification:

La dominance de l'axe principale s'estompe rapidement et les axes secondaires se développent (basitonie) (Kroll ,1994)

2 Floraison :

Les fleurs apparaissent tôt, dès le 3ème ou 4ème noeud à l'aisselle des feuilles, ce sont les fleurs mâles éclosent successivement en petites inflorescences contractées tandis que les fleurs femelles reconnaissables par leur long ovaire prennent naissance isolées ou par 2 fleurs hermaphrodites mais un des deux sexes peut disparaître. mël :(Kroll ,1994)

Chez les plante monoïque : les fleurs mâles apparaissent en premières toutefois, les ramifications portent surtout des fleurs femelles. Par ailleurs, les Plante gynoïque : la plante ne porte que des fleurs femelles dont l'ovaire peut se développer par parthénocarpie tandis que chez les plantes andromonoïque, les fleurs mâles et hermaphrodites coexistent sur la même plante (Kroll ,1994)

3 Développement du fruit

- Il est rapide, surtout chez les fruits parthénocarpiques : environ 20 jours entre floraison et récolte. (mèl : (Kroll ,1994)

- Forte compétition entre croissance végétative et développement des fruits. Une surcharge des fruits pouvant entraîner des nécroses radiculaires. (Kroll ,1994)

Les abeilles étant les principaux agents pollinisateurs, elles doivent être suffisamment présentes pour que les fruits se développent correctement. Une pollinisation médiocre donne lieu à des fruits déformés ou courbés. Par contre, les concombres parthénocarpiques européens de serre ne doivent pas être pollinies, car cela entraîne des déformations du fruit et la présence de graines indésirables. Par conséquent, les serres sont maintenues sans insectes pour empêcher la pollinisation (Kroll ,1994)

On récolte les fruits 1–2 semaine après la floraison, en fonction du génotype, généralement avant leur maturité physiologique. Des récoltes fréquentes de fruits immatures commercialisables donnent lieu à une fructification continue et à un cycle de vie plus long de la culture. Les gros fruits en cours de maturation qu'on laisse sur la plante inhibent le développement de fruits supplémentaires.

4 Récolte:

Dés le 3ème mois après le semis, on récolte les concombres tous les deux ou trois jours, lorsqu'ils sont encore verts de préférence car le concombre est très sensible au chocs (Kroll, 1994).

5-Besoin en eau de culture

Le concombre consomme des quantités d'eau importantes de l'ordre de 2 à 3 litres par jour et par pied au moment de la pleine production. Les arrosages doivent être suffisamment copieux pour mouiller convenablement le sol sur une quarantaine de centimètres; leur fréquence et leur importance dépendent de la saison et de l'ensoleillement.

On pourra ainsi passer de 8 à 10 l/ m² tous les 5-6 jours en demi-saison à 10-12 l/m² tous les 3 jours en plein été. Il faut éviter d'arroser pendant les heures chaudes et, de toute manière, utiliser une eau portée préalablement à la température de la serre (Chaux, 1971).

II-J- ail

1-Origine et Historique

L'ail est originaire d'Asie Centrale. De là, il passera en Egypte puis dans le bassin méditerranéen. Aujourd'hui, sa culture est largement répandue en Europe. Il croît sans intervention humaine en Sicile, en Espagne, en Egypte et en Algérie (Daif .,1993).

En France, il est cultivé en Limagne, dans les régions du Sud-ouest et de la vallée de la Loire. Sa culture peut se faire à partir de bulbilles situés dans l'inflorescence ou à partir des fragments du bulbe (caïeux) (Delaveau .,1982).

2- Définition

L'ail cultivé ou l'ail commun est appelé en latin *Allium sativum* L. Une plante monocotylédone, herbacée, vivace, bulbeuse et à nombreuses fleurs blanches ou roses formant une inflorescence en ombelle. Le bulbe mère repose sur une structure plate appelée plateau d'où partent les racines. Il est entouré environ de 8 à 12 bulbilles ou caïeux couramment désignés sous le terme de gousses (DETHIER, 2010).

3-Classification

L'ail commun est également dénommé Thériaque des pauvres ou Thériaque des paysans (Girre et Loïc.,1980).

Sous-embranchement Angiospermes

Classe Liliopsides

Sous-classe Liliidae

Ordre Liliales

Famille Liliaceae

Genre *Allium*

Espèce *Allium sativum* L.

4- Cycle de vie de Ail

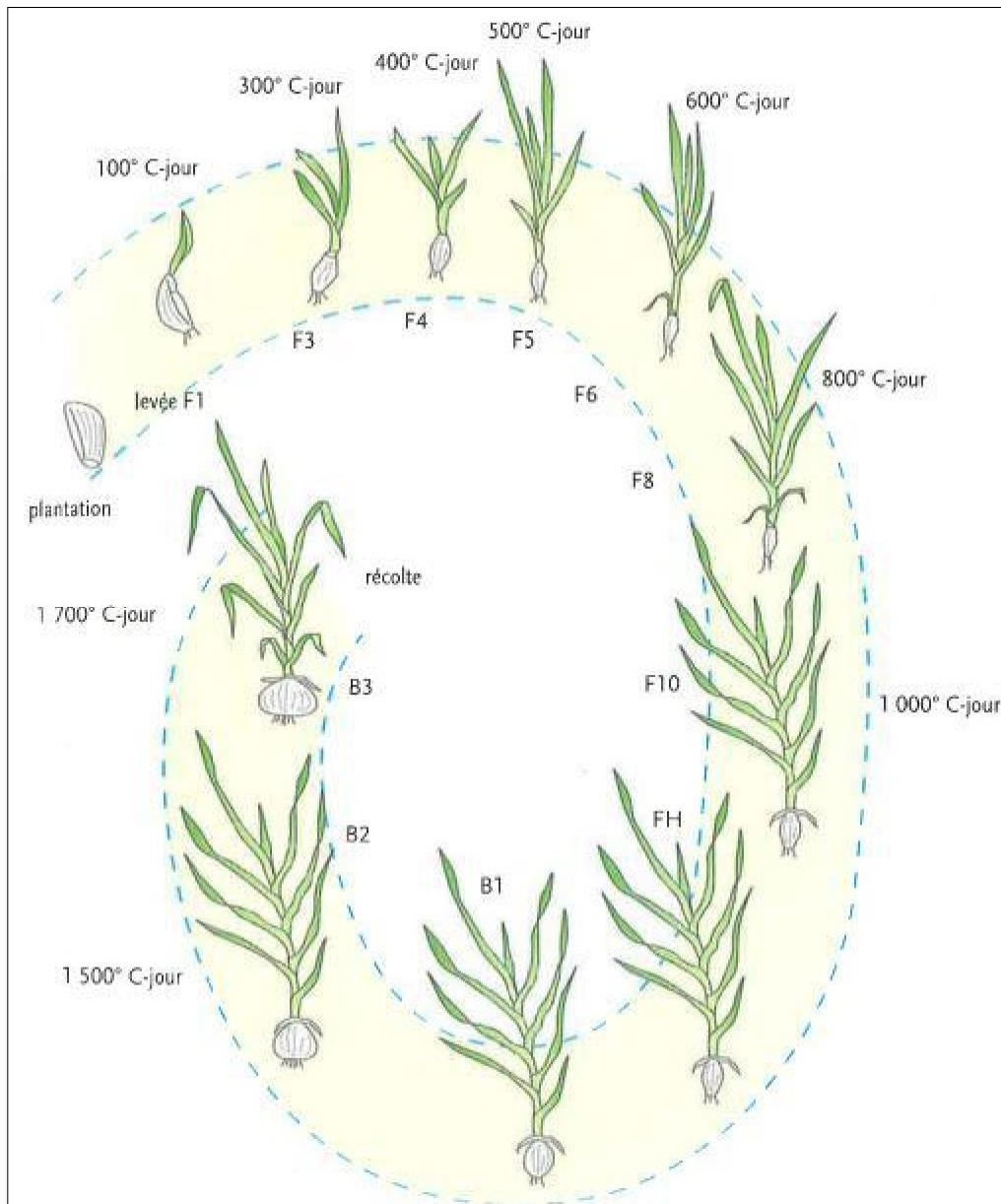


Figure 03: Les stades phénologiques d'ail (variétés d'automne) (L.Espagnacq, 1988)

F1 à F10: phases de croissance végétative

FH : production d'une hampe florale

B1 à B3 : grossissement du bulbe

5- Besion en eau de Ail

Le besoin en eau des cultures dépend essentiellement du climat, du type de culture et de phase de croissance de la culture.

D'après les données présentés dans la figure N°3, les besoins en eaude l'ail calculés par les quatre modèles sont de l'ordre de 357.88 mm, 451.73 mm, 386.92 mm et 419.36 mm respectivement pour T1, T2, T3 et T4. Alors que l'étude de Santos et al. (2010) estime que les besoins d'une culture irriguée de l'ail est de 349 mm selon les conditions climatiques de chaque région notamment les précipitations, donc un volume de 140.5 mm est une quantité insuffisante pour le témoin afin d'avoir une culture rentable.

II-K - Courgette

II-K-1- L'origine et historique

Cucurbita pepo est indigène des régions chaudes et tempérées de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Nord et y est cultivé. Il existe également en forme sauvage en Europe et en Asie. L'origine est incertaine. L'ancêtre commun de toutes les variétés actuelles de Cucurbita pepo provient probablement du Mexique, comme le confirment les résultats archéologiques (Andres, 2003). Leur plus ancienne présence dans l'alimentation humaine est décelée 7000 ans avant notre ère au Mexique (Chaux et Foury, 1994 ; Renaud, 2003).

II-K-2- Définition

D'après (Erard, 2002), La courgette est une plante annuelle, à végétation ramassé à croissance indéterminée.

secondaires atrophiés, avec des entrenoeuds courts jaunes unisexués (Larousse agricole, 2005).

II-K-3- Stades phénologiques

Échelle des stades phénologiques des légumes dans la famille des courges. Selon Feller et al. (1995):

A-Germination : de semence sèche à la levée: les cotylédons percent la surface du sol.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

B-développement des feuilles : de l'étalement des cotylédons de 9-19 feuilles étalées sur la tige principale.

C-formation de pousses latérales : de la 1^{ère} à la 9^{ème} pousse latérale primaire est visible.

D-apparition de l'inflorescence : La première ébauche d'une fleur est visible sur la tige principale, l'ovaire est allongé- la première ébauche florale est visible sur la pousse latérale tertiaire.

E-la floraison : La première fleur est ouverte sur la tige principale- première fleur ouverte sur la pousse latérale tertiaire .

F-développement du fruit : Le premier fruit de la tige principale a atteint sa taille et forme typiques- le premier fruit de la 3^{ème} pousse latérale atteint sa taille et forme typiques.

G-maturation du fruit et des graines : 10% des fruits ont la coloration typique du fruit à maturité-maturation complète: les fruits ont atteint leur couleur typique de pleine maturité .

H-sénescence : La plante est morte.

III-1-Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?

Un couple sol/ plante, en réponse à une demande climatiques (effets combinées de la température, vent ensoleillement, humidité), va respectivement évaporer et transpirer l'eau qu'elle à sa disposition.

Selon Merzougui (2019) ; Les valeurs de l'ETo sont d'autant plus grandes que la température est élevée, le vent fort, l'air sec... Cependant, pour une culture donnée l'évaporation réelle maximale (ETM) dépend non seulement du climat mais aussi du stade végétatif. . Elle représente l'évapotranspiration d'une culture en bonnes conditions végétatives et sanitaires et ne souffrant d'aucune restriction en ce qui concerne son alimentation hydrique. Elle s'accroît avec la densité, la hauteur et la rugosité de la végétation. Elle correspond aux besoins en eau de la culture.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Selon Ammar boudjelal(2017) ; 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).

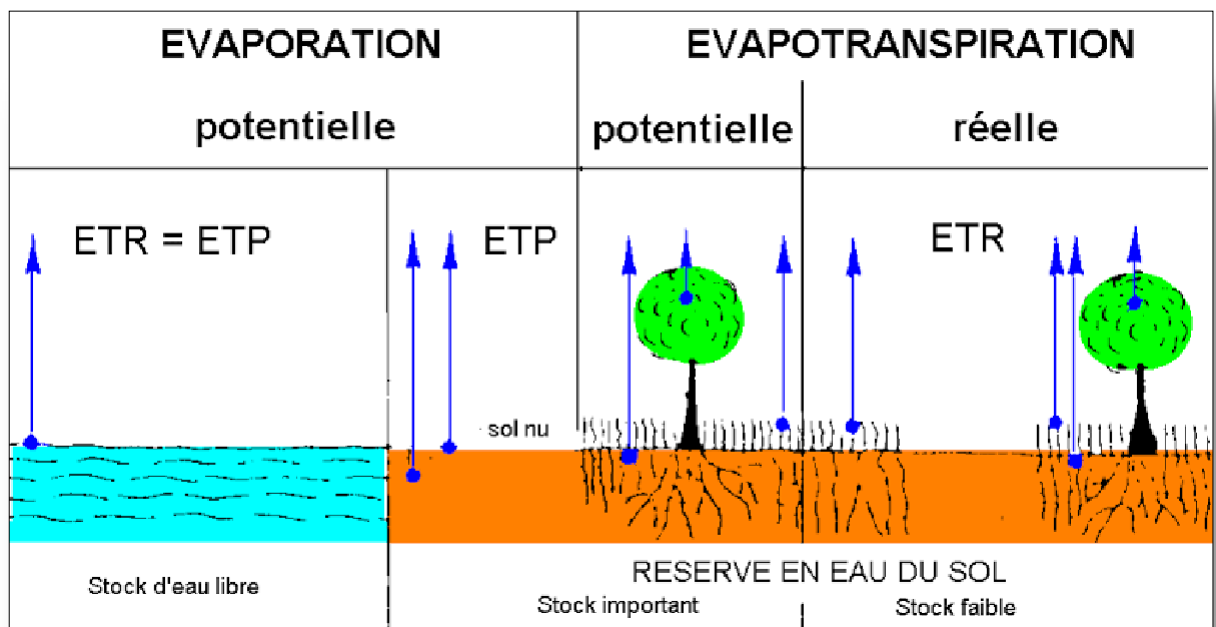


Figure 04: image représente la relation entre les formes de ET

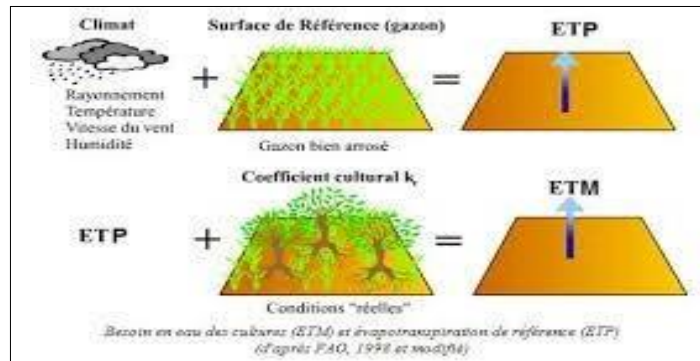


Figure 05: image représente la formule de l'ETM

III-2. Choix du coefficient cultural (k_c)

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

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

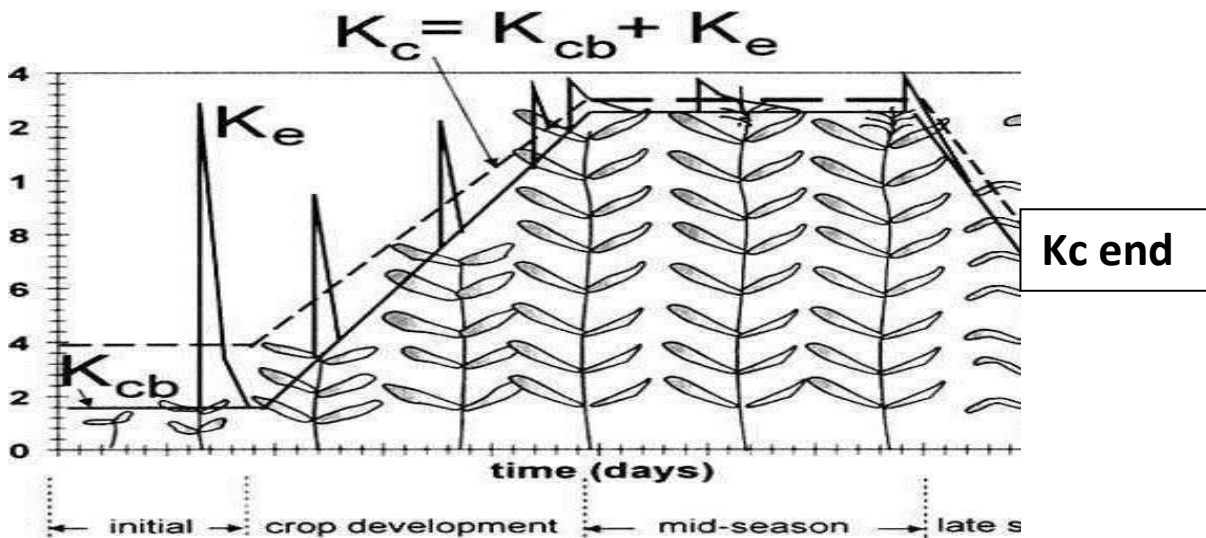


Figure06: Courbe de coefficients culturaux et définition des phases (Doorenbos et Pruitt,1975).

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

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

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

III-2-1- Coefficient K_c des cultures marichaire

La détermination du coefficient (K_c) est réalisée expérimentalement en fonction de la phase de développement de la culture, mais il est possible d'utiliser les valeurs publiées dans la

Chapitre I : Synthèse bibliographique

documentation spécialisée. La valeur du Kc, est en général comprise entre 0 et 1, mais peut dépasser l'unité dans le cas des cultures à feuillage dense et étagé. L'augmentation du coefficient Kc durant le cycle, fait croître l'ETM même si le climat reste constant. Des expériences ont montré que les besoins en eau changent en fonction de la méthode d'irrigation utilisée. Ainsi, les valeurs du coefficient Kc. varient et plus la méthode est déficiente plus les valeurs du Kc, sont élevées (Zella, 2015) Solon tableaux suivants :

Tableau 02 : le coefficient culturale des culture marichaire durant les déférente stade de développement.

| Culture | Kc initial | Kc mid | KC fin |
|----------------|------------|-------------------|-------------------|
| Carotte | 0 | 1,05 | 0,95 |
| Ail | 0 | 1 | 0,7 |
| Oignons | 0 | 1 | 1 |
| Poivrons | 0 | 0,05 ² | 0,9 |
| Tomate | 0 | 1,15 ² | 0,70-0,90 |
| Concombre | 0,5 | 1 | 0,9 |
| Pomme de terre | 0 | 1,15 | 0,75 ² |
| Fève | 0,5 | 1,05 ² | 0,9 |
| Petite pois | 0,5 | 1,15 | 0,3 |
| Piment | 0,01 | 0,05 ² | 0,9 |
| Courgette | | 0,95 | 0,75 |

(Source : Richard et al. ,2000).

Chapitre II :

Matériels et méthodes

Chapitre II Matériels et méthodes

I-2-A-Les précipitations

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 mers, les lacs temporaires et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (Ramade, 2003).

L'insuffisance de pluies sahariennes est accompagnée d'une irrégularité très remarquable du régime pluviométrique et d'une variabilité inter-annuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse (Ozenda, 1991).

La Figure suivante montre les précipitations mensuelle moyennes (mm) durant la période (1998-2018), en remarque qu'une irrégularité des pluies est remarquable avec un pic au mois de septembre avec (18,7mm), les précipitations les plus faibles sont au mois de Juillet (1mm).

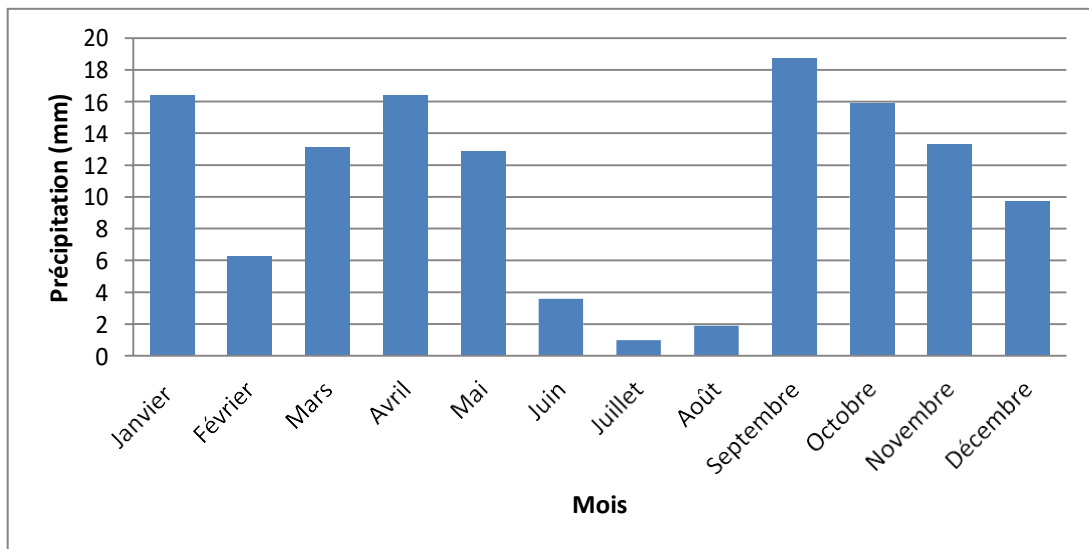


Figure 08 : Précipitations moyennes Mensuelle en mm durant la période (1998-2018)

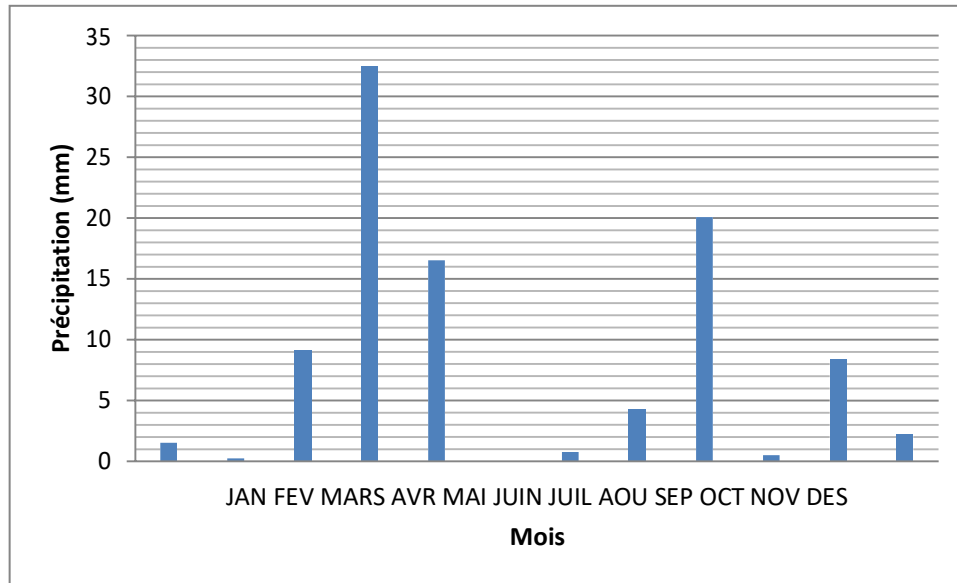


Figure09 : Précipitations moyenne mensuelle (mm) dans la région de Biskra durant l'année 2019.

Selon la Figure09 ci-dessus, on remarque que les précipitations mensuelle maximale durant l'année en cours (2019) est de 32.5 mm en mois d'Avril .

I-2-B-Les températures

Du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale, les déserts présentent de forts maximums de température et de grands écarts thermiques. La température est un facteur favorable lorsqu'il y a suffisamment d'eau, et de ce fait les mares, les suintements ou les oueds représentent un milieu biologique très riche. Mais en milieu sec la température devient un facteur aggravant car, elle augmente la vitesse de l'évapotranspiration. (Ozenda, 1991).

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)

Durant la période (1998-2018), les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées durant le mois de janvier (11,8 C°) avec une température minimale (6.8 C°) et maximale (17.5 C°). Les températures moyennes mensuelles maximales sont enregistrées durant les mois de juillet et d'août avec respectivement 34,8 °C et 33,5 °C (voir la Figure 11)

Chapitre II Matériels et méthodes

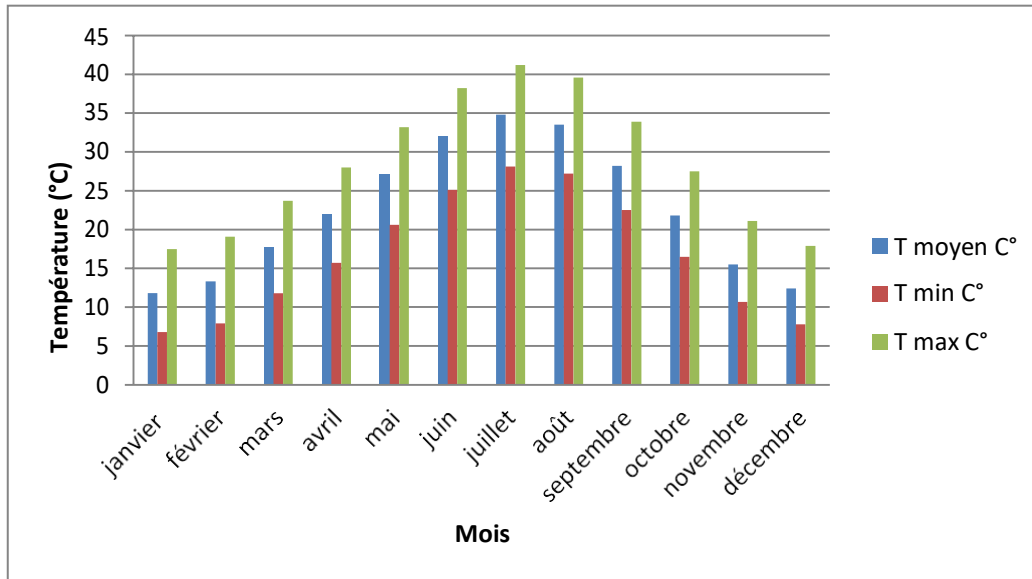


Figure10: Températures moyennes mensuelle dans la région de Biskra de la période (1998-2018).

Selon la figure 11 si dessus, on remarquer que la température mensuelle moyenne durant l'année(2019) la plus élevée est de 29.2°C pour le mois de juillet, et la température mensuelle moyenne minimale est de 16,5°C pour le mois de Janvier .

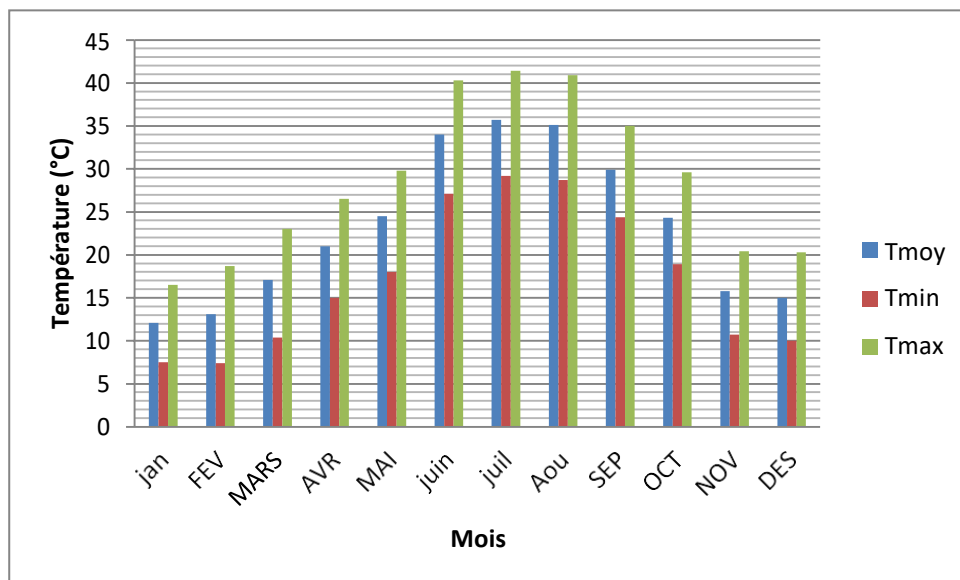


Figure 11 : Températures moyennes mensuelles dans la région de Biskra de l'année 2019

Chapitre II Matériels et méthodes

I-2-C-L'humidité relative

Selon Ramade (2003), c'est le rapport entre la teneur en vapeur d'eau de l'air et la masse théorique de vapeur d'eau que peut renfermer l'atmosphère à saturation compte tenu de la température et de la pression barométrique existante.

L'humidité de l'air dans la région varie entre 57.9 et 26.9 % avec une moyenne 43.3 %. Généralement le taux d'humidité est élevé pendant les mois de novembre, décembre et janvier.

L'humidité la plus faible est remarquée au mois de juillet avec une moyenne de 26.9 % (voir la Figure 12).

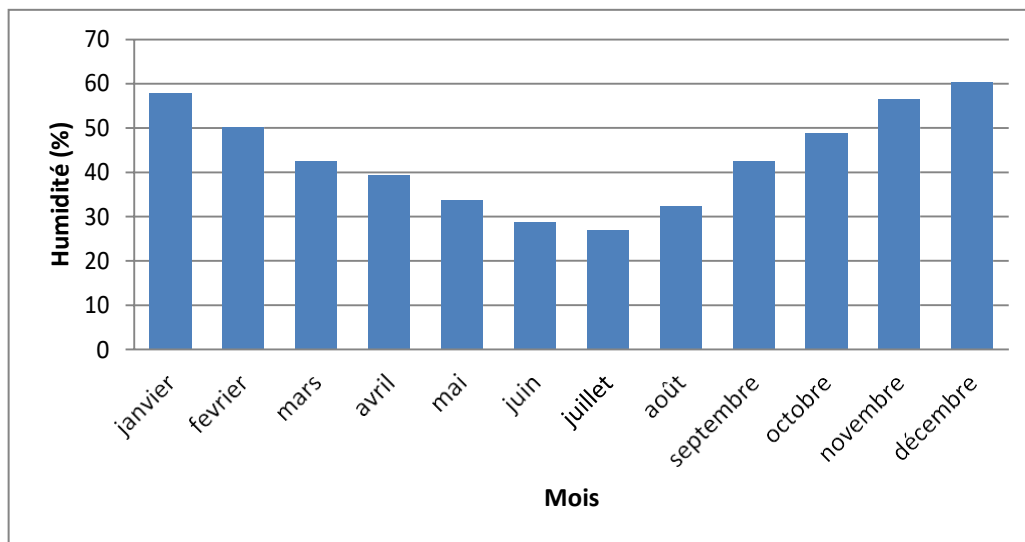


Figure :12 l'humidité relative moyenne mensuelle dans la région de Biskra durant la période (1998-2018).

L'humidité moyenne mensuelle maximale durant l'année (2019) est 53.9 % pour le mois de Janvier et l'humidité mensuelle minimale est de 22.7 % pour le mois de juin (figure14).

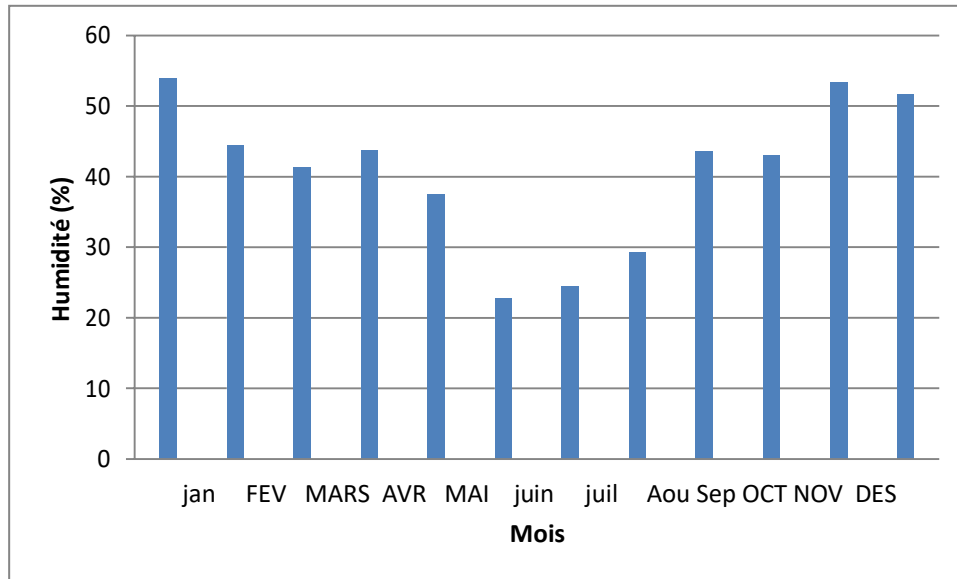


Figure 13 : L'humidité relative moyenne mensuelle (%) dans la région de Biskra durant l'année (2019).

I-2-D-Le vent

Il constitue en certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence de vents violents, la végétation est limitée dans son développement (Ramade, 2003).

Il intervient des fois par sa violence, par les particules qu'il transporte et qui peuvent déchirer les parties aériennes des plantes, et par les remaniements qu'il provoque dans le sol.

Cependant son action peut être quelque fois favorable, par exemple lorsqu'il provoque un important dépôt de sable sur des sols salés qui étaient stériles, ou bien lorsqu'il contribue à la dispersion des végétaux et de leurs semences (Ozenda, 1991).

Le vent a tout d'abord une action indirecte :

- En abaissant ou en augmentant la température, suivant les cas.
- En augmentant la vitesse d'évaporation, il a donc un pouvoir desséchant.

Les vents locaux sont de fréquence Nord-est et Nord-ouest et faible au Sud. Le siroco reste le vent qui mérite le plus d'attention en raison de l'action nuisible que ce vent chaud peut exercer sur les cultures. Il souffle du Sud pendant la saison sèche amenant avec lui sable et poussière.

Dans la région de Biskra, les vents soufflent au cours de l'année et le maximum de force des vents est enregistré à la fin d'hiver et au printemps. Les résultats enregistrés indiquent que la vitesse maximale du vent a été marquée au cours des mois de Mars et Avril pour une valeur 5.2 m/s et la vitesse minimale au cours du mois de Août pour une valeur de 3.5 m/s (voir la Figure 15).

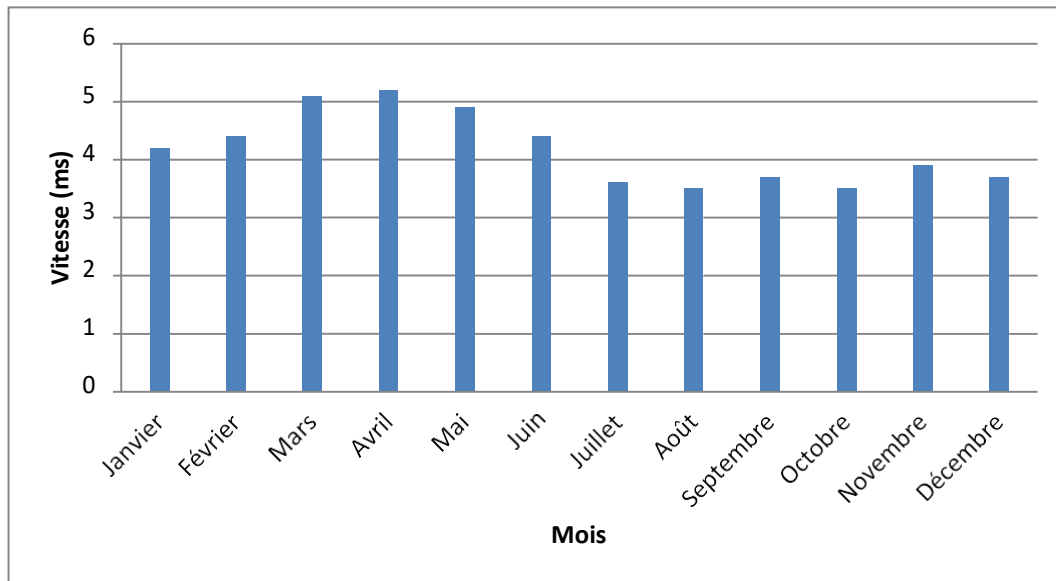


Figure14 : vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s) dans la région de Biskra durant la période (1998– 2018).

Selon la figure 15, on remarque que la vitesse du vent mensuel maximal durant l'année en court (2019) est de 20.8 m/s en mois Janvier.

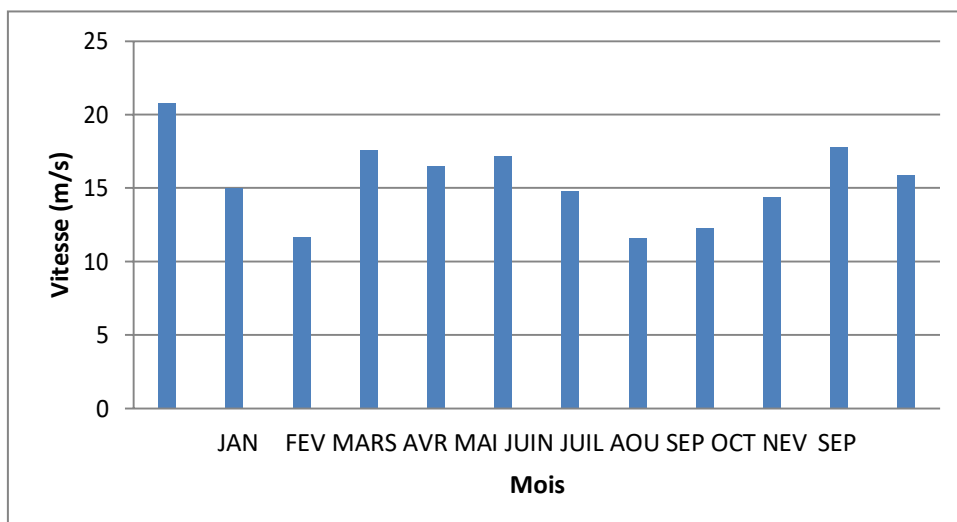


Figure15: vitesses du vent moyennes mensuelles dans la région de Biskra de l'année 2019.

I-6-E-Insolation :

Chapitre II Matériels et méthodes

Ramade (2003), la photopériode contrôle la germination des végétaux, l'entrée en dormance et la reprise d'activité de l'apex des rameaux, leur croissance, la chute automnale des feuilles et enfin la floraison.

On constate d'après la Figure suivante, que le nombre moyen annuel d'heures d'insolation est (275,9 heures) par ans pour la période (1998-2018). Le minimum est enregistré en décembre (218 heures) et le maximum en juillet (357,8heures).

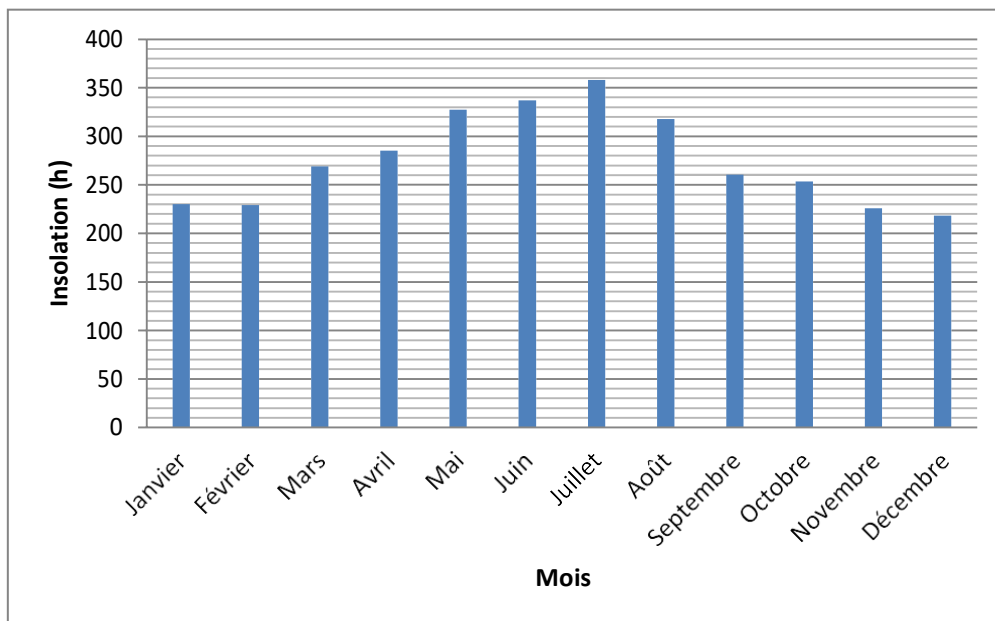


Figure16 : Insolation moyenne mensuelle dans la région de Biskra durant la période (1998-2018).

Durant l'année 2019, le nombre moyen annuel des heures d'insolation est 9.6 heures par jour. Le minimum est enregistré en Décembre (7.3h) et le maximum en Juillet (11.54 h).

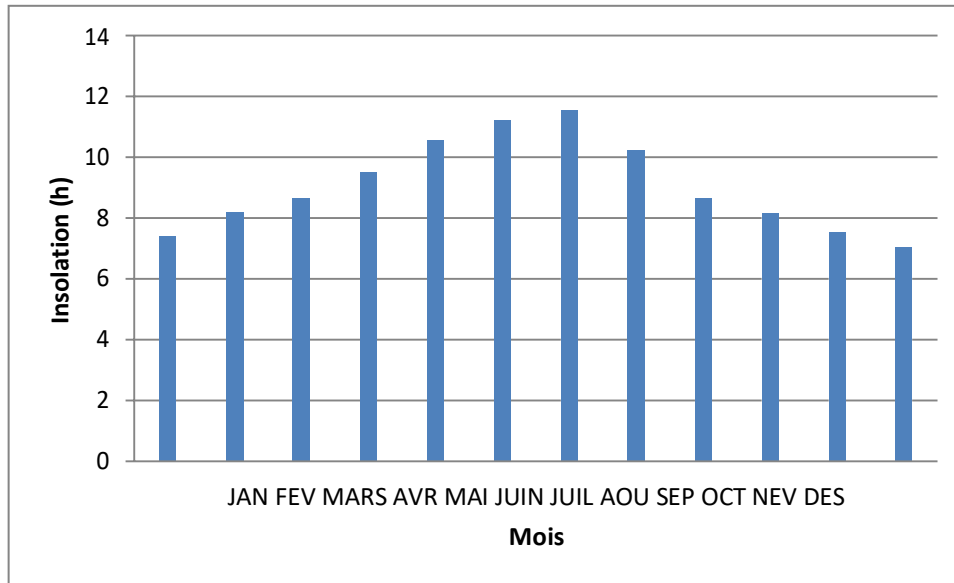


Figure 17 :Insolation moyennes mensuelles dans la région de Biskra de l'année 2019.

II-Matériels :

II-1- Objectif de l'étude

La thématique est pour objectif de traiter la problématique de besoin en eau des cultures (ETM) .Nous avons choisi les cultures maraichères cultivées dans la région de Biskra.

Elle cible la rationalisation d'utilisation des eaux en agriculture par biais des modèles semi-empiriques tel que Penman Montieth par le logiciel CROPWAT 8.0 et Turc durant une période de 21 ans (1998-2019)etcella pour ressortir un calendrier d'irrigation en fonction de coefficient culturale(K_C) et les bilans hydriques.

II-2. Présentation logiciel (CROPWAT 8.0)

II-2-1-Définition de cropwat

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 (.FAO.2009).

Chapitre II Matériels et méthodes

CROPWAT 8.0 a été développé par Joss Swennenhuis pour le Service des eaux - ressources, mise en valeur et aménagement de la FAO. CROPWAT 8.0 est basé sur les versions DOS de CROPWAT 5.7 (1992) et de CROPWAT 7.0 (1999).

L'objectif principal de CROPWAT est de calculer les besoins en eau des cultures et d'établir des calendriers d'irrigation basés sur des données fournies par l'utilisateur. Ces données peuvent être entrées directement dans CROPWAT ou importées depuis d'autres applications(FAO ,2009) .

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, CROPWAT a besoin des données d'évapotranspiration (ETo). CROPWAT permet à l'utilisateur soit d'entrer des valeurs de ETo mesurées soit d'entrer les données de température, humidité, vitesse du vent et insolation qui permettent à CROPWAT de calculer ETo en utilisant l'équation de Penman-Monteith.

Les données de précipitations sont également nécessaires, et sont utilisées par CROPWAT pour calculer les données de précipitations efficaces pour les calculs des besoins en eau et des calendriers. Finalement, des données culturales sont nécessaires pour les calculs des besoins en eau, ainsi que des données de sol si l'utilisateur veut calculer des calendriers d'irrigation .

II-2-2- Description du logiciel cropwat

- Composent d'une fenêtre cropwat

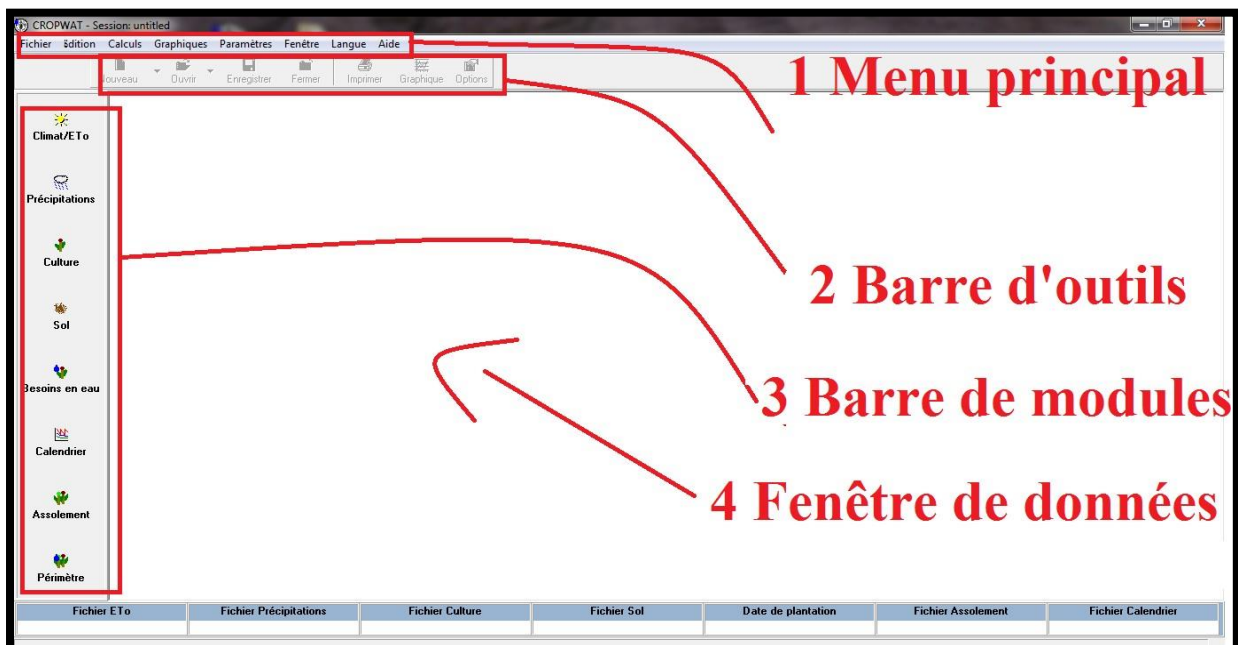


Figure18 :présente la fenêtre principale du logiciel CROPWAT 8.0

Chapitre II Matériels et méthodes

La fenêtre principale de cropwat se compose de :

A. Menu principal de CROPWAT

Le menu principal de CROPWAT, situé dans la partie supérieure de l'écran de CROPWAT, permet l'accès à toutes les fonctions de CROPWAT. Noter, cependant, qu'on peut accéder à beaucoup de ces fonctions plus facilement grâce à la barre d'outils et à la barre Modules.

Si la commande dans le menu est en gris (et non pas noire), cela signifie que cet item n'est pas disponible à ce moment. Par exemple, la commande Enregistrer dans le menu Fichier sera en gris s'il n'y a aucune fenêtre de données ouverte.

Le menu principal est divisé en 7 sous-menus:

- **Fichier** : Commandes concernant l'ouverture, l'enregistrement des sessions et des fichiers de données et l'impression.
- **Édition** : Toutes les commandes d'édition + les options pour copier et coller des tableaux et copier des graphiques.
- **Calculs** : Permet l'accès aux modules de calculs de CROPWAT. On peut accéder à ces modules également, et plus commodément, par la barre Modules.
- **Graphiques** : Commandes pour afficher les graphiques des données d'entrée et de sortie.
- **Paramètres** : Pour la localisation des fichiers et les options de calculs.
- **Fenêtre** : Commandes standard pour manipuler les fenêtres de données.
- **Aide** : Accès à ce fichier d'aide.

B- Barre d'outils

La barre d'outils est composée de boutons qui permettent un accès facile aux fonctions les plus communes de CROPWAT dont l'utilisateur aura besoin lors de son travail avec les modules de CROPWAT. Les fonctionnalités de la barre d'outils changent en fonction du module actif.

Par exemple, le bouton Options est inutilisable pour les modules tels que Culture et Sol puisque pour ces modules il n'y a pas d'options spécifiques qui peuvent être définies.

En outre, la barre d'outils est composée du bouton Estimation qui est utilisable dans les calculs de ETo Penman-Monteith s'apparaître après avoir appuyé sur le module climat

C- Barre Modules

La barre Modules est située sur la gauche de la fenêtre principale de CROPWAT. Les boutons de la barre Modules fournissent un accès direct aux modules disponibles du programme CROPWAT.

Chapitre II Matériels et méthodes

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 de CROPWAT 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.

Les modules d'entrée de données de CROPWAT sont:

- **Climat/ETo:** pour l'entrée de données ETo mesurées ou de données climatiques qui permettent le calcul de ETo Penman-Monteith; Le logiciel Cropwat exige 5 données climatiques d'une station météorologique normalisée, pour que cette dernière soit représentative elle doit être la plus proche de la zone agricole, les stations comme celle des aéroports ou dans les zones urbaines sont à éliminer (Doorenbos et Kassam, 1987).
En cas où la station la plus représentative ne donne pas les 5 données climatiques il est conseillé de les estimer, la FAO propose les méthodes d'estimation de l'humidité relative, rayonnement, et la vitesse de vent dans son Bulletin-56 (1998).
- **Précipitations:** pour l'entrée de données précipitations et le calcul des précipitations efficaces; Les pluies représentent un facteur déterminant pour estimer l'irrigation, mais cette donnée reste variable dans le temps (d'une année à l'autre) et dans l'espace.
- **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.

Noter que les modules Climat/ETo et Précipitations ne sont pas seulement composés de données d'entrée mais également de données calculées, telles que respectivement Rayonnement/ETo et Précipitations efficaces.

Les modules de calcul de CROPWAT sont:

- **Besoins en eau:** pour calculer les besoins en eau des cultures;
- **Calendrier (culture hors riz ou riz):** pour le calcul des calendriers d'irrigation;
- **Périmètre:** pour le calcul de l'approvisionnement du périmètre basé sur un assolement spécifique.

Chapitre II Matériels et méthodes

D-Fenêtre de données

La fenêtre de données est un espace vide dans la fenêtre de CROPWAT dans laquelle CROPWAT montre les écrans de données d'entrée et de sortie aussi bien que les graphiques .

II-2-3-Méthodologie de travail avec le logiciel Cropwat

A) introduire les données climatiques et les coordonnées de station

| Mois | Temp Min | Temp Max | Humidité | Vent | Insolation | Ray. | ETo |
|-----------|----------|----------|----------|---------|------------|-------------------------|---------|
| | °C | °C | % | km/jour | heures | MJ/m ² /jour | mm/jour |
| Janvier | | | | | | | |
| Février | | | | | | | |
| Mars | | | | | | | |
| Avril | | | | | | | |
| Mai | | | | | | | |
| Juin | | | | | | | |
| Juillet | | | | | | | |
| Août | | | | | | | |
| Septembre | | | | | | | |
| Octobre | | | | | | | |
| Novembre | | | | | | | |
| Décembre | | | | | | | |

Figure19 :Figure présente la fenêtre d'encodage des données climatique

- températures moyennes mensuelles min et max en (°C),
- précipitation moyenne mensuelle (mm),
- humidité relative moyenne mensuelle en (%)ou la pression de vapeur en kP_a
- vitesse de vent moyenne mensuelle en (m/s), ou en (km/j)
- durée d'insolation moyenne mensuelle (heure/j),% de la duré du jour , ou fraction de la duré du jour.

Le logiciel résout automatiquement : ET0, Rayonnement ,Pluie efficace.

Chapitre II Matériels et méthodes

B) Entrée des données relatives à chaque culture : date de semis; kc pou chaque stade de développement, profondeur des racines , l'hauteur de culture ,...

Figure 20 : présente la fenêtre d'encodage des données de culture.

- ✓ 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 Kc mid et Kc end aux conditions locales.

Chapitre II Matériels et méthodes

C)-Entrée des données relatives au sol

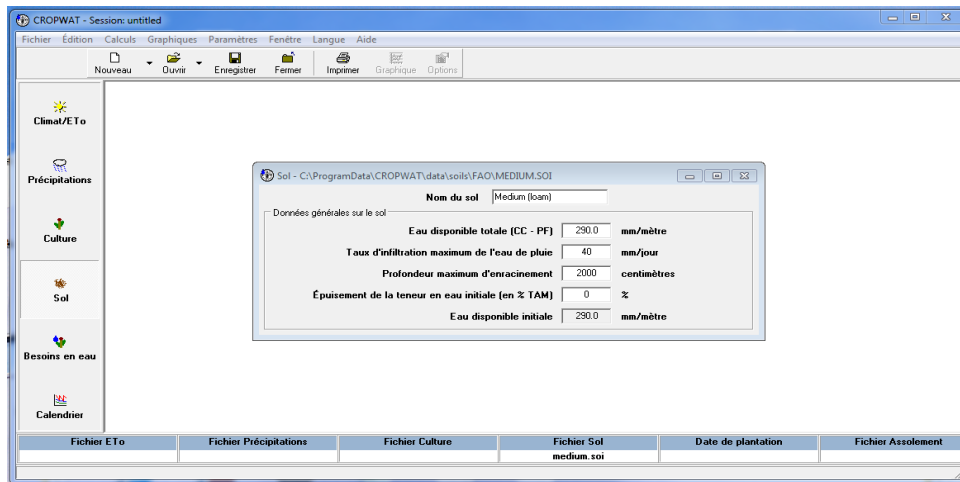


Figure21 : présente la fenêtre d'encodage des données de sol

- ✓ 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.

D) Les logiciel calcule le besoin en eau et réalisé un calendrier d'irrigation.

Chapitre II Matériels et méthodes

Figure22 : présente le tableau des besoins en eau

Figure23 : présente le tableau calendrier d'irrigation

E) Transfert des résultats sorties (tableaux des besoins en eau et de calendrier d'irrigation) par le CROPWAT vers Logiciel Excel.

II-3-Excel

II-3-1-Définition

Microsoft Excel est un tableur électronique qui fonctionne sous Windows et sous Mac OS. Un tableur est outil qui permet de produire des documents professionnels tout en réalisant des calculs de manière précise et rapide. Ces calculs sont mis à jour à chaque modification. (Yacoub, 2007).

Lorsque vous démarrez Microsoft Excel (Démarrer / Programmes / Microsoft Excel) la **feuille** de fenêtre Excel apparaît comme le montre la figure suivante :

Chapitre II Matériels et méthodes

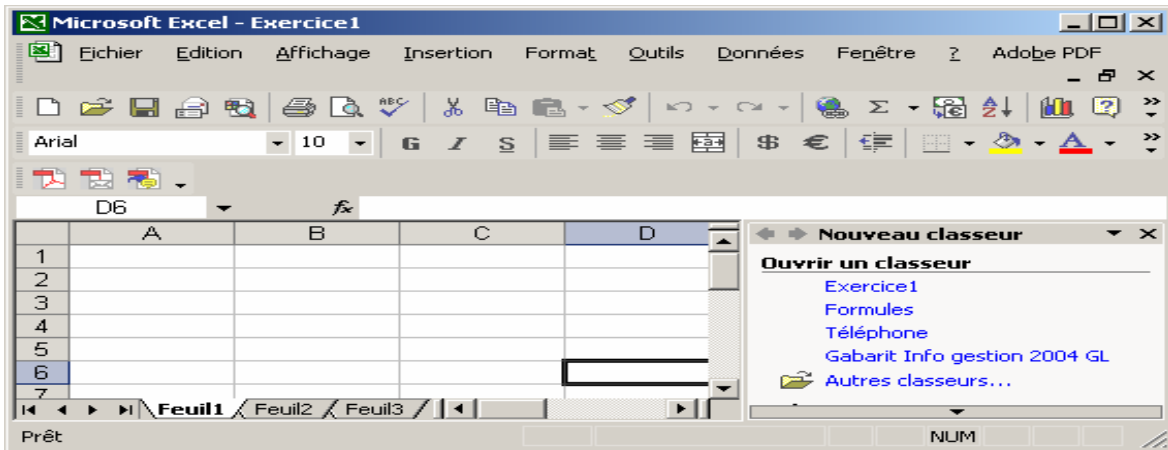


Figure 24: Feuille Microsoft Excel

III-Méthodes :

Méthode de Turc

On applique la formule de turc ci-dessous pour définir l'ETM en mm/an à partir de l'application numérique à l'aide d'Excel, après introduire les données climatiques suivantes :

- ✓ la température moyenne mensuelle°
- ✓ la radiation globale du mois considéré
- ✓ l'insolation relative

$$ETM = \frac{R_g}{T} \left(\frac{R_g}{T} - 0.4 \right) \left(\frac{R_g}{T} - 0.37 \right)$$

en $\text{cal/cm}^2/\text{j}$ ou R_g radiation solaire globale quotidienne moyenne dépendant de la latitude ,
T en °C température moyenne mensuelle ,(pour toute température moyenne ≤ 0 °C ,ETP=0).

Le coefficient $k=0.40$ pour les mois de 30 ou 31j alors que $k=0.37$ pour le mois de février .Si on considère des périodes décadaires, le coefficient $k=0.13$ (Zella, 2015) .

Chapitre III:

Résultats et Discussion

Dans cette partie, nous présentons les résultats et les interprété situant premièrement nous calculons l'évapotranspiration ETP et les besoins en eau ETM des chaque un des cultures marichaire cultivées au Biskra par deux méthodes semi empirique Penman appliqué par un logiciel proposé par FAO (CROPWAT 8.0) et la méthode de Turc durant la période (1998-2018).

I-Résultats:

I-1-Calcul de l'ETP par deux méthodes (Penman_Monteith et Turc)

A) Pour la période allant de 1998 à 2018

Le tableau 13, montre que l'ETP (mm) mensuelle calculée pour la période de 20 ans(1998-2018)par logiciel est1631mm parcontre la valeur del'ETP mensuellecalculée par Turc est 1642 mm.

La valeur maximale mensuelle de l'ETP est marqué pour le mois Juin avec 223mm, et la valeur minimale mensuelle est53 mm au mois de Décembre pour la période (1998-2018) calculée par logiciel, et par la méthodes de Turc la valeur maximale de l'ETP mensuelle est 255 mm marqué aumois de Juillet et la valeur minimale est de 49 mm pour le mois de Décembre.

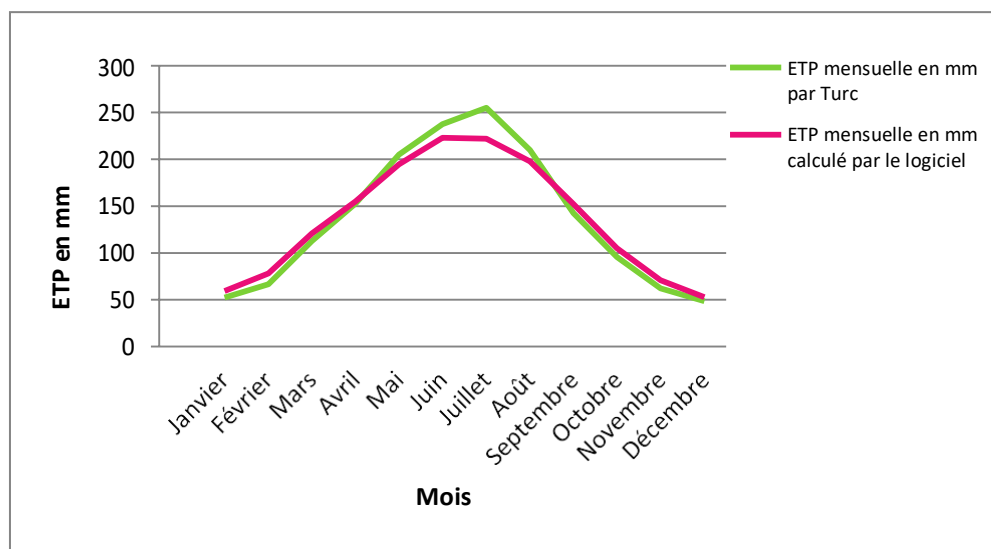


Figure25:Évapotranspiration mensuelle moyenne de l'ETP (mm) dans la wilaya de Biskra durant20 ans (1998-2018) calculer par CROPWAT 8.0 et Turc.

On constate selon la figure 28 ci-dessus que le mois de pointe pour la demande climatique (ET₀) correspond au mois juin pour la méthode de CROPWAT 8.0 par contre pour la méthode de TURC le mois de pointe est le mois de juillet .

B) Pour l'année (2018)

La figure 29 montre que la moyenne mensuelle de l'ETP de l'année (2018) calculée par Cropwat 8.0 est 2306.44mm et par Turc 1431mm.

Pour l'année (2018) de l'ETP maximale est 352.16 mm pour le mois de juillet et la valeur minimale est 76.88 mm pour le mois de Décembre d'après le logiciel par contre l'ETP maximale estimée par Turc est 231 mm aussi pour le mois de Juillet et la valeur minimale est 53 mm au mois de Janvier et Décembre.

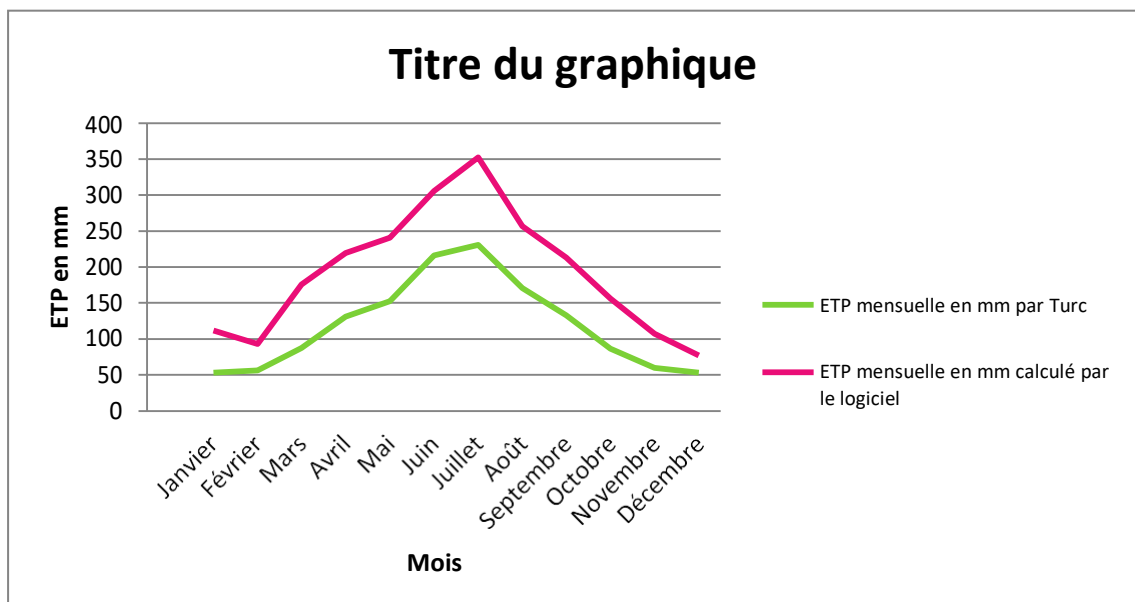


Figure 26 : Évapotranspiration de l'ETP (mm/jour) dans la wilaya de Biskra durant l'année 2018 par CROPWAT 8.0 et Turc.

On constate selon la figure 29 ci-dessus que le mois de pointe pour la demande climatique correspond au mois juillet pour les méthodes pendant l'année 2018.

I-2-Calcul des besoins en eau (ETM) des cultures par Cropwat et Turc :

A) Calcul de l'ETM pour la période allant de 1998 à 2018 :

La figure 30 ci-dessous montre qu'il y a une différence notable entre la moyenne mensuelle de l'ETM estimée par Cropwat et par Turc.

D'après la figure 30, on remarque que l'ETM calculé par Cropwat est généralement plus élevé que l'ETM estimé par la méthode de Turc, par contre pour les cultures dont leur cycle végétatif pendent une saison humide on remarque le contraire ETM par Turc supérieur eu ETM estimé par Cropwat.

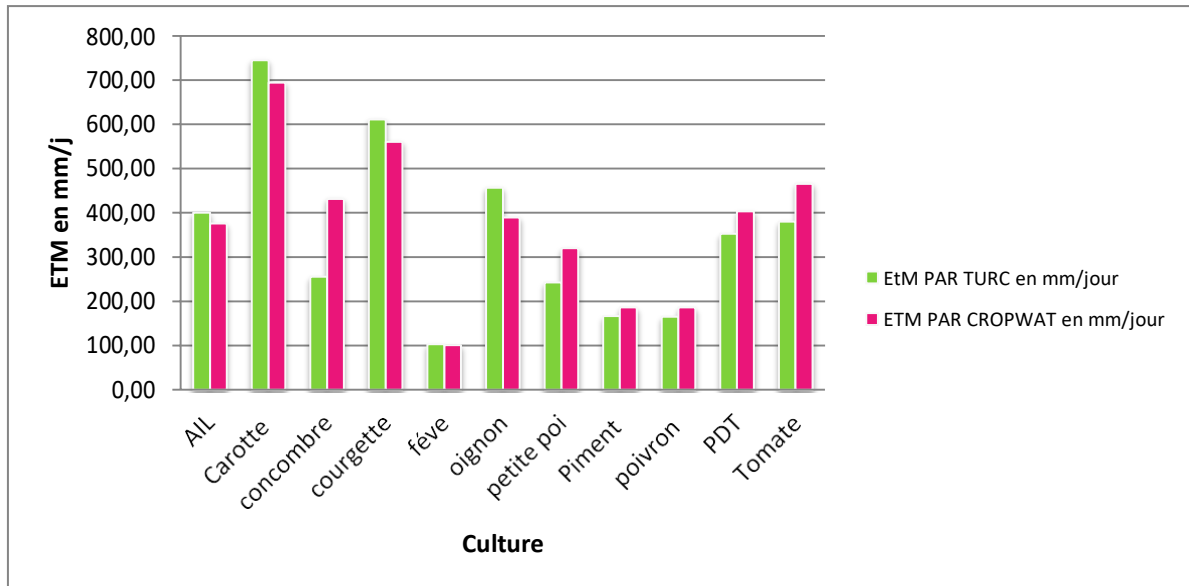


Figure 27 : Estimation de l'ETM mm moyenne par Cropwat et Turc pendant 20 ans (1998-2018).

B) Calcul de l'ETM pour l'année 2018

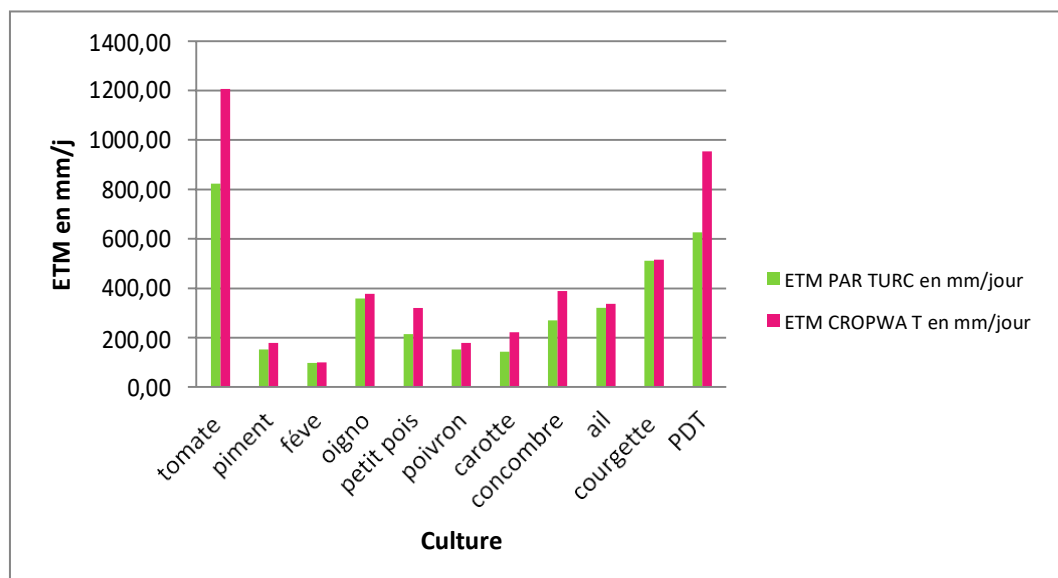


Figure 28 : Estimation de l'ETM mm mensuelle par Cropwat et Turc de l'année en court 2018.

D'après la figure 31, on remarque que l'ETM estimé par Cropwat est plus grand que par Turc. Où la quantité d'eau la plus élevée a été enregistrée pour la culture de Tomate 1205 mm et 823.22 mm successivement par les méthodes Cropwat et Turc ; et la plus faible valeur est marquée pour la culture de Fève avec 99,7 mm et 97,45 mm par les méthodes Cropwat et Turc.

II-Discussion

La moyenne mensuelle de l'ETP estimée par (Penman) durant 20 ans (1998-2018) est de 1631 mm est inférieure aux résultats obtenus par Dahkal (2017) durant 30 ans (1974-2012) par la méthode de Turc qu'il a travaillé sur les cultures marichaire sous serre et en plein champ elle a trouvé que l'ETP mensuelle égale à 2554.38 mm par contre elle est supérieure à nos résultats par la méthode de Turc (1642 mm). On peut expliquer cette différence par la période d'étude et les paramètres introduits.

Si on compare nos résultats d'estimation de l'ETM par la méthode de Penman avec les résultats de (Boudjelal, 2007) on trouve que chez la pomme de terre par exemple nous avons enregistré 402.9 mm /cycle par contre elle trouve que le besoin en eau de pomme de terre pendant le cycle végétatif est de 345.9 mm.

Les valeurs des besoins en eau des cultures marichaire varient pendant l'année selon la culture, le stade, le nombre des jours de cycle végétatif et la technique de cultivassions.

On peut expliquer cette différence de l'ETP entre les deux méthodes (Cropwat et Turc) par la différence des paramètres climatiques introduits par les deux méthodes :

- Pour la méthode de Cropwat les paramètres sont : Température minimale et maximale en (C°) ; Précipitation mm ; Vitesse du vent (m/s) ; Humidité relative % ; Ensoleillement (MJ/ m²/j).
- Par contre la formule de Turc introduit les paramètres climatiques qui sont : la température moyenne mensuelle C° ; la radiation globale du mois considéré (I_g) en cal/cm²/j ; humidité relative (heure)
- Pour la valeur I_g on a utilisé le rayonnement estimé par le logiciel Cropwat 8.0 par la conversion des unités de Ray en MJ/m²/jour vers I_g en cal /cm²/jour avec 1 Mj = 238845.89 cal et 1 m² = 10000 cm²

Conclusion

Conclusion

Pour la déterminer des besoins en eau des cultures maraichère en plein champ dans la région de Ziban- Biskra- nous avons utilisant le logiciel proposé par FAO « CROPWAT 8.0 » dépend de la méthode semi empirique de Penman_ Monteith , et la méthode de Turc.

On se basant sur les variables climatiques (Température, précipitation, Humidité relative, vitesse du vent et durant l'insolation) les données sont obtenues de l'aéroport de Biskra (station météorologique) durant la période de 20 ans (1998-2018).

D'après les résultats obtenues on peut conclure que :

- L'ETP moyenne calculée sur la période de 20 ans (1998-2018), par le logiciel est de 1631mm par contre la valeur de l'ETP calculer par la formule de Turc est de 1642 mm.
- L'ETP de l'année en court (2018) calculée par le logiciel est de 2306.44mm, par contre la valeur de l'ETP calculé par la formule de turc est de 1431mm.
- On comparant nos résultats ETM en mm par CROPWAT 8.0 au Biskra et ETM en mm par CROPWAT 8.0 au Tipaza. Nous avons trouvé une petite différence dans les résultats entre les deux régions, on peut expliquer cette différence par l'étage bioclimatique.

Des travaux sur le terrain doivent être réalisés pour suivre de près l'agriculteur, à fin d'évaluer les doses réelles, et leur uniformité d'application. Le diagnostic de la conduite des irrigations est nécessaire pour mieux maîtriser l'irrigation et pouvoir apporter des conseils pratiques.

Références bibliographique

ARBI, 2005 in Merzougui R ,2019 .Estimation des besoins en eau(ETM)de la phoeniciculture par deux Méthode (Penman Monteith par logiciel CROPWA T 8.0 et Turc dans la région de Ziban (Biskra) (1998/2018). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master en agronomie , Université Mohamed Khider Biskra.49 p

Labuschagne, 2009.in Doumi A,2015-Analyse du comportement de 06 lignées de petit pois(*Pisumsativum L.*)soumises au stress salin .Mémoire pour obtenir le Diplôme de Master Académique production végétale et Environnement.Département des sciences Agronomique Université Mohamed Boudiaf,M'sila.

: légumineuses potagères, légumes fruit. TEC et Doc Lavoisier, Paris. P563.

Achoura A. et Belhamra M.2010.Aperçu sur la faune arthropodologique des palmeraies d'El-Kantra.Courrier du savoir :93-101.

Aide.,2016 :Magazine. La localisation géographique de la wilaya de Biskra.17P

Ameur fatah , 2011. Recherche de meilleures pratiques agricoles pour la culture de pomme de terre a l'aide du modele stics6.2. *Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie , ecole nationale supérieure agronomique el-harrach –alger Mag. Univ. Batna,178 p.*

Ammar.boudjelal.Anhar.,2007-Détermination des besion en eau des cultures à l'aide de logiciel CROPWAT 4.3 dans la wilaya de Tipaza.ecol nationle supérieure agronomique El Harrach-ingenieur hydraulique.

ANAT(2003) :Agence Nationale d'Aménagement de territoire schéma directeurs ressources en eau.wilaya de Biskra.Dossier agropédologique ,114P.

Andres, 2003: in European medicines agency, 20112. Assessment report on

ANONYME., 1979 : Cultures maraîchères en Algérie. Tome 1 et 4 I.D.C.M assessment of an irrigation scheme using indicators determined with remote
BEDRANI S., 1999 - Agroéconomie des Oasis. Ed. Quae, Alger, 230 p.

Benoît, M., Deffontaines, J.-P., Lardon, S., 2006. Acteurs et territoires locaux: vers une

Blancard, D., 2009-Les maladies de la tomate: identifier, connaître, maîtriser. Quae éditions, pp 679

Bosland PW et Votava EJ. (2000). Peppers : Vegetable and Spice Capsicums .CABI Publishing. 204.botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 7^eannée, bulletin n°74, octobre 1927. 666-Botanique du Centre-Ouest, 27). Société Botanique du Centre-Ouest, 564 pp.

Botineau M. (2010) :Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, Tec & Doc, Paris, 13-35 pp

Références bibliographique

- Boudjellal A et Bommoun R. , 2006 :**Détermination des besoins en eau des cultures à l'aide de logiciel cropwat 4.3 dans la wilaya de Tipaza cas du périmètre de la Mitidja Oust ,diplôme d'ingénieur d'état en agronomie.Institut National Agronomie El Harrach-Alger.PP15 à 27
- Boumendjel M. & Boutebba A., 2001**-Effet des traitements thermiques sur les antioxydants de la tomate. Synthèse (Annaba) 11:78-85
- Burstin, J. Auber, T.G. 2010.** Highly-multiplexed SNP genotyping for genetic mapping and germplasm diversity studies in pea BMC Genomic, 11: 468.
- CHABAH A ,2016.** Contribution à l'étude de la production de quelques variétés de pomme de Terre *Solanum tuberosum*. L. Thèse Magister en Biotechnologie végétale, Université
- CHAUX C. & FOURY C., 1994.** Productions Légumières. Tome 3 : Légumineuses potagères - Légumes fruits. Coll. « AGRICULTURE D'AUJOURD'HUI : Sciences, Techniques, Applications ».Tec & Doc. Lavoisier, Paris, France. 563 p
- CHAUX C., 1971 :** Production légumière. Ed. J Baillièrè. Paris. 409 p
- CHAUX. C.L et FOURY .C.L., 1994 :** Cultures légumières et maraîchère, TOME III
- Coon, D. (2003).** Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse –Chile Peppers: Heating up Hispanic foods. Food Tech, 57(1):39-43.
- Coussin, R., 1974.** Le pois : Annal de l'amélioration des plantes. INRA, Paris.p.10-
- Crété P. 1965.** Classe des dicotylédones. In « Précis de botanique : systématique des Cucurbita pepo L., semen.44p.
- Dahkal M .,**La dynamique Agricole et l'enjeu hydrique dans la region de ziban,diplôme de master ,science d'agronomie,P14 à P50 ;Université Mohamed khieder-Biskra.
- Daif N.,1993-** L'ail, *Allium sativum* L. (Liliacées) : de la tradition à ses perspectives en de Master, Université de Liege. Belgique de terre dans la région de Tlemcen. Mémoire master .université de Tlemcen.63p
- Delaveau Pierre.,1982-**Ail: *Allium sativum* L. (Liliacées)Actual. These doctorat, 184,p: 67-
- Doorenbos J et Pruitt W.,1975 :**Les besoins en eau des cultures,Bulletin FAO d'irrigation et de drainage 24,Rome.P
- DOYLE J.J ,et LUCKOW M.A .,2003** the rest of the iceberg légume diversity and evolution
- DPAT (2010) :**Direction de planification et d'Aménagement du territoire(2010).Monographie de la wilaya de Biskra,13-27.
- DSA ,2011:**DSA de Biskra, communication personnelle, 2011.

Références bibliographique

DSA ,2012:DSA de Biskra, communication personnelle, 2012.

Dumas, Y 1992-Crop management for processing tomatoes in the year 2000. *Acta Horticulturae* 301: 117-134.

Dupont F .et Guignard JL ., 2012.Abrégés de pharmacie . Botanique – Famille des plantes.

Erard P. (2002) : La courgette C.t.i.f.l. (Centre technique interprofessionnel des fruits

ESPAGNACQ L.,1988. La nutrition de l'ail. Contribution à l'étude de la physiologie de et légumes Edition Buguet comptour, Macon-Ctifl- Paris. p 145.

Feller et al. (1995):in Feller et al.,1995-Boumhiriz R ,2017.Etude « in vitro » de l'efficacité de l'extrait hydro- éthanolique des feuilles matures de la courge cucurbita pepo,et de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles de la menthe *Mentha spicata* sur les larves de *T.absoluta*.

fertilisation azotée-potassique sur la culture de la pomme de terre (var Spunta) dans la Forti J. (1996). *L'encyclopédie visuelle des aliments*. Edition : Québec/ Amérique international.

Gali B. ,2005 :Contribution à l'étude de l'interaction sol-végétation et la cartographie du cortège floristique dans la plaine de L'outaya.Thèse.ing.Spé.Eco.Univ ELHADJLAKHDER.BATNA.Alger.

Girre, Loïc.,1980- connaître et reconnaître les plantes médicinales. Rennes: ouest france, p :

GUIGNARD J-L., 1996. Botanique. 10^e édition révisée. Collection « ABREGES ». Masson, Paris, 278 p

Harlan J. R., 1987. Les plantes cultivées et l'homme, éd. ACCT/CILF/PUF, , p. 299-300.

ITDAS ,2008 :Feliachi, ITDAS, communication personnelle, 2008.

Jerom.LECERF ;2018-Fiche technique.la carotte*Dalus carotal-Direction de l'Agriculture ,B.P.100 ,98713 papéte-tahiti-Polynésie française,1.KASDI MERBAH, 134P.

KECHID M., 2005 . Physiologie et Biotechnologie de la Micro tubérisation de la Pomme

KOLEV N., 1976. Les cultures maraichères en Algérie; légumes, fruits. Ed. J. Baillière. Kothari S.L. Joshi A, Kachhwaha S. Ochoa-Alejo N. (2010) Chilli peppers - A review on tissue culture and transgenesis. *Biotech. Advan.* 28, 35-48.

Krajinski, F. Cubero, J.I. Rubiales, D. 2011. Identification of genes differentially expressed in a resistant reaction to *Mycosphaerella pinodes* in pea using microarray technology. *BMC Genomics*, 13: 12-28.

Krawczak, M. 1999. Informativity assessment for biallelic single nucleotide polymorphisms. *Electrophoresis*, 20: 1676-1681.

Références bibliographique

LAHOUEL Z, 2015. Etude diagnostique de la filière pomme de terre dans la région de l'ail», thèse de doctorat INPT, 1988 : 48-76.

Mardaci S. ,2016 :Le pilotage d'irrigation de la culture de blé dure (*Triticum durum*) au niveau du site expérimentale de l'ITDAS à L'Outaya-Wilaya de Biskra,diplôme de master-science d'agronomie,université Mohamed Khider-Biskra.P26

Mazza G. 1999. Carrots. In « Quality and preservation of the vegetables ».Edition: Mentouri, Constantine.

Merzougui R ,2019 .Estimation des besoins en eau(ETM)de la phoeniculture par deux Méthode (Penman Monteith par logiciel CROPWA T 8.0 et Turc dans la région de Ziban (Biskra) (1998/2018). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master en agronomie , Université Mohamed Khider Biskra.28 p

Ozenda P. (1991). Flore de sahara (3eme édition mise à jour et augmentée) Paris, Edition du CNRS, 662 p

périmètre irrigué de l'ITDAS, dans la pleine de l'Outaya (Biskra). Thès. Mag. Univ. Batna,178 p.

Prioul, S. Frankewitz, A. Deriot, G. Morin, G. Baranger, A. 2004. Mapping of quantitative trait loci for resistance to *Mycosphaella pinodes* in pea (*Pisum sativum*), at the seedling and adult plant stage. Theor Appl Genet, 108: 1322-1344.

Ramade F. (2003). Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed .Dunod, Paris, 690 p.

Reduron J.-P. (2007) : Ombellifères de France - tome 2 (Bulletin de la Société région du Oued-Souf. Mémoire d'ingénieur : Agronomie Saharienne. Ouargla : Université Richard.G Luis.S ,Dirk RAES ,Martin SMITH-Crop Evapotranspiration (guidelines for comparing crop water requirements) ,FAO irrigation and Drainage Paper No 56-P137-139.

Rousselle P .,RobertY.,Crosnier G C. ,(1996).La Pomme de Terre production amélioration-enemis et maladies,Utilisations-Institut National de la Recherche Agronomique-avenue du président Wilson-75116.Paris,26-72

Seltzer P. (1946): Les climats de l'Algerie.sensing techniques. Irrig Sci 28:461–477. 2010 Service géolo. Alger, 12 p.11.

SIMON.Serge. , 2000 – Fiche Techniques cultures MARTCHERES.CIRAD-FLHOR ,Fevrier 2000 ,7.

Skiredj Pr Ahmed, H. Elattir et A. ElFadl, 2005, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Département d'horticulture. site Internet : www.legume-fruit-maroc.com, 2005. consulté le 30 mai 2007.

Spichiger R .E., Vincent V., Figeat S.M. et Jeanmonod D., 2004- Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions

Références bibliographique

tempérées et tropicales. 3eme édition. Lausanne : Presses polytechnique et universitaires romandes, Français, 413p.

Stummel R et Bosland Pw. (2007). ORNAMENTAL PEPPER « Capsicum annuum ». N.O. Anderson (ed.), Flower Breed and Genet, 561-599.

Thellung M. A. (1927). L'origine de la Carotte et du Radis cultivés.. In: Revue de thérapeutique moderne. These doctorat, Université Nancy 1,p: 12.

TROPICASEM, 2001. En savoir plus sur le piment : gestion de l'eau et irrigation en culture intensive. Tropiculture n° 54, mars 2001. Edition Tropicasem, Dakar / Sénégal, pp 4-5

Tuzet A et Perrier A.,1998 :Les besoins en eau des cultures ,traid'irrigation,Lavoisier,Paris,P148-249

WEBER, E. und H. BLEIHOLDER, 1990. Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Yaccoub S.,2007 :Aide –mémoire pour Microsoft Excel 2003.Session Hiver 2007.Cours 420-CE0-LG,Chiffriers et bases de données en comptabilité et gestion, 73 P,PP 3.

ZAIDI A. et MAHIOUT B., 2012. Voyage au coeur des aliments. 200p.

Zella ,L ;2015.IRRIGATION :Eau, Sol et Plante .Office des Publication Universitaire,1,Place centrale Ben Aknoun Alger ,pp214-245.

ZITOUNI et DOUARK ;2017.ETUDE BIOECOLOGIQUE DE LA FAUNE AUXIAIRE DES APHIDES DES POIVRON sous serre.Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie,Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem.

Cit web

(Ferrah, Yahiaoui, 2004)).consilté sur le cite web <https://www.memoireonline.com/12/09/3003/Determination-des-besion-en-eau-des-cultures-a-laide-de-logiciel-cropwat-43-dans-l.html> le 11/01/2020.

(Mouhouche, 2003).consilté sur le cite web <https://www.memoireonline.com/12/09/3003/Determination-des-besion-en-eau-des-cultures-a-laide-de-logiciel-cropwat-43-dans-l.html> le 11/01/2020.

(Nvakabwa,2009) in <https://www.africmemoire.com/part.2-chapitre-i-revue-de-la-litterature-et-generalite-sur-la-culture-de-lignon-893.html>).

(Purseglove, 1966).in <https://www.memoireonline.com/10/08/1543/effet-duree-competition-mauvaises-herbes-culture-poivron-capsicum-annuum.html>

Alaoui, Sans date www.researchgate.net/publication/280804456 Referentiel pour la Conduite Technique de la Fève Vicia faba

Références bibliographique

Anonyme , 2014 : Production et la commercialisation de l'oignon dans le territoire de Kabare (Cas du groupement de Mudaka). Consulté sur cite web <https://www.africmemoire.com/part.2-chapitre-i-revue-de-la-litterature-et-generalite-sur-la-culture-de-lignon-893.html> le 09/07/2020

CHAUX C., FOURY L., 1994 : Cultures légumières et maraichères. Tome III :
Cit web 4: <https://www.fellah-trade.com/fr/filiere-vegetale/fiches-techniques/oignon> consulté 09/07/2020.

Cit web3: <https://www.africmemoire.com/part.2-chapitre-i-revue-de-la-litterature-et-generalite-sur-la-culture-de-lignon-893.html>. consulté 09/07/2020.

cite web cfppa.macouria@educagri.fr

cite web1: <http://www.parjour.net/> code for growth stages of crops and weeds. Ann. appl. Biol 119, 561-601.

https://www.memoireonline.com/10/11/4894/m_Recherche-de-meilleures-pratiques-agricoles-pour-la-culture-de-la-pomme-de-terre12.html

https://www.memoireonline.com/12/13/8369/m_La-promotion-du-marachage-une-alternative--la-lutte-de-l-orpaillage-traditionnel-facteur-de-d24.html).

Kroll R., (1994) les cultures maraichère, Editions maisonneuse et Larousse . No .29 le technicien d'agriculture tropical CTA/ACCT éditions maisonneuse et Larousse, Paris, France 219p. in cfppa.macouria@educagri.fr, consulté à 05/08/2020.

Valdez Victorino Sarita, 1994, Cultivo de Aji, Edition: Centro de Información de FDA 17 P in <https://www.memoireonline.com/10/08/1543/effet-duree-competition-mauvaises-herbes-culture-poivron-capsicum-annuum.html>

Annexe

Annexe 01 :Evapotranspiration potentiell

| Eto en mm/jour | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre | Moyenne |
|----------------|---------|---------|------|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|---------|----------|----------|---------|
| 1998 | 2,98 | 3,54 | 5,9 | 8,5 | 9,33 | 11,12 | 11,64 | 10,8 | 9,75 | 6,3 | 3,36 | 3,06 | 7,19 |
| 1999 | 2,53 | 4,17 | 5,86 | 8,81 | 11,32 | 11,84 | 12,71 | 11 | 9,46 | 4,13 | 2,52 | 2,33 | 7,22 |
| 2000 | 2,34 | 4,03 | 5,59 | 9 | 10,37 | 11,01 | 11,77 | 9,74 | 8,15 | 5,91 | 4,47 | 3,14 | 7,13 |
| 2001 | 3,03 | 4,53 | 7,88 | 8,18 | 11,95 | 13,44 | 11,48 | 9,36 | 4,76 | 2,64 | 2,18 | 1,98 | 6,78 |
| 2002 | 2,39 | 4,37 | 7,1 | 8,28 | 11,14 | 14,5 | 9,47 | 10,54 | 8,13 | 5,15 | 4,15 | 3,19 | 7,37 |
| 2003 | 2,81 | 3,48 | 7,17 | 9,03 | 8,86 | 10,37 | 9,88 | 8,1 | 5,73 | 4,01 | 2,97 | 2,77 | 6,27 |
| 2004 | 3,22 | 3,75 | 5,1 | 6,61 | 7,8 | 8,46 | 9,15 | 9,76 | 7,37 | 5,36 | 3,12 | 2,28 | 6 |
| 2005 | 2,96 | 3,11 | 5,23 | 7,69 | 9,04 | 9,95 | 10,74 | 9,82 | 6,86 | 4,28 | 3,65 | 2,01 | 6,28 |
| 2006 | 2,49 | 2,86 | 5,93 | 7,79 | 8,87 | 11,92 | 11,09 | 10,7 | 7,62 | 5,93 | 3,23 | 2,39 | 6,73 |
| 2007 | 2,51 | 4,44 | 5,82 | 5,94 | 10,2 | 12,19 | 10,57 | 10,14 | 7,88 | 6,51 | 4,4 | 3,6 | 7,02 |
| 2008 | 2,65 | 3,15 | 6,08 | 8,38 | 10,41 | 10,41 | 12,24 | 9,91 | 7,62 | 4,2 | 3,29 | 1,91 | 6,69 |
| 2009 | 2,35 | 3,51 | 4,76 | 6,33 | 8,68 | 10,18 | 10,15 | 10,03 | 6,24 | 5,53 | 3,89 | 2,57 | 6,18 |
| 2010 | 3,03 | 3,75 | 5,38 | 6,1 | 8,61 | 10,24 | 9,59 | 9,04 | 6,85 | 5,23 | 3,39 | 2,81 | 6,17 |
| 2011 | 2,4 | 4,01 | 4,38 | 6,18 | 7,1 | 8,5 | 10,56 | 9,46 | 7,52 | 4,6 | 3,38 | 2,72 | 5,9 |
| 2012 | 2,95 | 3,5 | 4,6 | 7,54 | 8,16 | 9,28 | 10,28 | 8,15 | 6,73 | 5,23 | 2,8 | 2,69 | 5,99 |
| 2013 | 2,94 | 3,71 | 5,48 | 6,77 | 9,11 | 9,27 | 7,12 | 6,54 | 6,03 | 4,08 | 2,36 | 1,97 | 5,45 |
| 2014 | 3,08 | 3,18 | 4,7 | 7,19 | 8,65 | 10 | 10,53 | 8,66 | 7,24 | 5,54 | 3,29 | 2,08 | 6,18 |
| 2015 | 3,51 | 3,5 | 5,45 | 6,21 | 9,49 | 10,2 | 10,4 | 9,34 | 6,92 | 5,25 | 3,37 | 1,59 | 6,27 |
| 2016 | 2,56 | 4 | 6,31 | 6,75 | 9,33 | 9,93 | 10,27 | 8,96 | 7,14 | 5,45 | 3,44 | 2,23 | 6,36 |
| 2017 | 2,74 | 4,2 | 6,35 | 6,22 | 8,53 | 10,22 | 10,96 | 9,53 | 7,08 | 4,73 | 4,07 | 2,91 | 6,46 |
| 2018 | 3,59 | 3,31 | 5,66 | 7,31 | 7,76 | 10,18 | 11,36 | 8,28 | 7,1 | 5,03 | 3,57 | 2,48 | 6,3 |
| 2019 | 1,04 | 1,43 | 2,26 | 3,41 | 4,07 | 4,81 | 5,13 | 4,62 | 3,69 | 2,5 | 1,37 | 0,93 | 2,94 |

Annexe

Station : BISKRA

(1998 / 2018)

Pluviométrie (Cumul Mensuel en mm)

| Année | Janvier | Fevrier | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Sept | Octob | Nov | Décem | Total | Moy |
|-------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 1998 | 0.4 | 15 | 1.2 | 46.1 | 9.6 | 12.4 | 0 | 1.1 | 2.2 | 3.4 | 1.4 | 1.4 | 94.2 | 7.9 |
| 1999 | 66.8 | 1.8 | 0.3 | 3.3 | 7.6 | 5.2 | 0 | 4.2 | 8.8 | 44.3 | 35.7 | 35.7 | 213.7 | 17.8 |
| 2000 | 0 | 0 | 2.5 | 5.1 | 15.8 | 0 | 0 | 0 | 27.4 | 4.4 | 1.4 | 7.7 | 64.3 | 5.4 |
| 2001 | 38.3 | 0.4 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 9.2 | 2.3 | 19.6 | 14.9 | 14.9 | 14.9 | 114.6 | 9.6 |
| 2002 | 0.5 | 0.1 | 0.7 | 1.9 | 0.9 | 3.3 | 2.5 | 4.8 | 0.6 | 11.9 | 18.8 | 1 | 47 | 3.9 |
| 2003 | 76.8 | 1.5 | 4.5 | 2.9 | 2.1 | 0.1 | 0 | 6.5 | 40.7 | 4.6 | 13.1 | 13.1 | 165.9 | 13.8 |
| 2004 | 1.5 | 0.6 | 91.1 | 67.9 | 49.8 | 1.6 | 0 | 3.2 | 4 | 6 | 32.6 | 36.7 | 295 | 24.6 |
| 2005 | 0 | 18 | 3.5 | 0 | 0 | 2.5 | 2.6 | 0.2 | 7.2 | 0.7 | 15.7 | 6.6 | 57 | 4.8 |
| 2006 | 53.7 | 29 | 1 | 13.5 | 11.5 | 0.2 | 0 | 0.7 | 16.2 | 9 | 28.4 | 9.8 | 173 | 14.4 |
| 2007 | 0 | 2.9 | 10.9 | 22.1 | 1.5 | 0.4 | 0 | 0.1 | 36.1 | 3 | 0.1 | 2.2 | 79.3 | 6.6 |
| 2008 | 4.1 | 0.5 | 1.4 | 0 | 21.1 | 0 | 0 | 0.5 | 18.1 | 40 | 0 | 32.7 | 118.4 | 9.9 |
| 2009 | 48.9 | 11.4 | 16.2 | 11.5 | 15.7 | 0 | 4 | 0 | 47.7 | 0 | 0.3 | 13.8 | 169.5 | 14.1 |
| 2010 | 15.9 | 17.5 | 24.7 | 22.6 | 5.7 | 23.6 | 0 | 3.7 | 10.7 | 16.3 | 44.8 | 0.3 | 185.8 | 15.5 |
| 2011 | 6.8 | 0.2 | 37.6 | 39.4 | 55.4 | 0.6 | 1.3 | 0 | 28.7 | 79.9 | 2.4 | 0 | 252.3 | 21 |
| 2012 | 0.2 | 1.3 | 6.3 | 4.8 | 0 | 0 | 0.6 | 0.2 | 3.7 | 12.4 | 23.5 | 1.5 | 54.5 | 4.5 |
| 2013 | 14.7 | 1.9 | 17.4 | 25.3 | 1.1 | 19.5 | 0 | 2.7 | 34.5 | 0 | 15 | 15 | 147.1 | 12.3 |
| 2014 | 8.2 | 3.2 | 16 | 0 | 2.1 | 4 | 0 | 0 | 7.6 | 0.8 | 2.7 | 0.7 | 45.3 | 3.8 |
| 2015 | 3.3 | 18.3 | 18.6 | 0 | 1.6 | 0.3 | 0 | 3.8 | 22.4 | 34.6 | 3.8 | 0 | 106.7 | 8.9 |
| 2016 | 0 | 0.7 | 3.3 | 65 | 19 | 0 | 0 | 4.5 | 30.4 | 1.5 | 23 | 6.2 | 153.6 | 12.8 |
| 2017 | 3.4 | 0.1 | 4.5 | 13.6 | 0.6 | 2.8 | 1.4 | 0 | 9.4 | 10.2 | 0.4 | 3.7 | 50.1 | 4.2 |
| 2018 | 0.2 | 8 | 12.9 | 0.4 | 49.4 | 0 | 0 | 2.4 | 16.9 | 36.8 | 1.2 | 0.3 | 128.5 | 10.7 |
| Moy | 16.4 | 6.3 | 13.1 | 16.4 | 12.9 | 3.6 | 1 | 1.9 | 18.7 | 15.9 | 13.3 | 9.7 | 129.2 | 10.8 |

Station : BISKRA

(1998 / 2018)

Humidité Moyenne Mensuelle (en %)

| Année | Janvier | Fevrier | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Sept | Octob | Nov | Décem | Total | Moy |
|-------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 1998 | 57.9 | 56.8 | 38.4 | 36 | 37.4 | 28.5 | 23.5 | 29.2 | 36.9 | 42.1 | 50.3 | 50.3 | 487.3 | 40.6 |
| 1999 | 66.2 | 48.2 | 40.9 | 29.5 | 25.4 | 24.5 | 26.9 | 24.4 | 37.8 | 56.6 | 67.7 | 67.7 | 515.8 | 43 |
| 2000 | 61.4 | 43.1 | 38.6 | 34.8 | 34.8 | 29.9 | 25.3 | 27.5 | 37 | 49.7 | 50.1 | 54.5 | 486.7 | 40.6 |
| 2001 | 57.8 | 42.9 | 33.8 | 33.3 | 24.4 | 23.7 | 30.4 | 42.6 | 54.8 | 65.4 | 65.4 | 65.4 | 539.9 | 45 |
| 2002 | 58.5 | 42.6 | 36.4 | 35.4 | 29 | 25.5 | 27.5 | 31 | 36.5 | 45.6 | 55 | 57.8 | 480.8 | 40.1 |
| 2003 | 62.7 | 52.2 | 39.4 | 35.3 | 29.4 | 21.8 | 27.5 | 40.8 | 54.5 | 58.6 | 61.7 | 61.7 | 545.6 | 45.5 |
| 2004 | 56.2 | 47.5 | 48.7 | 46.9 | 43.4 | 33.1 | 29.1 | 32 | 37.7 | 42.7 | 59.7 | 67.8 | 544.8 | 45.4 |
| 2005 | 53.8 | 51.2 | 41.2 | 32.8 | 27.5 | 29.3 | 25 | 29.4 | 45.7 | 51.1 | 54.4 | 66.5 | 507.9 | 42.3 |
| 2006 | 60 | 62.2 | 44.1 | 36.6 | 34.2 | 23.9 | 28 | 29.7 | 41.4 | 41.7 | 59.5 | 65.6 | 526.9 | 43.9 |
| 2007 | 57.4 | 50.2 | 42.8 | 50 | 32.5 | 22.5 | 26.6 | 28.7 | 42.6 | 43.4 | 45.4 | 48.7 | 490.8 | 40.9 |
| 2008 | 52.3 | 46.2 | 39.1 | 30.8 | 33.5 | 29.7 | 23.9 | 30.9 | 40.1 | 61.2 | 59.9 | 70.5 | 518.1 | 43.2 |
| 2009 | 67.7 | 52.7 | 49.4 | 44.7 | 32.2 | 25.9 | 24.8 | 26.8 | 52.1 | 46.6 | 47.5 | 62 | 532.4 | 44.4 |
| 2010 | 57.2 | 54.1 | 46.5 | 48.9 | 35.7 | 34 | 27.7 | 33.1 | 40.7 | 45.8 | 59.1 | 49.6 | 532.4 | 44.4 |
| 2011 | 57.1 | 48.8 | 53 | 48.4 | 44.6 | 36.9 | 28.2 | 32.5 | 38.7 | 49.6 | 56.9 | 56.5 | 551.2 | 45.9 |
| 2012 | 50.9 | 48.3 | 42.3 | 39.4 | 31.4 | 23.7 | 23.3 | 25.1 | 31.9 | 42.2 | 59.5 | 54.8 | 472.8 | 39.4 |
| 2013 | 54.2 | 46.7 | 43.2 | 36.1 | 32.1 | 28.6 | 28.6 | 41.6 | 47 | 45 | 59.7 | 59.7 | 522.5 | 43.5 |
| 2014 | 59.3 | 49.2 | 48.5 | 36.5 | 34.4 | 29.9 | 27.1 | 30.1 | 38.2 | 36.9 | 51.6 | 60.3 | 502 | 41.8 |
| 2015 | 57.3 | 57.1 | 46.1 | 37.9 | 31.6 | 29.3 | 27.4 | 33.9 | 46.2 | 53.5 | 55.5 | 63.1 | 538.9 | 44.9 |
| 2016 | 55.2 | 48.5 | 39.2 | 46.5 | 35.4 | 35 | 28.9 | 34.2 | 46.1 | 44.6 | 60.3 | 66.8 | 540.7 | 45.1 |
| 2017 | 59.6 | 48.4 | 37 | 42.5 | 33.6 | 31.5 | 29.4 | 32.1 | 43.8 | 49.2 | 48.2 | 55.5 | 510.8 | 42.6 |
| 2018 | 53.2 | 56.9 | 46.2 | 42.3 | 47 | 35.2 | 26.1 | 42.7 | 44.2 | 55.7 | 59.2 | 60.8 | 569.5 | 47.5 |
| Moy | 57.9 | 50.2 | 42.6 | 39.3 | 33.8 | 28.7 | 26.9 | 32.3 | 42.6 | 48.9 | 56.5 | 60.3 | 520 | 43.3 |

Annexe

Annexes :

Annexe01 : tableau de température maximale moyenne (1998-2018)

Station : BISKRA (1998 / 2018)
Température Maximale Moyenne sous Abri (en °C)

| Année | Janvier | Fevrier | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Sept | Octob | Nov | Décem | Total | Moy |
|-------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 1998 | 17.3 | 20 | 23.2 | 27.2 | 30.1 | 37.4 | 40.7 | 39.8 | 35.3 | 27.2 | 17 | 17 | 332.2 | 27.7 |
| 1999 | 16.2 | 17.5 | 22.9 | 28.2 | 35.3 | 40.2 | 40.4 | 42.6 | 35.9 | 20.7 | 16.3 | 16.3 | 332.5 | 27.7 |
| 2000 | 15.6 | 20.5 | 24 | 28 | 34.5 | 36.6 | 40.4 | 39.9 | 34.7 | 27.2 | 22.6 | 19 | 343 | 28.6 |
| 2001 | 17.1 | 19.5 | 27.5 | 27.3 | 39 | 42.3 | 40.3 | 35.4 | 22.3 | 16.1 | 16.1 | 16.1 | 319 | 26.6 |
| 2002 | 16.9 | 21.6 | 25.3 | 27.5 | 32.3 | 38.1 | 40.5 | 38.9 | 34.4 | 29.1 | 21.7 | 19.2 | 345.5 | 28.8 |
| 2003 | 16.2 | 16.8 | 27.4 | 33.1 | 38.7 | 43 | 40.7 | 34.5 | 29 | 22.4 | 16.7 | 16.7 | 335.2 | 27.9 |
| 2004 | 18.6 | 21.2 | 23.1 | 25 | 28.5 | 36.4 | 39.7 | 40.8 | 34.5 | 30.9 | 21 | 17 | 336.7 | 28.1 |
| 2005 | 16 | 15.9 | 23.6 | 27.5 | 34.5 | 37.8 | 42.3 | 40.2 | 34 | 29.5 | 22.2 | 16 | 339.5 | 28.3 |
| 2006 | 14.8 | 17.3 | 23.9 | 29.3 | 34.8 | 38 | 40.8 | 40.1 | 32.7 | 31.3 | 22.8 | 17.8 | 343.6 | 28.6 |
| 2007 | 19 | 20.8 | 22.3 | 25.8 | 32.7 | 39.5 | 40 | 40.3 | 34.9 | 28.9 | 21.8 | 18.1 | 344.1 | 28.7 |
| 2008 | 18.7 | 19.9 | 24 | 29.2 | 32.3 | 36.7 | 42.5 | 40.6 | 34.9 | 27.1 | 20.4 | 15.8 | 342.1 | 28.5 |
| 2009 | 16.5 | 17.6 | 22.6 | 24.3 | 32.8 | 38.4 | 42.7 | 40.9 | 32.6 | 28.9 | 23.6 | 19.1 | 340 | 28.3 |
| 2010 | 18.2 | 20 | 23.6 | 28 | 30.2 | 37.5 | 41.4 | 40.8 | 34.5 | 28.3 | 21.9 | 18.1 | 342.5 | 28.5 |
| 2011 | 18.4 | 18.9 | 21.5 | 28.3 | 30.4 | 35.7 | 41.2 | 40.4 | 36.7 | 28.1 | 22.5 | 18.9 | 341 | 28.4 |
| 2012 | 18.1 | 16.4 | 23.3 | 27.1 | 33.3 | 40.7 | 43 | 42.4 | 35.9 | 30 | 23.6 | 18.4 | 352.2 | 29.3 |
| 2013 | 18.1 | 18.1 | 23.6 | 28.4 | 32.1 | 36.4 | 40.3 | 35.5 | 32.1 | 22.5 | 18.1 | 18.1 | 323.3 | 26.9 |
| 2014 | 18 | 20.7 | 21.9 | 29.3 | 32.9 | 36.9 | 40.8 | 41.2 | 37.2 | 32 | 24.1 | 18.3 | 353.3 | 29.4 |
| 2015 | 17.9 | 17.7 | 22.8 | 28.6 | 34.9 | 37.3 | 40.9 | 40.1 | 34.9 | 28.8 | 23.4 | 19.2 | 346.5 | 28.9 |
| 2016 | 19.6 | 20.8 | 23.3 | 29 | 32.9 | 38 | 40.6 | 39.1 | 34.6 | 31.7 | 22.6 | 19.2 | 351.4 | 29.3 |
| 2017 | 16.2 | 21.6 | 25.3 | 27.8 | 34.7 | 38.5 | 41.5 | 40.9 | 34.3 | 28.8 | 22.1 | 17.5 | 349.2 | 29.1 |
| 2018 | 19.2 | 17.6 | 22.9 | 28.3 | 30.8 | 36.9 | 43.5 | 37.8 | 36.5 | 27.6 | 22 | 19.9 | 343 | 28.6 |
| Moy | 17.5 | 19.1 | 23.7 | 28 | 33.2 | 38.2 | 41.2 | 39.6 | 33.9 | 27.5 | 21.1 | 17.9 | 340.9 | 28.4 |

Annexe02 : tableau de température moyenne mensuelle (1998-2018)

Station : BISKRA (1998 / 2018)
Température Moyenne Mensuelle sous Abri (en °C)

| Année | Janvier | Fevrier | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Sept | Octob | Nov | Décem | Total | Moy |
|-------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 1998 | 12.1 | 14 | 16.8 | 21.4 | 24.6 | 31.3 | 34.1 | 33.7 | 30.1 | 21.1 | 11.1 | 11.1 | 261.4 | 21.8 |
| 1999 | 11.7 | 12.2 | 16.8 | 21.8 | 29.1 | 33.8 | 34.1 | 36.3 | 30.3 | 15.9 | 11.5 | 11.5 | 265 | 22.1 |
| 2000 | 9.4 | 13.7 | 17.7 | 22.2 | 28.7 | 30.6 | 34.2 | 33.1 | 29.1 | 21.8 | 16.9 | 13.1 | 270.5 | 22.5 |
| 2001 | 11.6 | 13.3 | 21 | 21.1 | 32.5 | 35.9 | 34.1 | 30 | 17.1 | 11 | 11 | 11 | 249.6 | 20.8 |
| 2002 | 10.6 | 14.6 | 19 | 21.4 | 26.3 | 31.8 | 34.2 | 33.2 | 28.8 | 22.9 | 17 | 13.9 | 273.7 | 22.8 |
| 2003 | 11.8 | 11.9 | 21.4 | 26.9 | 32.4 | 36.4 | 34.4 | 28.9 | 24.3 | 17.4 | 11.9 | 11.9 | 269.6 | 22.5 |
| 2004 | 12.8 | 14.9 | 17.3 | 19.7 | 23 | 30.2 | 33.3 | 34.7 | 28.4 | 24.5 | 15.6 | 12.4 | 266.8 | 22.2 |
| 2005 | 10 | 10.8 | 17.8 | 21.8 | 27.9 | 31.7 | 35.9 | 33.7 | 28.5 | 24 | 16.8 | 10.8 | 269.7 | 22.5 |
| 2006 | 10 | 12 | 17.7 | 23.2 | 28.5 | 31.6 | 34.4 | 33.9 | 27.4 | 24.7 | 17 | 13 | 273.4 | 22.8 |
| 2007 | 12.2 | 15.4 | 16.5 | 20.4 | 26.7 | 33.1 | 33.7 | 34.2 | 29.2 | 24 | 15.9 | 12.6 | 273.9 | 22.8 |
| 2008 | 12.2 | 13.8 | 17.8 | 22.5 | 26.6 | 30.8 | 36.2 | 34.4 | 29.5 | 22.4 | 15.3 | 10.9 | 272.4 | 22.7 |
| 2009 | 11.9 | 12.1 | 16 | 18.5 | 26.2 | 32 | 35.9 | 34.8 | 27.1 | 22.9 | 16.8 | 13.2 | 267.4 | 22.3 |
| 2010 | 12.6 | 14.5 | 18.3 | 22 | 24.3 | 31 | 35.1 | 34.4 | 28.7 | 22.4 | 16.6 | 12.4 | 272.3 | 22.7 |
| 2011 | 12.1 | 13.1 | 15.9 | 22 | 24.9 | 29.8 | 34.8 | 34.1 | 30.4 | 22.3 | 17.4 | 13.3 | 270.1 | 22.5 |
| 2012 | 11.9 | 10.5 | 17 | 21.2 | 26.8 | 34.2 | 36.3 | 35.6 | 29.6 | 24.4 | 18 | 13 | 278.5 | 23.2 |
| 2013 | 12.7 | 12.1 | 18.2 | 22 | 25.9 | 30 | 34.3 | 29.6 | 26.1 | 17.3 | 12.1 | 12.1 | 252.4 | 21 |
| 2014 | 12.7 | 14.9 | 16.3 | 22.7 | 26.9 | 30.6 | 34.5 | 34.9 | 31.1 | 25.2 | 18.5 | 12.8 | 281.1 | 23.4 |
| 2015 | 11.8 | 12.3 | 16.5 | 22.4 | 28 | 31.2 | 34.4 | 34.3 | 29.4 | 23.5 | 17.6 | 12.2 | 273.6 | 22.8 |
| 2016 | 13.2 | 15.1 | 17.3 | 22.9 | 26.7 | 31.9 | 34.6 | 33.1 | 29 | 25.6 | 17.1 | 14.1 | 280.6 | 23.4 |
| 2017 | 10.9 | 15.4 | 19.1 | 21.7 | 28.6 | 32.4 | 35 | 34.4 | 28 | 22.5 | 16 | 12 | 276 | 23 |
| 2018 | 13.7 | 12.2 | 17.4 | 22.2 | 24.9 | 30.7 | 37.1 | 31.8 | 30.3 | 22.1 | 16.4 | 13.2 | 272 | 22.7 |
| Moy | 11.8 | 13.3 | 17.7 | 21.9 | 27.1 | 32 | 34.8 | 33.5 | 28.2 | 21.8 | 15.5 | 12.4 | 270 | 22.5 |

Annexe03 : tableau de température minimale moyenne (1998-2018)

Station : BISKRA (1998 / 2018)
Température Minimale Moyenne sous Abri (en °C)

| Année | Janvier | Fevrier | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Aout | Sept | Octob | Nov | Décem | Total | Moy |
|-------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 1998 | 7.2 | 8.7 | 10.3 | 15.2 | 18.7 | 24.4 | 27.2 | 27.6 | 24.8 | 15.6 | 6 | 6 | 191.7 | 16 |
| 1999 | 7.8 | 6.9 | 10.7 | 15.1 | 22.3 | 26.7 | 27.5 | 29.8 | 24.3 | 11.8 | 7.6 | 7.6 | 198.1 | 16.5 |
| 2000 | 4.2 | 7.4 | 11.3 | 16 | 22 | 24 | 27.4 | 25.8 | 22.9 | 16.6 | 11.9 | 7.9 | 197.4 | 16.5 |
| 2001 | 6.6 | 7.7 | 14.3 | 14.7 | 25.5 | 29.2 | 27.8 | 24.5 | 12.5 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 183.5 | 15.3 |
| 2002 | 5 | 8.3 | 12.6 | 15.1 | 19.7 | 24.7 | 27.5 | 27.2 | 23 | 17.1 | 12.8 | 9.5 | 202.5 | 16.9 |
| 2003 | 7.8 | 7.1 | 15.5 | 20.6 | 25.4 | 29.3 | 27.8 | 23.5 | 19.8 | 12.8 | 7.7 | 7.7 | 205 | 17.1 |
| 2004 | 7.8 | 9.1 | 11.7 | 14.5 | 17.5 | 23.3 | 26.6 | 28.5 | 22.2 | 18.7 | 10.6 | 8.6 | 199.1 | 16.6 |
| 2005 | 4.9 | 6 | 12.1 | 15.8 | 20.9 | 25.6 | 29.1 | 27.2 | 22.9 | 18.6 | 11.8 | 6.7 | 201.6 | 16.8 |
| 2006 | 5.7 | 7.4 | 11.7 | 17 | 22.2 | 24.8 | 27.9 | 27.7 | 21.3 | 18.2 | 12.1 | 9.3 | 205.3 | 17.1 |
| 2007 | 6.5 | 10.4 | 10.7 | 14.5 | 19.7 | 25.9 | 26.8 | 27.9 | 23.4 | 19.1 | 10.9 | 8 | 203.8 | 17 |
| 2008 | 6.4 | 7.9 | 11.8 | 15.6 | 20.8 | 24.1 | 29.7 | 28.1 | 23.9 | 18 | 10.6 | 6.8 | 203.7 | 17 |
| 2009 | 8.3 | 6.5 | 9.7 | 12.8 | 19.2 | 25 | 28.6 | 28.4 | 21.6 | 17.1 | 11.1 | 8 | 196.3 | 16.4 |
| 2010 | 7.2 | 8.9 | 12.8 | 15.8 | 18.3 | 24.5 | 28.4 | 28.1 | 23.2 | 16.7 | 12 | 7.5 | 203.4 | 16.9 |
| 2011 | 6.9 | 7.9 | 10.5 | 15 | 18.9 | 23.4 | 28.2 | 27.5 | 24.6 | 16.7 | 12.8 | 8.8 | 201.2 | 16.8 |
| 2012 | 6.3 | 5.2 | 10.9 | 15.4 | 19.7 | 27.3 | 29.3 | 28.8 | 23 | 19.1 | 13 | 8.3 | 206.3 | 17.2 |
| 2013 | 7.9 | 6.5 | 12.8 | 15.8 | 19.3 | 22.7 | 27.7 | 24.1 | 20.2 | 12.7 | 7.1 | 7.1 | 183.9 | 15.3 |
| 2014 | 7.9 | 9.3 | 10.7 | 16 | 20.1 | 23.4 | 27.6 | 28.2 | 25 | 19.1 | 13.3 | 8 | 208.6 | 17.4 |
| 2015 | 6 | 7.4 | 10.7 | 15.9 | 20.5 | 24.3 | 27.3 | 28.3 | 23.8 | 18.5 | 12.7 | 6.6 | 202 | 16.8 |
| 2016 | 7.3 | 9.4 | 11.5 | 16.2 | 20.2 | 25.1 | 28.1 | 26.8 | 23.4 | 19.9 | 12.2 | 9.9 | 210 | 17.5 |
| 2017 | 5.9 | 9.5 | 12.7 | 15.5 | 21.9 | 25.6 | 28.2 | 27.7 | 22.4 | 16.7 | 10.8 | 6.9 | 203.8 | 17 |
| 2018 | 9 | 7.5 | 12.4 | 16.3 | 19.5 | 23.9 | 30.5 | 26.3 | 24.9 | 17.6 | 11.8 | 7.7 | 207.4 | 17.3 |
| Moy | 6.8 | 7.9 | 11.8 | 15.7 | 20.6 | 25.1 | 28.1 | 27.2 | 22.5 | 16.5 | 10.7 | 7.8 | 200.7 | 16.7 |

Annexe

| culture | Kc | ETM par TURC | ETM PAR LA METHODE DE CROPWAT |
|----------------|------|--------------|-------------------------------|
| Ail | 0,52 | 861 | 869,71 |
| Carotte | 0,64 | 1052 | 475 |
| Concombre | 0,85 | 1388 | 881,36 |
| Courgette | 0,56 | 921 | 1308,43 |
| Fève | 0,40 | 663 | 258,07 |
| Oignon | 0,56 | 926 | 926,87 |
| Petit pois | 0,86 | 1409 | 709,92 |
| Piment | 0,16 | 264 | 414,19 |
| Poivron | 0,16 | 267 | 414,19 |
| Pomme de terre | 0,90 | 1484 | 2196,86 |
| Tomate | 0,95 | 1552 | 2738,9 |

| ETP en mm /jour | ETP mensuelle en mm/ jour de (1998-2019) par la méthode de Turc | ETP mensuelle en mm/ jour de (1998-2019) calculé par le logiciel |
|-----------------|--|--|
| Janvier | 52 | 59 |
| Février | 67 | 78 |
| Mars | 113 | 121 |
| Avril | 153 | 155 |
| Mai | 205 | 195 |
| Juin | 238 | 223 |
| Juillet | 255 | 222 |
| Août | 210 | 198 |
| Septembre | 143 | 152 |
| Octobre | 96 | 105 |
| Novembre | 62 | 71 |
| Décembre | 49 | 53 |
| Total | 1642 | 1631 |
| | | |

| ETP en mm /jour | ETP mensuelle en mm/ jour de l par la méthode de Turc | ETP mensuelle en mm/ jour de (1998-2019) calculé par le logiciel |
|-----------------|---|--|
| Janvier | 53 | 111,29 |
| Février | 56 | 92,68 |
| Mars | 88 | 175,46 |
| Avril | 131 | 219,3 |
| Mai | 152 | 240,56 |
| Juin | 216 | 305,4 |
| Juillet | 231 | 352,16 |
| Août | 171 | 256,68 |
| Septembre | 133 | 213 |
| Octobre | 87 | 155,93 |
| Novembre | 60 | 107,1 |
| Décembre | 53 | 76,88 |
| Total | 1431 | 2306,44 |

Annexe

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o | ET o |
| m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r | m m/ jou r |
| 2,9 8 | 2,5 3 | 2,3 4 | 3,0 3 | 2,3 9 | 2,8 1 | 3,2 2 | 2,9 6 | 2,4 9 | 2,5 1 | 2,6 5 | 2,3 5 | 3,0 3 | 2,4 2,4 | 2,9 5 | 2,9 4 | 3,0 8 | 3,5 1 | 2,5 6 | 2,7 4 | 3,5 9 |
| 3,5 4 | 4,1 7 | 4,0 3 | 4,5 3 | 4,3 7 | 3,4 8 | 3,7 5 | 3,1 1 | 2,8 6 | 4,4 4 | 3,1 5 | 3,5 1 | 3,7 5 | 4,0 1 | 3,5 3,5 | 3,7 1 | 3,1 8 | 3,5 3,5 | 4 4 | 4,2 4,2 | 3,3 1 |
| 5,9 | 5,8 6 | 5,5 9 | 7,8 8 | 7,1 7,1 | 7,1 7 | 5,1 5,1 | 5,2 3 | 5,9 3 | 5,8 2 | 6,0 8 | 4,7 6 | 5,3 8 | 4,3 8 | 4,6 4,6 | 5,4 8 | 4,7 4,7 | 5,4 5 | 6,3 1 | 6,3 5 | 5,6 6 |
| 8,5 | 8,8 1 | 8,1 9 | 8,2 8 | 9,0 3 | 6,6 1 | 7,6 9 | 7,7 9 | 5,9 4 | 8,3 8 | 6,3 3 | 6,1 6,1 | 7,5 8 | 6,7 4 | 7,1 7 | 6,2 9 | 6,7 1 | 6,2 5 | 6,7 2 | 6,2 2 | 7,3 1 |
| 9,3 3 | 11, 32 | 10, 37 | 11, 95 | 11, 14 | 8,8 6 | 7,8 7,8 | 9,0 4 | 8,8 7 | 10, 2 | 10, 41 | 8,6 8 | 8,6 1 | 7,1 7,1 | 8,1 6 | 9,1 1 | 8,6 5 | 9,4 9 | 9,3 3 | 8,5 3 | 7,7 6 |
| 11, 12 | 11, 84 | 11, 01 | 13, 44 | 14, 5 | 10, 37 | 8,4 6 | 9,9 5 | 11, 92 | 12, 19 | 10, 41 | 10, 18 | 10, 24 | 8,5 8,5 | 9,2 8 | 9,2 7 | 10, 10 | 9,9 2 | 10, 3 | 10, 22 | 10, 18 |
| 11, 64 | 12, 71 | 11, 77 | 11, 48 | 9,4 7 | 9,8 8 | 9,1 5 | 10, 74 | 11, 09 | 10, 57 | 12, 24 | 10, 15 | 9,5 9 | 10, 56 | 10, 28 | 7,1 2 | 10, 53 | 10, 4 | 10, 27 | 10, 96 | 11, 36 |
| 10, 8 | 11 | 9,7 4 | 9,3 6 | 10, 54 | 8,1 8,1 | 9,7 6 | 9,8 2 | 10, 7 | 10, 14 | 9,9 1 | 10, 03 | 9,0 4 | 9,4 6 | 8,1 5 | 6,5 4 | 8,6 6 | 9,3 4 | 8,9 6 | 9,5 3 | 8,2 8 |
| 9,7 5 | 9,4 6 | 8,1 5 | 4,7 6 | 8,1 3 | 5,7 3 | 7,3 7 | 6,8 6 | 7,6 2 | 7,8 8 | 7,6 2 | 6,2 4 | 6,8 5 | 7,5 2 | 6,7 3 | 6,0 3 | 7,2 4 | 6,9 2 | 7,1 4 | 7,0 8 | 7,1 |
| 6,3 | 4,1 3 | 5,9 1 | 2,6 4 | 5,1 5 | 4,0 1 | 5,3 6 | 4,2 8 | 5,9 3 | 6,5 1 | 4,2 4,2 | 5,5 3 | 5,2 3 | 4,6 4,6 | 5,2 3 | 4,0 8 | 5,5 4 | 5,2 5 | 5,4 5 | 4,7 3 | 5,0 3 |
| 3,3 6 | 2,5 2 | 4,4 7 | 2,1 8 | 4,1 5 | 2,9 7 | 3,1 2 | 3,6 5 | 3,2 3 | 4,4 4,4 | 3,2 9 | 3,8 9 | 3,3 9 | 3,3 8 | 2,8 2,8 | 2,3 6 | 3,2 9 | 3,3 7 | 3,4 4 | 4,0 7 | 3,5 7 |
| 3,0 6 | 2,3 3 | 3,1 4 | 1,9 8 | 3,1 9 | 2,7 7 | 2,2 8 | 2,0 1 | 2,3 9 | 3,6 3,6 | 1,9 1 | 2,5 7 | 2,8 1 | 2,7 2 | 2,6 9 | 1,9 7 | 2,0 8 | 1,5 9 | 2,2 3 | 2,9 1 | 2,4 8 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7,1 9 | 7,2 2 | 7,1 3 | 6,7 8 | 7,3 7 | 6,2 7 | 6 6 | 6,2 8 | 6,7 3 | 7,0 2 | 6,6 9 | 6,1 8 | 6,1 7 | 5,9 5,9 | 5,9 9 | 5,4 5 | 6,1 8 | 6,2 7 | 6,3 6 | 6,4 6 | 6,3 |

Annexe

| | AIL | Carotte | concombre | courgette | fève | oignon | petite poi | Piment |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|
| Janvier | 5,22040387 | | | | 7,83060581 | 5,2 | 47,5056752 | |
| Février | 4,22571556 | | | | 44,3700134 | 4,24333333 | 80,0661896 | |
| Mars | 68,4948774 | 1,12903644 | | 11,2903644 | | 68,5533333 | 90,8874334 | |
| Avril | 158,403827 | 29,5415497 | | 12,7334266 | | 161,67 | | 1,52801 |
| Mai | 164,125685 | 206,52482 | | 155,235544 | | 217,3 | | 3,4192 |
| Juin | | 254,410647 | | 227,463725 | | | | 8,71812 |
| Juillet | | 252,773215 | | 204,261184 | | | | 10,2130 |
| Août | | | | | | | | 8,40662 |
| Septembre | | | 71,303525 | | | | | 5,704 |
| Octobre | | | 71,6996436 | | | | | 71,0623 |
| Novembre | | | 63,6137501 | | 31,1832109 | | | 57,377 |
| Décembre | | | 49,3206111 | | 19,7282444 | | 24,4177452 | |
| Total | 400,470508 | 744,379269 | 255,93753 | 610,984244 | 103,112075 | 456,966667 | 242,877043 | 166,428 |

| | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| P en mm | 16,4 | 6,3 | 13,1 | 16,4 | 12,9 | 3,6 | 1 | 1,9 | 18,7 | 15,9 | 13,3 | 9,7 |

| 2019 | JAN | FEV | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOU | SEP | OCT | NOV | DES |
|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Pr | 1.52 | 0.25 | 9.14 | 32.5 | 16.51 | 0 | 0.76 | 4.31 | 20.06 | 0.51 | 8.38 | 2.28 |

| | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|----------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| T moy C° | 11,8 | 13,3 | 17,7 | 21,9 | 27,1 | 32 | 34,8 | 33,5 | 28,2 | 21,8 | 15,5 | 12,4 |
| T min C° | 6,8 | 7,9 | 11,8 | 15,7 | 20,6 | 25,1 | 28,1 | 27,2 | 22,5 | 16,5 | 10,7 | 7,8 |
| T max C° | 17,5 | 19,1 | 23,7 | 28 | 33,2 | 38,2 | 41,2 | 39,6 | 33,9 | 27,5 | 21,1 | 17,9 |

| 2019 | jan | FEV | MARS | AVR | MAI | juin | juil | Aou | SEP | OCT | NOV | DES |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tmoy | 12.1 | 13.1 | 17.1 | 21 | 24.5 | 34 | 35.7 | 35.1 | 29.9 | 24.3 | 15.8 | 15 |
| Tmin | 7.5 | 7.4 | 10.4 | 15 | 18 | 27.1 | 29.2 | 28.7 | 24.4 | 18.9 | 10.7 | 10 |
| Tmax | 16.5 | 18.7 | 23 | 26.5 | 29.8 | 40.3 | 41.4 | 40.9 | 35 | 29.6 | 20.4 | 20.3 |

Annexe

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-----------|---------|----------|----------|
| | janvier | Fevrier | mars | avril | mai | Juin | juillet | août | septembre | octobre | Novembre | décembre |
| H moy % | 57,9 | 50,2 | 42,6 | 39,3 | 33,8 | 28,7 | 26,9 | 32,3 | 42,6 | 48,9 | 56,5 | 60,3 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 2019 | Jan | FEV | MARS | AVR | MAI | juin | juil | Aou | Sep | OCT | NOV | DES |
| H | 53.9 | 44.4 | 41.3 | 43.7 | 37.5 | 22.7 | 24.5 | 29.3 | 43.5 | 43 | 53.4 | 51.6 |
| | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
| Vv en m/s | 4,2 | 4,4 | 5,1 | 5,2 | 4,9 | 4,4 | 3,6 | 3,5 | 3,7 | 3,5 | 3,9 | 3,7 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2019 | JAN | FEV | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOU | SEP | OCT | NEV | SEP |
| Vv | 20.8 | 15 | 11.7 | 17.6 | 16.5 | 17.2 | 14.8 | 11.6 | 12.3 | 14.4 | 17.8 | 15.9 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 2019 | JAN | FEV | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOU | SEP | OCT | NEV | DES |
| Inso | 7.41 | 8.18 | 8.67 | 9.5 | 10.55 | 11.23 | 11.54 | 10.25 | 8.67 | 8.17 | 7.52 | 7.03 |

| | ETP PAR TURC en mm/jour | ETP CROPWAT en mm/jour |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Janvier | 52 | 59 |
| Février | 67 | 78 |
| Mars | 113 | 121 |
| Avril | 153 | 155 |
| Mai | 205 | 195 |
| Juin | 238 | 223 |
| Juillet | 255 | 222 |
| Août | 210 | 198 |
| Septembre | 143 | 152 |
| Octobre | 96 | 105 |

Annexe

| | | |
|-----------------|------|------|
| Novembre | 62 | 71 |
| | | |
| Décembre | 49 | 53 |
| Total | 1642 | 1631 |

| | ETP PAR TURC en mm/jour | ETP CROPWAT en mm/jour |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Janvier | 53 | 111,29 |
| Février | 56 | 92,68 |
| Mars | 88 | 175,46 |
| Avril | 131 | 219,3 |
| Mai | 152 | 240,56 |
| Juin | 216 | 305,4 |
| Juillet | 231 | 352,16 |
| Août | 171 | 256,68 |
| Septembre | 133 | 213 |
| Octobre | 87 | 155,93 |
| Novembre | 60 | 107,1 |
| Décembre | 53 | 76,88 |
| Total | 1431 | 2306,44 |

| | Ail | Carotte | Concombre | Courgette | Féve | Oignon | Petite poi | Piment | Poivron | Pdt | Tomate |
|----------------------------|--------|---------|-----------|-----------|--------|--------|------------|--------|---------|--------|--------|
| EtM PAR TURC en mm/jour | 400,47 | 744,38 | 255,94 | 610,98 | 103,11 | 456,97 | 242,88 | 166,43 | 165,00 | 352,57 | 380,01 |
| ETM PAR CROPWAT en mm/jour | 375,70 | 694,20 | 431,50 | 559,90 | 100,90 | 389,60 | 319,90 | 186,10 | 186,10 | 402,90 | 465,70 |

Annexe

| Hr | Janvie | fevrier | mars | avril | mai | juin | juille | aout | sept | octob | nove | decem | total | moy |
|------|--------|---------|------|-------|------|------|--------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 1998 | 57,9 | 56,8 | 38,4 | 36 | 37,4 | 28,5 | 23,5 | 29,2 | 36,9 | 42,1 | 50,3 | 50,3 | 487,3 | 40,6 |
| 1999 | 66,2 | 48,2 | 40,9 | 29,5 | 25,4 | 24,5 | 26,9 | 24,4 | 37,8 | 56,6 | 67,7 | 67,7 | 515,8 | 43,0 |
| 2000 | 61,4 | 43,1 | 38,6 | 34,8 | 34,8 | 29,9 | 25,3 | 27,5 | 37 | 49,7 | 50,1 | 54,5 | 486,7 | 40,6 |
| 2001 | 57,8 | 42,9 | 33,8 | 33,3 | 24,4 | 23,7 | 30,4 | 42,6 | 54,8 | 65,4 | 65,4 | 65,4 | 539,9 | 45,0 |
| 2002 | 58,5 | 42,6 | 36,4 | 35,4 | 29 | 25,5 | 27,5 | 31 | 36,5 | 45,6 | 55 | 57,8 | 480,8 | 40,1 |
| 2003 | 62,7 | 52,2 | 39,4 | 35,3 | 29,4 | 21,8 | 27,5 | 40,8 | 54,5 | 58,6 | 61,7 | 61,7 | 545,6 | 45,5 |
| 2004 | 56,2 | 47,5 | 48,7 | 46,9 | 43,4 | 33,1 | 29,1 | 32 | 37,7 | 42,7 | 59,7 | 67,8 | 544,8 | 45,4 |
| 2005 | 53,8 | 51,2 | 41,2 | 32,8 | 27,5 | 29,3 | 25 | 29,4 | 45,7 | 51,1 | 54,4 | 66,5 | 507,9 | 42,3 |
| 2006 | 60 | 62,2 | 44,1 | 36,6 | 34,2 | 23,9 | 28 | 29,7 | 41,4 | 41,7 | 59,5 | 65,6 | 526,9 | 43,9 |
| 2007 | 57,4 | 50,2 | 42,8 | 50 | 32,5 | 22,5 | 26,6 | 28,7 | 42,6 | 43,4 | 45,4 | 48,7 | 490,8 | 40,9 |
| 2008 | 52,3 | 46,2 | 39,1 | 30,8 | 33,5 | 29,7 | 23,9 | 30,9 | 40,1 | 61,2 | 59,9 | 70,5 | 518,1 | 43,2 |
| 2009 | 67,7 | 52,7 | 49,4 | 44,7 | 32,2 | 25,9 | 24,8 | 26,8 | 52,1 | 46,6 | 47,5 | 62 | 532,4 | 44,4 |
| 2010 | 57,2 | 54,1 | 46,5 | 48,9 | 35,7 | 34 | 27,7 | 33,1 | 40,7 | 45,8 | 59,1 | 49,6 | 532,4 | 44,4 |
| 2011 | 57,1 | 48,8 | 53 | 48,4 | 44,6 | 36,9 | 28,2 | 32,5 | 38,7 | 49,6 | 56,9 | 56,5 | 551,2 | 45,9 |
| 2012 | 50,9 | 48,3 | 42,3 | 39,4 | 31,4 | 23,7 | 23,3 | 25,1 | 31,9 | 42,2 | 59,5 | 54,8 | 472,8 | 39,4 |
| 2013 | 54,2 | 46,7 | 43,2 | 36,1 | 32,1 | 28,6 | 28,6 | 41,6 | 47 | 45 | 59,7 | 59,7 | 522,5 | 43,5 |
| 2014 | 59,3 | 49,2 | 48,5 | 36,5 | 34,4 | 29,9 | 27,1 | 30,1 | 38,2 | 36,9 | 51,6 | 60,3 | 502,0 | 41,8 |
| 2015 | 57,3 | 57,1 | 46,1 | 37,9 | 31,6 | 29,3 | 27,4 | 33,9 | 46,2 | 53,5 | 55,5 | 63,1 | 538,9 | 44,9 |
| 2016 | 55,2 | 48,5 | 39,2 | 46,5 | 35,4 | 35 | 28,9 | 34,2 | 46,1 | 44,6 | 60,3 | 66,8 | 540,7 | 45,1 |
| 2017 | 59,6 | 48,4 | 37 | 42,5 | 33,6 | 31,5 | 29,4 | 32,1 | 43,8 | 49,2 | 48,2 | 55,5 | 510,8 | 42,6 |
| 2018 | 53,2 | 56,9 | 46,2 | 42,3 | 47 | 35,2 | 26,1 | 42,7 | 44,2 | 55,7 | 59,2 | 60,8 | 569,5 | 47,5 |
| moy | 57,9 | 50,2 | 42,6 | 39,3 | 33,8 | 28,7 | 26,9 | 32,3 | 42,6 | 48,9 | 56,5 | 60,3 | 520,0 | 43,3 |

| lg | janvier | fiv | mars | avr | mai | jui | juill | aout | sep | oct |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1998 | 2818382 | 3511035 | 4824687 | 5445687 | 6305532 | 6568262 | 6974300 | 6066686 | 4729149 | 3988727 |
| 1999 | 2555651 | 3534919 | 4800803 | 5780071 | 6186109 | 5947263 | 6568262 | 5660648 | 7308685 | 3319958 |
| 2000 | 3152766 | 3821534 | 4561957 | 5541225 | 5995032 | 6783224 | 6663801 | 6329416 | 4633610 | 3821534 |
| 2001 | 2770612 | 3678227 | 4705264 | 5684532 | 6568262 | 6257763 | 6233878 | 5182956 | 4132034 | 3534919 |
| 2002 | 2937805 | 3678227 | 4753033 | 5254610 | 6162224 | 6687685 | 6090570 | 5374033 | 4824687 | 4012611 |
| 2003 | 2555651 | 3343843 | 4633610 | 5588994 | 6616031 | 6496608 | 6472724 | 5159071 | 3917073 | 3391612 |
| 2004 | 3033343 | 3582689 | 4418649 | 5493456 | 6233878 | 6329416 | 6807108 | 5780071 | 4920226 | 3630458 |
| 2005 | 3176650 | 3248304 | 4227572 | 5111302 | 6401070 | 6162224 | 6353301 | 6090570 | 4609726 | 3725996 |
| 2006 | 2555651 | 3224420 | 4872456 | 5278494 | 5469571 | 6305532 | 6663801 | 6233878 | 4848572 | 4084265 |
| 2007 | 2937805 | 3272189 | 4514188 | 4824687 | 6305532 | 6472724 | 6902647 | 5684532 | 4490303 | 3702111 |
| 2008 | 3033343 | 3367727 | 4681380 | 5421802 | 5708417 | 6568262 | 6424955 | 6018917 | 4227572 | 3319958 |
| 2009 | 2412344 | 3511035 | 4753033 | 5421802 | 6544378 | 6687685 | 6592147 | 5923378 | 4538072 | 4299226 |
| 2010 | 2890035 | 3033343 | 4132034 | 5182956 | 5995032 | 6305532 | 6639916 | 5947263 | 4729149 | 3940957 |
| 2011 | 2746728 | 3343843 | 4346995 | 5278494 | 5995032 | 6377186 | 6568262 | 6186109 | 4609726 | 3964842 |

Annexe

| | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2012 | 2937805 | 3630458 | 4203688 | 5278494 | 6424955 | 5636763 | 6544378 | 5923378 | 4538072 | 3702111 |
| 2013 | 2794497 | 3343843 | 4132034 | 5111302 | 6257763 | 6496608 | 6472724 | 4705264 | 4753033 | 3606573 |
| 2014 | 2770612 | 3343843 | 4179803 | 5588994 | 6162224 | 6042801 | 5803955 | 5517340 | 4251457 | 3940957 |
| 2015 | 2675074 | 2890035 | 4442534 | 5326264 | 6353301 | 6257763 | 7093723 | 5660648 | 4538072 | 3821534 |
| 2016 | 2913920 | 3343843 | 4561957 | 5087418 | 5947263 | 6424955 | 6663801 | 6233878 | 4705264 | 3869304 |
| 2017 | 2818382 | 3152766 | 4705264 | 5015764 | 5923378 | 6424955 | 6783224 | 6066686 | 4896341 | 4132034 |
| 2018 | 2794497 | 3128881 | 3869304 | 4944110 | 5851725 | 6639916 | 6042801 | 5684532 | 4585841 | 3630458 |
| moy | 2964078 | 3549250 | 4716012 | 5583023 | 6470335 | 6693656 | 6868014 | 6071463 | 4939333 | 3972007 |

Annexe 02 :Evapotranspiration maximal

Annexe

| | ETM PAR LA METHODE DE CROPWAT |
|-----------------|---|
| ail | 869,71 |
| carotte | 475 |
| concombre | 881,36 |
| courgette | 1308,43 |
| fève | 258,07 |
| oignon | 926,87 |
| petit pois | 709,92 |
| piment | 414,19 |
| poivron | 414,19 |
| pome de tere | 2196,86 |
| tomate | 2738,9 |

| 2018 | tomate | piment | fève | oigno | petit pois | poivron | carotte | concom bre | ail | courgett e | PDT |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Janvier | | | 8,53748 723 | 0,53359 295 | 48,5569 586 | | | 55,4936 67 | 5,33592 952 | | |
| Février | | | 37,3309 111 | 3,55532 487 | 67,3640 501 | | | 58,1950 544 | 3,55532 487 | | 28,0683 542 |
| Mars | 52,5789 875 | | | 53,4553 04 | 70,9816 331 | | | 86,3171 712 | 53,4553 04 | 0,87631 646 | 51,4105 656 |
| Avril | 109,606 926 | 1,31004 295 | | 138,427 871 | | 1,31004 295 | | | 135,807 785 | 10,9170 245 | 148,034 853 |
| Mai | 180,770 514 | 2,03112 937 | | 161,474 785 | | 2,03112 937 | | | 121,867 762 | 115,774 374 | 184,324 99 |
| Juin | 259,374 384 | 7,20484 399 | | | | 7,20484 399 | | | | 198,313 331 | 214,704 351 |
| Juillet | 220,885 027 | 9,23561 088 | | | | 9,23561 088 | | | | 184,712 218 | |
| Août | | 6,82466 395 | | | | 6,82466 395 | | | | | |
| Septemb re | | 5,31446 228 | | | | 5,31446 228 | 1,32861 557 | | | | |
| Octobre | | 64,8794 23 | | | | 64,8794 23 | 24,7983 572 | | | | |
| Novemb re | | 55,6882 734 | 29,9399 319 | | | 55,6882 734 | 62,0754 589 | 29,9399 319 | | | |
| Décemb re | | | 21,6419 197 | | 26,7863 105 | | 54,2821 921 | 40,4455 549 | | | |
| Total | 823,215 838 | 152,488 45 | 97,4502 5 | 357,446 878 | 213,688 952 | 152,488 45 | 142,484 624 | 270,391 379 | 320,022 106 | 510,593 263 | 626,543 113 |
| ETM CROP WAT | 1205,9 | 179,1 | 99,7 | 378,1 | 320,8 | 179,1 | 222,4 | 388,5 | 337,4 | 515,8 | 953,9 |

Annexe

| 2018 | tomate | piment | fève | oigno | petit pois | poivron | carotte | concomb |
|----------------------------------|---------|--------|-------|--------|------------|---------|---------|---------|
| ETM PAR TURC en mm/jour | 823,22 | 152,49 | 97,45 | 357,45 | 213,69 | 152,49 | 142,48 | 270, |
| ETM CROPWA T en mm/jour | 1205,90 | 179,10 | 99,70 | 378,10 | 320,80 | 179,10 | 222,40 | 388,50 |