



*République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université*



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem -

UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Agronomie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en

Sciences Agronomiques

Spécialité: Aménagement hydro - Agricole

Thème

**Estimation du besoin en eau des cultures et évapotranspiration de référence
par le biais du logiciel CROPWAT 8.0 (cultures des tomates dans la région de
Mostaganem).**

Présenté par: BENHASSINE SELMA

Devant le jury

Président : Dr. BENOUADAH Salima MCB Université de Mostaganem

Promoteur : Dr. BOUALEM Abdelkader MCA Université de Mostaganem

Examineur : Dr. AMIRI Ouafaa MAB Université de Mostaganem

Année universitaire: 2023/2024

Dédicaces

Louange à Dieu,

Chaque journée qu'il nous accorde,

Pour la route qu'il nous indique.

Ce travail est dédié à nos familles qui nous ont soutenus et conseillés tout au long de ces années et pendant la préparation de ce travail, ainsi qu'à ceux qui méritent un amour éternel, nos parents, en particulier pour leur présence continue, et nos frères et sœurs.

Aux enseignants qui ont apporté leur contribution depuis 5 ans jusqu'à maintenant, ainsi qu'à toute personne qui a contribué à ce travail, de près ou de loin.

Benhassine Selma

Remerciement

***Avant tous, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a
guidé tout au long de ma
vie, et qui m'a permis d'achever ce travail.***

***Je tiens à remercier sincèrement Dr. BOUALEM
Abdelkader pour sa patience et ses
conseils précieux.***

***A Dr. BENOUADAH Salima qui m'a fait un grand
honneur en acceptant de
présider le jury.***

***A Dr. AMIRI Ouafaa d'avoir accepté d'examiner ce
travail.***

***Mes vives remerciements ma profonde reconnaissance
à tous ce qui ont bien
voulu nous aider dans ce modeste travail.***



Résumé

Afin de gérer efficacement l'eau d'irrigation, il est essentiel de bien comprendre les besoins en eau afin de mieux répondre à la demande et de mieux l'intégrer à l'offre dans la Wilaya de Mostaganem. Nous avons opté pour l'utilisation du logiciel CROPWAT 8.0 sous Windows. Une fois que les données de base concernant le climat (2010-2022) ont été introduites, nous avons mesuré l'évaporation, puis les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de tomate.

Une fois que les données ont été entrées dans le logiciel CROPWAT 8.0, nous pouvons obtenir des calendriers d'irrigation et des tableaux qui représentent de manière précise les besoins en eau de la culture et évapotranspiration de référence de la tomate en fonction des informations sur le sol, le climat et la plante. Ensuite, nous avons effectué une comparaison entre les résultats mensuels avec les résultats annuels obtenus pour la même plante.

Mots clés : ETo, ETc, CROPWAT 8.0, tomate, Mostaganem.

Abstract

In order to manage irrigation water efficiently, it is essential to have a good understanding of water requirements, so that demand can be better met and integrated with supply in the Wilaya of Mostaganem. We opted for the use of CROPWAT 8.0 Windows software. Once the basic climate data (2010-2022) had been entered, we measured evaporation and then irrigation water requirements for tomato crops.

Once the data has been entered into the CROPWAT 8.0 software, we can obtain irrigation schedules and tables that accurately present the water needs and reference evapotranspiration of the tomato crop based on information about the soil, climate, and plant. Afterwards, we conducted a comparison between the monthly results and the annual results obtained for the same plant.

Keywords: ETo, ETc, CROPWAT 8.0, tomato, Mostaganem.

ملخص

من أجل إدارة مياه الري بفعالية، من الضروري أن يكون لدينا فهم جيد لمتطلبات المياه من أجل تلبية الطلب على المياه بشكل أفضل ودمجها مع العرض في ولاية مستغانم. لقد اخترنا استخدام برنامج CROPWAT 8.0 Windows. وبمجرد إدخال البيانات المناخية الأساسية (2010-2022) ، قمنا بقياس التبخر ثم متطلبات مياه الري لمحاصيل الطماطم .

وبمجرد إدخال البيانات في برنامج CROPWAT 8.0 ، يمكننا الحصول على جداول وجداول ري تعرض بدقة الاحتياجات المائية والتبخر والنتح المرجعي لمحصول الطماطم بناءً على المعلومات المتعلقة بالتربة والمناخ والنبات. بعد ذلك، أجرينا مقارنة بين النتائج الشهرية والنتائج السنوية التي تم الحصول عليها لنفس النبات.

الكلمات المفتاحية: ET_c, ET_o, CROPWAT 8.0 ، الطماطم، مستغانم

Table des matières

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

PREMIERE PARTIE GENERALITES

Chapitre 1: Présentation de la zone d'étude

<i>1.1. Localisation.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.1. Limites géographiques.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2 . Découpages administratifs de la région Mostaganem.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.Géologie.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.1. Relief</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. le sol.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3. La topographie.....</i>	<i>9</i>
<i>1.4. Le climat.....</i>	<i>9</i>
<i>1.4.1 .Température.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.2 . Les précipitations</i>	<i>11</i>
<i>1.4.3. L'humidité.....</i>	<i>12</i>
<i>1.4.4 . Vents.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.5. Le Brouillard.....</i>	<i>14</i>
<i>1.4.6. La gelée.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4.7. L'insolation.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4.8. L'évaporation.....</i>	<i>16</i>
<i>1.4.9. Evapotranspiration (ETP).....</i>	<i>17</i>
<i>1.4.10. Le bilan hydrique à Mostaganem.....</i>	<i>18</i>
<i>1.5.La salinité.....</i>	<i>19</i>
<i>1.6.Végétations.....</i>	<i>20</i>
<i>1.7. Agriculture.....</i>	<i>21</i>

Chapitre2:Généralités sur la tomate

<i>1. Généralité sur la tomate:.....</i>	<i>24</i>
<i>1.1.Origine et historique.....</i>	<i>24</i>
<i>1.2. Classification de la tomate.....</i>	<i>26</i>

1.2.1. Classification botanique.....	26
1.2.2. Classification génétique.....	27
1.2.2.1. Variétés fixées.....	28
1.2.2.2. Variétés hybrides.....	28
1.2.3. Classification variétale selon le mode de croissance.....	28
1.2.3.1. Variété à croissance indéterminée.....	28
1.2.3.2. Variété à croissance déterminée.....	29
1.2.3.3. Variété buissonnante.....	29
1.3. Caractéristique morphologique de la tomate.....	30
1.3.1. L'appareil végétatif.....	30
1.3.1.1. Le système racinaire.....	30
1.3.1.2. La tige.....	30
1.3.1.3. La feuille.....	31
1.3.2. L'appareil reproducteur.....	32
1.3.2.1. La fleur	32
1.3.2.2. Le fruit.....	33
1.3.2.3. La graine.....	34
1.4. Caractéristiques physiologiques de la tomate.....	35
1.4.1. Le cycle biologique de la tomate.....	35
1.4.1.1. La germination.....	35
1.4.1.2. La croissance.....	36
1.4.1.3. La floraison.....	36
1.4.1.4. La pollinisation.....	36
1.4.1.5. La fructification et nouaison des fleurs.....	37
1.4.1.6. La maturation du fruit.....	37
1.5. Les exigences édapho - climatiques de la tomate.....	38
1.5.1. Les exigences climatiques.....	38
1.5.1.1. La température de l'air.....	38
1.5.1.2. La lumière.....	38
1.5.1.3. L'humidité de l'air.....	39

1.5.1.4. <i>Le vent</i>	39
1.5.2. <i>Exigences édaphiques</i>	39
1.5.2.1. <i>La nature du sol</i>	39
1.5.2.2. <i>La température du sol</i>	40
1.5.2.3. <i>Le pH du sol</i>	40
1.5.2.4. <i>L'humidité du sol</i>	40
1.5.2.5. <i>La salinité du sol</i>	41
1.5.2.6. <i>L'aération du sol</i>	41
1.5.3. <i>Exigences nutritionnelles</i>	41
1.5.3.1. <i>Exigences hydrique</i>	41
1.5.3.2. <i>Exigences en éléments fertilisants</i>	42
1.6. <i>Superficies et productions de la culture de tomate</i>	42
1.6.1. <i>Les principaux pays producteurs de tomate</i>	42
1.6.2. <i>Superficie et production de tomate en Algérie</i>	44
1.6.3. <i>Superficie et production de tomate dans la région de Mostaganem</i>	44
1.6.4. <i>Les contraintes de la production de tomate en Algérie</i>	45
1.6.4.1. <i>Contraintes techniques</i>	45
1.6.4.2. <i>Contraintes économiques</i>	46
1.7. <i>Importance de la tomate</i>	46
1.7.1. <i>Valeur nutritionnelle des fruits de tomate</i>	46
1.7.2. <i>Importance médicinale de la tomate</i>	47
1.8. <i>Maladies et les ravageurs de la tomate</i>	48
1.8.1. <i>Maladies</i>	48
1.8.1.1. <i>Champignons</i>	48
1.8.1.2. <i>Bactéries</i>	48
1.8.1.3. <i>Virus</i>	49
1.8.2. <i>Ravageurs</i>	49
1.8.2.1. <i>Les acariens (Tetranychus sp.)</i>	49
1.8.2.2. <i>Les insectes</i>	49

1.8.2.2.1. La mouche blanche (<i>Bemisia tabaci</i>)	49
1.8.2.2.2. Les pucerons (<i>Aphididae</i>)	50
1.8.2.2.3. Les thrips (<i>Thripidae</i>)	50
1.8.2.2.4. Les noctuelles (<i>Lepidoptera</i>)	50
1.8.2.2.5. La Cicadelle de la pomme de terre (<i>Empoasca fabae</i>)	51
1.8.2.2.6. Les mineuses	51

DEUXIEME PARTIE MATERIEL ET METHODES

Chapitre 3:Présentation du modèle

1. Présentation du modèle.....	52
1.1. Modèle CROPWAT 8.0.....	52
1.2. Description du logiciel (CROPWAT 8.0).....	52
1.3. Rôle et avantage du logiciel.....	53
1.4. Fonctionnement du modèle et les données d'entrées.....	54
1.4.1. Structure du Programme	54
1.4.2. Modules et formules utilisées.....	55
1.5. Les sorties du modèle.....	65
1.5.1. Table climatique	65
1.5.2. Table des besoins en eaux des cultures.....	65
1.5.3. Table du programme d'irrigation.....	66
1.6. Excel.....	67

TROISIEME PARTIE RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre 4:Résultats et discussions

1. Calcul de l'ET ₀ pour la période (2010-2022).....	68
1.2. Calcul des Précipitations efficaces pour la période (2010-2022)	70
1.3. Calcul les besoins en eau de la culture ET _c pour la période (2010-2022).....	73
1.4. Calcul les besoins d'irrigation ET _i pour la période (2010-2022).....	76
Conclusion générale.....	79

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

Δ : Pente de la courbe des pressions de vapeur

ANDI : Agence Nationale de développement de l'Investissement.

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Cu:le cuivre

D : Drainage

DSA : Direction de Service Agricole

ETc : Evapotranspiration de culture.

ETi: les besoins en eau d'irrigation

ETM : Evapotranspiration maximale.

ETo : Evapotranspiration de référence.

ETP:Evapotranspiration potentielle

ETR :Evapotranspiration réelle

FAO : Organisation Mondiale de l'Alimentation et l'Agriculture.

Fe:le fer

G : Flux de chaleur échangé avec le sol

hab : habitants.

I_{rr} : Apport de l'irrigation

Kc : Coefficient cultural

Ky : Coefficient de réponse du rendement

M.A.D.R.P:Ministère De l'Agriculture, Du Développement Rural Et De La Pêche

Mn:le manganèse

MNT:Modèle Numérique de Terrain

ONM: Office National de la Meteorologic

P : Tariesement admissible

P_{eff} : Précipitation efficace

P_{tot} : Précipitation totale

RFU : Réserve utile facilement disponible

R_i : Réserve en eau du sol au jour i

R_{i-1} : Réserve en eau du sol au jour i-1

RU : Réserve utile

SMD : Déficit de la réserve utile d'eau dans le sol

T : Température journalière à 2m d'altitude

TAM : Eau disponible totale

USDA : United States Département of Agriculture.

Y_a : Rendement réel

Y_m : Rendement maximal

Y_r : Diminution de rendement par rapport au rendement en condition optimale de culture

Z : Profondeur des racines

Zn: le zinc

Irr_{req}: irrigation requise

R_n : Rayonnement net à la surface de la culture

SMD_i : Tarsissement de la réserve du sol à la date i

SMD_{i-1} : Tarsissement de la réserve du sol à la date i-1

e_a – e_s : Déficit de la pression de vapeur à saturation

e_a : Pression réelle de la vapeur

e_s : Pression de la vapeur à saturation

u₂ : Vitesse du vent à 2m d'altitude.

γ : Constante psychometric

θ_{FC} : Eau contenue au maximum dans le champ

θ_{WP} : Eau contenue au point de flétrissement

Liste des figures

Figure N°1: Localisation de la zone d'étude.....	3
Figure N°2: carte de localisation de wilaya de Mostaganem.....	5
Figure N°3: Précipitation moyenne mensuelle à Mostaganem (1987 à 1997)	12
Figure N°4: Courbe de la vitesse moyenne mensuelle du vent.....	14
Figure N°5: Variation de l'insolation moyenne annuelle.....	16
Figure N°6: Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle.....	17
Figure N°7: Premières images to tomate publiées.....	24
Figure N°8: Carte de l'hypothétique extension de la tomate dans le monde.....	25
Figure N°9: Lycopersicon esculentum Mill.....	27
Figure N°10: Deux types de croissances.....	29
Figure N°11: Système racinaire	30
Figure N°12: Tige de tomate.....	31
Figure N°13: Feuille de tomate.....	32
Figure N°14: Fleur de tomate	33
Figure N°15: fruit de tomate.....	34
Figure N°16: Répartition des graines dans la tomate.....	35
Figure N°17: Les principaux pays producteurs de tomate dans le monde.....	43
Figure N°18: Evolution des superficies et de la production de tomate de 2002 à 2012 en Algérie	44
Figure N°19: Fenêtre principale du logiciel CROPWAT 8.0.....	53
Figure N°20: calcul de l'ET0.....	56
Figure N°21: calcul des pluies efficaces.....	58
Figure N°22: Les données sur la culture de la tomate.....	59
Figure N°23: les données liées au sol.....	60
Figure N°24: présente le tableau des besoins en eau.....	61
Figure N°25: présente le tableau calendrier d'irrigation.....	62
Figure N°26: Organigramme globale du modèle CROPWAT.....	66
Figure N°27: Feuille Microsoft Excel.....	67

Figure N°28: ETo mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022)	69
Figure N°29: ETo Annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	70
Figure N°30: Précipitations efficaces Annuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	72
Figure N°31: Précipitations efficaces mensuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	73
Figure N°32: Les besoins en eau de la culture ETc mensuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	74
Figure N°33: Les besoins en eau de la culture annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	75
Figure N°34: Les besoins d'irrigation ETi mensuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	77
Figure N°35: Les besoins d'irrigation ETi annuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	78

Liste des Tableaux

Tableau N°1: Découpages administratifs de la région Mostaganem.....	4
Tableau N°2: Surfaces et pourcentages des classes lithologiques dans le plateau de Mostaganem.....	7
Tableau N°3: La répartition de la superficie par classes des pentes.....	8
Tableau N°4: Température moyenne mensuelle de Mostaganem de (1988 à 1997).....	11
Tableau N°5: Précipitations moyennes mensuelle de Mostaganem (1987-88) à (1996-97).....	12
Tableau N°6: Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2015).....	13
Tableau N°7: Nombre de jours de brouillard(1997)	14
Tableau N°8: Nombre de jours de gelée à Mostaganem (1997)	15
Tableau N°9: Variation de l'insolation moyenne annuelle en heure.....	16
Tableau N°10 : Les données d'évaporation (2000 -2015).....	17
Tableau N°11: Le bilan hydrique à Mostaganem (1988à1997).....	19
Tableau N°12: liste des forets de la Wilaya de Mostaganem.....	20
Tableau N°13: Répartition générale des terres.....	21
Tableau N°14: Répartition de la S.A.U en fonction du type de culture.....	22
Tableau N°15: L'évolution des cultures végétales.....	23
Tableau N°16: classification botanique.....	26
Tableau N°17: Les dix premiers pays producteurs de tomate.....	43
Tableau N°18: Production de tomate dans la wilaya de Mostaganem.....	45
Tableau N°19: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate.....	46
Tableau N°20: Evapotranspiration ETo mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	68
Tableau N°21: Evapotranspiration ETo Annuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	69
Tableau N°22: Précipitations efficaces annuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	71

Tableau N°23: Précipitations efficaces mensuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	72
Tableau N°24: Les besoins en eau de la culture ETc mensuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	74
Tableau N°25: Les besoins en eau de la culture ETc annuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	75
Tableau N°26: Les besoins d'irrigation ETi mensuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	76
Tableau N°27: Les besoins d'irrigation ETi annuelles dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).....	77

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est essentielle à la croissance de toutes les formes de vie, animale ou végétale, nous devons assurer la protection de cette ressource importante d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Pour ce faire, il est essentiel d'assurer une gestion durable des ressources et la protection de l'environnement, dans lequel l'eau se retrouve en interaction continue : la biosphère **(Sedrati, 2011)**.

L'eau est le facteur le plus important pour les plantes et lorsqu'elle est éliminée, il faut en faire le meilleur usage pour produire avec efficacité et obtenir des niveaux élevés **(Doorembos, 1980)**.

C'est également une source de conflits dans de nombreuses régions du monde.

Au début de ce siècle, l'eau est devenue un problème majeur et seuls les pays connaissant bien leurs ressources en eau pouvaient survivre **(Sedrati, 2011)**.

Les pays du pourtour méditerranéen, considérés comme semi-arides, seront de plus en plus confrontés à des pénuries d'eau, en raison de la pression de l'agriculture, de l'industrie et de la croissance démographique **(Sedrati, 2011)**.

L'Algérie, comme d'autres pays méditerranéens, est de plus en plus confrontée au problème de la pénurie d'eau. Selon la Banque mondiale, l'Algérie figure parmi les pays les plus pauvres en termes de potentiel hydrique, inférieur au seuil théorique de rareté qu'elle fixe à 1 000 m³ par habitant et par an. Ces potentialités correspondent actuellement à un taux de 500 m³/hab. /an qui passera à 400 m³/hab. /an à l'horizon 2020. De ce fait, l'Algérie se classe parmi les 13 pays africains les plus touchés par la pénurie d'eau **(Mouhouche, 2003)**.

En Algérie, les ressources en eau sont limitées et réparties, elles ont été exploitées à 17,2 milliards de dont 10,4 milliards de m³ d'eau de surface, 1,8 milliards de m³ d'eau

Introduction générale

souterraines du Nord et 5 milliards d'eau sud exploitable de Sud (**Ferrah, 2004**) .

Les tomates sont devenues l'un des légumes les plus importants au monde. En 2001, la production mondiale de tomates atteignait environ un million de tonnes de fruits frais sur une superficie de 3,9 millions d'hectares. Parce qu'il s'agit d'une culture au cycle assez court et au rendement élevé, elle présente de bonnes perspectives économiques et les superficies cultivées augmentent. Les tomates appartiennent à la famille des Solanacées. Cette famille comprend d'autres espèces également bonnes comme la pomme de terre, le tabac et l'aubergine (**Naika et al,2005**).

Il est essentiel de comprendre les besoins en eau de la culture en climat aride afin d'utiliser l'eau de manière rationnelle. De cette façon, l'efficacité de l'utilisation de cette eau sera affectée par une gestion adéquate de l'irrigation. Notre projet s'inscrit dans cette perspective, avec l'objectif de mesurer l'efficacité de l'utilisation de l'eau de la tomate dans la wilaya de Mostaganem. Nous étudierons les besoins en eau de culture et leur gestion en utilisant le logiciel "CROPWAT 8.0".

Pour cela, nous répartissons notre travail en trois grandes parties que nous résumons ci-dessous :

La première partie de cet ouvrage sera consacrée aux généralités sur la zone d'étude et sur la tomate. Dans la deuxième partie, nous aborderons la dimension méthodologique liée aux données utilisées ainsi qu'à la présentation du modèle. Finalement, la partie finale va exposer les résultats obtenus à partir du modèle, les interprétations, et les échanges.

PREMIERE PARTIE
GENERALITES

1.1 . Localisation

1.1.1. Limites géographiques

Notre région d'étude couvre une superficie de 2269 km², s'étendant de 0°8' Ouest à 0°46' Est et de 36°29' à 35°37' Nord. Elle est située dans la partie nord-ouest de l'Algérie, bordée au nord et au nord-ouest par la mer Méditerranée, qui offre une façade maritime d'environ 120 km. Elle est limitée à l'est par la wilaya de Chleff, au sud par les wilayas de Mascara et de Relizane, et à l'ouest par celle d'Oran (Fig. 1). En 1987, la wilaya de Mostaganem avait une population de 504 000 habitants, qui a augmenté pour atteindre 737 000 en 2008, avec une densité moyenne de 325 habitants par km² (Caïd, Chachoua *et* Berrichi, 2019).

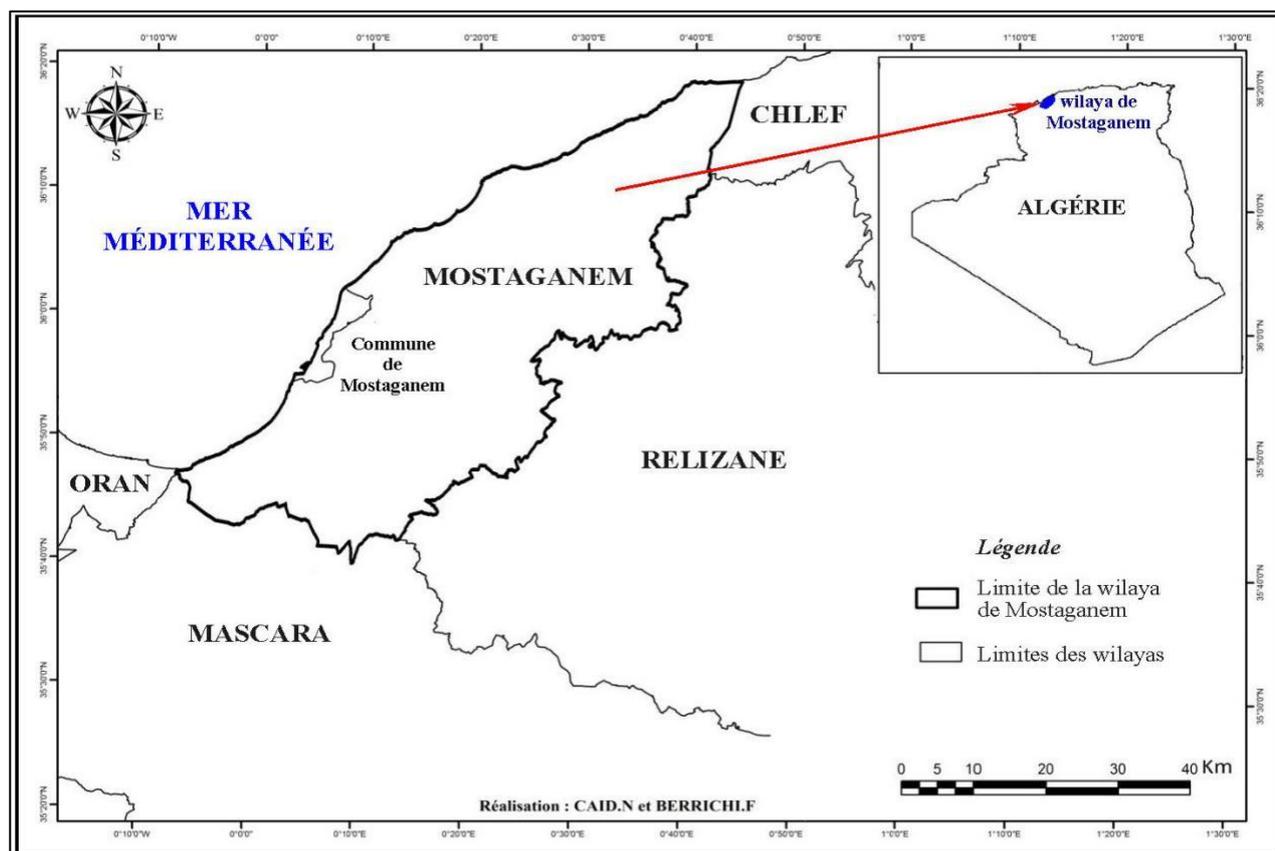


Figure N° 1 : Localisation de la zone d'étude (Caïd, Chachoua *et* Berrichi, 2019).

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

1.1.2 .Découpages administratifs de la région Mostaganem

En termes administratifs, Mostaganem a été établie en tant que Wilaya lors du premier découpage administratif du pays, conformément à l'ordonnance n°63-466 du 02/12/1963. À cette époque, elle comprenait six (06) Daïras (Mostaganem, Sidi Ali, Relizane, Oued Rhiou, Mascara et Tighennif) et cinquante-cinq (55) communes.

Le deuxième découpage, qui a eu lieu en 1974 (Ordonnance n°74-69 du 02/07/1974), a modifié la structure de la Wilaya. Elle était alors composée de quatre Daïras (Mostaganem, Sidi Ali, Relizane, Oued Rhiou) et de vingt-sept (27) communes (décret n°74-150 du 12/07/1974).

La structure actuelle de la Wilaya, qui comprend dix (10) Daïras et trente-deux (32) communes, est le résultat du troisième et dernier découpage qui a eu lieu en 1984 (loi n°84-09 du 04/02/1984 et textes subséquents).

Tableau N° 1 : Découpages administratifs de la région Mostaganem

Daïras	Communes
Mostaganem	Mostaganem
Achaacha	Achaacha-Nekmaria-khadra-Ouled Boughalem
Ain Nouissy	Ain Nouissy-Fornaka-El Haciane
Ain Tadeles	Ain Tadeles-Sour-Sidi Belatare-oued El Kheir
Bouguirat	Bouguirat-sirat-safsaf-souaflias
Hassi Mameche	Hassi Mameche- stidia-Mazagran
Kheir Eddine	Kheir Eddine-Sayada-Ain Boudinar
Mesra	Mesra-Mansourah-Touahria-Ain Sidi cherif
Sidi Ali	Sidi Ali-Tazgait- Ouled Maalah

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Sidi Lakhdar

Sidi Lakhdar-Hadjadj-Ben Abdelmalek Ramdane

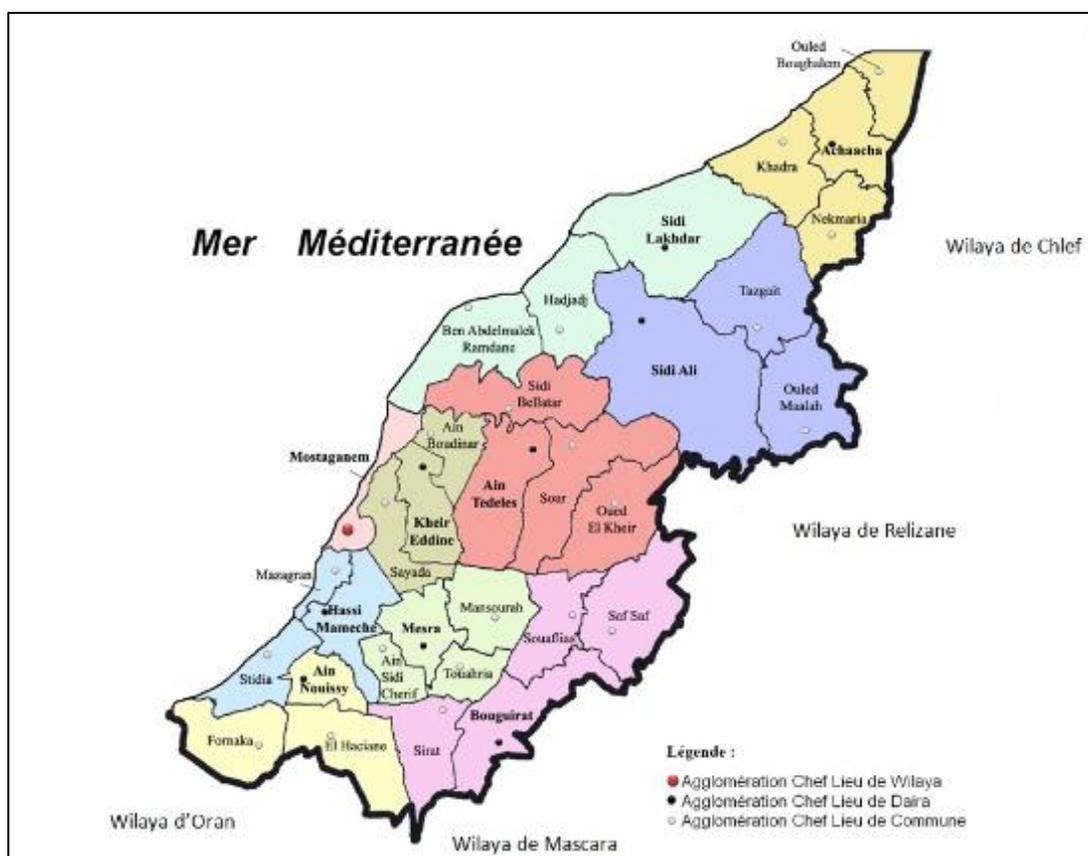


Figure N° 2 : carte de localisation de wilaya de Mostaganem

1.2 .Géologie

La zone que nous étudions est située sur le plateau de Mostaganem, qui constitue la base des formations superficielles. Nous y rencontrons différents types de substrats :

- Les **Calabriens** : Il s'agit d'une roche sédimentaire détritique composée d'au moins 85 % de grains de quartz, liés par une pâte qui caractérise le grès. La région de Mostaganem est principalement constituée de Calabriens.
- La **Carapace calcaire** : C'est une roche sédimentaire détritique composée de grains de carbonates ou de sulfates de calcium, formant une masse compacte et durcie. Cette formation est généralement zonée et de couleur blanche. Souvent appelée dalle calcaire, elle se trouve généralement sous les montagnes mais présente des affleurements à certains endroits.
- Les **Sables** : Ce sont des matériaux meubles composés de grains de quartz, comme ceux que l'on trouve sur les plages et les dunes. L'action des vagues transporte une grande quantité de sable qui s'accumule le long des plages (**Razali, et Abderrahmane,2020**).

Les informations géologiques concernent la lithosphère et les roches mères, et proviennent des données du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) de 1959. Les échelles utilisées sont le 1/250 000 et le 1/50 000, lorsque ce dernier est disponible. Les données géologiques initiales ont été simplifiées en regroupant les substrats, réduisant ainsi le nombre d'éléments à une vingtaine selon les zones. Cette simplification a été réalisée en tenant compte de quatre caractéristiques essentielles pour les végétations : la perméabilité des roches, la teneur en calcaire pour distinguer l'acidité de l'alcalinité, la richesse en silice et en ferromagnésien pour les roches plutoniques, et enfin leur nature meuble ou solide (**Kada et Baghdadi Benattia,2023**).

Les statistiques indiquent que les sables et les alluvions couvrent respectivement 47,37% et 45,39% de la surface totale du plateau de Mostaganem, selon **Ouabel (2012)**. Les alluvions, qui sont des dépôts sédimentaires, proviennent de la région Est

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

du plateau et se stabilisent dans les plaines de la région Ouest de Mostaganem, plus précisément à Mazagran.

Tableau N° 2: Surfaces et pourcentages des classes lithologiques dans le plateau de Mostaganem (**Ouabel, 2012**).

Classe des substrats géologiques	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Alluvions	41 986,85	37,98
Sables	43 824,88	39,64
Sables et limons	290,58	0,26
Argiles calcaires	249,07	0,23
Marnes bleues	1 123,79	1,02
Marnes sombres et calcaires	1 224,58	1,11
Grès conglomérats et argiles rouges	287,62	0,26
Grès et sables	750,18	0,68
Grès et limons continentaux à Hélix	182,35	30,16
Grès marins	1 089,69	0,99
Calcaires à lithothamniées	474,42	0,43
Tripolis et argiles à tripolis	151,22	0,14
Gypses et argiles gypseuses	298,00	0,27
Gypses et argiles	392,88	40,36
Calabrien	18 235,66	16,49
Totaux	110 561,78	100,00

1.2.1 .Relief

Le relief de la wilaya de Mostaganem se distingue par quatre unités morphologiques, dont les basses plaines de l'Ouest. Ces dernières couvrent une superficie de 680 km² et se situent à une altitude allant de 0 à 100 mètres. (**Lahouel, 2014**). Le plateau de Mostaganem, avec une superficie de 560 km², a une altitude située entre 100 et 350 mètres. La zone montagneuse, qui s'étend sur 510 km², atteint son point le plus élevé à 563 mètres d'altitude au mont Dahra et descend jusqu'à 14

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

mètres au-dessus du niveau de la mer. Enfin, les plaines de l'Est, qui couvrent une superficie de 350 km², ont une altitude variant de 0 à 400 mètres (ANDI, 2013).

Les pentes sont relativement faibles, comme le montre le plan métrage de la carte thématique des pentes, qui indique que 66 % de la surface totale se trouve dans une classe de pente comprise entre 0 et 3 % (Megherbi, 2015). Les surfaces et pourcentages ont été exprimés respectivement en ha et en % dans le tableau n° 3 suivant :

Tableau N°3:La répartition de la superficie par classes des pentes (Megherbi, 2015).

Classes des pentes	0-3%	3-12%	12,5-25%	> 25 %	Totale
Ha	50.100	24.100	0	900	75.000
%	66	32	0	20	100

1.2.2. le sol

Le sol est un facteur important de développement des peuplements forestiers. Leur croissance dépend en grand partie de la nature, de la profondeur et des propriétés physico-chimiques du sol.

Le sol est un élément de base de l'environnement, c'est l'effet combiné du climat et organismes vivants et plantes sur rocher. Le sol est l'un des principaux facteurs liés à la production agricole et forestière (Belarbi, 2017).

Suivant la structure pédologique, trois catégories principales de sols sont à distinguer :

- ❖ Sols alluvionnaires : bordure occidentale du plateau de Mostaganem.
- ❖ Les sols dunaires: sont importants dans la forêt littorale, où ils représentent 50 % de la superficie.
- ❖ Sols calcaires : présents pratiquement dans l'ensemble de la superficie de la wilaya. Le sol est l'élément fondamental du milieu, c'est la résultante de l'action

combinée du climat et des êtres vivants animaux et végétaux sur le substratum ou roche mère (**Lahouel, 2014**).

1.3 . La topographie

La région du plateau de Mostaganem Il se trouve à une longitude de 0°6 Ouest à 0°26 Est et à une latitude Nord de 35°40 à 36°01. Le plateau de Mostaganem se trouve sur une pente assez ondulée qui s'élève sur la plaine d'El Habra et le Golfe d'Arzew. Au Sud Est, il est bordé par une ligne de reliefs entourée par les forêts d'Enaro et de l'Akboub, qui le sépare de la plaine de Relizane. Dans l'ensemble de la zone centrale, le plateau présente un relief d'aspect tabulaire. Ailleurs en revanche, il est affecté par de nombreuses ondulations orientées Nord-Est, Sud-Est qui délimitent des cuvettes à fond parfois marécageux .Ils sont situés à des altitudes allant de 200 à 250 mètres dans la partie Nord, entre 150 et 200 mètres dans l'Ouest et entre 300 et 350 mètres à l'Est, à la limite de la forêt domaniale d'Enaro. En ce qui concerne le système de pentes, l'analyse de la carte des pentes extraite du MNT (Modèle Numérique de Terrain) révèle une prédominance de la classe de pente de 3 à 12 % pour l'ensemble du plateau et de 12 à 25 % sur les flancs qui limitent le plateau au nord et surplombent la vallée de bas Chélif. De plus, l'analyse de la carte d'exposition rapporte une exposition générale vers le nord.

Cordon littoral : Cette zone homogène constitue la frange au littorale de la wilaya et se compose de de sables mobiles qui constituent les différentes plages de wilaya, ainsi que des formations dunaires mobiles ou consolidées l'ensemble de la Côte (**Razali, & Abderrahmane, 2020**).

1.4. Le climat

Le climat de l'Algérie est méditerranéen caractérisé par deux saisons bien distinctes, la saison des pluies et la saison de la sécheresse. L'influence du courant du nord-ouest entraîne des courants océaniques froids et humides, tandis que l'influence du sud est davantage liée aux courants océaniques chauds et secs. Des aspects concernant le

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

climat de l'Oranie ont été discutés par plusieurs auteurs, démontrant son impact limité sur l'environnement naturel et l'environnement socio-économique

(Aimé, 1991). Après avoir analysé les données météorologiques d'Oran - Es-Senia et Tlemcen sur plus de 60 ans(1924-1984) , ils ont identifié quatre périodes climatiques (grâce à la méthode des précipitations cumulées) où la tendance serait soit inférieure ou supérieure au volume des précipitations moyennes

1924-1934 période relativement humide

1935-1945 période relativement sèche

période humide de 1946 à 1976

La wilaya de Mostaganem appartient au climat méditerranéen et précisément au climat de l'Oranie, chaud et sec en été, tiède et pluvieux en hiver, les deux éléments principaux du climat (précipitations et températures) conditionnent tous les rythmes d'irrégularités **(Smahi, 2001)**.

Le climat de Mostaganem se caractérise par une température douce, la faiblesse des écarts thermiques et l'alternance quasi quotidienne des brises de mer et de terre **(Kuhn,2020)**.

1.4.1 .Température

La température est un facteur écologique essentiel et essentiel pour la végétation, car elle représente un facteur limitant de toute première importance, contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne ainsi la répartition de la totalité des espèces et des groupes de personnes dans la biosphère **(Bernard, 2003)**.

La température influe sur le développement de la végétation sauf si elle est exceptionnelles et de courte durée **(Greco, 1966)**.Elle a des conséquences sur les indices puisque elle joue un rôle dans le dessèchement des végétaux par l'évapotranspiration et augmente l'intensité de l'isolation et active ainsi la combustion **(Ouabel, 2008)**.

La température est l'un des facteurs constitutifs du climat qui a un impact significatif sur l'ETR (évapotranspiration réelle) et l'ETP (évapotranspiration potentielle). La

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

moyenne mensuelle est relativement élevée, allant de 10 à 26°C, tandis que la moyenne annuelle est d'environ 17,7°C. La baisse des précipitations est liée aux températures les plus élevée (Aissa Abdi *et al*, 2021).

Tableau N° 4 :Température moyenne mensuelle de Mostaganem de (1988 à 1997)
(Megherbi, 2015).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Ju	Ao	moyenne
M°C	28.5	24.3	20.5	17.3	16	16.6	18.6	20.2	20.1	27.4	31.4	32.3	23.1
m °C	17.5	14.2	10.4	7.3	5.7	6.3	8	9	12.5	16.1	19.1	20.3	12.2
M+m/2	13	19.3	15.5	12.3	10.9	11.5	13.3	14.6	18.3	21.8	25.3	26.3	17.65

1.4.2 . Les précipitations

les seules sources d'eau pour la végétation naturelle des milieux terrestres sont les précipitations. La définition de la sécheresse globale du climat est leur principale action (Houérou *et al*, 1977).Selon Aimé (1991), les précipitations sont le principal facteur hydrique responsable des conditions de vie et de la répartition des grandes quantités de végétation.Selon Djebaili (1978), la pluviosité est considérée comme le principal facteur influençant le type de climat. En effet, elle est responsable de la préservation de la distribution du tapis végétal d'une part et de la destruction du milieu naturel par l'érosion d'autre part.L'analyse des données pluviométriques pour les stations situées sur le littoral de Mostaganem de référence permet de distinguer deux périodes de l'année : la première est pluvieuse et dure neuf mois, de septembre à mai. Tandis que la seconde période est plus sèche et s'étend sur trois mois consécutifs. Juin, Juillet et Août (Lahouel, 2014). Daget (1977) définit l'été sous le climat méditerranéen comme la saison la plus chaude et la moins arrosée. Ce même auteur considère les mois de Juin, Juillet et Août comme les mois de l'été. En outre, la brise marine soulage fréquemment la saison estivale. Selon Quézel (2000), il ne faut pas négliger l'importance écologique des précipitations par rapport aux rosées et aux

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

brouillards littoraux. Parfois, ils apportent des lames d'eau similaires à celles obtenues par les pluies.

Tableau N°5 : Précipitations moyennes mensuelle de Mostaganem (1987-88) à (1996-97) (Megherbi, 2015).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	Ma	J	Ju	Aou	Année
P(mm)	8.2	22.3	50.4	29.9	39.6	42.2	49.4	31.5	17.6	8.9	3.5	4.7	313.2
jours	4	8	8	7	10	9	8	9	5	3	2	2	75

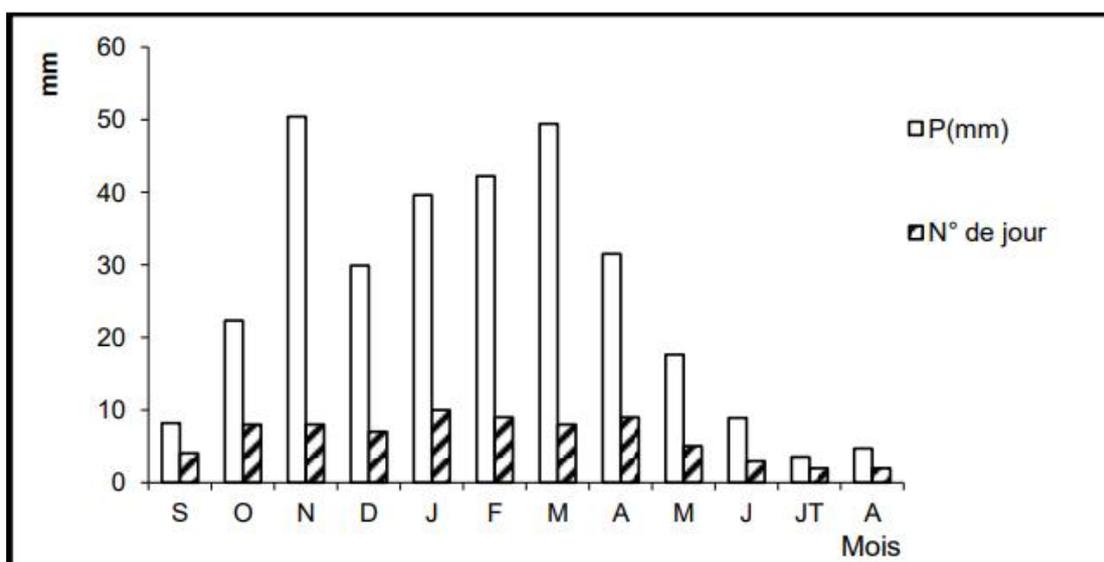


Figure N°3 : Précipitation moyenne mensuelle à Mostaganem (1987 à 1997) (Megherbi, W. (2015).

1.4.3. L'humidité

L'air n'est jamais sec et contient toujours une part plus ou moins importante d'eau dans l'état gazeux, ce qui est important pour la végétation forestière car il réduit l'évaporation de l'eau du sol et l'intensité de la transpiration des végétaux, ce qui permet à l'eau de rester dans le sol et d'être utilisée par les plantes (Kherief, 2006).

nous constatons que l'humidité relative moyenne atteint son maximum en hiver de 80.79 % (en Janvier) et son minimum en Mai et Juillet entre 67.31 % et 67.83 %, on

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

constat donc que le taux d'humidité dépasse les 65 % durant tout l'année (Belarbi, 2017).

1.4.4 . Vents

Pendant la saison sèche et lors des tempêtes qui précèdent la saison des pluies, lorsque le sol est nu, ils jouent principalement un rôle négatif dans la caractérisation du climat méditerranéen. Il affecte la modification des états de surface, en particulier dans les zones arides et semi-arides (Thiombiano, 2000).L'action des vents est principalement observée à divers niveaux, notamment mécanique par la chute et l'arrachement des feuilles et des fleurs et physiologique par une augmentation de l'évapotranspiration (Balleux et Van Leberghe, 2001). Cette situation est caractérisée par une diminution de l'humidité des sols et une régression de la couverture végétale, entraînant ainsi des risques accrus d'érosion hydrique.

Tableau N° 6: Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2015) (Razali et Abderrahmane, 2020).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	Aou	S	O	N	D	Moy
Vitesse(m/s)	1.24	1.73	1.72	2.66	2.09	1.85	1.6	1.6	1.65	1.8	1.77	1.7	1.73

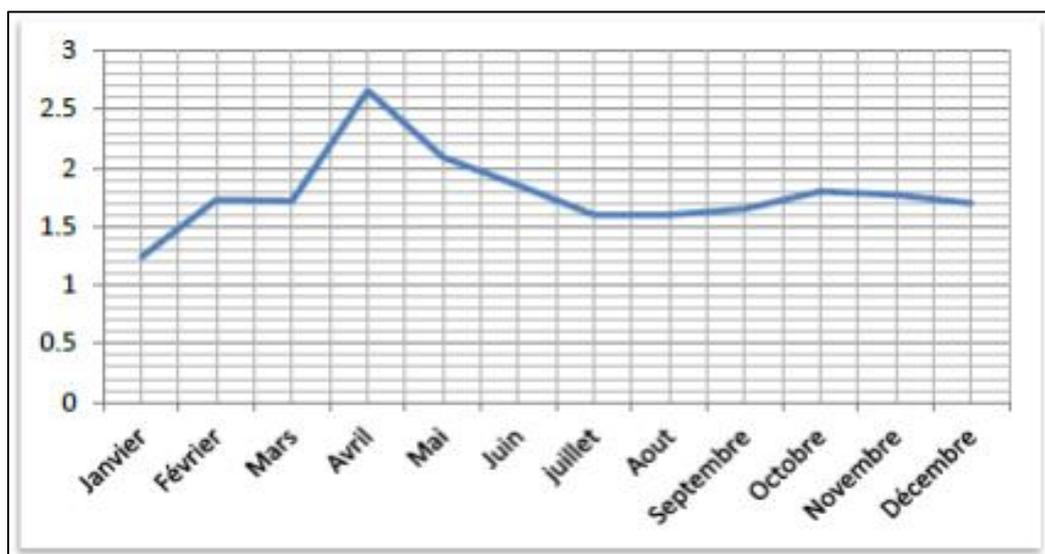


Figure N° 4: Courbe de la vitesse moyenne mensuelle du vent (Omrane et Zemmane, 2018).

1.4.5. Le Brouillard

Ce phénomène est observé durant toute l'année mais ne dépasse pas deux jours par mois. Il contribue à l'augmentation de l'humidité en général, son maximum est pendant la saison des pluies (Aissa Abdi et al, 2021). Selon l'ONM, il y a un brouillard dans la région avec des intensités très basses qui ne dépassent pas 1 à 3 jours par mois, pour un total de 20 jours au cours de l'année. 8 jours de brouillard ont atteint son sommet en octobre (Bounihi, 2017).

Il contribue à l'augmentation de l'humidité en général, son maximum est pendant la saison des pluies.

Tableau N°7: Nombre de jours de brouillard(1997) (Megherbi, 2015).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jui	Aou	Année
Brouillard	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	21

1.4.6. La gelée

Les jours de gelées sont relevés du mois de décembre au mois de mars (gelée hivernale) Le maximum d'apparition de ce phénomène est en mois de janvier (04jours) (Aissa Abdi *et al.*, 2021). Dans la zone, le problème des gelées est important pour les cultures surtout maraîchères. Elles sont liées aux températures Sur le littoral où les températures d'hiver sont relativement élevées (8°C moyenne) et où les altitudes n'excèdent pas 600m (Bounihi, 2017).

Tableau N°8 :Nombre de jours de gelée à Mostaganem (1997) (Megherbi, 2015).

Mois	J	F	M	A	M	J	Ju	Ao	S	O	N	D	Total
Jours	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10

1.4.7. L'insolation

Sous notre climat, le niveau d'insolation varie selon la couverture nuageuse et atteint son maximum en été et son minimum en hiver(fig.05). Le mois de juillet an enregistré le plus grand niveau d'ensoleillement avec une côte de 322,15 h (durée totale d'insolation pour le mois de juillet), ce qui représente 10,39 heures par jour en moyenne. Le mois de décembre an enregistré le minimum d'ensoleillement avec une côte de 175 h (durée totale d'insolation pour le mois de décembre), ce qui représente 5,64 heures par jour en moyenne (Douis, 2017).

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Tableau N°9: Variation de l'insolation moyenne annuelle en heure (**Omran et Zemmane, 2018**).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V,max de la lumière	0	0	208,2	24,3	303	301,1	310	320,6	239,4	224	153,1	201.9

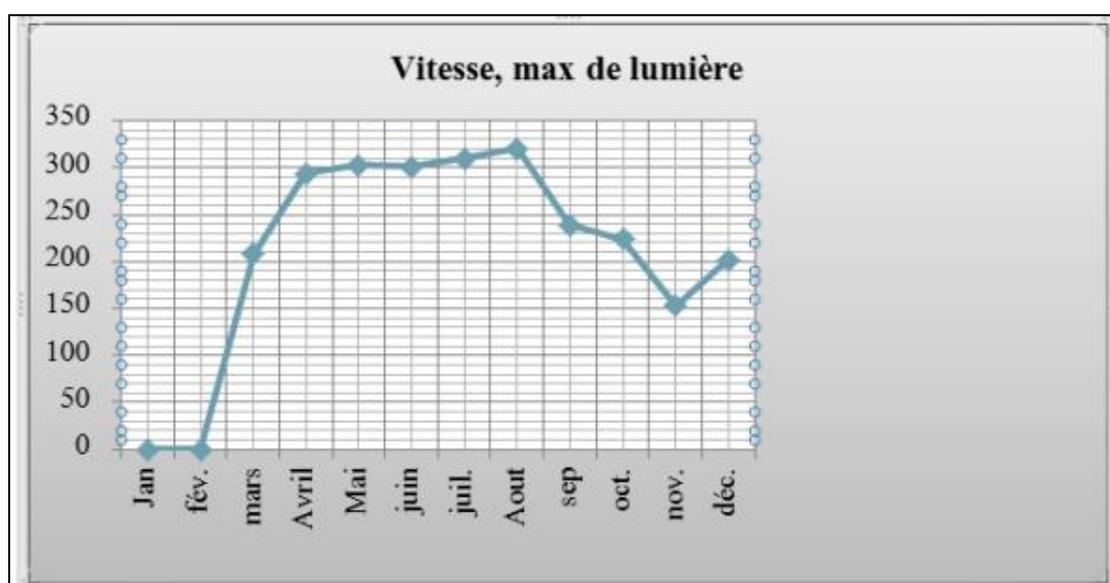


Figure N° 5 : Variation de l'insolation moyenne annuelle (**Omran et Zemmane, 2018**).

1.4.8. L'évaporation

L'évaporation est un phénomène physique lié à la température, à la sécheresse et à l'agitation de l'air (**OMM, 2005**).

En août, il ya une évaporation maximale de 165,39 mm et une évaporation minimale de 49,98 mm en janvier. La température élevée rend cette évaporation significative pendant la saison estivale (**Douis, 2017**).

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Tableau N°10 :Les données d'évaporation (2000 -2015) (Omran et Zemmane, 2018).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ev(mm)	50,18	53,08	60,56	79,63	97,63	93,13	121,13	108,75	96,71	75,61	54,21	52,44

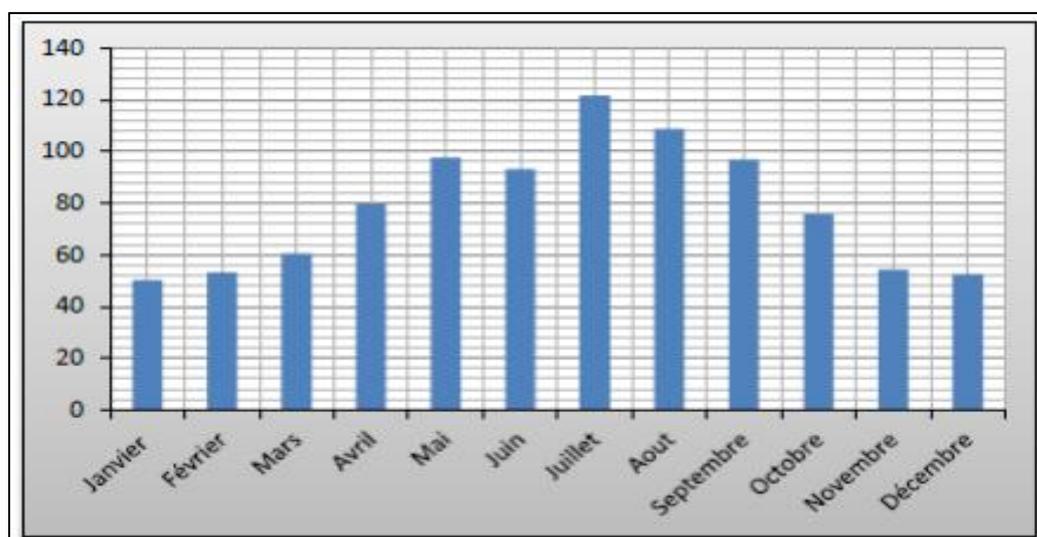


Figure N°6 : Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle(Omran et Zemmane, 2018).

1.4.9. Evapotranspiration (ETP)

L'ETP: est la quantité d'eau susceptible d'être perdue sous forme de vapeur par un couvert végétal sous un certain climat. Selon les résultats de divers chercheurs, dont Smahi (2001), qui a étudié le bilan hydrique de la wilaya de Mostaganem de 1988 à 1997 pendant 10 ans, le L'ETP est bas en période fraîche et humide tandis qu'il atteint son maximum en période sèche et chaude. Entre le début de mai et la fin d'octobre, il y a un important déficit en eau. Selon les estimations, l'ETP annuel est de 876.3 mm. C'est une statistique inquiétante qui ne peut que favoriser la dynamique érosive.

ETR:La précipitation moyenne annuelle est égale à ETR annuelle.

RU:La quantité d'eau stockée dans le sol et qui peut être utilisée par les plantes est appelée réserve utile.

Elle représente environ la moitié de la capacité du champ en eau lorsque cette dernière est en quantité suffisante .La réserve utile est estimée à 50 mm (**Smahi, 2001**).

1.4.10. Le bilan hydrique à Mostaganem

Nous avons pu établir notre bilan hydrique de la région grâce au descriptif des paramètres thermo-pluviométriques établis précédemment. Une comparaison préliminaire des résultats de diverses études montre une divergence.

Les études basées sur les conditions climatiques dans la wilaya de Mostaganem, telles que (**Billal, 1998 ; Ismail, 1998 ; Smahi, 2001**) et (**Tidjani, 2000**), nous fournissent quelques points importants, tels que :

- L'année de l'eau est représentée par deux saisons :
 - a) La première qui coïncide avec la recharge du sol en eau qui commence en mois de Novembre et se termine en mars, donc c'est la période où les précipitations sont utiles.
 - b) La deuxième est déficitaire, elle commence en avril et prend fin en mois d'octobre, dans cette période l'évapotranspiration potentielle mensuelle dépasse largement les Précipitations mensuelles (719,9m>96,7m).

En conséquence, il est impératif de procéder à l'irrigation dès avril-mai, et elle est cruciale en juin, juillet, août et septembre, pendant les mois où la capacité de stockage est diminuée. La quantité de ruissellement est minimale et commence en novembre et se poursuit jusqu'en mars, avec un pic de 11,5 mm en février. Les résultats montrent que 90,3% du volume des précipitations s'évaporent dans la nature, 4,8% de ruissellement et 4,5% d'infiltration , ce qui favorise le non-renouvellement des nappes (nappe du plateau de Mostaganem), ainsi que le transport des matériaux sableux du sol (**Megherbi, 2015**).

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Tableau N°11: Le bilan hydrique à Mostaganem (1988à1997) (Megherbi, 2015).

	Sept	oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	total
P (mm)	8.2	22.3	50.4	29.9	39.6	47.2	49.4	31.5	17.6	8.9	3.5	4.7	313.2
ETP	105.4	71.9	42.6	27.5	22.5	24.3	38.5	48.3	81.3	112.2	150	151.8	876.3
P-ETP	-97.2	-49.6	7.8	2.4	17.1	22.9	10.9	-16.8	-63.7	-103.3	-146.5	-147.1	-
RU	0	0	7.8	10.2	27.3	50	50	33.2	0	0	0	0	-
DRU	0	0	7.8	2.4	17.1	22.7	0	-16.8	-33.2	0	0	0	-
ETR	8.2	22.3	42.6	27.5	22.5	24.3	38.5	48.3	50.8	8.9	3.5	4.7	302.1
S=P- ETR	0	0	7.8	2.4	17.1	22.9	10.9	0	0	0	0	0	-
R=S/2	0	0	3.9	1.2	8.6	11.5	5.5	0	0	0	0	0	-

1.5. La salinité

La salinité de l'eau de la région de Mostaganem est de 35 ‰, avec 27 ‰ de chlorure de sodium. Les cations les plus abondants sont le sodium, le potassium, le magnésium et le calcium (Smahi, 2016).

1.6. Végétations

La végétation de la wilaya de Mostaganem en Algérie est principalement constituée de divers types de formations végétales, notamment des forêts de pins d'Alpe, des matorrals, des dunes littorales, et des espèces endémiques. La région est caractérisée par une richesse floristique, avec des études se concentrant sur l'analyse de la végétation arborée et non arborée, ainsi que sur la syntaxonomie des matorrals locaux (Zemouri, 2022)

Il est à noter, que sur la superficie totale de 32 000 hectares de couvert végétal que compte le territoire de la wilaya, 14% soit 4 800 hectares sont représentés par des forêts (Razali et Abderrahmane, 2020).

Les forêts, en particulier, occupent une partie significative du territoire, avec des forêts domaniales telles que Zerrifa, Seddaoua, Bourahma, Dunes de Mostaganem, d'Ouréah, de la Stidia, et la Macta.

La région est également reconnue pour sa végétation littorale, y compris les formations dunaires du littoral de Mostaganem. En outre, la wilaya de Mostaganem est située dans une zone thermoméditerranéenne, ce qui influence la diversité des espèces végétales présentes dans la région (Zemouri, 2022).

Tableau N°12 :liste des forets de la Wilaya de Mostaganem (Razali et Abderrahmane, 2020).

Forets	Superficie	Commune
Zerrifa	1983 HA	Khadra
Bouhani	1066 HA	TAZGAIT ET NEGMARIA
Seddaoua	3722 HA	Sidi Ali

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Bourahma	4493 HA	Ben Abdelmalek Ramdane , Sidi Lakhdar et Hadhaj
Choachi	623 HA	HADJEJ
Bouachria	250 HA	Sidi Lakhdar
Agboub		Safsaf
Ennaro		Ain Tadles
Dune de Mostaganem	90 HA	Mostaganem
Dune de la Stidia	213 HA	Stidia

Source: <https://interieur.gov.dz/Monographie/index.php?wil=27>.

1.7. Agriculture

Mostaganem, une wilaya connue pour sa vocation agricole, possède une superficie totale de 226 900 hectares, dont 144 778 hectares destinés à l'agriculture, soit 63,80 % de la superficie totale. Cependant, la pluviométrie est faible, ce qui oblige à utiliser un système d'irrigation basé sur la nappe phréatique qui présente un rabattement important.

Tableau N°13: Répartition générale des terres
(ha)

Terres		2017/2018	2018/2019
TERRES LABOURABLES	CULTURES HERBACEES	99 112	94 046
	TERRES AU REPOS (JACHERE)	1 150	5 323
CULTURES PERMANENTES	VIGNOBLE	10 796	10 879
	PLANTATIONS D'ARBRES	21 211	22 020
	FRUITIERS		
S/TOTAL 1 : SUPERFICIE AGRICOLE UTILE (S.A.U)		132 269	132 268

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

PACCAGES ET PARCOURS	5 110	5 110
TERRES IMPRODUCTIVES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES	7 400	7 400
S/TOTAL 2: PACCAGES ET PARCOURS ET TERRES IMPRODUCTIVES	12 510	12 510
S/TOTAL (1) +(2) TERRES UTILISEES PAR L'AGRICULTURE (S.A.T)	144 779	144 778
EXPLOITATIONS FORESTIERES	32 532	32 532
TERRES IMPRODUCTIVES	49 590	49 950
S/TOTAL 3 : EXPLOITATIONS FORESTIERES ET TERRES IMPRODUCTIVES	82 122	82 122
TOTAL SUPERFICIE TERRITORIALE S/TOTAL (1) + (2) + (3)	226 901	226 900

Source : <https://interieur.gov.dz/Monographie/index.php?wil=27>.

La superficie agricole utile (SAU) est de 58 %, tandis que les terrains improductifs et l'exploitation forestière sont respectivement de 22 % et 14 %. En outre, il convient de noter que 5,5 % (soit 12 510 hectares) sont réservés aux pacages et parcours ainsi qu'aux terres improductives des exploitations agricoles.

Tableau N°14: Répartition de la S.A.U en fonction du type de culture.

DESIGNATION	2017/2018	2018/2019
CULTURES LABOURABLES	100 262	99 369
CULTURES HERBACEES	99 112	94 046
CEREALES	47 582	46 847
LEGUMES SECS	4 637	3 586
FOURRAGES ARTIFICIELS	18 932	15 373
CULTURES INDUSTRIELLES	185	175
CULTURES MARAICHES	27 776	28 065
CULTURES PARMANENTES VIGNOBLES	10 796	10 879

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

RAISIN DE TABLE	3 615	3 622
RAISIN DE CUVE	7 181	7 257
PIEDS MERES ET PEPINIERES	-	-
AUTRES CULTURES FRUITIERES	21 211	22 020
FRUITS A PEPINS	3 134	3 364
FRUITS A NOYAUX	3 757	4 107
FRUITS SECS	1 270	1 277
AGRUMES	5 000,5	5 115
DIVERS (OLIVIERS)	8 050	8 141,5
JACHERES	1 150	5 323
TOTAL S.A.U	132 269	132 268

Source : <https://interieur.gov.dz/Monographie/index.php?wil=27>.

La wilaya de Mostaganem a une production végétale diversifiée, mais elle se distingue principalement par la production de pomme de terre, d'agrumes, de tomates et de vignobles.

Tableau N°15: L'évolution des cultures végétales.

SPECULATION	PRODUCTION (QX)	
	CAMPAGNE 2017/2018	CAMPAGNE 2018/2019
TOTAL CEREALES	11 80 740	703 907
T LEGUMES SECS	54 746	37 979
T MARAICHAGE	7 027 539	11 045 513
TOTAL FOURRAGES	612 328	688 981

Source: <https://interieur.gov.dz/Monographie/index.php?wil=27>.

1. Généralité sur la tomate:

1.1. Origine et historique

La tomate provient des Andes sud-américaines. Elle a été domestiquée au Mexique avant d'être introduite en Europe en 1544. Sa culture s'est ensuite propagée en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et au Moyen-Orient (Naika *et al.*, 2005).

Le mot tomate provient de la déformation du mot inca Tomalt et du mot Lycopersicum, qui signifie en latin "Pêche de loup". Au XVIIIe siècle, l'adjectif esculentum a été ajouté à cette appellation peu attrayante en raison des qualités gustatives du légume fruit (Naika *et al.*, 2005).



Figure N°7: Premières images de tomate publiées. (A) Image publiée par Dodoens en 1553. Tiré de Duanay *et al.* (2007), (B) Planche de tomate dessinée par Mattioli en 1590, citation Dioscorides, Almange (Labeled *et Bentamra*, 2018).

En raison de sa parenté botanique étroite avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses, comme *Hyocymus niger* et *Lycopersicum atropa*, les Européens l'exploitèrent au début pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation (Kolev, 1976). Selon Menard (2009), il y a longtemps, elle a été considérée comme une plante nocive, tout comme sa cousine « la mortelle Belladone

Chapitre 2: Généralité sur la tomate

». Ce n'est qu'au cours des années 1920-1930 qu'elle a commencé à être largement diffusée.

En Algérie, la culture a été introduite par les agriculteurs du sud de l'Espagne, connus sous le nom de Tomateros, en raison des conditions favorables. L'utilisation a commencé dans la région d'Oran en 1905, puis s'est progressivement étendue vers le centre, en particulier le littoral d'Alger (**Latigui, 1984**).

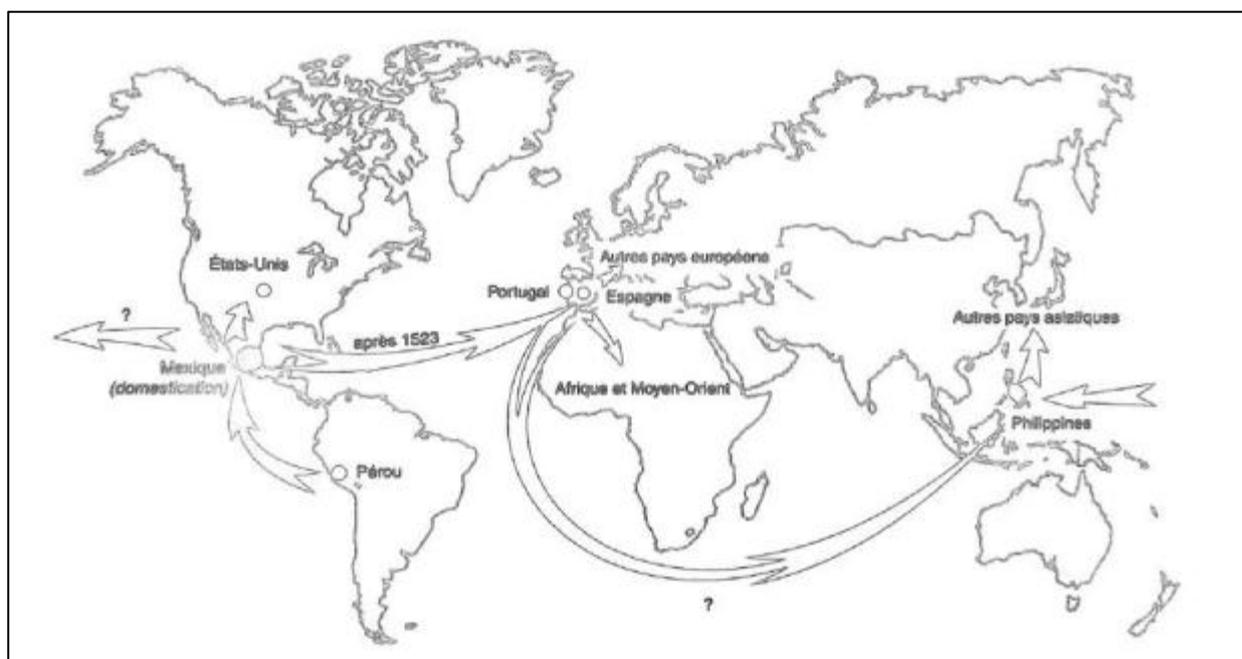


Figure N°8: Carte de l'hypothétique extension de la tomate dans le monde

Source: <http://elearning.univ-biskra.dz/moodle2019/mod/resource/view.php?id=24529/>

1.2. Classification de la tomate

La famille des Solanacées comprend une plante herbacée annuelle à port buissonnant appelée tomate. L'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance sont les critères par lesquels elle est classée (**Gallais et Bannerot, 1992**).

1.2.1. Classification botanique

Le nom du genre et de l'espèce de la tomate a été modifié à plusieurs reprises par les botanistes. En 1753, Linné l'a identifiée sous le nom de *Solanum lycopersicon*, mais d'autres botanistes lui ont donné des noms tels que *Solanum lycopersicon*, *Solanum esculentum* ou *Lycopersicon lycopersicum*. Finalement, Philip Miller a attribué le nom de *Lycopersicon esculentum* en 1754, qui a été conservé (**Munroe et Small, 1997**).

Le type de croissance, la nature génétique, la forme et la grosseur des fruits, le nombre moyen de loges par fruit, la résistance aux maladies et la qualité commerciale et industrielle de la variété sont les principaux facteurs qui déterminent la classification de la tomate (**kolev, 1976**). C'est une plante herbacée appartenant à la famille des Solanacées. Selon les recherches de **Dupont et Guignard (2012)** et **Spichiger et al. (2004)**, la tomate fait partie des catégories suivantes :

Tableau N°16:classification botanique (**Yousfi, 2018**).

Rang		synonymes
Domaine	Eucaryote	
Règne	Plantae	Végétale
Sous règne	Tracheobionta	
Phylum	Magnoliophyta	
Sous phylum		
Classe	Magnoliopsida	Dicotylédones
Sous classe	Asteridae	Rosidée

Chapitre 2: Généralité sur la tomate

Superordre		
Ordre	Solanales	
Sous ordre		
Famille	Solanaceae	
Genre	Lycopersicum,	<i>Solanum</i>
Espèce	esculentum	
Nom scientifique	Solanum lycopersicum	<i>Solanum lycopersicum</i> L. 1753 ; <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. 1768 ; <i>Lycopersicon pomum</i> Moench 1794 ; <i>Lycopersicon lycopersicum</i> H. Karsten 1882.



Figure N°9: *Lycopersicon Esculentum* Mill (Chougar, 2012).

1.2.2. Classification génétique

La tomate cultivée *Lycopersicum esculentum* L est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes. De nombreux mutants monogéniques sont présents dans cette espèce,

dont certains sont cruciaux pour sa sélection. En ce moment, sa carte chromosomique contient 235 gènes identifiés avec précision (**Gallais et Bannerot, 1992**).

La construction de la fleur de *Lycopersicon esculentum* Elle garantit la cleistogamie (autogamie stricte), mais elle peut agir comme une plante allogame. La fécondation croisée dans la nature peut atteindre jusqu'à 47 % (**Publishers, 2004**). La tomate est divisée en deux variétés en raison de ces deux méthodes de fécondation :

1.2.2.1. Variétés fixées

Plus de cinq cents variétés sont spécifiées (gardent les caractéristiques parentales). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers et sensibles aux maladies, mais ils donnent généralement des fruits de qualité gustative excellente (**Polese, 2007**).

1.2.2.2. Variétés hybrides

Les hybrides sont plus nombreux. Ils n'existent que depuis 1960, ce qui les rend relativement récentes (**Polese, 2007**).

1.2.3. Classification variétale selon le mode de croissance

Nombreuses variétés différentes de tomates sont cultivées. Les hommes ont choisi des plantes à gros fruits. Cependant, il existe plusieurs catégories de tomates qui sont classées en fonction de leurs caractéristiques botaniques, morphologiques et du mode de croissance de la plante (la formation des feuilles, des inflorescences et des bourgeons) (Fig10), qui déterminent l'aspect et le port du plant. Par conséquent, la majorité des variétés ont un port dit indéterminé, à l'indéterminé verse des autres variétés dites à port déterminé et des variétés buissonnantes (**Naika et al., 2005**).

1.2.3.1. Variété à croissance indéterminée

Ces variétés sont plus nombreuses. Ils continuent de croître et de produire des bouquets de fleurs tant que les conditions sont favorables. Comme ils poussent vigoureusement, leur tronc doit être soutenu par un tuteur, sinon il tombera au sol. Il faut également les tailler et les enlever régulièrement. Ils ont étendu leur production

plus largement. En général, elles sont plus productives que les tomates déterminées au port (**Polese, 2007**).

En Algérie, on utilise principalement les variétés suivantes : Tango, Lucy, Carmelo, Fandango, Ringo et Trésor.

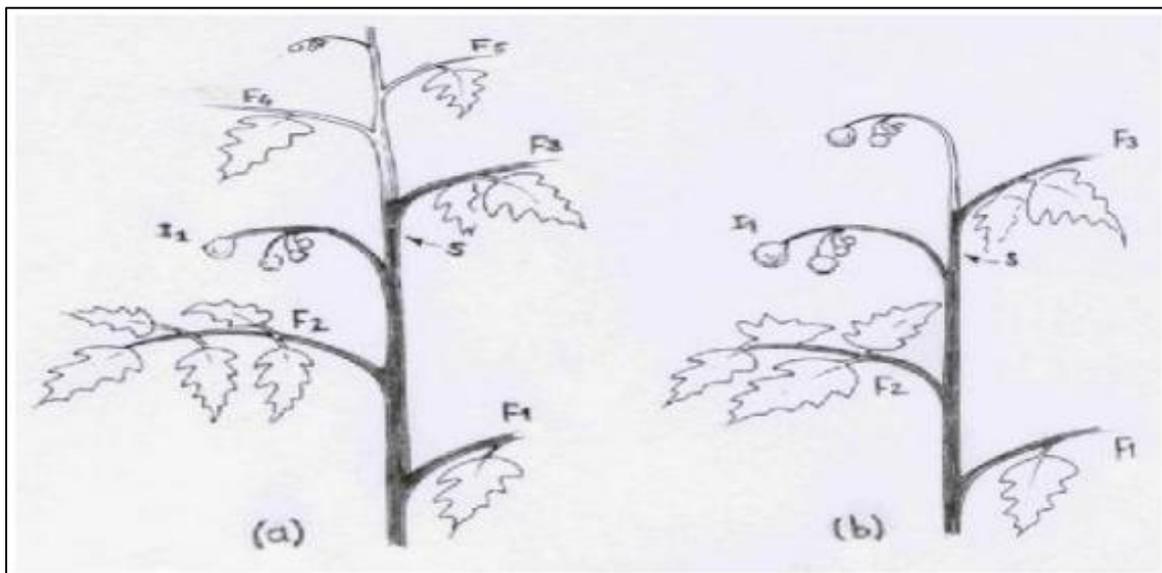


Figure N°10: Deux types de croissances : (a) indéterminée, (b) déterminée
(**Atherton et Harris, 1986**).

Légende : F1 à F5 :Feuille1 à 5.

I1 : Inflorescence 1.

S : Sympode.

1.2.3.2. Variété à croissance déterminée

Dans ce groupe et selon la variété, la tige produit 2 à 6 bouquets floraux, puis la croissance s'arrête naturellement. L'absence de dominance apicale la caractérise. Ce type de variété est destiné à l'industrie agroalimentaire (**Laumonnier, 1979**).

1.2.3.3. Variété buissonnante

Les tiges de ces variétés sont épaisses, solides et ont des inflorescences serrées. Les tomates à croissance déterminée sont similaires aux tomates buissonnantes. En Algérie, ces espèces ne sont pas cultivées (**Anonyme, 2007**).

1.3 . Caractéristique morphologique de la tomate

La tomate est considérée comme une plante annuelle en culture bien qu'elle soit une plante vivace dans sa région d'origine (**Chaux et Foury, 1994**).

1.3.1. L'appareil végétatif

1.3.1.1. Le système racinaire

Le système racinaire est robuste, avec une forte ramification et une forme fasciculée. Sur les 30 à 40 premiers centimètres, il est très actif. Des racines peuvent être trouvées jusqu'à 1 mètre de profondeur dans le sol profond (**Chaux et Foury, 1994**).



Figure N°11: Système racinaire (Chaux et Foury, 1994).

1.3.1.2. La tige

La tige a une forme anguleuse et est épaisse entre les nœuds pubescents (couverts de poil). Au début de la croissance, elle a une consistance herbacée et se lignifie en vieillissant (**Chougar, 2012**).

Après quatre ou cinq feuilles, cette croissance monomodale devient sympodiale, c'est-à-dire que les bourgeons axillaires donnent naissance à des ramifications successives. Les bourgeons terminaux, en revanche, fleurissent ou avortent (**Chougar, 2012**).

Les branches qui se développent à partir des bourgeons axillaires génèrent des feuilles à chaque intersection et se concluent par une inflorescence (**Chaux et Foury, 1994**).

La tige présente deux sortes de poils, soit simples soit glanduleux. Ces derniers renferment une huile essentielle qui confère à la plante son parfum distinctif (**Kolev, 1976**).



Figure N°12: Tige de tomate (**Chougar, 2012**).

1.3.1.3. La feuille

Les feuilles sont composées de 5 à 7 folioles principales, longues de 10 à 25 cm, et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentés sur les bords et grisâtres à la face inférieure. Souvent, ils sont repliés en forme de cuillères ou même ont des bords roulés en sur. Les feuilles alternent sur la tige (**Raemaekers, 2001**).



Figure N°13: Feuille de tomate (Chougar, 2012).

1.3.2. L'appareil reproducteur

1.3.2.1. La fleur

Les organes sexuels de la tomate sont les fleurs. Chez les variétés fixées, elles sont regroupées sur le même pédoncule en bouquet lâche avec des inflorescences formant des grappes plus ou moins bifurquées de 3 à 8 fleurs. Chez les hybrides, elles sont regroupées au-delà (Polese, 2007).

Dans l'hémisphère Nord, les fleurs s'épanouissent du printemps à l'été (de fin Mai à septembre). La fleur est actinomorphe à un système pentamère.

Il y a cinq sépales verts dans le calice, qui reste persistant après la fécondation et se trouve au sommet du fruit. La corolle est composée de cinq pétales d'un jaune vif soudés à la base qui réfléchissent en arrière pour former une étoile à cinq pointes (Chougar, 2012).

L'androcée comporte cinq étamines à déhiscence latérale, les anthères allongées formant un cône resserré autour du pistil ; celui-ci est constitué de deux carpelles soudées formant un ovaire super biloculaire à deux loges et un placenta central. L'ovaire de certaines variétés est pluriloculaire (Doré et Varoquaux, 2006).

Selon Rey et Costes (1965), la formule florale de la fleur est la suivante :

cinq sépales, cinq pétales, cinq étamines et deux carpelles.



Figure N°14: Fleur de tomate (Chougar, 2012).

1.3.2.2.Le fruit

Le fruit de la tomate est une baie charnue. Selon la variété, l'épiderme est lisse et brillant et peut présenter des couleurs très diverses sur les fruits mûrs.

Le fruit a généralement deux loges (**Chougar, 2012**).

Le fruit peut avoir une grande variété de formes, y compris des ellipsoïdales, plus ou moins aplaties, globuleuses, ovales, plus ou moins allongées, voire des formes cylindriques ou piriformes, situées dans sa partie méridienne. La taille des tomates varie considérablement, allant de 1,5 cm de diamètre à plus de 10 cm. La tomate cerise, *Solanum lycopersicum* cerasiforme, est la seule variété sauvage du genre qui se trouve également en dehors de l'Amérique du Sud (**Rick, 1986**).

Le fruit peut être de couleur rouge foncé, rose, bleu, orange, jaune et même blanc (**Chaux et Foury, 1994**).

Selon l'auteur, cette diversité de couleurs est due à la présence de deux pigments principaux :

*Pigment carotène : Jaune.

*Pigment lycopéne : Rouge.



Figure N°15 : fruit de tomate (Chougar, 2012).

1.3.2.3.La graine

Selon **Chaux et Foury (1994)**, il ya entre 80 et 500 graines dans chaque fruit. Elles sont recouvertes d'un mucilage qui contient un albumen et un embryon à courbe, à germination épigée à maturité

La graine est velue et de petite taille (250 à 350 graines par gramme)(**Chougar, 2012**). Avant de fleurir, la plante produit 7 à 14 feuilles composées après le stade cotylédonaire (**Doré et Varoquaux, 2006**).

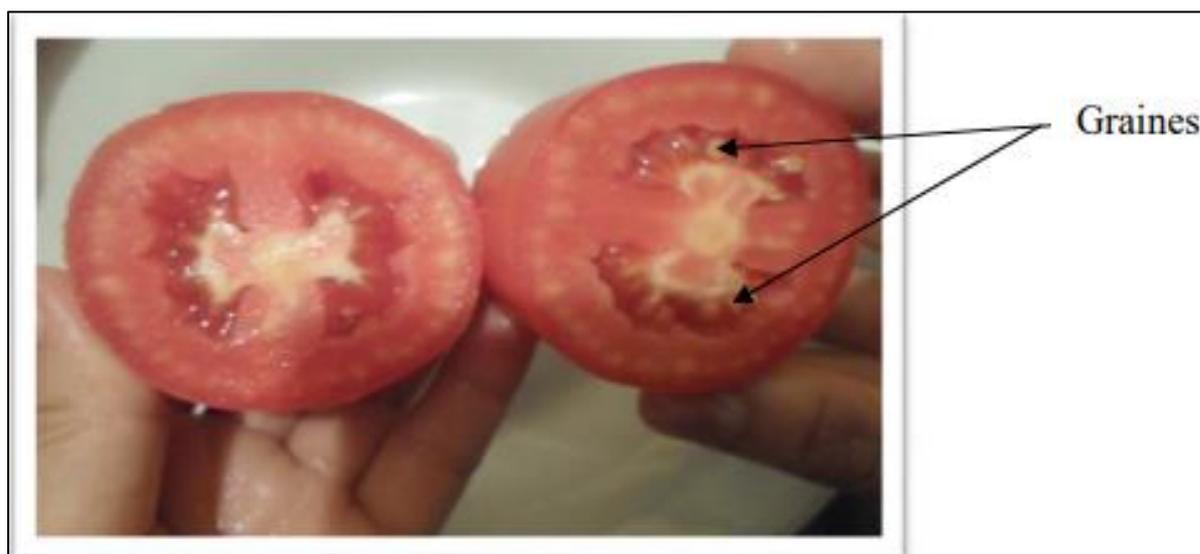


Figure N°16: Répartition des graines dans la tomate (Saad, 2015).

1.4. Caractéristiques physiologiques de la tomate

Il y a eu une multitude d'études sur la tomate qui nous ont permis d'acquérir une bonne compréhension de son cycle de vie, de ses besoins et des conditions environnementales qui favorisent son développement optimal et une productivité élevée (Heller, 1981).

1.4.1. Le cycle biologique de la tomate

Selon Gallais et Bannerot (1992), le cycle végétatif complet de la graine à la graine de tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture, mais il dure généralement de 3,5 à 4 mois du semis jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la graine à la fleur). Les six phases du cycle sont les suivantes :

1.4.1.1. La germination

La germination est l'étape de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (Corbineau et Core, 2006).

Le processus de germination de la tomate est épigé. À ce stade, il est nécessaire d'avoir une température ambiante d'environ 20 °C et une humidité relative de 70 à

80 % (**Chaux et Foury, 1994**).

1.4.1.2. La croissance

La croissance d'un végétal est son augmentation de taille. Selon **Laumonier (1979)**, la croissance du plant de tomate se produit en deux étapes et dans deux milieux distincts.

En pépinière: les racines non fonctionnelles et les préfeuilles apparaissent de la levée jusqu'au stade 6 des feuilles.

En plein champ : Les plantes continuent de croître après l'apparition des feuilles, avec une photosynthèse intensive et des racines fonctionnelles. La tige s'épaissit et le nombre de feuilles augmente.

1.4.1.3. La floraison

La transformation du méristème apical de l'état végétatif à l'état reproducteur est responsable du développement des ébauches florales (**Chougar, 2012**).

À un certain moment pendant sa croissance (qui dure environ un mois), la tomate commence à fleurir simultanément. Auparavant, ces fleurs étaient des boutons floraux. La température et la quantité de nutriments nécessaires à la plante déterminent la floraison. En plus d'un rapport équilibré en sève, la plante ne peut fleurir que si elle reçoit de la lumière pendant une durée appropriée (**Sawadogo, 2013**).

1.4.1.4. La pollinisation

La pollinisation nécessite l'intervention d'agents extérieurs, du vent ou d'insectes comme le bourdon, qui peuvent faire vibrer les anthères et libérer le pollen (**Chaux et Foury, 1994**).

Le climat continue d'influencer la libération et la fixation du pollen.

Si la température nocturne est inférieure à 13°C, la majorité des grains de pollen seraient vides et les stigmates seraient desséchés par une faible humidité, ce qui rend le dépôt du pollen plus difficile (**Pesson et Louveaux, 1984**).

1.4.1.5. La fructification et nouaison des fleurs

L'ensemble de la gamétogenèse, de la pollinisation, de la croissance du tube pollinique, de la fécondation des ovules et du développement de la « fructification » des fruits est appelé nouaison (**Chougar, 2012**).

La température nécessaire pour la nouaison est de 13°C à 15°C. Les nuits chaudes à 22°C ne favorisent pas la nouaison (**Rey et Costes, 1965**).

La température idéale pour la croissance des racines est de 15°C à 18°C, avec un zéro de germination de 12°C (**Chougar, 2012**).

La température ambiante idéale pendant la phase de grossissement du fruit est de 25°C le jour et 15°C la nuit (**Anonyme, 2003**).

1.4.1.6. La maturation du fruit

Le grossissement du fruit, le changement de couleur, du vert au rouge, sont des signes de la maturation du fruit. Elle est tributaire de la variété (**Sawadogo, 2013**).

Selon **Rey et Costes (1965)**, la lumière intense favorise la synthèse active de matière organique qui est rapidement transportée vers les fruits en croissance, sous une température idéale de 18°C la nuit et 21°C le jour.

1.5. Les exigences édapho-climatiques de la tomate

1.5.1. Les exigences climatiques

La tomate s'adapte à une grande variété de climats, allant du tempéré au tropical chaud et humide (Naika et al., 2005).

1.5.1.1. La température de l'air

La tomate, une plante des saisons chaudes, a besoin de chaleur pour terminer son cycle végétatif. Pour la plupart des variétés, les températures idéales sont de 18 à 25 °C le jour et de 15 à 25 °C la nuit. La fécondation s'arrête à des températures inférieures à 15°C pendant la nuit. Les tissus végétaux sont endommagés à des températures inférieures à 10°C et supérieures à 38°C (Naika et al., 2005).

Il semble que l'équilibre et l'écart entre les températures diurne et nocturne soient nécessaires pour une bonne croissance et une bonne nouaison des tomates (Fury, 2002).

Selon Naika et al. (2005), la température nocturne est cruciale pendant la croissance car la majorité de la croissance quotidienne de la tige (70 à 80 %) se produit presque complètement dans l'obscurité.

La température nocturne affecte la photosynthèse de la tomate. Une différence de quelques degrés par rapport à la température appliquée pendant la croissance (14°C) entraîne une réduction d'environ 10 % des échanges de la période diurne suivante (Longuenesse, 1982).

1.5.1.2. La lumière

Bien que la tomate ne soit pas sensible au photopériodisme, son développement nécessite une grande quantité de lumière (Chougar, 2012).

La croissance et le développement de la tomate sont contrôlés par la longueur de l'obscurité. La quantité totale d'énergie que la plante reçoit chaque jour a un impact significatif sur le développement reproducteur de la tomate (Kinet, 1985).

L'intensité lumineuse et la photopériode déterminent cette quantité. Par sa durée, son intensité et sa qualité, la lumière influence la croissance et la fructification de la

tomate. Pendant les six mois de végétation, il faut 1200 heures d'insolation et 14 heures d'éclairage par jour pour une bonne nouaison (**Chougar, 2012**).

1.5.1.3. L'humidité de l'air

La tomate est particulièrement réceptive à l'hygrométrie. Il apparaît qu'un taux d'humidité ambiant de 60% à 65% est optimal. L'humidité atmosphérique a un impact significatif sur la fécondation (**Munro et Small, 1998**).

Le pollen est difficile à libérer lorsque l'humidité est trop élevée. De plus, le développement des maladies cryptogamiques est associé à des niveaux élevés d'humidité et de chaleur (**Laumonnier, 1979**).

Selon **Benchaalal(1983)**, il est nécessaire que l'humidité atmosphérique soit de 76 % pendant la germination, de 75 à 80 % pendant l'élevage et de 70 à 80 % pendant le développement des fruits.

1.5.1.4.Le vent

La tomate est préoccupée par les vents, en particulier lors de la reprise. Les vents chauds peuvent provoquer la combustion des feuilles et la détérioration des fruits, en plus des dommages causés par les vents forts tels que la cassure des tiges (**Grissa, 2010**).

1.5.2. Exigences édaphiques

1.5.2.1. La nature du sol

L'enracinement des plantes, qui permet le prélèvement d'eau et d'éléments nutritifs par les plantes, dépend des propriétés physiques du sol (**Chougar, 2012**).

La tomate peut être cultivée dans de nombreux types de sols. Elle préfère les sols meubles, profonds, bien aérés, bien drainés et riches en humus (**Huat, 2008**).

Selon **Khorsi (1993)**, les recherches menées par le Centre d'aptitude des sols aux cultures maraîchères ont révélé que passer des sols sableux légers à des sols limoneux plus lourds peut augmenter la production de tomate de près de 50 %.

Selon **Laumonnier (1979)**, la tomate pousse bien sur la plupart des sols et a généralement une bonne capacité de rétention d'eau et d'aération. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées, légères, meubles, riches en humus, qui s'échauffent rapidement et plus facilement. Le terrain doit avoir une couche superficielle perméable. La bonne croissance d'une culture saine est favorisée par une profondeur de sol de 15 à 20 cm.

1.5.2.2. La température du sol

C'est le premier élément qui influence le taux de levée et la vitesse de germination. Il est nécessaire d'exposer les semis à une température supérieure à 16 °C. La plante se développe lorsque la température du sol augmente de 13°C à 30C (**Zhuang, 1982**).

Selon **Kolev (1976)**, à des températures basses (moins de 12°C), la végétation est extrêmement faible et les inflorescences sont anormales et ne portent que peu de fleurs.

1.5.2.3. Le pH du sol

La culture de la tomate est adaptée à différents niveaux de pH. Cependant, sur des sols à pH basique, la plante ne dispose pas de beaucoup de micro-éléments (Fe, Mn, Zn, Cu) (**Chougar, 2012**).

La tomate peut supporter des niveaux de pH allant de 4,5 à 8,2. D'après **Zuang (1982)**, il est préférable d'avoir un pH compris entre 5,5 et 6,5 tout au long de la période de croissance

1.5.2.4. L'humidité du sol

La tomate nécessite une humidité du sol élevée. Les terres argilo-siliceuses nécessitent une humidité optimale de 75 à 80% de la capacité du champ. En réduisant l'humidité et la température du sol, on entraîne un déficit hydrique, ce qui réduit la photosynthèse et la transpiration (**Heller, 1981**).

1.5.2.5. La salinité du sol

La sensibilité de la tomate à la salinité du sol est moyenne, elle peut supporter des niveaux de sels allant de 2 à 4g/l. La période de sensibilité à la salinité chez la tomate est liée à la germination et au début du développement de la plante (**Bentvelsen, 1980**).

Dans le but de créer des tomates transgéniques adaptées à la culture en sol salin, des études ont été réalisées. On a démontré que ces plantes transgéniques régénérées ont la capacité de se développer sur des sols abondants en sels. De plus, ces plantes renferment le sel dans les feuilles plutôt que dans les fruits, ce qui les rend comestibles (**Doré et Varoquaux, 2006**).

1.5.2.6. L'aération du sol

Un sol bien ventilé favorise la croissance des plantes, mais a un impact négatif sur les racines pendant la période de croissance végétative.

L'aération est essentielle pour atteindre la maturité des fleurs (**Chaux et Foury, 1994**). Selon les mêmes écrivains, il est recommandé d'éviter les sols battants mal aérés et mal structurés en profondeur. Cela ralentit la germination et la croissance des jeunes plantes en pépinières, tout en réduisant le nombre de boutons floraux en plein champ.

1.5.3. Exigences nutritionnelles

1.5.3.1. Exigences hydrique

La tomate semble être l'une des cultures qui nécessitent le plus d'eau. Les consommations de tomate en plein champ varient de 4000 à 5000 m³/ha. Il y a une quantité de 400 à 600 m³ /ha pour les cycles de 90 à 120 jours. La demande en eau de la tomate varie en fonction de l'environnement, de la plante et des étapes de développement de celle-ci (**Bentvelsen, 1980**).

Selon **Doorenbos (1975)**, une pénurie d'eau pendant la période de maturation des fruits destinés à la transformation a un impact positif sur leur qualité, ce qui se manifeste par une augmentation du taux d'extrait sec.

Selon **Mouhouche (1983)**, les irrigations régulières et fréquentes, accompagnées d'un

binage, favorisent l'obtention de rendements élevés. En revanche, une irrigation excessive pendant la période de floraison entraîne des chutes de fleurs et une croissance excessive, ce qui retarde la maturation des fruits.

1.5.3.2. Exigences en éléments fertilisants

La quantité d'engrais nécessaire diffère d'une région à une autre, en tenant compte de la nature du sol, du climat et de la méthode d'irrigation utilisée (**Chougar, 2012**).

En règle générale, le phosphore et les engrais organiques tels que le fumier sont ajoutés au sol lors de la préparation de la serre. Environ 50% de la potasse est apportée avant la plantation, tandis que le reste est fourni pendant les 10 à 12 premières semaines de la culture. L'utilisation de l'azote se fait uniquement après le début de la culture et jusqu'à environ un mois avant la récolte, à raison d'une application par quinzaine (**FAO, 1988**).

1.6. Superficies et productions de la culture de tomate

1.6.1. Les principaux pays producteurs de tomate

Les 16 nations les plus importantes mentionnées dans la figure 17 assurent 80 % de la production mondiale. La Chine occupe le premier rang à l'échelle mondiale. La production mondiale représente 36%, suivie par l'Inde, les États-Unis, la Turquie, l'Égypte, l'Iran et l'Italie (**FAO, 2016**).

Chapitre 2: Généralité sur la tomate

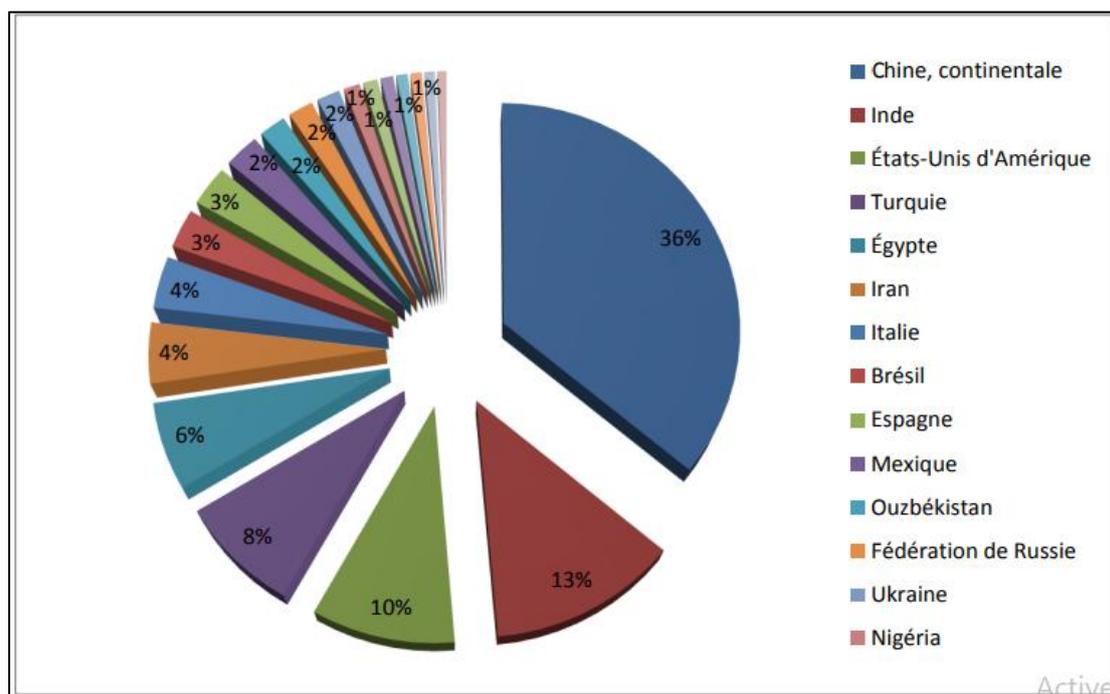


Figure N°17: Les principaux pays producteurs de tomate dans le monde (FAO stat, 2016).

Tableau N°17: Les dix premiers pays producteurs de tomate en 2012 (FAO, 2014).

Année 2012	Superficie cultivée (ha)	Production (T)	Rendement (T/ha)	(%)
Monde	4 803 680,17	161 793 834,18	33,68	100
Chine	1 005 003,00	50 125 055,00	49,87	30,98
Inde	870 000,00	17 500 000,00	20,11	10,82
États-Unis	150 140,00	13 206 950,008	7,96	8,16
Turquie	300 000,00	11 350 000,00	37,83	7,02
Égypte	216 395,00	8 625 219,00	39,85	5,33
Iran	160 000,00	6 000 000,00	37,50	3,71
Italie	91 850,00	5 131 977,00	55,87	3,17
Espagne	48 800,00	4 007 000,00	82,11	2,48
Brésil	63 859,00	3 873 985,00	60,66	2,39
Mexique	96 651,00	3 433 567,00	35,52	2,12

1.6.2. Superficie et production de tomate en Algérie

La production de tomates joue un rôle essentiel dans l'économie agricole en Algérie (Nechadi et al., 2002). Avec une productivité moyenne d'environ 311 qx/ha (FAO, 2016). Les rendements enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) sont faibles et assez éloignés de ceux observés dans d'autres pays producteurs de tomate, où ils s'étendent de 350 qx/ha à 1500 qx/ha (FAO, 2016).



Figure N°18: Evolution des superficies et de la production de tomate de 2002 à 2012 en Algérie (FAO stat, 2016).

La période de production la plus significative a été observée de 2002 à 2005 (Fig. 18). Une diminution de la superficie et de la production est observée à partir de 2007/2008. Les résultats moyens s'élèvent à 311 qx/ha (M.A.D.R.P, 2017).

1.6.3. Superficie et production de tomate dans la région de Mostaganem

La région de Mostaganem est célèbre pour sa polyculture dans le domaine du maraîchage, qui gagne en importance avec une superficie totale estimée à 1372.43 hectares, dont 313.57 hectares sont conduits sous abris (D.S.A, 2016).

Chapitre 2: Généralité sur la tomate

Le tableau 17 ci-dessous présente une synthèse de l'évolution des zones réservées à la culture de la tomate de 2009 à 2016. Une augmentation des rendements est observée, passant de 99 qx/ha à 714.31 qx/ha (D.S.A , 2016).

Tableau N°18: Production de tomate dans la wilaya de Mostaganem(D.S.A , 2016).

Campagne agricole	Superficie (Ha)	Production (Qx)	Rendements (Qx/Ha)
2009/2010	2050	203697	99,36
2010/2011	2543	681326	267,92
2011/2012	2772	980330	353,65
2012/2013	2692	1016963	377,77
2013/2014	2541	926996	364,81
2014/2015	250 90	179222	714,31
2015/2016	1372 43	782653	570,26

1.6.4. Les contraintes de la production de tomate en Algérie

Selon **Baci (1993)**, la consommation de concentré de tomate est la forme la plus courante en Algérie (un ingrédient essentiel dans la cuisine algérienne). Effectivement, la quantité a augmenté de 0,38Kg/hab/an dans les années 60, pour atteindre près de 4Kg/hab/an dans les années 90.

En Algérie, les rendements sont limités en raison de nombreuses contraintes auxquelles la tomate industrielle est confrontée. Selon **Belateche (2005)**, ces contraintes sont résumées de la manière suivante:

1.6.4.1. Contraintes techniques

- Les travaux de préparation du sol sont insuffisants ;
- Les dates de repiquage ne sont pas respectées ;

- Il y a un manque de sensibilisation et d'équipement ;
- Un déficit d'eau pour l'irrigation, en particulier lorsqu'il y a une mauvaise gestion de l'eau.

1.6.4.2.Contraintes économiques

- La filière est confrontée à un manque de subventions ; la taxe sanctionne le produit fini, ce qui en fait le produit algérien le plus coûteux au monde.
- Les coûts des travailleurs sont élevés, car la culture repose entièrement sur le travail manuel.

1.7. Importance de la tomate

1.7.1. Valeur nutritionnelle des fruits de tomate

La consommation répandue de tomate a des effets positifs sur notre alimentation. Ce fruit, composé de 93% à 95% d'eau, est extrêmement faible en calories et ne fournit que 19 000 calories pour 100g, soit 63 000 Joules. Elle renferme une grande quantité de carotène et de lycopène, ainsi que de vitamines C, de la provitamine A et de nombreuses vitamines du groupe B. La présence de minéraux est élevée (en particulier en potassium, magnésium et phosphore) (Tableau 19). Selon **Menard (2009)**, ces caractéristiques principales font d'elles un régime alimentaire extrêmement prisé.

Tableau N°19:Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate (**Favier et al., 2003**).

Comportement de la tomate crue valeur nutritionnelle pour 100 g		
Eau		93,80 g
Valeur calorique		19,00 kcal
Eléments énergétiques	Protides	0,80 g
	Glucides	3,50 g
	Lipides	0,30 g

Chapitre 2:Généralité sur la tomate

Vitamines	Provitamine A	0,00 mg
	Vitamine B1	0,06 mg
	Vitamine B2	0,05 mg
	Vitamine B6	0,00 mg
	Vitamine C	18,00 mg
	Vitamine PP	0,60 mg
Minéraux	Fer	0,40 mg
	Calcium	9,00 mg
	Magnésium	11,00 mg
	Phosphore	24,00 mg
	Potassium	226,00 mg
	Sodium	5,00 mg
	Soufre	11,00 mg
	Zinc	0,24 mg
	Chlore	40,00 mg
Fibres		1,20 g
Cellulose		0,60 g

Les tomates de plein champ et en pleine saison présentent des niveaux maximaux de vitamines C (18 mg et plus). C'est une contribution considérable, car le besoin quotidien en vitamine C de l'adulte est de 80mg (**Anonyme, 2010**).

La lycopène, une substance présente dans la tomate, lui confère sa teinte rouge. Cet antioxydant pourrait réduire le risque de maladies cardiaques et de certaines formes de cancer, y compris celui de la prostate (**Anonyme, 2010**).

1.7.2. Importance médicale de la tomate

Depuis longtemps, les Incas en Amérique du Sud connaissaient le rôle médicinal de la tomate, où ils utilisaient la feuille fraîche du plant de tomate comme antibiotique

(Chougar, 2012). La consommation de tomate a plusieurs fonctions :

- Une substance anti-fatigue qui stimule la production de sucre dans le sang ;
- Réduit l'hypertension en raison de son taux élevé de potassium ;
- En bonne santé pour le foie, car elle renferme des résidus d'éléments antitoxiques tels que la chlorite et le sulfure ;
- Avec sa saveur acidulée, la tomate favorise la production de sécrétions digestives ;
- La consommation de tomate pourrait favoriser la prévention des maladies cardiovasculaires, de l'artériosclérose et de la cécité ;
- La présence de pigments caroténoïdes antioxydants dans la tomate permet de prévenir le cancer, en particulier grâce à sa concentration élevée en lycopène (3,5mg/125g de tomate) **(Chougar, 2012).**

1.8. Maladies et les ravageurs de la tomate

1.8.1.Maladies

La tomate peut être infectée par diverses maladies et les dommages qu'elles engendrent peuvent parfois être considérables. Il s'agit de champignons, de bactéries et de virus qui les provoquent **(Naika et al., 2005).**

1.8.1.1. Champignons

Le mildiou (*Phytophthora infestans*), l'alternariose (*Alternaria solani*), la moisissure grise (*Botrytis cinerea* pers), la cladosporiose (*Fulvia fulva*), l'oïdium (*Leveillula taurica*), la fusariose vasculaire (*Fusariumoxysporum* f.sp. *lycopersici*) et la verticilliose (*Verticillium dahliae*) sont les principales maladies cryptogamiques de la tomate **(Verolet, 2001).**

1.8.1.2. Bactéries

La moucheture (*Pseudomonas syringae* pv.tomato (Okabe) Alstatt) est la principale bactérie qui se développe sur la tomate, ainsi que la gale bactérienne (*Xanthomonas campestris* pv.vesicatoria (doidge) Dowson), le Chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis* subsp.michiganensis) et la moëlle noire (*Pseudomonas corrugata*

Roberts et scarlett) (Verolet, 2001).

1.8.1.3. Virus

- Transmission du virus de la mosaïque du tabac (TMV) par la semence et par voie mécanique ;
- La mosaïque du concombre (CMV) est un virus qui produit des feuilles filiformes ou en forme de fougère ;
- Le virus Y de la pomme de terre (PVY) provoque des nécroses sur les feuilles accompagnées de dessèchement;
- Le virus du jaunissement des feuilles de tomates (TYLCV), qui entraîne une crispation et un jaunissement des feuilles (feuilles en cuillère) ;
- La maladie bronzée de la tomate est causée par le virus du Tomato spotted-wilt (TSWV), qui donne une teinte bronzée à la plante qui reste naine et stérile. Elle est transmise par les pucerons, l'aleurode *Bemisia tabaci* et les thrips (**Blancard, 1988**).

1.8.2. Ravageurs

1.8.2.1. Les acariens (*Tetranychus sp.*)

Les acariens se distinguent par leur apparence similaire aux araignées. Ils ont une taille inférieure à 1 mm et sont généralement de couleur jaune, rouge ou orange. Ils déplacent leurs œufs vers le bas des feuilles. La sève des plantes est absorbée par les larves et les adultes. Le jaunissement et la sécheresse des feuilles et des tiges. Les acariens ont la capacité de créer des toiles légères en fils qui ressemblent à celles des araignées. Les dégâts qu'ils causent sont les plus significatifs pendant la période de sécheresse (**Naika et al., 2005**).

1.8.2.2. Les insectes

1.8.2.2.1. La mouche blanche (*Bemisia tabaci*)

La mouche adulte présente une teinte blanche et mesure entre 1 et 2 mm de longueur. De la même manière que les larves, qui s'alimentent de la sève des branches. Quand la plante est retournée, un ensemble de mouches pourra s'échapper. Elles déplacent leurs

œufs vers le bas des feuilles. Les œufs se développent environ après une semaine. Après une période de 2 à 4 semaines, les larves vont construire un cocon où elles resteront pendant environ une semaine pour se métamorphoser. Ces insectes représentent principalement un défi pendant la période de sécheresse. Après le début de la saison des pluies, ils s'estompent (**Naika et al., 2005**).

1.8.2.2.Les pucerons (Aphididae)

Les pucerons sont des insectes mous, allongés, d'une taille d'environ 2,5 mm. Chaque espèce possède des ailés et des aptères. Les dégâts directs surviennent lorsque de nombreuses colonies se manifestent sur la culture. Les pucerons ont une préférence pour les feuilles et les tiges douces. Outre les dégâts directs qu'ils peuvent causer, les pucerons transmettent également divers virus (**Naika et al., 2005**).

1.8.2.2.3.Les thrips (Thripidae)

Les thrips sont des insectes de petite taille, mesurant seulement 0,5 à 2 mm de long ; il est nécessaire de les observer attentivement afin de les repérer. De manière habituelle, ils possèdent des ailes et déposent leurs œufs sur les feuilles. Les larves se manifestent environ après 10 jours. Les larves et les adultes de thrips absorbent la sève des feuilles, ce qui provoque des taches argentées sur leur surface. Les adultes thrips déposent aussi leurs excréments sur les feuilles, qui sont similaires à de petits points noirs. Quelques variétés de thrips sont responsables de la maladie de la tomate bronzée (TSWV). La phase de développement en cocon se déroule dans le sol (**Naika et al., 2005**).

1.8.2.2.4.Les noctuelles (Lepidoptera)

Les insectes nuisibles sont fréquemment présents dans les cultures de tomates. Les jeunes feuilles, les fleurs et les fruits sont couverts d'œufs verts ou bruns. En sortant des œufs, les larves se nourrissent de feuilles, de fleurs, de fruits et même de racines. Pendant leur alimentation, les chenilles évoluent et traversent plusieurs étapes de croissance larvaire. À un moment donné, elles se glissent sous la terre afin de créer des cocons. Quelques semaines après, des adultes adultes quitteront leur domicile et se disperseront (**Naika et al., 2005**).

1.8.2.2.5.La Cicadelle de la pomme de terre (Empoasca fabae)

La cicadelle de la pomme de terre est la plus répandue qui détruit les cultures de tomates. Elle se dirige vers l'avant. Des œufs verts à la forme de banane sont déposés sur le bas des feuilles. Il n'y a qu'en Amérique du Nord, du Centre et du Sud que la cicadelle de la pomme de terre se développe et se nourrit de la sève de la plante. Si les dommages sont importants, la couleur de la feuille devient plus claire dans les zones où la cicadelle a sucé la feuille **(Naika et al., 2005)**.

1.8.2.2.6.Les mineuses

Les mineuses sont des chenilles composées de microlépidoptères d'une taille de 1 à 2 cm. Ces chenilles creusent des galeries serpentâtes dans le limbe des feuilles qui se développent au fil de leur croissance. La cire protectrice qu'elles produisent provoque la déformation des feuilles et leur chute (disparition de la chlorophylle) **(Naika et al., 2005)**.

DEUXIEME PARTIE
MATERIEL ET
METHODES

1.1. Présentation du modèle

1.1. Modèle CROPWAT 8.0

Le CROPWAT est un logiciel qui aide à gérer l'irrigation, créé par la FAO en 1992, en utilisant la formule modifiée de Penman - Monteith. Les besoins en eau des cultures et les quantités d'eau d'irrigation peuvent être calculés en se basant sur les Bulletins d'irrigation et de drainage FAO-24 et 33. Il permet également de créer un calendrier d'irrigation adapté à différentes méthodes de culture, et d'évaluer les conséquences du manque d'eau sur les cultures et l'efficacité de diverses méthodes d'irrigation (**Boudjelal et Bommoun, 2006**).

CROPWAT 8.0 est une application pour Windows qui a la capacité de déterminer les exigences en eau des plantes et les besoins d'irrigation en utilisant des informations climatiques et agricoles, qu'elles soient nouvelles ou déjà disponibles. En outre, l'application offre la possibilité de créer des programmes d'irrigation adaptés à diverses situations de gestion et de calculer l'approvisionnement en eau nécessaire pour différents types de cultures (**Henanou kamir.2018**).

1.2. Description du logiciel (CROPWAT 8.0)

Comme illustré dans la figure 19 , l'interface du logiciel (CROPWAT 8.0) est composée de quatre éléments :

- 1- une barre principale de menu, indiquée comme 1 dans la figure ci-dessous.
- 2- On trouve une barre d'icônes sous la barre de menu principale. Remarque 2 sur la figure ci-dessous.
- 3- Une barre de raccourcis comprenant un ensemble d'icônes concernant les informations requises pour évaluer les besoins en eau des cultures, établir le calendrier d'irrigation et calculer les besoins en eau des périmètres. Sur la figure ci-dessous, on note 3.

Chapitre 3: Présentation du modèle

4- La figure ci-dessous présente une barre de résumé qui présente les noms des fichiers de données sélectionnés, noté 4.

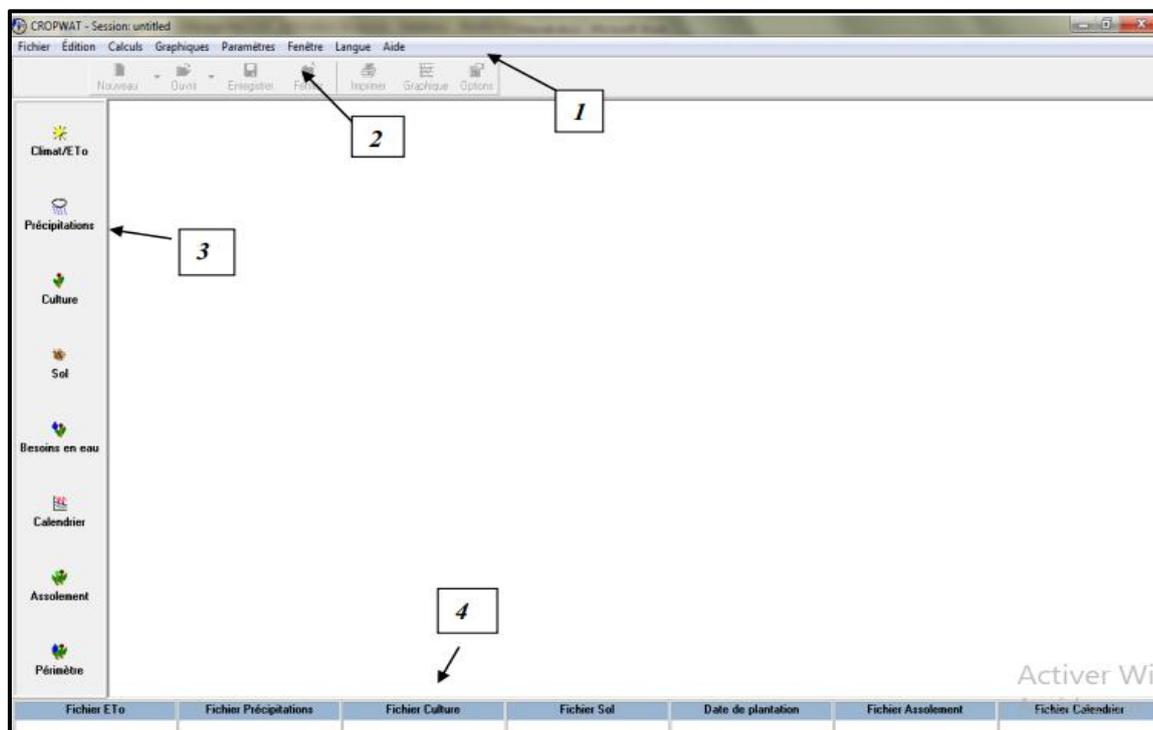


Figure N°19: Fenêtre principale du logiciel CROPWAT 8.0 (Debauche *et al.*, 2011).

1.3. Rôle et avantage du logiciel

Il s'agit d'un logiciel qui permet d'analyser des données de pluviométrie et de climat. Il peut être employé pour surveiller toutes sortes de cultures (saisonniers, annuelles) à condition que les données soient accessibles tout au long du cycle de culture. Il convient également aux systèmes de production classiques et contemporains. Ce logiciel n'exige pas une connaissance approfondie des notions de physiologie végétale, de nutrition minérale, etc. C'est simplement une connaissance des échanges dans la trilogie sol-plante-atmosphère. Le logiciel CROPWAT offre également d'autres bénéfices. Quant à l'importation et à l'exportation d'informations, il représente une interface de communication avec divers systèmes d'exploitation (Ms Excel, MS Word et Bloc-notes). Les informations importées dans le logiciel sont préalablement traitées et enregistrées dans les formats et extensions spécifiés, tels que crc, sch, pdf, doc et

copie presse papier vers un tableur tel que Ms Excel au format xls. Cette opportunité est extrêmement importante étant donné que ces logiciels sont très populaires et très utilisés.

1.4. Fonctionnement du modèle et les données d'entrées

Le logiciel CROPWAT repose principalement sur certaines variables. Ces différentes variables se concentrent sur le bilan hydrique, qui est généralement représenté comme suit :

$$\mathbf{Ri = Ri-1 + Peff + Irr - D - ETm \text{ Avec}}$$

Ri : Réserve en eau du sol au jour i (mm)

Ri-1 : Réserve en eau du sol au jour i-1 (mm)

Peff : Précipitation efficace (mm)

Irr : Apport de l'irrigation (mm)

D : Drainage

ETm : évapotranspiration maximale

Le drainage désigne la quantité d'eau qui quitte notre système en s'infiltrant dans les nappes profondes, où l'eau circule par le biais d'un écoulement souterrain. Dans notre programme, cette quantité n'est pas prise en considération, donc nous la considérerons comme étant nulle. L'évapotranspiration maximale d'une culture donnée est connue sous le nom d'ETm. Selon le modèle, l'ETm est égal à la CWR. En effet, si l'on prend en compte la quantité d'eau conservée dans la plante, elle est très faible par rapport à ce qui est évapotranspiré.

1.4.1. Structure du Programme

Le logiciel CROPWAT est structuré en huit modules distincts, parmi lesquels cinq sont dédiés à l'entrée de données et trois aux calculs. Ces modules peuvent être atteints via le menu principal, mais ils sont plus facilement accessibles via la barre de modules, qui est constamment visible sur le côté gauche de la fenêtre principale. Cette disposition permet à l'utilisateur de fusionner facilement des informations climatiques,

Chapitre 3: Présentation du modèle

agricoles et pédologiques pour estimer les besoins en eau des cultures, établir des calendriers d'irrigation et gérer l'approvisionnement en eau de la zone. Les modules d'entrée de données de CROPWAT sont les suivants :

- ◆ Pour le **climat/ETo** : Il s'agit d'insérer des données ETo mesurées ou des informations climatiques qui facilitent le calcul de ETo Penman - Monteith.
- ◆ **Précipitations** : afin de collecter des données sur les précipitations et de calculer les précipitations efficaces ;
- ◆ **Culture** : afin de prendre en compte les données culturelles et les dates de plantation ;
- ◆ **Sol** : l'enregistrement des informations sur le sol (seulement requis pour le calendrier d'irrigation);
- ◆ **Assolement** : : pour l'enregistrement des données requises pour les calculs d'approvisionnement du périmètre.

Les modules de calcul de CROPWAT sont :

- ✧ **Besoins en eau** : pour calculer le besoin en eau des cultures ;
- ✧ **Calendrier** : pour le calcul des calendriers d'irrigation ;
- ✧ **Périmètre** : pour le calcul de l'approvisionnement du périmètre basé sur un assolement spécifique

1.4.2. Modules et formules utilisées

- Climat/ETo

On peut choisir ce module en donnant un clic sur l'icône Climat/ETo dans la barre Modules située à gauche de la fenêtre principale de CROPWAT. Cette catégorie sera affichée dans la fenêtre de données avec le format de données par défaut ; il est envisageable de modifier rapidement le format en utilisant la liste déroulante du bouton Nouveau de la barre d'outils. Les types de données disponibles pour ce module sont :

Chapitre 3: Présentation du modèle

- ETo Penman -Monteith par mois ;
- ETo Penman -Monteith par décade ;
- ETo Penman -Monteith par jour ;
- ETo mesurée par mois ;
- ETo mesurée par décade ;
- ETo mesurée par jour

L'entrée des données dans le module Climat/ETo nécessite d'abord des informations de la station météorologique (pays, nom, altitude, latitude et longitude) ainsi que des données climatiques. Ces données peuvent être collectées chaque mois, chaque décade ou chaque jour. CROPWAT nécessite la température pour les paramètres climatiques, mais il est possible d'utiliser des données sur l'humidité, la vitesse du vent et l'insolation si elles sont disponibles. L'approche FAO de Penman -Monteith est également utilisée dans le module pour calculer à la fois le rayonnement et l'évapotranspiration de référence (ETo).

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

Figure N°20: calcul de l'ETo

Chapitre 3: Présentation du modèle

D'où ETo peut calculer en utilisant de la formule de Penman- Monteith qui s'écrit :

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

Avec

ETo : Evapotranspiration de référence (mm/j)

R_n : Rayonnement net à la surface de la culture (MJ/m²/j)

G : Flux de chaleur échangé avec le sol (MJ/m²/j)

T : Température journalière à 2m d'altitude (°C)

u_2 : Vitesse du vent à 2m d'altitude. (m/s)

e_s : Pression de la vapeur à saturation (kPa)

e_a : Pression réelle de la vapeur (kPa)

$e_s - e_a$: Déficit de la pression de vapeur à saturation (kPa)

Δ : Pente de la courbe des pressions de vapeur (kPa/°C)

γ : Constante psychrométrique (kPa/°C)

- Précipitation

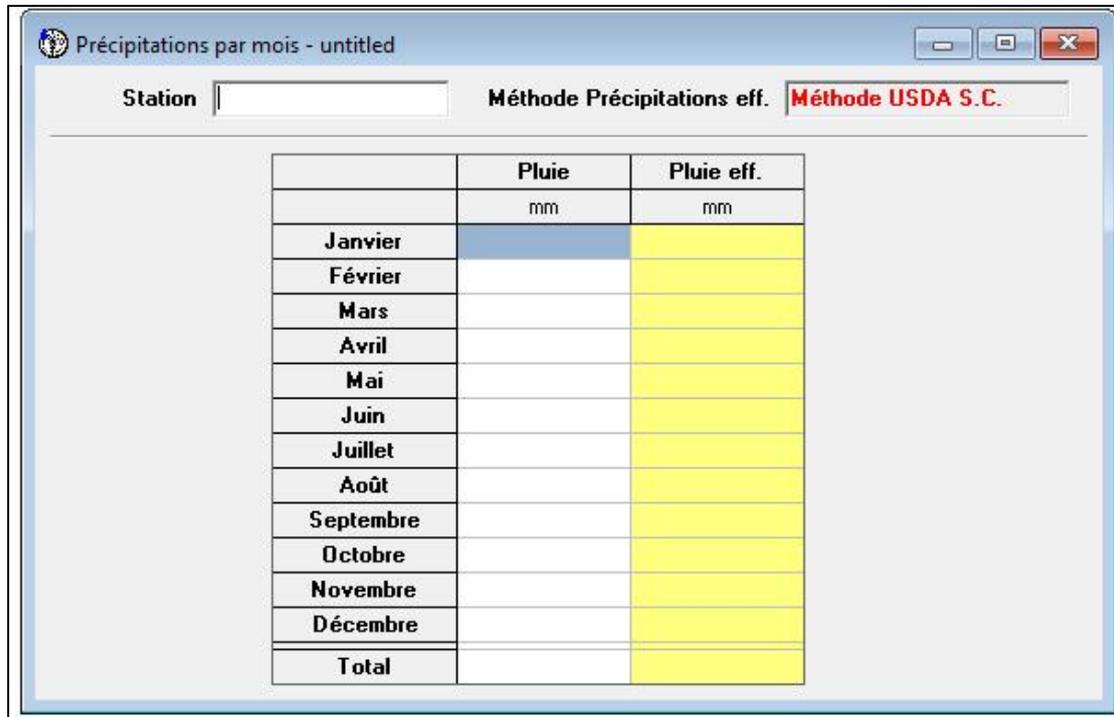
On peut choisir ce module en appuyant sur l'icône Précipitations dans la barre Modules située à gauche de la fenêtre principale de CROPWAT. Le format de données par défaut de ces données sera affiché dans cette fenêtre de données. La liste déroulante du bouton Nouveau de la barre d'outils permet de modifier directement le format des données. En d'autres termes, il est possible d'utiliser le bouton "Nouveau" dans le menu Fichier, où un sous-menu permet de choisir le type de nouvelles données à entrer ainsi que le format de ces données. Les différents formats de données proposés dans ce module comprennent :

- par mois ;
- par décade ;
- par jour

Le module Précipitations est principalement utilisé pour saisir des informations. Les données nécessaires concernent la pluviométrie, qu'elle soit quotidienne, décadaire ou

Chapitre 3: Présentation du modèle

mensuelle. Ce module comprend aussi des calculs qui permettent d'obtenir des données de précipitations efficaces en utilisant l'une des méthodes disponibles. Lorsque le module Précipitations est présent dans la fenêtre active, il peut être choisi en cliquant sur Options dans la barre d'outils.



	Pluie	Pluie eff.
	mm	mm
Janvier		
Février		
Mars		
Avril		
Mai		
Juin		
Juillet		
Août		
Septembre		
Octobre		
Novembre		
Décembre		
Total		

Figure N°21: calcul des pluies efficaces.

Plusieurs méthodes sont disponibles pour calculer les précipitations efficaces avec CROPWAT 8.0.

Dans notre cas, on utilise la formule de l'USDA –SCS:

- pour des précipitations inférieures à 250mm :

$$P_{eff} = \frac{P_{tot} \times (125 - 0,2 \times P_{tot})}{125}$$

Avec

P_{eff} :Précipitation efficace (mm)

P_{tot} :Précipitation totale (mm)

- Pour des précipitations supérieures à 250 mm :

$$P_{eff}=125+0.1P_{tot}$$

- Culture

Il est possible de choisir ce module en appuyant sur l'icône Culture de la barre Modules située à gauche de la fenêtre principale de CROPWAT. Le format de données par défaut sera affiché dans la fenêtre de données ; il est envisageable de modifier rapidement le format de données en utilisant la liste déroulante du bouton Nouveau de la barre d'outils. En d'autres termes, le bouton Nouveau est disponible dans le menu Fichier. Un menu supplémentaire permet de choisir le type de données et le format de données à fournir. Le module Culture est principalement utilisé pour l'entrée de données. Les données culturelles concernant les différentes étapes de développement sont requises.

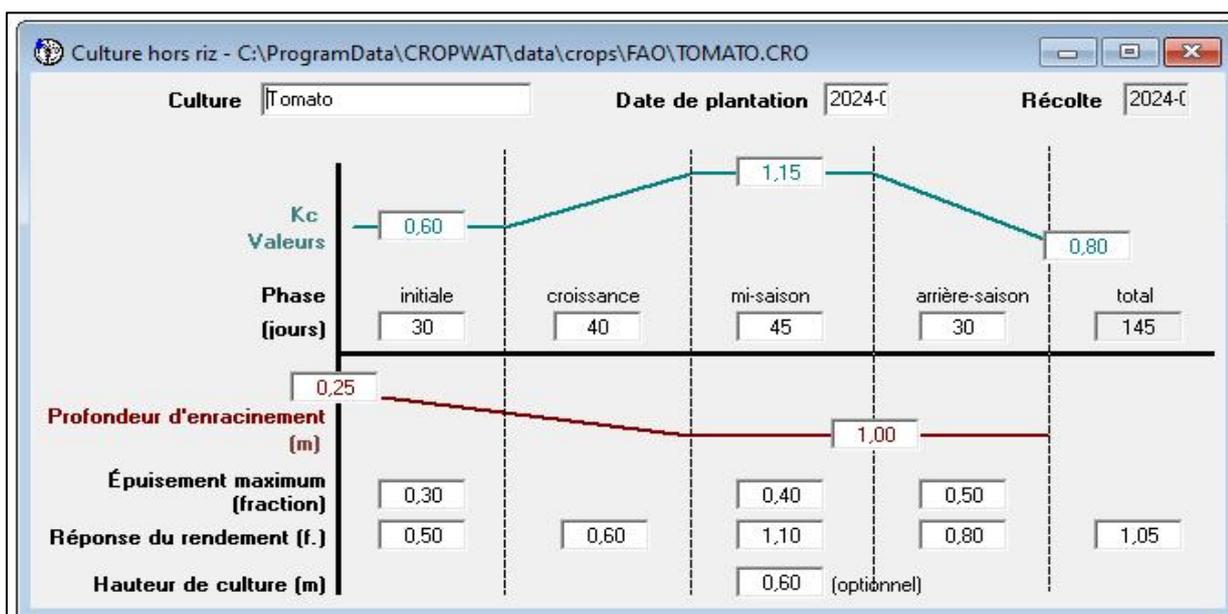


Figure N°22: Les données sur la culture de la tomate.

- Sol

En cliquant sur l'icône Sol dans la barre Modules située à gauche de la fenêtre principale de CROPWAT, vous pouvez activer ce module. Si tel n'est pas le cas, il est possible de l'ouvrir en utilisant la liste déroulante du bouton Nouveau de la barre des tâches. Les cultures ont accès à un format de données unique. En premier lieu, le

Chapitre 3: Présentation du modèle

module Sol qui autorise l'entrée de données nécessite les paramètres suivants :

- La quantité d'eau disponible totale (TAM) en millimètres par mètre ;
- Taux maximal d'infiltration en millimètres par jour ;
- Profondeur d'enracinement maximum en centimètre ;
- Épuisement de la teneur en eau du sol initial en %. Ce module inclut également des calculs fournissant la teneur en eau du sol initiale.

Données générales sur le sol		
Eau disponible totale (CC - PF)	290,0	mm/mètre
Taux d'infiltration maximum de l'eau de pluie	40	mm/jour
Profondeur maximum d'enracinement	900	centimètres
Épuisement de la teneur en eau initiale (en % TAM)	0	%
Eau disponible initiale	290,0	mm/mètre

Figure N°23: les données liées au sol.

- Besoin en eau des cultures

En cliquant sur l'icône « Besoins en eau » dans la barre Modules située sur la gauche de la fenêtre principale de CROPWAT, il est possible d'activer le module « Besoins en eau » des cultures.

Les calculs du module « Besoins en eau » des cultures fournissent les besoins en eau d'irrigation d'une culture sur une base décadaire pour toute la saison de développement. On obtient ces exigences d'irrigation en comparant l'évapotranspiration aux précipitations efficaces.

Les données peuvent être présentées dans un graphique en sélectionnant le module « Besoins en eau » dans la barre d'outils, tandis que le module « Besoins en eau » est présent dans la fenêtre active.

Chapitre 3: Présentation du modèle

Mois	Décade	Phase	Kc	ET culture	ET culture	Pluie eff.	Bes. Irr.	Ir. Req.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec	mm/dec

Figure N°24: présente le tableau des besoins en eau

On calcule le besoin en eau par la formule suivante :

$$ET_m = ETO \times k_c$$

Avec

ET_m : Evapotranspiration maximale (mm)

ET_o : Evapotranspiration potentielle (mm)

K_c : Coefficient cultural (sans dimension)

- Calendrier

Il est possible d'activer ce module en sélectionnant l'icône « Calendrier » dans la barre Modules située à gauche de la fenêtre principale de CROPWAT. Le module « Calendrier » est principalement composé de calculs, qui offrent le bilan hydrique du sol quotidiennement. Cela permet de :

- Améliorer la gestion de l'eau en développant des calendriers d'irrigation indicatifs ;
- Évaluer les méthodes d'irrigation actuelles et les rendements en eau des cultures correspondantes ;
- Évaluer la productivité des cultures en eau pluviale et étudier la possibilité d'une irrigation d'appoint ;
- Élaborer des programmes de distribution d'eau alternatifs dans des conditions de pénurie d'eau.

Chapitre 3: Présentation du modèle

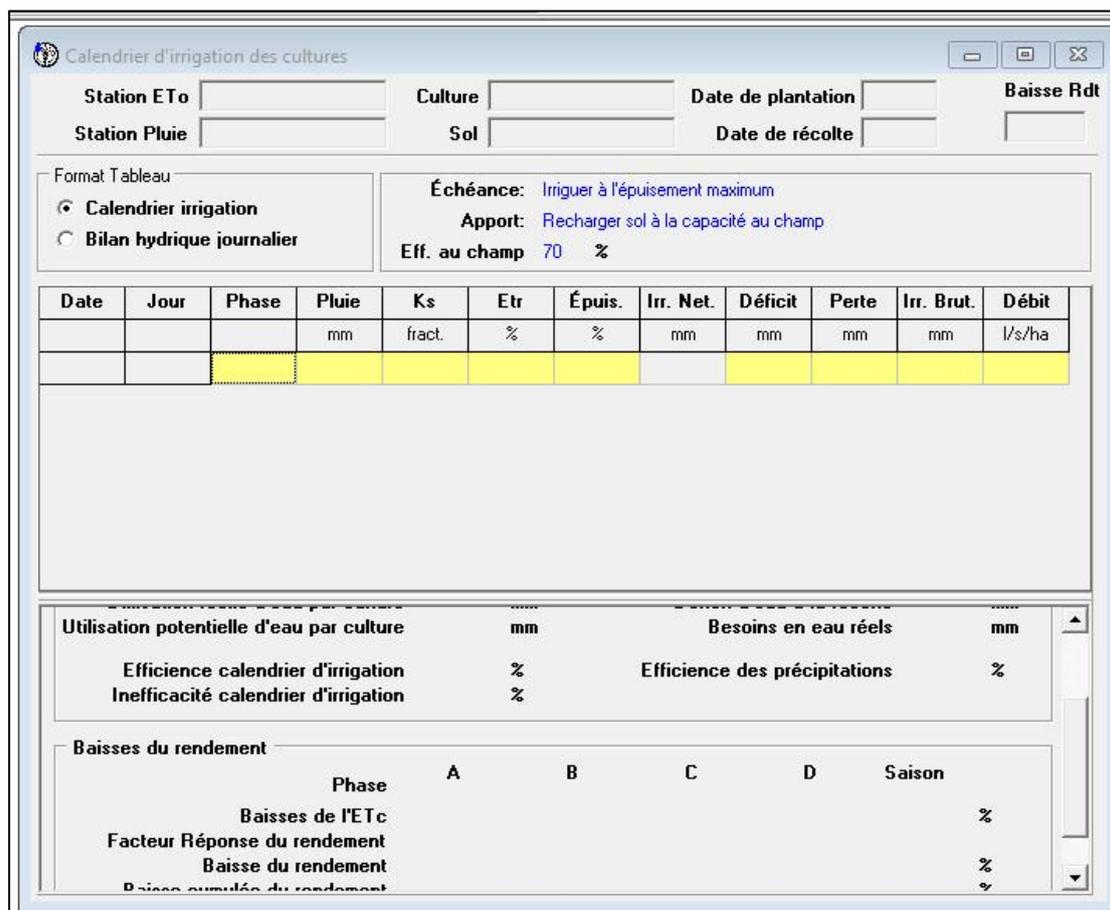


Figure N°25: présente le tableau calendrier d'irrigation

- Assolement

En cliquant sur l'icône Assolement de la barre Modules située sur la gauche de la fenêtre principale de CROPWAT, il est possible de choisir le module Assolement. En d'autres termes, l'utilisation de la liste déroulante du bouton Nouveau dans la barre d'outils ou encore du bouton Nouveau dans le menu Fichier est possible.

- Le fichier Culture : CROPWAT 8.0 contient des informations sur différentes cultures courantes, telles que celles obtenues dans les publications FAO (les Bulletins d'Irrigation et de Drainage No. 56 "Évapotranspiration des cultures" et No. 33 "Réponse du rendement à l'eau"). Ces liens nécessitent un accès à Internet. Cependant, les informations agricoles les plus fiables restent celles recueillies dans les stations de recherche agricoles locales.

- La date de plantation est généralement influencée par les conditions météorologiques et les méthodes agricoles locales. La date de mise en culture des

cultures, notamment celles qui dépassent des surfaces considérables ou qui nécessitent une grande quantité d'eau. Pour simplifier l'analyse, il est possible de diviser la culture dans CROPWAT en plusieurs unités culturelles avec des périodes de plantation de 10 à 15 jours. Ce procédé s'avère bénéfique pour étudier diverses sources d'eau et calculer les programmes d'approvisionnement en eau pour les différentes zones. On calcule automatiquement la date de récolte en fonction de la date de plantation ou de l'activité de développement de la plante et de la durée totale du cycle de culture.

- La "Surface" fait référence à l'espace alloué à chaque type de culture, exprimé en pourcentage de la totalité de la zone cultivée. Il est essentiel de veiller à ce que la combinaison des différentes cultures n'excède jamais 100% de la superficie totale du périmètre à aucun moment (**Andriamparany, 2018**).

- Périmètre

En cliquant sur l'icône Périmètre de la barre Modules située sur la gauche de la fenêtre principale de CROPWAT, il est possible de choisir le module Approvisionnement du périmètre. Le module Périmètre est principalement composé de calculs, offrant :

- Les exigences d'irrigation pour chaque culture dans le périmètre ;
- L'irrigation du périmètre a des besoins nets ;
- La surface irriguée en pourcentage de la surface totale ;
- Les besoins en irrigation pour chaque surface existante.

Calcul de l'irrigation requise

L'irrigation requise correspond à la différence entre l'évapotranspiration réelle et les précipitations efficaces.

$$Irr_{req} = ET_m - P_{eff}$$

Avec

Irr_{req} : irrigation requise (mm)

ET_m : Evapotranspiration maximale (mm)

P_{eff} : Précipitation efficace (mm)

Calcul de l'alimentation en eau du champ (FWS)

$$FWS = 1 \text{ hectare} \times Irr_{req} \times (100 \times Irr_{eff})$$

Avec

Irr_{req} : irrigation requise (mm)

Irr_{eff} : Efficacité de l'irrigation (%)

Calcul de la réserve utile (TAM ou RU)

$$RU = 1000 \times (\theta_{FC} - \theta_{WP}) \times Z$$

Avec

RU : Réserve utile (mm)

θ_{FC} : Eau contenue au maximum dans le champ (m³ /m³)

θ_{WP} : Eau contenue au point de flétrissement (m³ /m³)

Z : Profondeur des racines (m)

Le point de flétrissement étant la teneur en eau du sol au-dessous de laquelle les plantes se flétrissent.

Calcul de la réserve facilement utilisable (RAM)

$$RFU = RU \times P$$

Avec

RFU : Réserve utile facilement disponible (mm)

RU : Réserve totale disponible (mm)

P : Tarsissement admissible

Calcul du déficit de la réserve utile dans le sol (SMD)

$$SMD_i = SMD_{i-1} - P_{eff} - Irr + ETc$$

Avec

SMD_i : Tariessement de la réserve du sol à la date i (mm)

SMD_{i-1} : Tariessement de la réserve du sol à la date i-1 (mm)

P_{eff} : Précipitation efficace à la date i (mm)

Irr : Irrigation (mm)

ETc : Evapotranspiration de la culture à la date i (mm)

Calcul de la diminution de rendement

$$Yr = \left(1 - \frac{Ya}{Ym}\right) \times 100$$

Avec

Yr : Diminution de rendement par rapport au rendement en condition optimale de culture (%)

Ya : Rendement réel (tonne/an)

Ym : Rendement maximal (tonne/an)

$$Yr = \left(1 - \frac{ETc}{ETm}\right) \times Ky$$

Avec

Ky : Coefficient de réponse du rendement (sans dimension)

1.5. Les sorties du modèle

1.5.1. Table climatique

Cette table regroupe l'ensemble des informations climatiques, ainsi que les valeurs de la radiation solaire et de l'évapotranspiration standard ou ETo calculées par le logiciel.

Il convient de souligner qu'une seule valeur est calculée chaque mois.

1.5.2. Table des besoins en eaux des cultures

Cette table rassemble toutes les informations relatives aux cultures et aux précipitations. Les valeurs de l'évapotranspiration standard, le rappel de la proportion de surface occupée par le type de culture et l'évolution du Kc en fonction de la date sont également présentes sur cette table.

1.5.3. Table du programme d'irrigation

Cette table regroupe l'ensemble des caractéristiques du sol :

- La réserve utile (RU) représente le maximum théorique d'eau disponible pour la plante.
- la réserve facilement utilisable (RFU), qui représente la quantité d'eau théorique disponible dans le sol pour la plante.
- la pluviométrie
- Le logiciel calcule l'évapotranspiration réelle de la plante, également connue sous le nom d'ETc. Le rapport entre ETc et ETm permet de mesurer si la plante est soumise à un stress hydrique. Lorsque ce rapport atteint 100%, la plante se trouve dans les conditions de développement optimales. Par contre, à mesure que le stress hydrique augmente, cette valeur diminue également.
- Le manque de réserve d'eau utile dans le sol (SMD).

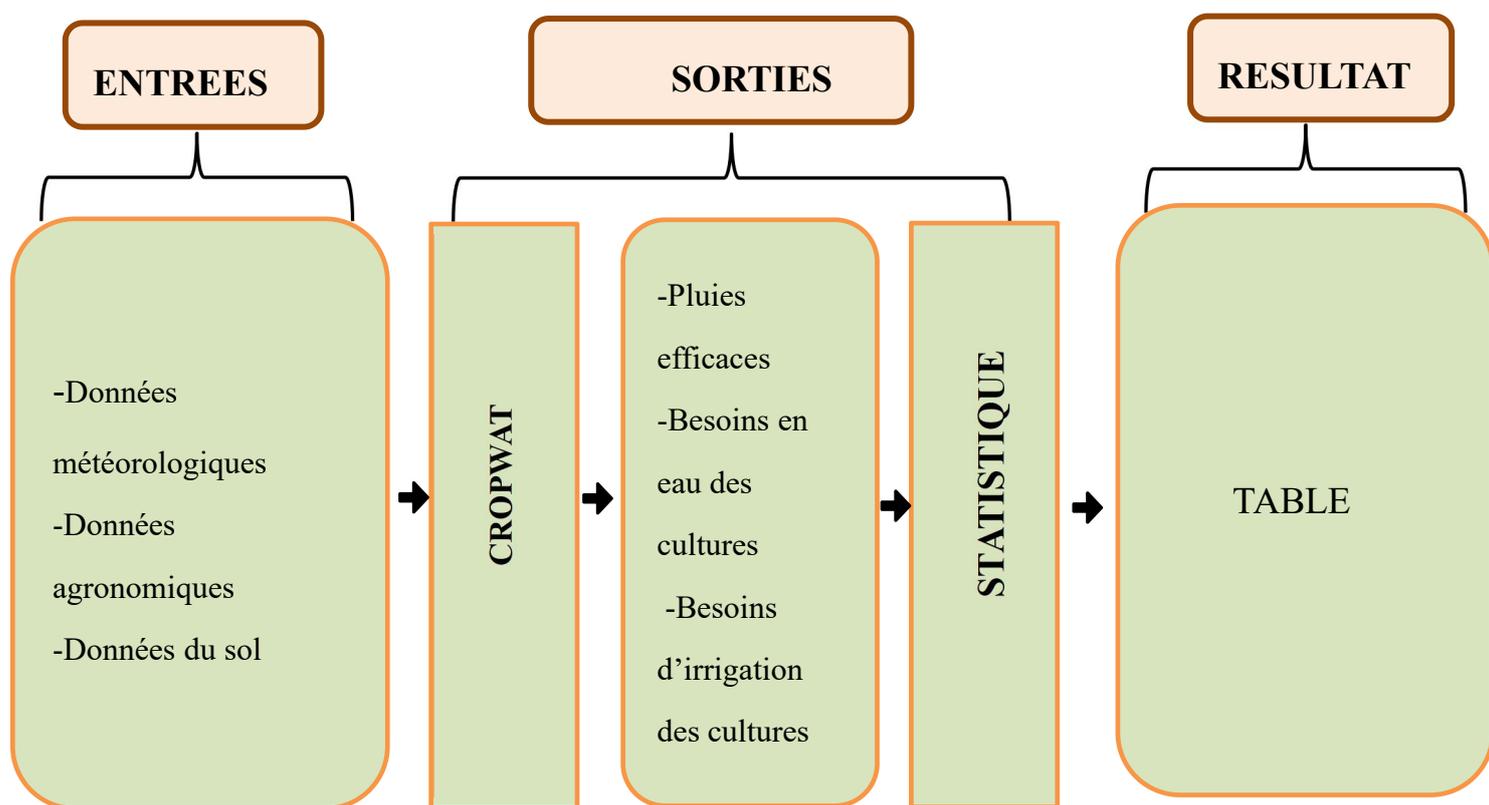


Figure N°26: Organigramme globale du modèle CROPWAT (Andriamparany, 2018).

1.6. Excel

Microsoft Excel est un logiciel de tableur électronique compatible avec Windows et Mac OS. Un tableur est un instrument qui facilite la création de documents professionnels tout en effectuant des calculs précis et rapides. Ces calculs sont actualisés à chaque changement (Merzougui,2019).

Excel présente de multiples bénéfices, parmi lesquels on peut citer :

- Une saisie rapide et précise des données.
- Un recalcul facile des données.
- Évaluation des suppositions
- Adaptation de la présentation des données
- Élaboration de graphiques

À l'ouverture de Microsoft Excel (Démarrer / Programmes / Microsoft Excel).

La feuille de fenêtre Excel se présente comme illustré dans la figure ci-dessous :

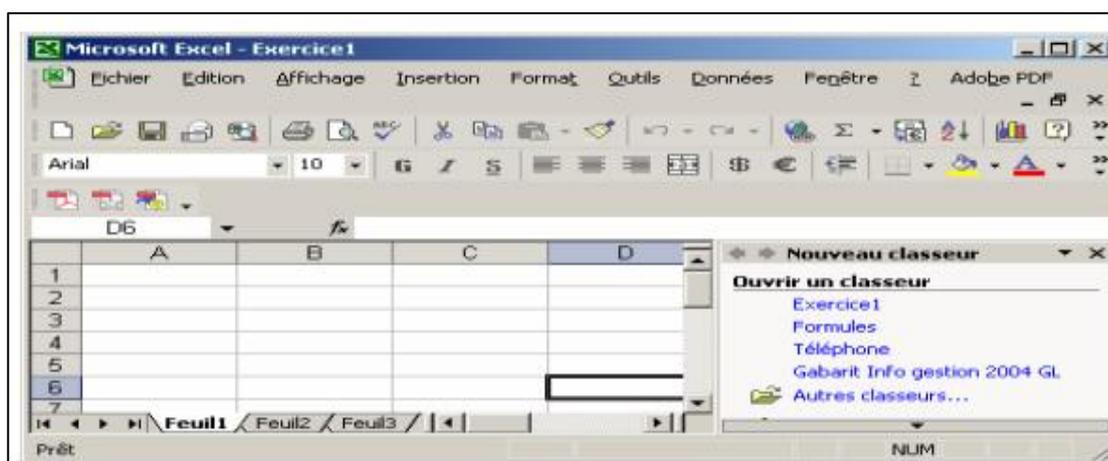


Figure N°27: Feuille Microsoft Excel (Merzougui,2019).

TROISIEME PARTIE
RESULTATS ET
DISCUSSION

Chapitre 4: Résultats et discussions

Dans cette partie, nous présentons les résultats et les interprétons, situant premièrement, nous calculons l'évapotranspiration ETo, les besoins en eau de la culture ETc, la précipitation efficace Peff et les besoins en eau d'irrigation ETi sur une base mensuelle. Nous comparons ensuite ces résultats avec l'évapotranspiration ETo, les besoins en eau de la culture ETc, la précipitation efficace Peff et les besoins d'irrigation ETi sur une base annuelle pour la tomate cultivée dans la wilaya de Mostaganem par un logiciel proposé par la FAO (CROPWAT 8.0) durant la période (2010-2022).

1. Calcul de l'ETo pour la période (2010-2022)

Les tableaux 20 et 21 ainsi que les figures 28 et 29 illustrent que l'évapotranspiration ETo moyenne mensuelle, calculée sur une période de 13 ans (2010-2022), est de 43,2 mm/jour, tandis que la valeur moyenne annuelle de l'ETo est de 48.25 mm/jour. La valeur maximale mensuelle de l'ETo est observée en juillet avec 6,19 mm/jour, et la valeur minimale mensuelle est de 1,17 mm/jour en janvier pour la période (2010-2022). De plus, la valeur maximale de l'ETo annuelle est de 5,12 mm/jour, enregistrée en 2012, et la valeur minimale de l'ETo annuelle est de 3.42 mm/jour, observée en 2013.

Tableau N°20: Evapotranspiration ETo mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022) .

Mois	ETo Mensuelle en mm/jour
Janvier	1,16
Février	2,1
Mars	2,9
Avril	3,98
Mai	4,93
Juin	5,84
Juillet	6,19
Août	5,58

Chapitre 4: Résultats et discussions

Septembre	4,22
Octobre	3,04
Novembre	2
Décembre	1,26
total	43,2

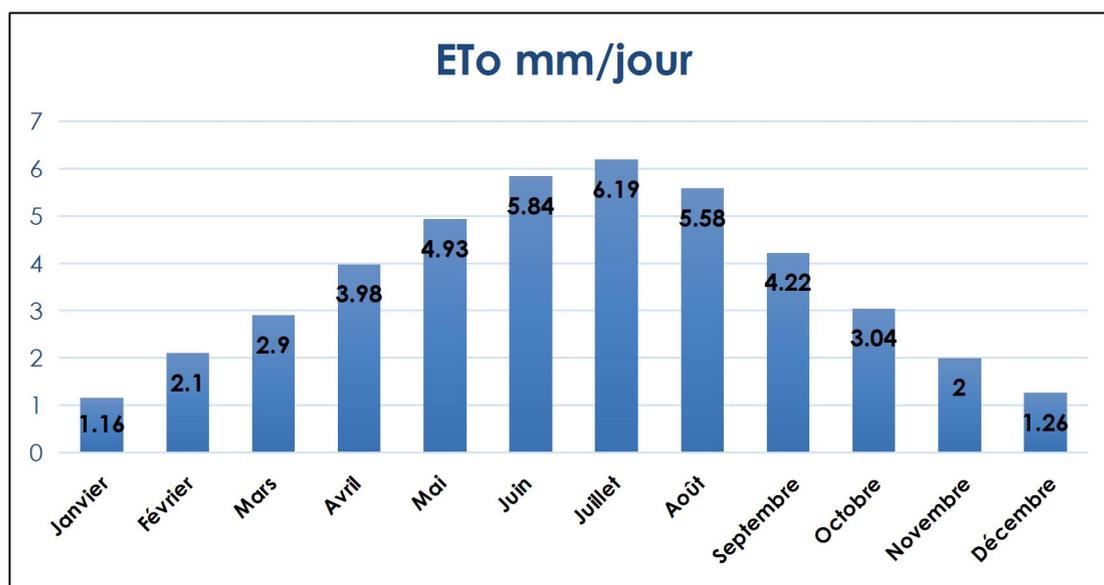


Figure N°28: ETo mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022) .

Tableau N°21:Evapotranspiration ETo Annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022) .

Année	ETo annuelle en mm/jour
2010	3,7
2011	3,44
2012	5,12
2013	3,42
2014	3,47
2015	3,57
2016	3,58
2017	3,68
2018	3,44

Chapitre 4: Résultats et discussions

2019	3,56
2020	3,7
2021	3,74
2022	3,83
total	48,25

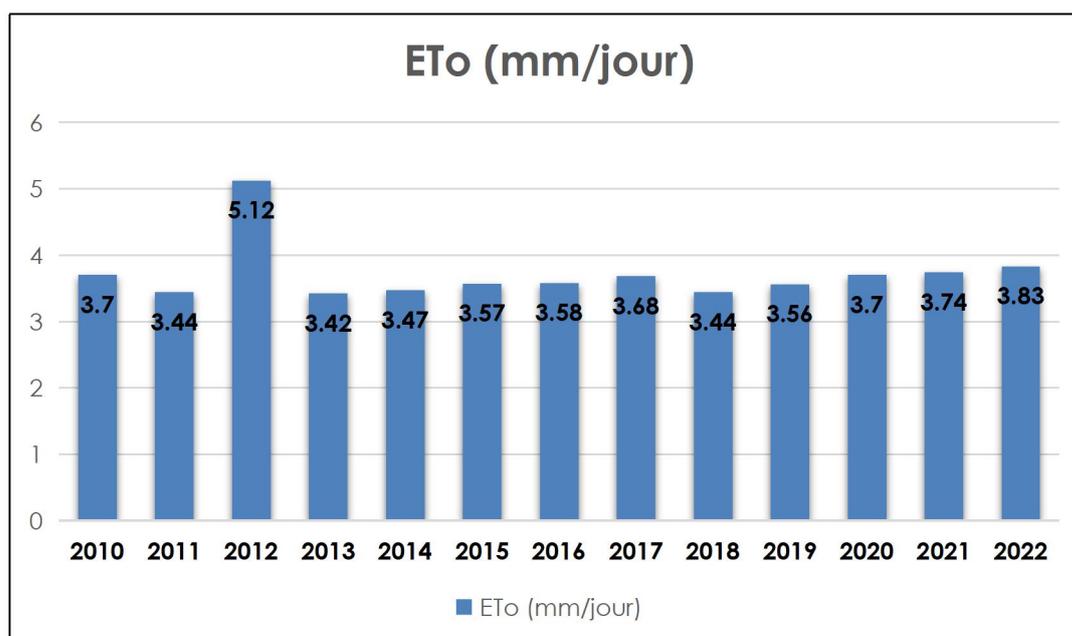


Figure N°29:ETo Annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022) .

1.2. Calcul des Précipitations efficaces pour la période (2010-2022)

Selon les tableaux 22 et 23 ainsi que les figures 30 et 31, il est observé que les précipitations efficaces P_{eff} moyenne mensuelle calculées sur une période de 13 ans (2010- 2022) sont de 326,8 mm , tandis que les précipitations efficaces moyenne annuelle sont de 4124,2 mm .

La Précipitation efficace P_{eff} atteint une valeur maximale mensuelle de 55,3 mm pour le mois de janvier, tandis que la valeur minimale mensuelle est de 1 mm pour le mois de juillet pour la période (2010 à 2022).

La précipitation efficace P_{eff} a atteint une valeur maximale annuelle de 414 mm en 2014 et une valeur minimale annuelle de 214,4 mm en 2020 pour la période (2010 à 2022).

Chapitre 4: Résultats et discussions

Tableau N°22: Précipitations efficaces annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Année	Pluie eff Annuelle (mm)
2010	383,7
2011	381,7
2012	352,9
2013	386
2014	414
2015	315
2016	244
2017	279,9
2018	375,2
2019	246,4
2020	214,4
2021	287,1
2022	243,9
TOTAL	4124,2

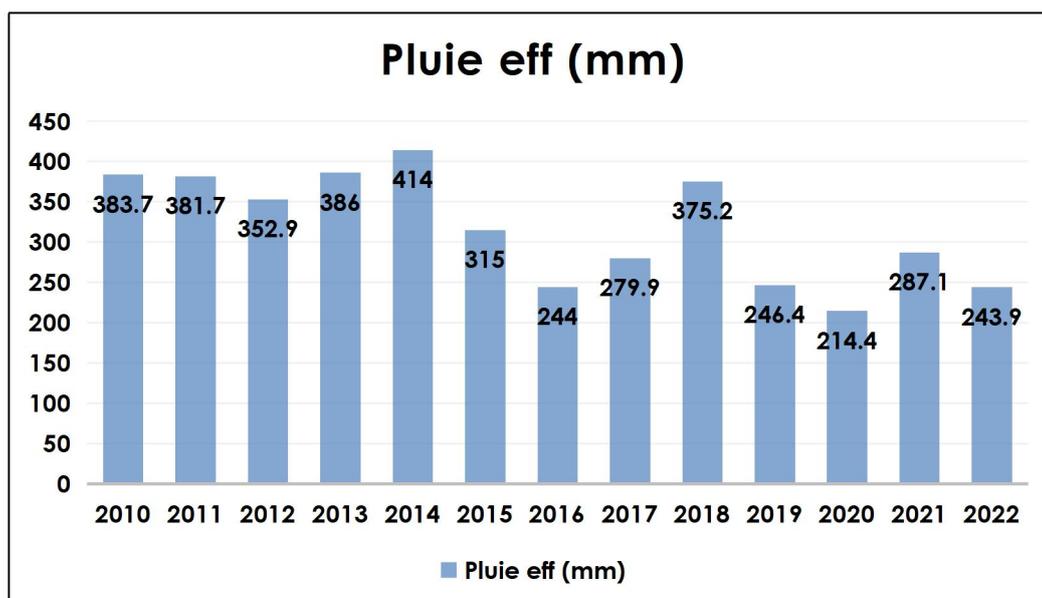


Figure N°30: Précipitations efficaces Annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13ans(2010-2022).

Tableau N°23: Précipitations efficaces mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Mois	Pluie eff mensuelle (mm)
Jan	55,3
Fév	32,6
Mars	39,9
Avril	33,3
Mai	15,1
Juin	4,3
Juillet	1
Août	3,6
sept	15,3
Octo	28,8
nov	54,1
déc	43,5
TOTAL	326,8

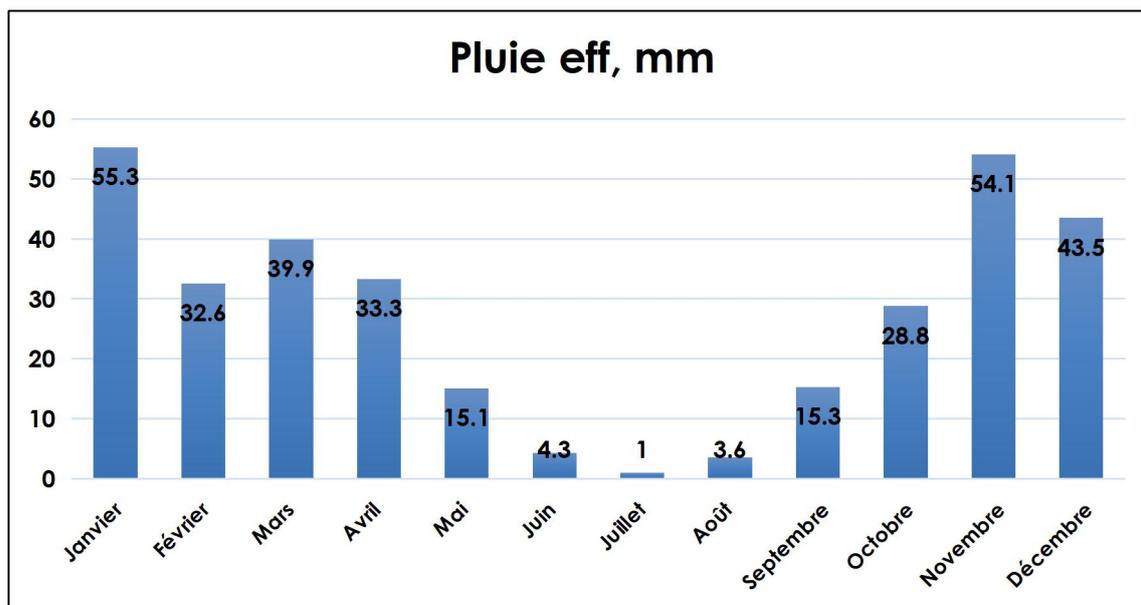


Figure N°31: Précipitations efficaces mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

1.3. Calcul les besoins en eau de la culture ETc pour la période (2010-2022) .

Selon les tableaux 24 et 25 ainsi que les figures 32 et 33, il est observé que les besoins en eau de la culture ETc moyenne mensuelle calculées sur une période de 13 ans (2010-2022) sont de 754,9 mm/dec, tandis que les besoins en eau de la culture ETc moyenne annuelle sont de 10376,8 mm/dec.

Les besoins en eau de la culture ETC atteignent une valeur maximale mensuelle de 81,6 mm/dec pour le mois de juillet dans la phase Mi-sais, tandis que la valeur minimale mensuelle est de 8,9 mm/dec pour le mois d'octobre dans la phase Arr-sais pour la période (2010 à 2022).

Les besoins en eau de la culture ETc ont atteint une valeur maximale annuelle de 1144,9 mm/dec en 2012 et une valeur minimale annuelle de 706,8 mm /dec en 2018 pour la période (2010 à 2022).

Chapitre 4: Résultats et discussions

Tableau N°24: Les besoins en eau de la culture ETc mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Mois	Phase	ETc mm/dec
Mai	Init	26,6
Mai	Init	34,6
Jui	Init	33,2
Jui	Crois	40,1
Jui	Crois	50,2
Jui	Crois	61,3
Jui	Crois	72,6
Jui	Mi-sais	81,6
Août	Mi-sais	70,9
Août	Mi-sais	68,4
Août	Mi-sais	69,2
Sep	Arr-sais	55,7
Sep	Arr-sais	45,3
Sep	Arr-sais	36,3
Oct	Arr-sais	8,9
TOTAL		754,9

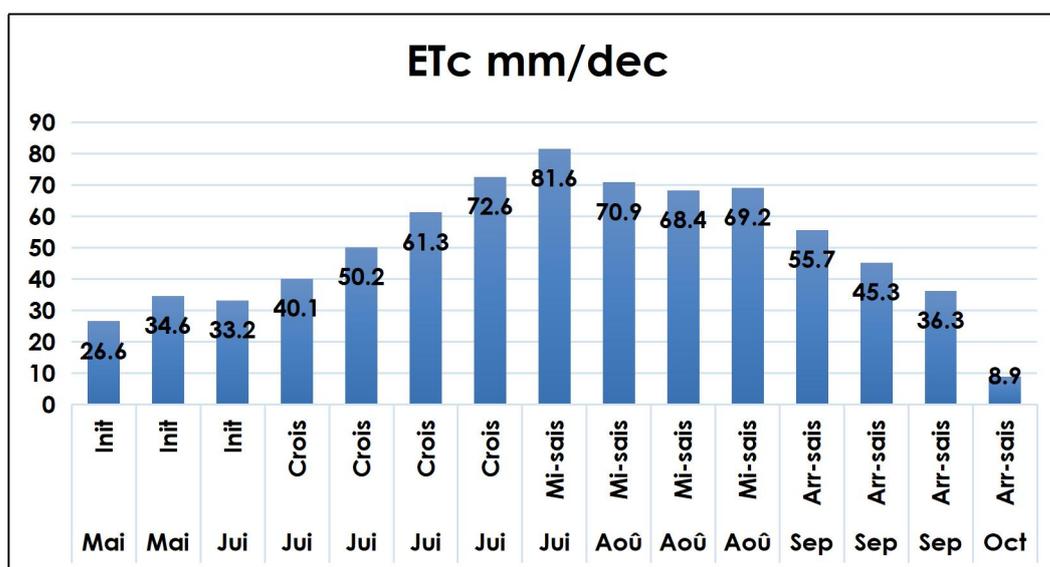


Figure N°32: Les besoins en eau de la culture ETc mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Chapitre 4: Résultats et discussions

Tableau N°25: Les besoins en eau de la culture ETc annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Année	ETc mm/dec
2010	768,7
2011	739,4
2012	1144,9
2013	747,6
2014	756,3
2015	769,7
2016	749
2017	790,3
2018	706,8
2019	790,6
2020	782,9
2021	811,4
2022	819,2
TOTAL	10376,8

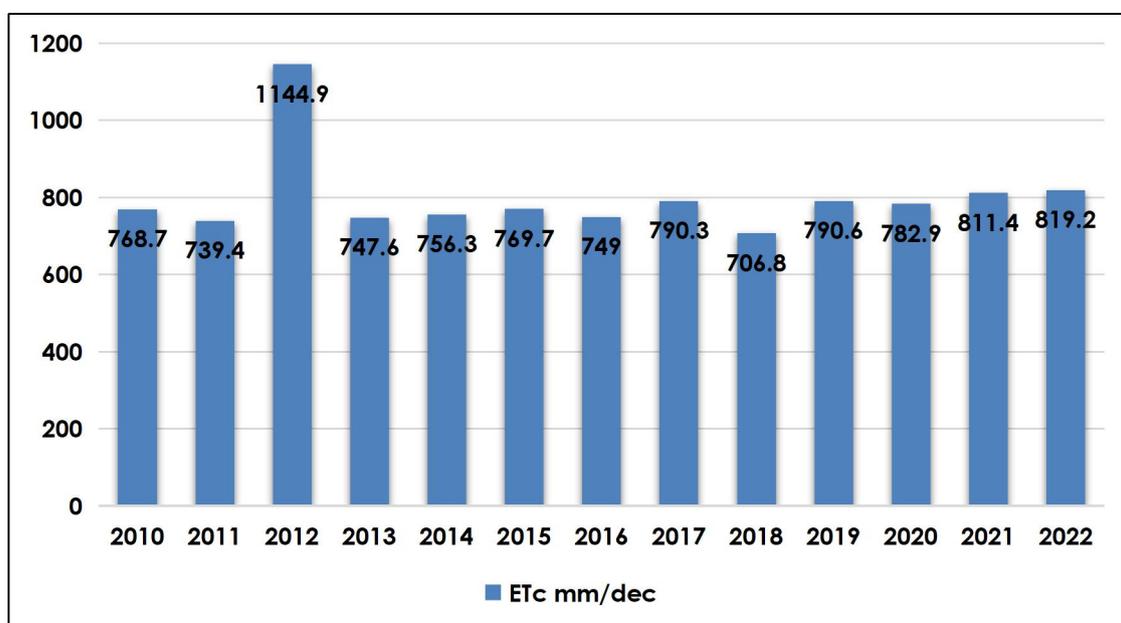


Figure N° 33 : Les besoins en eau de la culture annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

1.4. Calcul les besoins d'irrigation ETi pour la période (2010-2022)

Selon les tableaux 26 et 27 ainsi que les figures 34 et 35, il est observé que les besoins d'irrigation ETi moyenne mensuelle calculées sur une période de 13 ans (2010-2022) sont de 718,3 mm/dec, tandis que les besoins d'irrigation ETi moyenne annuelle sont de 9924 mm./dec.

Les besoins d'irrigation ETi atteignent une valeur maximale mensuelle de 81,2 mm/dec pour le mois de juillet dans la phase Mi-sais, tandis que la valeur minimale mensuelle est de 5,1 mm /dec pour le mois d'octobre dans la phase Arr-sais pour la période (2010 à 2022).

Les besoins d'irrigation ETc ont atteint une valeur maximale annuelle de 1125,2 mm /dec en 2012 et une valeur minimale annuelle de 644,1 mm /dec en 2018 pour la période (2010 à 2022).

Tableau N°26: Les besoins d'irrigation ETi mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Mois	Phase	Bes, Irr, mm/dec
Mai	Init	21,9
Mai	Init	30,9
Jui	Init	30,8
Jui	Crois	38,9
Jui	Crois	49,3
Jui	Crois	60,8
Jui	Crois	72,6
Jui	Mi-sais	81,2
Aoû	Mi-sais	70,3
Aoû	Mi-sais	67,6
Aoû	Mi-sais	67
Sep	Arr-sais	52
Sep	Arr-sais	40,2
Sep	Arr-sais	29,7
Oct	Arr-sais	5,1
TOTAL		718,3

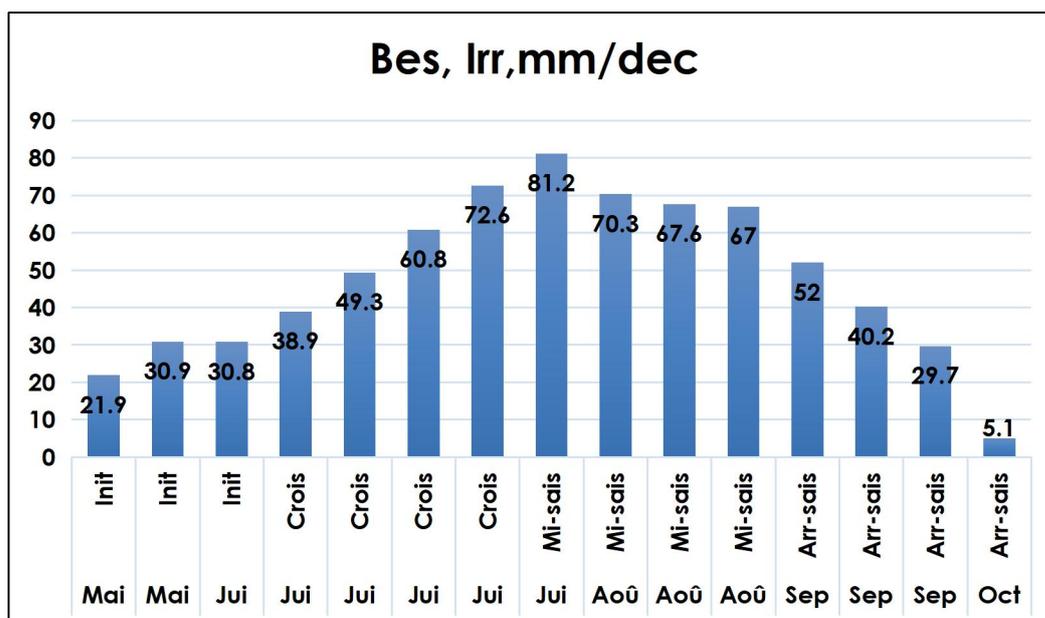


Figure N°34: Les besoins d’irrigation ETi mensuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Tableau N°27: Les besoins d’irrigation ETi annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Année	Bes, Irr, mm/dec
2010	727,5
2011	695
2012	1125,2
2013	702,3
2014	687,4
2015	748,6
2016	728
2017	770,3
2018	644,1
2019	764,2
2020	767,2
2021	795,9
2022	768,3
TOTAL	9924

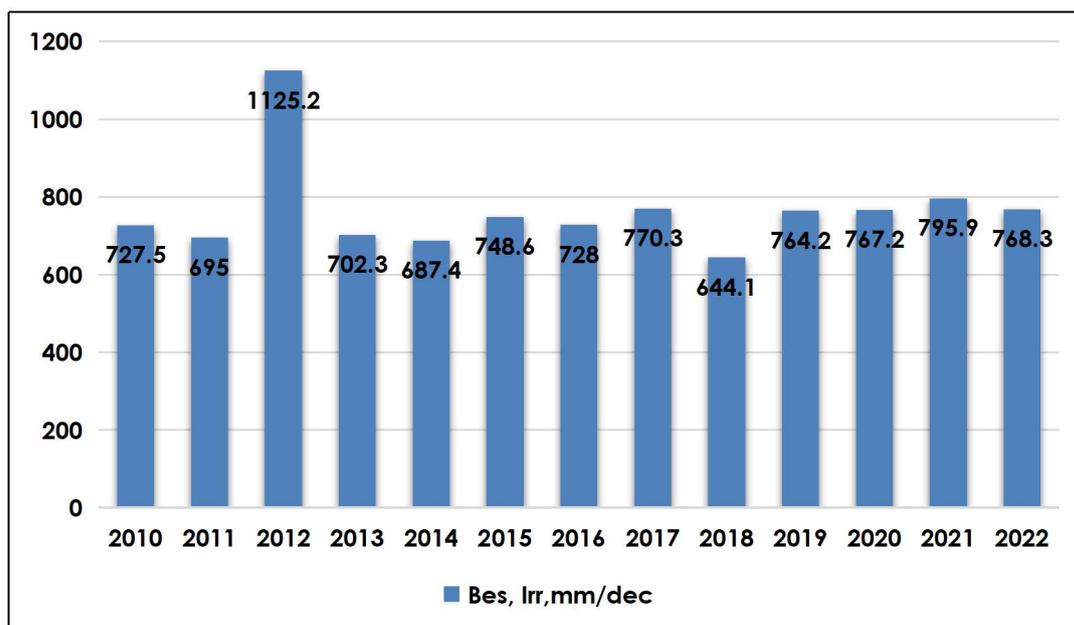


Figure N°35: Les besoins d'irrigation ETi annuelle dans la wilaya de Mostaganem durant 13 ans (2010-2022).

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif principal de notre travail est d'évaluer les besoins en eau et en évapotranspiration de référence des tomates dans la Wilaya de Mostaganem en utilisant le logiciel CROPWAT 8.0. Grâce aux variables climatiques (température, précipitation, humidité relative, vitesse du vent) et pendant l'insolation, les informations sont collectées par le site Info Climat Paris-France sur une période de 13 ans (2010-2022).

D'après les résultats obtenues on peut conclure que :

- L'ETo moyenne mensuelle calculée sur la période de 13 ans (2010-2022) par le logiciel est de 43,2 mm/jour, par contre la valeur de l'ETo moyenne annuelle est de 48,25 mm/jour.
- Précipitations efficaces P_{eff} moyenne mensuelle calculée sur la période de 13 ans (2010-2022) par le logiciel est de 326,8 mm, par contre la valeur de Précipitations efficaces moyenne annuelle est de 4124,2 mm.
- La valeur moyenne mensuelle des besoins en eau de la culture ETc calculée sur une période de 13 ans (2010-2022) par le logiciel est de 754,9 mm/déc, tandis que la valeur moyenne annuelle des besoins en eau de la culture ETc est de 10376,8 mm/déc.
- Les besoins mensuels moyens d'irrigation ETi calculés par le logiciel sur la période de 13 ans (2010-2022) sont de 718,3 mm/déc. Cependant, les besoins annuels moyens d'irrigation sont de 9924 mm/déc.

Il est essentiel de noter à la fin de cette étude que l'objectif de cette étude est de mesurer les besoins en eau et en évapotranspiration de référence mensuels de la

Conclusion générale

tomate dans la wilaya de Mostaganem. Et en le confrontant avec les besoins d'eau et d'évapotranspiration de référence annuelles.

Cependant, je tiens aussi à signaler qu'en perspective, cette étude pourrait être réalisée de nouveau avec des chercheurs afin de mieux comprendre les besoins en eau de la tomate dans la région de Mostaganem et de confirmer les résultats obtenus dans notre travail modeste.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Aime, S. (1991).** Etude Écologique De La Transition Entre Les Bioclimats Sub Humide, Semi-Aride Et Aride Dans l'Étage Thermo Méditerranéen Du Tell Oranais (Algérie Nord-Occidentale). Thèse Doc. Etat: Université Aix- Marseille3. 190 p.
- Aissa Abdi, S., & Harmouch, N. E. H. (2021).** Notes Sur Quelques Genres De Plantes Déterminants Le Long Du Littoral Mostaganémois. Synthèse Bibliographique Et Appui Avec Quelques Sorties [Mémoire, Université De Mostaganem]. [Http://e-Biblio.Univ-Mosta.Dz/Handle/123456789/19481](http://e-Biblio.Univ-Mosta.Dz/Handle/123456789/19481)
- ANDI (Agence Nationale De Développement De l'Investissement) (2013).** Rapport Sur La Wilaya De Mostaganem.
- Andriamparany, H. M. (2018).** Contribution à l'Étude Agroclimatologique De La Culture Du Sorgho Dans Les Régions d'Androy & Anosy En Utilisant Le Modèle Cropwat8.0 [Mémoire De Master, Université d'Antananarivo]. https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/32305/1/Doctoral_Thesis_Kristina_Zuza.pdf.
- Anonyme. (2003).** Cultures Horticoles. Programme National De Transfert Et Technologies En Agriculture (Pntta). 9 p.
- Anonyme. (2007).** Variétés De Tomate. Sarl Casap. (Pdf). 3 p.
- Anonyme. (2009).** Données De Faostat. Rome: Organisation Des Nations Unies Pour l'Alimentation Et l'Agriculture (Fao). Récupéré à partir de <https://www.fao.org/faostat/>
- Anonyme. (2010).** Caractéristiques Et Importance De La Tomate. Inra, Pp. 2-8.
- Atherton, D. G., & Harris, G. P. (1986).** Flowering In The Tomato Crop: A Scientific Basis For Improvement. In J. G. Atherton & J. Rudich (Eds.), Flowering In The Tomato Crop: A Scientific Basis For Improvement (Pp. 167-200). London, New York: Chapman And Hall.
- Baci, L. (1993).** Les Contraintes Du Développement De La Tomate Industrielle Et De Sa Transformation. Communications Journées d'Étude Et De Réflexion Sur La Tomate Industrielle, 26 Et 27 Avril 1993, Wilaya De Jijel.
- Belarbi, Y. (2017).** « Détermination De La Structure Du Peuplement Forestier Et Propositions d'Amélioration De La Forêt De Cap-Ivi (Wilaya De Mostaganem) .
- Belateche, A. (2005).** La Production De Tomate Industrielle : Potentiel De Quelques Pays Méditerranéens, De l'Algérie Et Ses Facteurs Limitants. Communications Journées d'Étude Et De Réflexion Sur La Tomate Industrielle, 11, 12 Et 13 Juillet 2005, Wilaya De Guelma.
- Bellal.S.A (1998).** : Les Ressources En Eau Et Leur Utilisation Dans Le Plateau De Mostaganem, Thèse De Magister. Univ. Es.Senia –Oran.
- Benchalaal. (1983).** Généralités Sur La Tomate, Production Végétale, Production Céréalière Et Fourragère. Aurès Agronome, 2-6.
- Bentvelsen, C. L. M. (1980).** Réponse Des Rendements à l'Eau. Paris: Dunod. 235 p.
- Bernard, D. (2003).** Rivers, Chemical Weathering And Earth's Climate. Sciencedirect.
- Blancard, D. (1988).** Maladies De La Tomate (Observer, Identifier, Lutter). Ed. Inra, Paris, 211 p.
- Bounihi, L. (2017).** Étude de la qualité des eaux souterraines (Région Sud Ouest) du

Références bibliographiques

Plateau de Mostaganem. Université de Mostaganem, 14-18. Disponible sur: <http://e-biblio.univmosta.dz/b>.

Caïd, N., Chachoua, M., & Berrichi, F. (2019). Analyse spatiale diachronique de l'occupation du vignoble algérien depuis 60 ans : Cas de la wilaya de Mostaganem. *Physio-Géo*, 13(1), 53–74. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.7675>.

Chaux, C. L., & Foury, C. L. (1994). *Cultures légumières et maraîchères. Tome III : Légumineuses potagères, légumes fruits*. Paris: Tec et Doc Lavoisier. (563 p.)

Chougar, S. (2011). Bioécologie De La Mineuse De La Tomate Tuta Absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) Sur Trois Variétés De Tomate Sous Serre (Zahra, Dawson Et Tavira) Dans La Wilaya De Tizi-Ouzou (Mémoire De Magister). Université De Tizi-Ouzou.

Corbineau, F., & Core, A. (2006). Dictionnaire De La Biologie Des Semences Et Des Plantules (226 p.). Éditions Tec & Doc - Lavoisier.

D.S.A. (2016). Direction Des Services Agricoles De La Wilaya De Mostaganem, Service Des Statistiques. 2016.

Debouche, N., Tadrst, F., & Pinnara, K. (2011). Manuel d'Étatisation Du Logiciel Cropwat En Français (47 p., Version 2012.01.03/11).

Doorembos, J. (1980). *Repousse Des Rendements à l'Eau*. Bulletin d'Irrigation De La Fao, (33), 230 p.

Doornbos, J. (1975). Bulletin Fao d'Irrigation Et De Drainage. Station Agro-Météorologie. Rome: Organisation Des Nations Unies Pour l'Alimentation Et l'Agriculture. 20 p.

Doré, C., & Varoquaux, F. (2006). Histoire Et Amélioration De Cinquante Plantes Cultivées. Ed. Inra, Paris. 698 p.

Douis, D. (2017). Étude de la qualité des eaux souterraines (Région Sud Ouest) du plateau de Mostaganem [Mémoire de Master, Université de Mostaganem]. Récupéré de <http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/123456789/4440/Mimo%20dijihad%202Master.pdf?sequence=1>.

FAO. (1988). Culture Protégées En Climat Méditerranéen : Etude Fao Production Végétale Et Protection Des Plantes. Edition : Fao .318p

FAO. (2016). Données De La Base Statistique De l'Organisation Des Nations Unies Pour l'Alimentation Et l'Agriculture.

FAO. (2014). Base De Données Statistiques De l'Organisation De l'Agriculture Et De l'Alimentation.

Favier, J., Ireland-Ripert, J., Toque, C., & Feinberg, M. (2003). Répertoire Général Des Aliments (Pp. 40-48). Ed. Ciqual.

Ferrah, A. (2004). *Eau Et Agriculture En Algérie*. Groupe De Recherche Pour Le Développement De l'Agriculture Algérienne. Alger. 17 p.

Gallais, A., & Bannerot, H. (1992). Amélioration Des Espèces Végétales Cultivées. Objectifs Et Critères De Sélection. Paris, France: Institut National De La Recherche Agronomique (Inra).

Références bibliographiques

- Gallais, A., & Bannerot, H. (1992).** Amélioration Des Espèces Végétales Cultivées: Objectifs Et Critères De Sélection. Paris: Inra. 765 p.
- Grasselley, D., Navez, B., & Letard, M. (2000).** *Tomate : Pour un produit de qualité.* Paris: Ctifl.
- Greco, J. (1966).** L'Érosion, La Defense Et La Restauration Des Sols, Le Reboisement En Algérie. Ministère De l'Agriculture Et De La Réforme Agraire 393 P.
- Grissa, K. (2010).** *Étude De Base Sur Les Cultures d'Agrumes Et De Tomates En Tunisie.* Regional Integrated Pest Management Program In The Near East Gtfs /Rem/070/ Ita, Juillet – Septembre 2010, 92 p.
- Guedda, K., & Djaber, O. (2016).** Évaluation du comportement de trois variétés de tomate (*Lycopersicum esculentum*) sous un stress salin. Récupéré de <http://dspace.univ-eloued.dz/xmlui/handle/123456789/1105?show=full>
- Heller, R. (1981).** Physiologie Végétale. Tome I : Nutrition (2ème Édition). Masson.
- Heller, R. (1981).** *Physiologie Végétale. Tome I : Nutrition* (2ème Édition). Paris: Masson.
- Houerou, H.N., Claudin, J., Et Pouget, M., (1977).** Étude Bioclimatique Des Steppes Algériennes Avec Une Carte Bioclimatique Au 1/1000 000; Bull. Soc. Hist. Afri. Nord : 36-40p
- Huat, J. (2008).** Diagnostic Sur La Variabilité Des Modes De Conduite d'Une Culture Et De Leurs Conséquences Agronomiques Dans Une Agriculture Fortement Soumise Aux Incertitudes: Cas De La Tomate *De Plan Champ à Mayotte* (Thèse De Doctorat). Agroparistech, Institut Des Sciences Et Industries Du Vivant Et De L'Environnement.
- Kada, A., & Baghdadi Benattia, R. (2023).** Cartographie Et Caractérisation De L'Indice Topographique Et De Végétation Du Plateau De Mostaganem (Mémoire De Master, Université De Mostaganem.
- Kherief N.S. (2006).** « Etude De La Variabilité Des Températures Extrêmes Et Pérennité Des Arbres Urbains Dans La Région De Constantine ».
- Kinet, B. (1985).** Contrôle Du Développement De l'Inflorescence De La Tomate Par Les Facteurs De l'Environnement Et Les Régulateurs De Croissance. *Revue Horticole*, n°200, Pp. 30-36.
- Kolev, N. (1976).** Les Cultures Maraîchères En Algérie. Tome I. Légumes Fruits. Alger: Ministère De L'Agriculture Et Des Réformes Agricoles. 52 p.
- Kuhn, F. (2020).** L'environnement du projet de tramway de Mostaganem. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28125.64486>.
- Labed, L. W. E., & Bentamra, Z. (2018).** Etude Technique Du Palissage Des Cultures Protégées : Cas De La Tomate. [Mémoire De Master]. Université De Mostaganem.
- Lahouel, N. (2014).** Caractérisation Édapho-Floristique Dans Les Écosystèmes Forestiers Dans La Région Du Littoral Mostaganémois (Oranie-Algérie). Thèse De Doctorat En Écologie Végétale. 17p

Références bibliographiques

Latigui, A. (1984). Effets Des Différents Niveaux De Fertilisation Potassique Sur La Fructification De La Tomate Cultivée En Hiver Sous Serre Non Chauffée (Thèse De Magister). Ina El-Harrach, Algérie.

Laumonnier, R. (1979). Cultures Légumières Et Maraîchères. Tome Iii. Paris: Éditions Baillière. 279 p.

Longuenesse, J. J. (1982). Température Nocturne Et Photosynthèse. Iii. Influence De La Température Appliquée Pendant Une Nuit Sur Les Échanges Gazeux De La Tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). *Agronomie*, 2(9), 805-811.

Megherbi, W. (2015). Université d'Oran 2 Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Géographie et Aménagement du Territoire L'ensablement, un risque négligé en zone tellienne littorale Cas de la région Mostaganem.

Merzougui, R. (2019). Estimation Des Besoins En Eau De La Phoeniciculture Par Deux Méthodes (Penman-Monteith Par Logiciel Cropwa T 8.0 Et Turc) Durant La Période (1998/2018) Dans La Région De Ziban (Biskra) (Mémoire De Master). Université De Biskra.

(M.A.D.R.P). (2017). Ministère De l'Agriculture, Du Développement Rural Et De La Pêche . Situation De l'Algérie Au Niveau Mondial Et De l'Économie Nationale.

Mouhouche, B. (1983). Essai Des Rationnements De l'Eau Sur Tomate, Recherche De Production Optimale Et Valorisation De l'Eau. Thèse De Magistère, Institut National Agronomique, Alger. 170 p.

Mouhouche, B. (2003). *Polycopie De Cours d'Irrigation*. Ina, El Harrach (Alger)

Munro, D., & Small, E. (1998). *Les Légumes Du Canada*. Nrc Researchpress.

Naika, S., Jeude, J. V. L. De, Goffau, M. De, Hilmi, M., & Dam, B. Van. (2005). La culture de la tomate

https://books.google.com/books/about/La_culture_des_tomates.html?id=nU8Qp7bQUKcC.

Nechadi, S., Benddine, F., Moumen, A., & Kheddami, M. (2002). État des maladies virales de la tomate et stratégie de lutte en Algérie. *EPPO Bulletin*, 32(1), 21–24. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2338.2002.d01-21.x>.

Omrane, S., & Zemmame, R. (2018). Aménagements Anti-Érosif Des Terres Agricoles Des Piémonts Nord-Ouest Du Dahra (W. Mostaganem) [Mémoire, Université De Mostaganem].

Ouabel, H. (2012). Contribution à l'étude des agents de dégradation des ressources en sols et en eaux dans le plateau de Mostaganem [Mémoire de Master, Université de Mostaganem]. Disponible sur: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/1215>.

Ouabel, H. (2008). L'Analyse Et La Prévention De Lutte Contre Les Incendies De Foret Cas Du Foret De Kheir Eddine Amarna. Zone Écologique Du Plateau De Mostaganem (Mémoire d'Ingénieur). Université De Mostaganem. 55 p.

Références bibliographiques

Pesson, P., & Louveaux, J. (1984). Pollinisation Et Productions Végétales. Paris: Inra.

Polese, J. M. (2007). La Culture De La Tomate. Paris: Artémis. 95 p.

Publishers, B. (2004). Ressources Végétales De l'Afrique Tropicale. Tome 2 : Légumes. Paris: Dunod. 736 p.

Raemaekers, R. (2001). *Agriculture En Afrique Tropicale*. Direction Générale De La Coopération Internationale (D-2001/02/0218/1).

Razali, M. C., & Abderrahmane, N. (2020). Contribution à l'étude de la biodiversité végétale et sa conservation dans les forêts de la région est de Mostaganem [Mémoire de Master, Université de Mostaganem]. Disponible sur: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/16153>.

Rey, Y., & Costes, C. (1965). La Physiologie De La Tomate, Étude Bibliographique. Inra. 111 p.

Saad, S. (2015). Effet De l'Interaction N×K Sur Les Paramètres Agronomiques Et Technologiques Chez Une Variété De Tomate Industrielle (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Cultivée Au Plein Champ (Mémoire De Master). Université De Tizi-Ouzou

Sadrati, N. (2011). Origines Et Caractéristiques Physico-Chimiques Des Eaux De La Wilaya De Biskra-Sud -Est Algérien (Thèse De Magistère En Hydrogéologie).

Sawadogo, K. (2013). Conduite d'Une Culture De Multiplication De Semences De Tomates d'Hivernage à La Station De Farako-Bâ. Inera Farako-Bâ, 65 p.

Smahi M. (2016). Impacts Du Changement Climatique Sur La Biodiversité Mari

Smahi.El. (2000/2001) : Etude Du Phénomène d'Ensablement Sur Le Plateau De Mostaganem Et Proposition

Smail. H. (1998) : Dynamique Agraire Dans Le Plateau De Mostaganem. Thèse De Magister Es-Sénia Oran, 218p.

Toufouti, Z. H. (2013). Contribution à l'Étude Des Maladies Bactériennes De La Tomate (*Lycopersicon Esculentum*) Cultivée En Serre Dans l'Est Algérien (Mémoire De Magister En Biologie Appliquée, Option : Microbiologie Appliquée). Université De Constantine 1, Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie, Alger, Algérie. 89 p.

Verolet, J-F. (2001). Tomate : Fiche Technique En Agriculture Biologique. Ed. A.D.A.B, 9 p.

Références bibliographiques

Yousfi, M. (2018). Développement De La Technologie Agro-Alimentaire Dans La Région De Touat Cas De La Conserverie De Tomate De Reggane (Mémoire De Master). Université De Adrar.

Zemouri, W. (2022). *Inventaires Floristiques Des Formations Végétales Du Littoral Oranais : Cas De La Wilaya De Mostaganem* (Mémoire De Master). Université De Tlemcen.

Zhuang, A. (1982). La Fertilisation Des Cultures Légumières (1re Éd.). N.V.U.F.L.E.C.,

Les sites

<https://interieur.gov.dz/Monographie/index.php?wil=27>.

<https://wilaya-mostaganem.dz/dairas-et-communes/>

<http://elearning.univ-biskra.dz/moodle2019/mod/resource/view.php?id=24529/>

Annexes

Annexes

l'ETo pour la période (2010-2022) de la tomate

ETo Penman-Monteith par mois - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\MO...

Pays Location 12 Station MOSTAGANEM

Altitude 11 m. Latitude 35.73 °N Longitude 0.65 °O

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m ² /jour	ETo mm/jour
Janvier	0.5	21.4	100	121	3.4	7.5	1.16
Février	-2.1	24.0	97	242	4.2	10.1	2.10
Mars	2.1	27.6	89	181	5.6	14.3	2.90
Avril	4.6	30.4	86	242	5.9	17.1	3.98
Mai	6.6	34.4	87	242	7.1	20.2	4.93
Juin	10.9	37.9	83	302	6.8	20.2	5.84
Juillet	15.0	41.0	87	302	7.9	21.5	6.19
Août	15.6	40.1	89	242	8.1	20.6	5.58
Septembre	12.5	36.4	87	181	6.6	16.3	4.22
Octobre	8.0	33.5	94	181	5.3	12.0	3.04
Novembre	4.6	27.5	92	181	3.5	8.0	2.00
Décembre	1.9	23.1	95	121	3.3	6.9	1.26
Moyenne	6.7	31.4	90	212	5.6	14.6	3.60

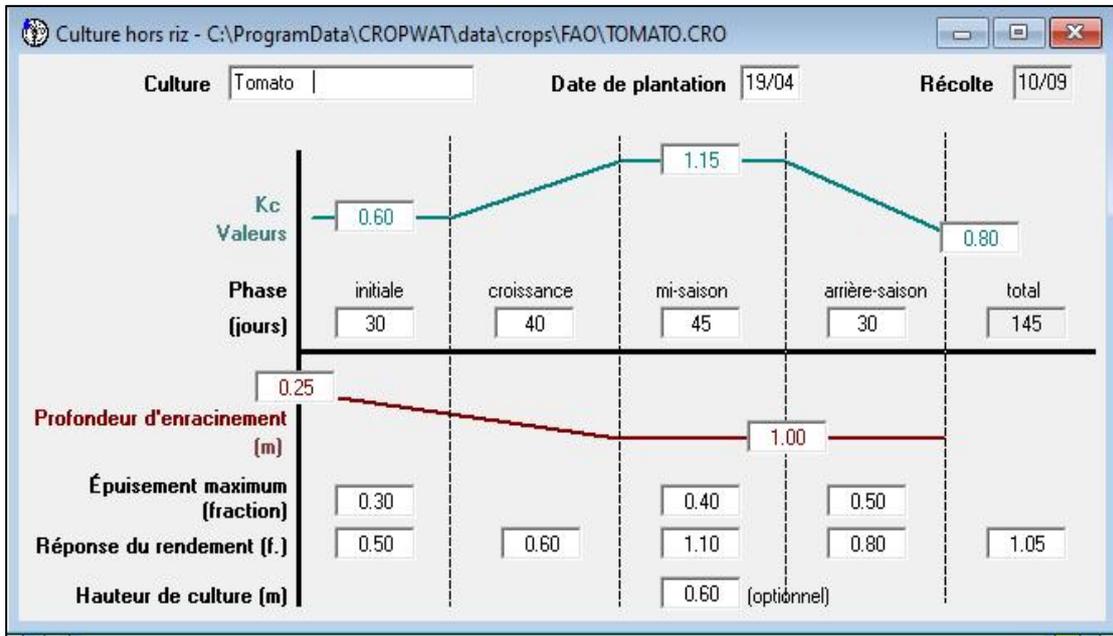
des Précipitations efficaces pour la période (2010-2022) de la tomate

Précipitations par mois - C:\ProgramData\CROPWAT\data\rain\Précip 2010-2022.C...

Station MOSTAGANEM Méthode Précipitations eff. **Méthode USDA S.C.**

	Pluie mm	Pluie eff. mm
Janvier	61.3	55.3
Février	34.5	32.6
Mars	42.8	39.9
Avril	35.3	33.3
Mai	15.5	15.1
Juin	4.4	4.4
Juillet	1.0	1.0
Août	3.6	3.6
Septembre	15.7	15.3
Octobre	30.3	28.8
Novembre	59.8	54.1
Décembre	47.0	43.5
Total	351.2	326.8

Annexes



Sol - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\RED SANDY.SOI

Nom du sol: RED SANDY

Données générales sur le sol

Eau disponible totale (CC - PF)	100.0	mm/mètre
Taux d'infiltration maximum de l'eau de pluie	30	mm/jour
Profondeur maximum d'enracinement	900	centimètres
Épuisement de la teneur en eau initiale (en % TAM)	0	%
Eau disponible initiale	100.0	mm/mètre

Annexes

les besoins d'irrigation ETi pour la période (2010-2022) de la tomate

Besoins en eau des cultures							
Station ETo MOSTAGANEM				Culture Tomato			
Station Pluie MOSTAGANEM				Date de plantation 19/04			
Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Avr	2	Init	0.60	2.39	4.8	2.3	4.8
Avr	3	Init	0.60	2.58	25.8	9.4	16.4
Mai	1	Init	0.60	2.77	27.7	6.9	20.8
Mai	2	Crois	0.60	2.98	29.8	4.7	25.1
Mai	3	Crois	0.73	3.81	41.9	3.6	38.3
Jui	1	Crois	0.90	4.96	49.6	2.5	47.2
Jui	2	Crois	1.06	6.17	61.7	1.2	60.5
Jui	3	Mi-sais	1.21	7.18	71.8	0.9	70.9
Jui	1	Mi-sais	1.24	7.61	76.1	0.5	75.5
Jui	2	Mi-sais	1.24	7.79	77.9	0.1	77.8
Jui	3	Mi-sais	1.24	7.50	82.5	0.5	82.0
Aoû	1	Mi-sais	1.24	7.17	71.7	0.6	71.0
Aoû	2	Arr-sais	1.18	6.60	66.0	0.8	65.3
Aoû	3	Arr-sais	1.05	5.40	59.4	2.2	57.2
Sep	1	Arr-sais	0.92	4.31	43.1	3.8	39.4
					789.8	40.0	752.1

Annexes

Calendrier d'irrigation des cultures

Station ETc: MOSTAGANEM Culture: Tomato Date de plantation: 19/04 Baisse Rdt: 0.0 %
 Station Pluie: MOSTAGANEM Sol: RED SANDY Date de récolte: 10/09

Format Tableau
 Calendrier irrigation
 Bilan hydrique journalier

Échéance: Irriguer à l'épuisement maximum
 Apport: Recharger sol à la capacité au champ
 Eff. au champ: 70 %

Date	Jour	Phase	Pluie	Ks	Etr	Épuis.	Irr. Net.	Déficit	Perte	Irr. Brut.	Débit
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
22 Avr	4	Init	0.0	1.00	100	34	9.9	0.0	0.0	14.2	0.41
26 Avr	8	Init	0.0	1.00	100	31	10.3	0.0	0.0	14.7	0.43
1 Mai	13	Init	0.0	1.00	100	34	13.1	0.0	0.0	18.7	0.43
9 Mai	21	Init	0.0	1.00	100	33	15.8	0.0	0.0	22.6	0.33
16 Mai	28	Init	0.0	1.00	100	33	18.3	0.0	0.0	26.1	0.43
22 Mai	34	Croiss.	0.0	1.00	100	32	19.6	0.0	0.0	27.9	0.54
29 Mai	41	Croiss.	0.0	1.00	100	36	24.9	0.0	0.0	35.5	0.59

Utilisation potentielle d'eau par culture: 785.5 mm Besoins en eau réels: 761.8 mm
 Efficacité calendrier d'irrigation: 100.0 % Efficacité des précipitations: 61.3 %
 Inefficacité calendrier d'irrigation: 0.0 %

Baisses du rendement

Phase	A	B	C	D	Saison	
Baisses de l'ETc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Facteur Réponse du rendement	0.50	0.60	1.10	0.80	1.05	
Baisse du rendement	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%
Baisse cumulée du rendement	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%