



République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université abbès laghrou - khenchela



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des sciences biologiques de l'environnement  
Spécialité Ecologie et Environnementale

### MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

FILIERE : Écologie Et Environnement

OPTION : Protection Des Ecosystèmes

*Thème*

## **Impact du changement climatique sur les régimes climatiques futurs en zone semi-aride : cas de la wilaya Tébessa**

Présenté par :

Bouali Rouba

Zouaoui Wafa

Soutenu le : 00/00/2025

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

Président Dr Ziouch Omar Ramzi (MCA) Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Encadreur Dr Daifallah Tarek (MCA) Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Examineur Dr Boulabeiz Mahrez (MCA) Univ. Abbès Laghrou – Khenchela

Année universitaire 2024/ 2025

## *Remerciements*

*En premier lieu, nous exprimons notre gratitude envers ALLAH pour son soutien et sa patience, nous permettant ainsi de réaliser ce travail.*

*Nous souhaitons exprimer notre gratitude sincère et chaleureuse envers notre superviseur, Monsieur. TAREK DAIFALLAH est reconnu pour son souci, sa bienveillance et son soutien pédagogique et scientifique offert.*

*Enfin, nous sommes extrêmement reconnaissants envers toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide, notamment tous nos enseignants.*

## *Dédicace*

*Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude envers Dieu Tout  
Puissant pour m'avoir accordé la volonté et la force nécessaires  
pour mettre un terme à cette œuvre modeste.*

*À ma mère, une mère très tendre et plus grande, qui me donne  
de l'amour, de la Avec de la douceur et de l'espoir, elle n'a pas  
cessé de me soutenir.*

*À mon cher père, je suis reconnaissant pour ses efforts, son  
soutien et la sécurité qu'il me procure, ainsi que pour tous les  
sacrifices qu'il a faits.*

*Les paroles ne sont pas assez pour exprimer sa gratitude.*

*A mon encadreur : Tarek Daifallah*

*À mes amis qui m'ont partagé un moment agréable, quelques  
événements remplis de bonheur et de joie pendant mes 5 années  
d'études universitaires que je garderai précieusement en  
mémoire.*

## ملخص

تدرس هذه المذكرة تأثير التغير المناخي على الأنظمة المناخية في ولاية تبسة (شمال شرق الجزائر)، وهي منطقة شبه قاحلة معرضة للمخاطر المناخية. تتكون الدراسة من ثلاثة فصول، وتجمع بين مراجعة نظرية للتغير المناخي، وتحليل للاتجاهات التاريخية (1901-2023)، والإسقاطات المستقبلية (حتى عام 2100) بناءً على سيناريوهات SSP2-4.5 (المتوسط) و SSP5-8.5 (المتشائم). تم الحصول على البيانات من بوابة المعرفة للتغير المناخي (البنك الدولي)، ومعالجتها باستخدام المخطط الحراري المطري لباغنولز وغوسين (1953) لتحديد فترات الجفاف.

كشفت النتائج عن ارتفاع في درجات الحرارة يتراوح من +2.4 إلى +6.8 درجة مئوية في الصيف ومن +1.7 إلى +4.0 درجة مئوية في الشتاء بحلول عام 2100 حسب السيناريوهات المختلفة. كما أظهرت انخفاضاً في هطول الأمطار بنسبة تراوح من 11.6% إلى 56.5% للحد الأقصى ومن 17.4% إلى 56.5% للحد الأدنى. بالإضافة إلى امتداد الفترات الجافة من 1.5 إلى 5 أشهر إضافية، مع خطر الجفاف شبه السنوي تحت سيناريو SSP5-8.5 في عام 2100. تؤكد هذه الإسقاطات على ضرورة وضع استراتيجيات التكيف العاجلة لإدارة المياه والزراعة، بما يتماشى مع التحديات المناخية الإقليمية.

**الكلمات المفتاحية:** التغير المناخي؛ تبسة؛ سيناريوهات SSP؛ المخطط الحراري المطري؛ الجفاف.

Abstract :

This thesis studies the impact of climate change on the climatic regimes of the wilaya of tébessa (northeastern Algeria), a semi-arid area vulnerable to climatic hazards. Structured in three chapters, it combines a theoretical review on climate change, an analysis of historical trends (1901–2023), and future projections (up to 2100) based on the SSP2-4.5 (intermediate) and SSP5-8.5 (pessimistic) scenarios. The data comes from the Climate Change Knowledge Portal (World Bank), processed using the ombrothermic diagram of Bagnouls and Gaussen (1953) to identify periods of drought.

The results reveal: An increase in temperatures: +2.4 to +6.8 °C in summer and +1.7 to +4.0 °C in winter by 2100 according to the scenarios. A decrease in precipitation: a reduction of 11.6% to 56.5% for the maxima and 17.4% to 56.5% for the minima. An extension of dry periods: from 1.5 to 5 additional months, with a risk of near-annual drought under SSP5-8.5 by 2100. These projections highlight the urgency of adaptation strategies for water management and agriculture, aligned with regional climate challenges.

**Keywords:** Climate change; Tébessa; SSP scenarios; Ombrothermic diagram; Drought

## Résumé :

Ce mémoire étudie l'impact du changement climatique sur les régimes climatiques de la wilaya de Tébessa (Nord-est algérien), une zone semi-aride vulnérable aux aléas climatiques. Il combine une revue théorique sur le changement climatique, une analyse des tendances historiques (1901–2023) et des projections futures (jusqu'en 2100) basées sur les scénarios SSP2-4.5 (intermédiaire) et SSP5-8.5 (pessimiste). Les données proviennent du Climate Change Knowledge Portal (Banque mondiale), traitées via le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) pour identifier les périodes de sécheresse.

Les résultats révèlent 2100 selon les scénarios. Une baisse des précipitations : réduction de 11,6 % à 56,5 % pour les maxima et de 17,4 % à 56,5 % pour les minima. Une extension des périodes sèches : de 1,5 à 5 mois supplémentaires, avec un risque de sécheresse quasi-annuelle sous SSP5-8.5 en 2100. Ces projections soulignent l'urgence de stratégies d'adaptation pour la gestion de l'eau et l'agriculture, alignées sur les enjeux climatiques régionaux

**Mots clés :** Changement climatique ; Tébessa ; Scénarios SSP ; Diagramme ombrothermique ; Sécheresse

## Liste des indices et sigles

NASA National Aeronautics and Space Administration

GIEC Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

CCKP Climate Change Knowledge Portal

SSP scénarios socio-économiques partagés

## Table de matière

### Table des matières

<i>Remerciements</i> .....	I
<i>Dédicace</i> .....	II
<b>ملخص</b> .....	III
Abstract .....	III
Résumé.....	IV
Liste des indices et sigles.....	V
Table de matière.....	VI
Liste de figures.....	VIII
Liste des tableaux.....	IX
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	X
I. Introduction .....	1
<b>Chapitre I : Généralité sur le changement Climatique</b> .....	3
I.1 Introduction.....	4
<b>1. La définition du climat</b> .....	4
<b>2. Classification du climat</b> .....	5
<b>3. Climat mondial</b> .....	5
<b>4. Climat en Afrique du Nord</b> .....	5
<b>5. Climat en Algérie</b> .....	6
<b>6. Climat à Tébessa, Algérie</b> .....	6
<b>7. Le changement climatique</b> .....	7
7.1. Les principaux indicateurs du changement climatique .....	7
<b>8. Les causes de changement climatique</b> .....	8
<b>9. Méthodes d'étude du changement climatique</b> .....	9
<b>Conclusion</b> .....	10
<b>Chapitre II. Evolution du climat, historique et projection future à la wilaya Tebessa</b> .....	11
<b>1. Introduction</b> .....	12
<b>2. La zone d'étude:</b> .....	12
<b>3. Changement climatique à la wilaya de Tebessa.</b> .....	18
<b>4. Problématique étudiée</b> .....	18
<b>5. Source des données</b> .....	19
<b>6. Méthodologie</b> .....	19
6.1. Définition des scénarios socio-économiques (SSP) .....	19

<b>7. Les résultats .....</b>	<b>20</b>
<b>7.1. Évolution historique des précipitations annuelles dans la région de Tébessa.....</b>	<b>20</b>
7.2 Evolution historique des températures moyennes annuelles .....	22
<b>8. Projections Climatiques à Tébessa (Algérie).....</b>	<b>22</b>
8.3. Evolution des températures moyennes annuelles à Tébessa (Multi-modeles).....	26
<b>Conclusion .....</b>	<b>29</b>
<b>Chapitre III : Evolution future du régime climatique à Tébessa .....</b>	<b>31</b>
1. Introduction .....	32
<b>2. Méthode de conception du diagramme Ombrothermique .....</b>	<b>32</b>
<b>3. Résultats et discussion .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Scenario SSP2.4.5.....</b>	<b>33</b>
3.2 Scenario SSP5.8.5 .....	35
Conclusion .....	39
Conclusion générale .....	41
Références .....	41

## Liste de figures

Figure 1 . Pollution atmosphérique industrielle (Source : Internet) .....	9
Figure 2 Pollution atmosphérique industrielle (Source : Internet) .....	13
Figure 3 Carte des réseaux hydrographique de la wilaya de Tébessa .....	14
Figure 4 Carte des sols de la wilaya de Tébessa .....	15
Figure 5 Carte des reliefs de la wilaya de Tébessa.....	17
Figure 6 Évolution des précipitations moyennes annuelles à Tébessa (1901–2023) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP) .....	21
Figure 7 Evolution des températures moyennes annuelles (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP).....	22
Figure 8 Projection des températures moyennes mensuelles à Tébessa (2020–2099) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP).....	23
Figure 9 Évolution des Précipitations Mensuelles sous un Scénario Intermédiaire (SSP2-4.5) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP).....	25
Figure 10 Température Moyenne à Tebessa (Multi-Scenarios) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP).....	27
Figure 11 Projections de Précipitations (Multi-Scenarios) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP).....	28
Figure 12 Diagrammes Ombrothermiques selon SSP2.4.5.....	35
Figure 13 Diagrammes Ombrothermiques selon SSP5.8.5.....	37

**Liste des tableaux**

Tableau 1 : variations temporelles des indices climatiques étudiés à Tebessa .....36

# INTRODUCTION GENERALE

## **I. Introduction**

Le changement climatique désigne une transformation à long terme des modèles climatiques mondiaux ou régionaux, pouvant s'étendre de plusieurs décennies à des millions d'années. Il est attribué à des facteurs naturels internes au système climatique terrestre ou à des influences externes qui entraînent des modifications durables des paramètres statistiques du climat, que ce soit à l'échelle mondiale ou locale. Selon le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2021), le changement climatique est défini comme une « transformation à long terme des modèles climatiques mondiaux ou régionaux, pouvant s'étendre de décennies à des millions d'années, attribuée à des facteurs naturels internes ou à des influences externes sur le système climatique terrestre ».

Le système climatique reçoit presque toute son énergie du soleil et le système climatique envoie de l'équilibre dans l'énergie entrante et sortante, ainsi que le passage de l'énergie à travers le système climatique déterminent le budget énergétique de la terre.

Le changement climatique représente l'un des défis les plus pressants de notre époque, avec des répercussions particulièrement marquées dans les régions arides et semi-arides comme l'Algérie. Notre étude se concentre sur l'analyse de l'impact du changement climatique sur les régimes climatiques de la wilaya de Tébessa, située dans le Nord-est algérien, une région caractérisée par sa vulnérabilité aux aléas climatiques.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres principaux :

Généralités sur le changement climatique : Ce chapitre pose le cadre théorique en présentant les concepts clés, les causes et les manifestations globales du changement climatique.

Évolution du climat : historique et projections futures à Tébessa : Nous y analysons les tendances climatiques passées et futures de la région, en nous appuyant sur des données scientifiques récentes.

Étude de l'évolution du climat à Tébessa à l'aide du diagramme ombrothermique : Ce chapitre constitue la partie pratique de notre travail. Il utilise le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) pour identifier les périodes de sécheresse et évaluer l'évolution des paramètres climatiques.

Les données climatiques utilisées proviennent du Climate Change Knowledge Portal (Banque mondiale) et sont traitées selon deux scénarios du GIEC :

SSP2-4.5 (scénario intermédiaire)

SSP5-8.5 (scénario pessimiste)

Les résultats sont analysés sur quatre périodes du XXI<sup>e</sup> siècle (2020-2039 ; 2040-2059 ; 2060-2079 ; 2080-2099), permettant une vision détaillée des tendances à court, moyen et long terme.

Cette recherche vise, à travers une méthodologie simple, à comprendre comment le climat de Tébessa évolue sous l'effet du réchauffement planétaire, évaluer les risques climatiques à savoir les sécheresses, et fournir des données scientifiques utiles pour l'adaptation et la planification territoriale.

En combinant approche théorique et analyse pratique, ce mémoire contribue à une meilleure connaissance des impacts locaux du changement climatique, essentielle pour des politiques environnementales efficaces.

## Chapitre I : Généralité sur le changement Climatique

## **I.1 Introduction**

Le climat de la Terre est sujet à des variations en fonction du temps et de la localisation géographique depuis des milliers d'années. Toutefois, les changements climatiques que nous observons aujourd'hui semblent s'être intensifiés au cours des dernières décennies. Ces transformations, souvent lentes et progressives, rendent difficile leur perception immédiate par les populations. (IPCC, 2021)

Dans ce contexte, il est naturel que le public s'interroge sur la validité de ces phénomènes, leurs causes profondes, leur évolution future et, surtout, leurs impacts à court et à long terme sur la qualité de vie, la santé, les écosystèmes et l'économie. (WHO, 2021).

Face à ces préoccupations, la science tente d'apporter des réponses, même si celles-ci demeurent parfois incomplètes ou provisoires. Ces réponses doivent néanmoins être fondées sur une démarche rigoureuse et objective, principe fondamental de toute investigation scientifique. (Oreskes, N. 2018).

Dans ce chapitre, nous aborderons le concept de climat, les caractéristiques du changement climatique, ainsi que les méthodes utilisées pour en étudier les mécanismes.

### **1. La définition du climat**

Le climat est un élément naturel fondamental qui influence de manière significative les activités humaines, telles que la production agricole, la consommation d'énergie ou encore l'exploitation de ressources comme l'eau (Lobell, D.B et al 2007).

Il se définit comme la moyenne des conditions atmosphériques — notamment la température, les précipitations et l'humidité — observées sur une période d'au moins 30 ans dans une région donnée. Cette moyenne est calculée à partir de données mensuelles et annuelles issues de mesures locales, telles que la température, la pression atmosphérique, les précipitations, l'ensoleillement et le taux d'humidité. (Jones et al., 2012)

## **2. Classification du climat**

La classification du climat consiste à regrouper les différents types de climats observés sur la planète en fonction de critères spécifiques, tels que la température, les précipitations, la saisonnalité et la végétation. Parmi les systèmes les plus utilisés, la classification de Köppen-Geiger est la plus répandue (Köppen, 1884). Elle distingue plusieurs grands types de climats :

- tropical,
- aride,
- tempéré,
- continental,
- polaire,

Chacun subdivisé en sous-catégories selon des seuils climatiques précis.

Cette classification permet non seulement de mieux comprendre les zones climatiques mondiales, mais aussi d'analyser les effets du climat sur les écosystèmes, l'agriculture et les modes de vie humains. Elle est un outil essentiel pour les études environnementales, la gestion des ressources naturelles et la planification territoriale.

## **3. Climat mondial**

Le climat de notre planète varie considérablement d'une région à une autre. Il peut être tropical, polaire, continental, méditerranéen, etc. Le système climatique mondial est complexe, mais il est aujourd'hui mieux compris grâce aux avancées scientifiques. Ce système est influencé par de nombreuses interactions entre la surface terrestre (continents, océans) et l'atmosphère. (Giorgi, F. 2019., NASA 2023).

Des phénomènes de grande échelle, comme El Niño, ont un impact significatif sur le climat global. Actuellement, le climat mondial se réchauffe principalement sous l'effet des activités humaines, en particulier les émissions de gaz à effet de serre. ( Cai, W. et al. 2015)

#### **4. Climat en Afrique du Nord**

L'Afrique du Nord est une région caractérisée par des climats divers, allant du climat méditerranéen au nord jusqu'au climat désertique au sud. La région est dominée par des étés chauds et secs, et des hivers doux à modérément pluvieux dans les zones côtières. (Fick, S.E. & Hijmans, R.J. 2017)

Cette diversité climatique est influencée par la latitude, le relief, la proximité de la mer Méditerranée, ainsi que par des phénomènes climatiques régionaux et globaux.

##### **1. Climat en Algérie**

Avec une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup>, l'Algérie présente une grande variété de climats. Le nord du pays bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs. En revanche, la majeure partie du territoire, notamment le sud, est dominée par un climat désertique, chaud et aride. (Meddi, M. et al. 2020).

Entre ces deux zones climatiques principales, on trouve des climats de transition, comme le climat semi-aride, où la sécheresse ne se limite plus à la saison estivale. On y rencontre également un climat méditerranéen à influences montagnardes, plus rigoureux, avec des hivers froids et des étés modérément chauds. (Taibi, S. et al. 2020).

Globalement, l'Algérie fait partie de la zone subtropicale, où le climat dominant est chaud et sec.

##### **2. Climat à Tébessa, Algérie**

Située à l'est de l'Algérie, près de la frontière tunisienne, la wilaya de Tébessa connaît un climat semi-aride à influence continentale. Les étés y sont chauds et secs, tandis que les hivers sont froids, parfois rigoureux, avec de faibles précipitations réparties principalement en automne et en hiver. (Bensaad, M.S. et al. 2022).

La localisation géographique et l'altitude de Tébessa influencent fortement son climat, rendant cette région sensible aux variations climatiques et aux périodes de sécheresse prolongée.

### 3. Le changement climatique

Le changement climatique désigne une modification durable des paramètres statistiques du climat, tels que les moyennes et la variabilité des conditions climatiques

Ces changements s'étendent sur des périodes allant de plusieurs décennies à des millions d'années et peuvent concerner le climat mondial ou les climats régionaux. (Masson-Delmotte, V. et al. 2013).

Ces modifications peuvent être causées par des processus internes à la Terre (comme les variations volcaniques), des facteurs externes (tels que les variations de l'activité solaire), ou, plus récemment, par les activités humaines, notamment les émissions de gaz à effet de serre. (Trenberth, K.E. 2022).

Dans certaines régions, on observe non seulement des modifications du climat, mais aussi des variations dans leur rythme. Le climat moyen comprend divers éléments que nous associons habituellement à la météorologie : la température, la direction et la force des vents, les précipitations, ainsi que la durée d'ensoleillement. (Le Treut, H et al 2007)

Lorsque l'on parle de changement climatique à l'échelle mondiale, il s'agit des transformations affectant l'ensemble de la planète. Face à ce phénomène, il devient urgent de développer rapidement des stratégies à long terme pour atténuer ses effets, en particulier dans le domaine de la protection des écosystèmes naturels (Tabet, 2008).

#### 3.1. Les principaux indicateurs du changement climatique

Le changement climatique se manifeste à travers plusieurs indicateurs mesurables à l'échelle mondiale et régionale(GIEC 2021). Parmi les plus importants, on peut citer :

- L'augmentation de la température moyenne mondiale : l'un des signes les plus évidents, avec une hausse continue observée depuis le début du XXe siècle.
- La fonte des glaciers et des calottes polaires : en particulier en Arctique et en Antarctique, contribuant à l'élévation du niveau des mers.

- La montée du niveau des océans : causée par la dilatation thermique de l'eau et la fonte des glaces.
- La diminution de l'étendue de la banquise : notamment en été, dans l'océan Arctique.
- L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes : vagues de chaleur, sécheresses, inondations, tempêtes et cyclones.
- Les modifications des régimes de précipitations : certaines régions connaissent des épisodes de sécheresse plus longs, tandis que d'autres subissent des pluies plus abondantes.
- L'acidification des océans : due à l'absorption accrue de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), ce qui menace la vie marine.

#### **4. Les causes de changement climatique**

En règle générale, le changement climatique est causé par toute hausse de la concentration de GES dans l'atmosphère. Ce surcroît de volume de GES pourrait provenir de diverses sources : des sources naturelles, externes, mais principalement d'origine humaine. [\(NASA. \(2023\)\)](#)

Le réchauffement climatique d'origine humaine est engendré par les activités nuisibles exercées par l'homme qui modifient la composition de l'atmosphère. Ces activités polluantes se traduisent principalement par l'émission de GES (figure 3) :

- ✓ L'utilisation de technologies sophistiquées et la surconsommation d'énergies fossiles
- ✓ Les émanations issues des usines, des véhicules et des feux de broussailles.
- ✓ L'élimination des forêts et d'autres ressources naturelles
- ✓ Les différentes formes de pollution.



Figure 1 . Pollution atmosphérique industrielle (Source : Internet)

## 5. Méthodes d'étude du changement climatique

Mesures directes :

Utilisation de stations météorologiques, satellites et bouées océaniques pour enregistrer des données sur la température, les précipitations, les niveaux de mer, la concentration de gaz à effet de serre, etc. (Météo-France. 2022)

### Archives climatiques (ou données indirectes) :

Analyse de carottes glaciaires, cernes d'arbres, sédiments marins, coraux permettant de reconstituer le climat passé sur des milliers d'années.

Modèles climatiques :

Simulations informatiques complexes qui reproduisent le système climatique terrestre pour prévoir l'évolution future du climat en fonction de différents scénarios d'émissions.

Asus Rog Zephyrus  
2025-06-17 21:19:06

les sous titres en gras

que terrestre pour

**Observation par satellite :**

Suivi à grande échelle de phénomènes climatiques (fonte des glaces, couverture nuageuse, élévation du niveau de la mer, déforestation, etc.).

Analyses statistiques et tendances à long terme :

Étude de séries de données climatiques sur plusieurs décennies pour identifier des tendances significatives et durables.

**Conclusion**

Le changement climatique constitue aujourd’hui un défi majeur pour l’humanité. Sa compréhension nécessite une approche scientifique rigoureuse, intégrant l’analyse des données passées et présentes, ainsi que des projections futures. Face à ses conséquences croissantes, il est crucial d’agir dès maintenant pour limiter ses effets et préserver notre environnement.

*Chapitre III. Evolution du climat, historique et projection future à la wilaya Tebessa*

## **1 Introduction**

Le changement climatique représente aujourd'hui l'un des plus grands défis environnementaux et sociaux au niveau mondial. Ses effets sont particulièrement ressentis dans les zones semi-arides, comme la région de Tébessa, où les ressources en eau sont limitées et la variabilité climatique élevée. Ce chapitre vise à analyser l'évolution historique du climat de la wilaya de Tébessa et à projeter son évolution future, à travers l'étude de la température et des précipitations.

### **2. La zone d'étude:**

La wilaya de Tébessa se situe à l'extrême nord-est de l'Algérie, occupant une position stratégique en bordure de la Tunisie sur une longueur de 297 km. Elle fait partie de la région des Hauts Plateaux Est et s'étend sur une superficie d'environ 13 260 km<sup>2</sup>, avec un périmètre total de 720,3 km.

Elle est limitée par :

Au nord : la wilaya de Souk Ahras

À l'est : la frontière tunisienne

À l'ouest : les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi

Au sud : la wilaya d'El Oued

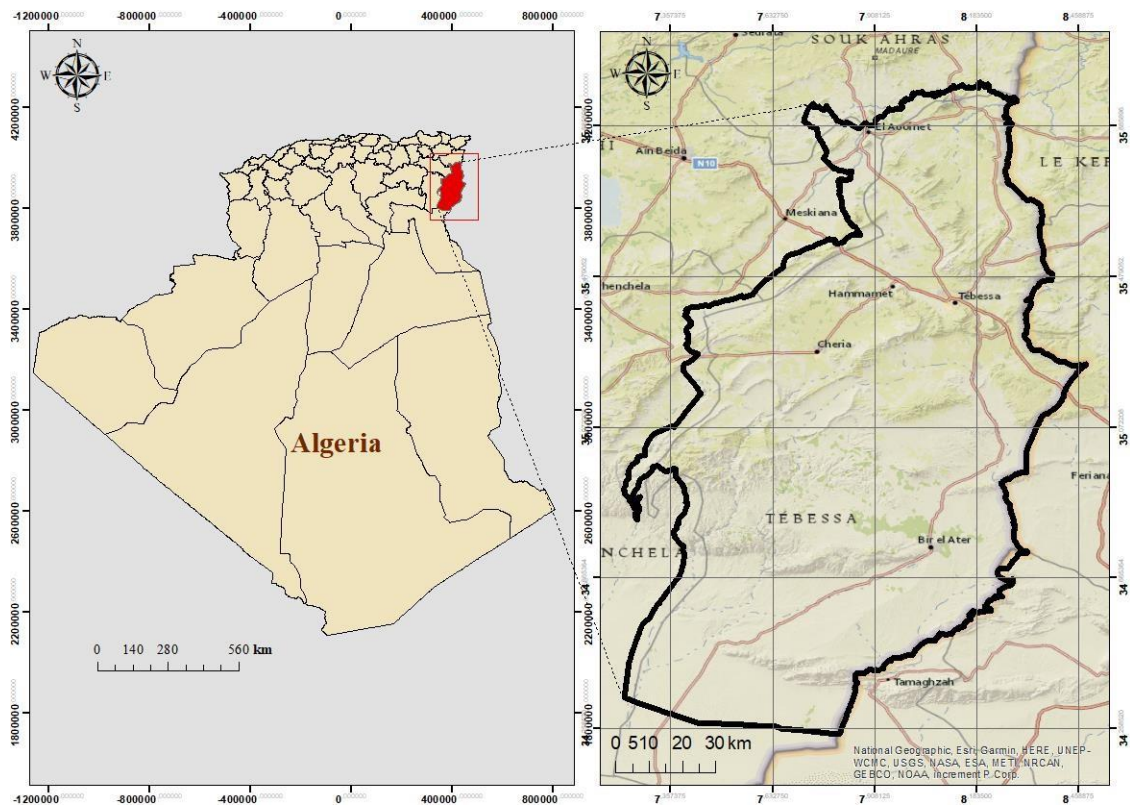


Figure 2 situation géographique (Source National geographic Esri ;HE

Asus Rog Zephyrus  
2025-06-17 21:22:38

---

situation géographique ; et non  
pollution atmos  
ainsi que la source  
par un plateau  
6 km à vol d'oiseau

Le relief de la wilaya se compose au nord des monts de Tébessa, qui font ainsi que des hauts plateaux et hautes plaines, tandis que le sud est dominé par un plateau saharien. La ville de Tébessa, chef-lieu de la wilaya, est située à environ 6 km à vol d'oiseau de la frontière tunisienne, entre le massif de l'Aurès et cette frontière. Elle se trouve également à 130 km au sud de Souk Ahras, 233 km d'Annaba, 200 km de Constantine et 634 km au sud-est d'Alger.

Climatiquement, la wilaya présente une grande diversité avec quatre étages bioclimatiques allant du sub-humide au saharien doux. Elle recouvre deux grands bassins hydrographiques : celui de l'Oued Medjerda au nord et celui de l'Oued Melghir au sud.

En résumé, la wilaya de Tébessa est une région frontalière à l'extrême est de l'Algérie, caractérisée par un paysage mêlant montagnes et zones sahariennes, et jouant un rôle géographique clé pour les échanges avec la Tunisie.

Coordonnées géographiques :

Longitude : de 7,228264999° à 8,479964003°

Latitude : de 34,24259200° à 36,00346400°

Superficie : environ 13 260 km<sup>2</sup>

Périmètre : 720,3 km

Le réseau hydrographique de la wilaya de Tébessa

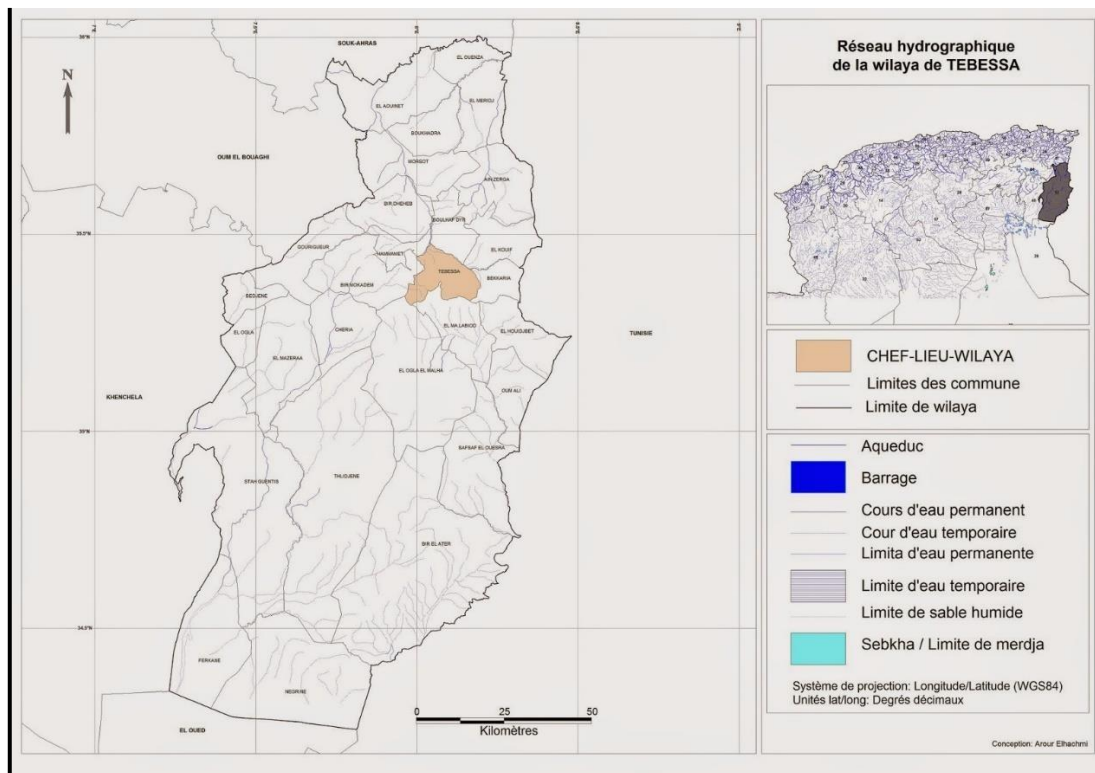


Figure 3 Carte des réseaux hydrographique de la wilaya de Tébessa

La wilaya de Tébessa est parcourue par un réseau hydrographique dense et complexe, réparti entre deux grands bassins versants distincts :

Au nord, la région est dominée par le bassin versant de l'Oued Medjerda, qui se divise en quatre sous-bassins. Ce bassin est alimenté par plusieurs cours d'eau majeurs tels que l'Oued Mellégue, l'Oued Chabro, l'Oued Serdiess, l'Oued Ksob et l'Oued El-Kebir. L'écoulement y est exoréique, ce qui signifie que les eaux s'écoulent vers l'extérieur du bassin, irrigant les territoires situés au nord.

Au sud, la wilaya fait partie du bassin versant de l'Oued Melghir, caractérisé par un écoulement endoréique, c'est-à-dire une rétention interne des eaux. Ce bassin est drainé par plusieurs oueds, notamment l'Oued Cheria, l'Oued Helail, l'Oued Mechra, l'Oued Safsaf, l'Oued Gheznet, l'Oued Djarech et l'Oued Serdiass, qui alimentent des zones d'épandage situées dans la partie méridionale de la wilaya.

L'ensemble du réseau hydrographique de la wilaya s'étend sur environ 470 km de cours d'eau, reflétant une morphologie en cuvette qui influence fortement les conditions de drainage, surtout dans un contexte climatique semi-aride.

En somme, la wilaya de Tébessa dispose d'un réseau hydrographique bien développé, structuré autour des bassins de l'Oued Medjerda au nord et de l'Oued Melghir au sud, avec une grande diversité de cours d'eau jouant un rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau et la gestion agricole locale.

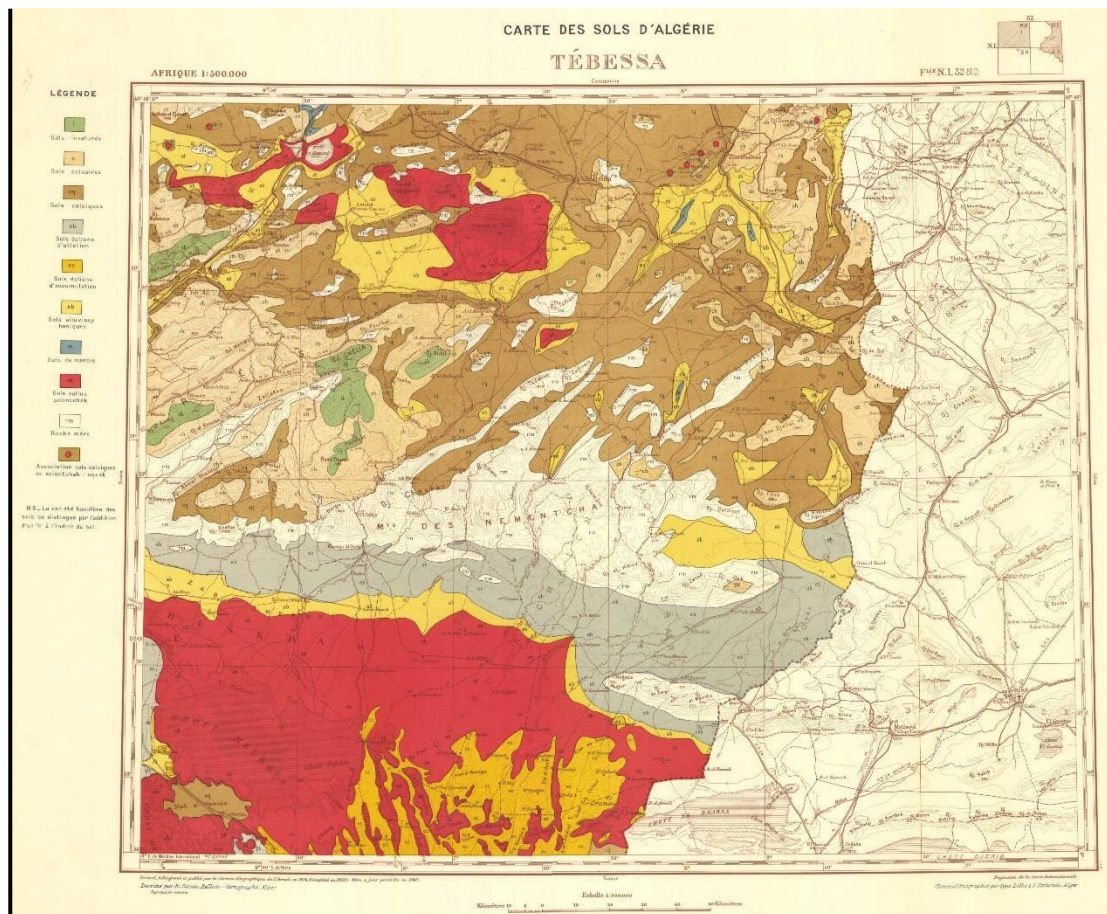


Figure 4 Carte des sols de la wilaya de Tébessa

source c'est : Barbut, M.M et al, 1948

La carte des sols de la wilaya de Tébessa est disponible notamment sous la forme de la feuille N.I. 32-N.O. à l'échelle 1/500 000, réalisée par le Service Géographique de l'Armée et accessible via le portail ESDAC. Cette carte pédologique détaille la répartition des différents types de sols dans la région.

Les sols de la zone, en particulier autour de la ville de Tébessa, présentent des caractéristiques argileuses, argilo-marneuses, marneuses et limoneuses, avec une forte plasticité. Ces sols sont classés dans les catégories A2, A3 et A4 et sont connus pour leur cohérence variable selon la teneur en eau, ce qui peut engendrer des phénomènes de gonflement susceptibles d'endommager les infrastructures.

L'étude des sols gonflants dans la ville de Tébessa a montré que ces sols ont un tamisât supérieur à 35 % à 80  $\mu\text{m}$ , des indices de plasticité compris entre 14 et 42, et des valeurs de bleu de méthylène entre 5,67 et 7,8, confirmant leur nature très plastique et leur sensibilité à la variation hydrique.

Ces informations sont essentielles pour la gestion agricole, la construction et l'aménagement du territoire dans la wilaya, compte tenu de la diversité pédologique et des risques liés aux sols argileux.

En résumé, la carte des sols de Tébessa met en évidence une diversité pédologique dominée par des sols argileux et marneux, avec des zones sensibles au gonflement, ce qui nécessite une prise en compte spécifique dans les projets d'ingénierie et d'agriculture.

Les reliefs de la wilaya de Tébessa

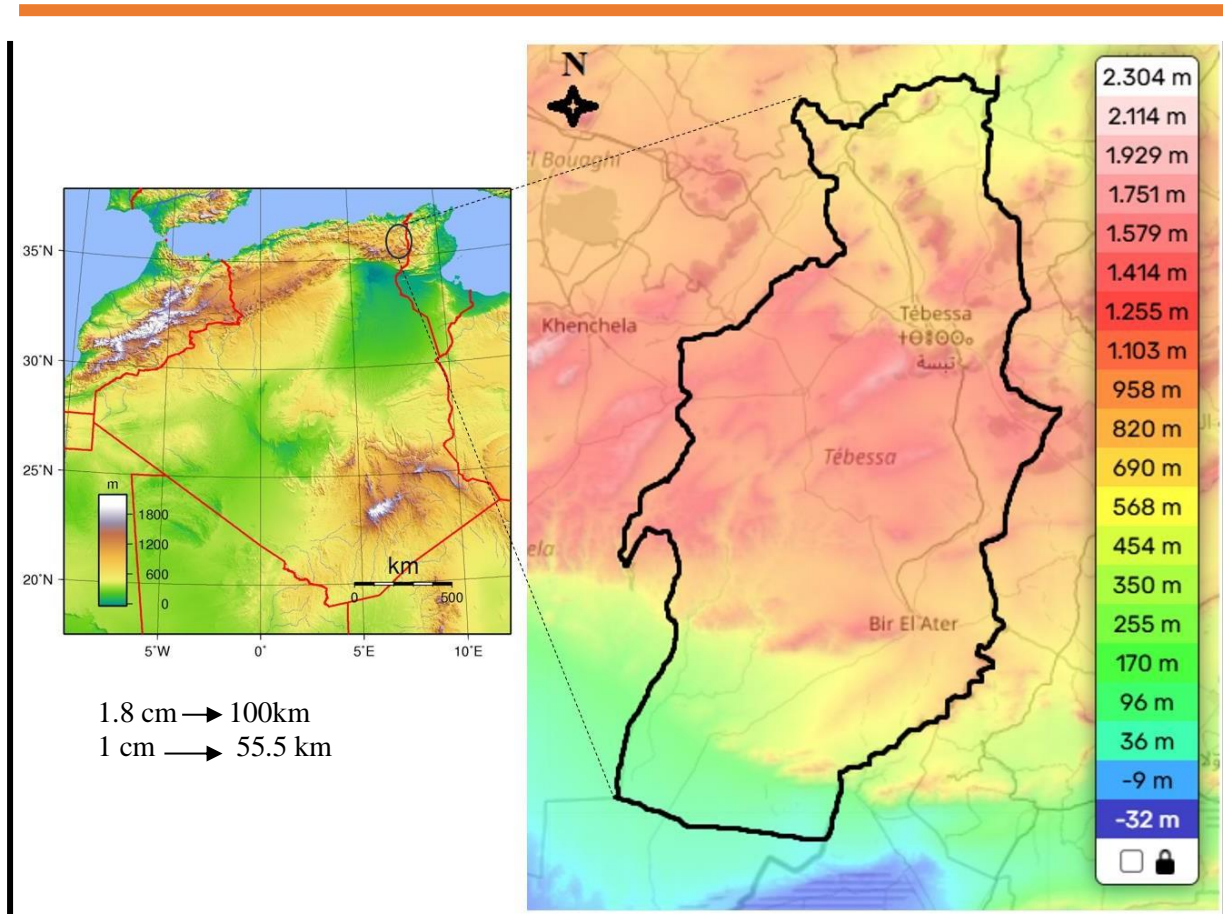


Figure 5 Carte des reliefs de la wilaya de Tébessa

La wilaya de Tébessa présente un relief varié, dominé au nord par les monts de Tébessa, qui font partie de l'Atlas, ainsi que par les hauts plateaux et hautes plaines. Au sud, la région est caractérisée par un plateau saharien.

La ville de Tébessa elle-même est située à un point de contact entre montagne et plaine, s'étendant sur un versant rocheux et dans la plaine environnante. Le massif du Djebel Doukane se trouve au sud de la ville, qui domine le bassin de l'Oued Mellègue.

L'altitude moyenne dans la wilaya est d'environ 757 mètres, avec des variations allant d'un minimum de 21 mètres à un maximum pouvant atteindre 2 130 mètres, ce qui traduit une topographie assez contrastée.

Pour une visualisation précise, des cartes topographiques interactives sont disponibles, permettant de consulter les altitudes et les formes du relief de Tébessa et de sa wilaya.

En résumé, le relief de la wilaya de Tébessa combine des montagnes, des hauts plateaux et des plaines sahariennes, offrant une diversité géographique notable entre le nord montagneux et le sud désertique.

### **3. Changement climatique à la wilaya de Tebessa.**

La wilaya de Tébessa, caractérisée par un climat semi-aride, connaît des impacts significatifs liés au changement climatique, notamment une variabilité accrue des précipitations. Sur une période de 38 ans (1982-2019), les données météorologiques montrent une tendance à la baisse des précipitations annuelles, du nombre de jours de pluie, ainsi que des intensités maximales journalières. Cependant, on observe une augmentation du nombre de jours avec des précipitations très fortes ( $\geq 20$  mm) et une hausse de la quantité moyenne d'eau tombant par jour de pluie.

Cette évolution se traduit par une fréquence accrue d'événements pluvieux extrêmes, responsables d'inondations dévastatrices, comme celle survenue en 2018. Ces inondations sont aggravées par l'urbanisation croissante et l'implantation de constructions sur les rives des cours d'eau, qui modifient le risque naturel de crue.

Par ailleurs, le changement climatique contribue à la dégradation des sols, à la baisse de la qualité des terres agricoles et des parcours, ainsi qu'à la diminution quantitative et qualitative des ressources en eau dans la région, ce qui affecte directement la sécurité alimentaire et les écosystèmes locaux.

En résumé, la wilaya de Tébessa subit une variabilité climatique marquée par une diminution générale des précipitations mais une augmentation des pluies extrêmes, entraînant des risques accrus d'inondations et une pression croissante sur les ressources naturelles, nécessitant des stratégies d'adaptation et de gestion intégrée des risques climatiques.

### **4. Problématique étudiée**

La région de Tébessa connaît depuis plusieurs décennies une augmentation notable des températures moyennes annuelles et une diminution progressive des précipitations. Ces transformations climatiques posent de sérieux problèmes pour les activités agricoles, la

gestion de l'eau et les conditions de vie des populations. Ce chapitre cherche à comprendre l'évolution passée du climat, à identifier les tendances actuelles, et à anticiper les changements futurs à l'aide de projections climatiques.

### **5. Source des données :**

Les données climatiques utilisées dans cette étude proviennent du 360 Climate Change Knowledge Portal (CCKP), un portail international qui fournit des données historiques et des projections futures basées sur plusieurs scénarios d'émission (SSP). Ce site permet une évaluation précise des risques climatiques à différentes échelles temporelles et géographiques.

### **6. Méthodologie**

L'étude repose sur :

- L'analyse de données historiques (1994–2014) sur les températures et les précipitations.
- L'exploitation de modèles climatiques projetés jusqu'en 2100, basés sur différents scénarios socio-économiques (SSP1-1.9, SSP2-4.5, SSP5-8.5).
- L'interprétation des courbes climatiques obtenues à partir de ces données, pour évaluer les tendances, anomalies, et écarts saisonniers.

#### **6.1. Définition des scénarios socio-économiques (SSP)**

Les scénarios socio-économiques partagés (SSP – Shared Socioeconomic Pathways) sont des trajectoires élaborées par la communauté scientifique pour modéliser les impacts futurs du changement climatique selon différents choix politiques, économiques et technologiques. Chaque scénario combine des hypothèses sur le développement humain, les politiques climatiques et les niveaux d'émission de gaz à effet de serre. Voici ceux utilisés dans cette étude :

- SSP1-1.9 : Scénario optimiste à très faibles émissions. Il suppose une coopération internationale forte, des politiques climatiques ambitieuses, une transition rapide vers les énergies

renouvelables et un développement durable. L'élévation de la température est limitée à moins de 1,5°C d'ici 2100.

- **SSP2-4.5:**

Scénario intermédiaire. Il reflète une continuité des tendances actuelles, avec des efforts modérés pour atténuer les émissions. Le réchauffement global est plus marqué, atteignant environ 2,5 à 3°C d'ici la fin du siècle. Ce scénario est souvent considéré comme une voie « médiane » entre inaction et action forte.

- **SSP5-8.5**

Scénario pessimiste à très fortes émissions. Il suppose une croissance économique rapide reposant massivement sur les combustibles fossiles, sans mise en œuvre significative de politiques climatiques. Ce scénario conduit à un réchauffement de plus de 4°C d'ici 2100, avec des effets climatiques extrêmes.

## **7. Les résultats**

### **7.1.Évolution historique des précipitations annuelles dans la région de Tébessa**

L'analyse des données climatiques de la période 1901 à 2023 révèle une variabilité importante des précipitations annuelles à Tébessa, marquée par des phases de sécheresse, d'instabilité, puis un déclin progressif.

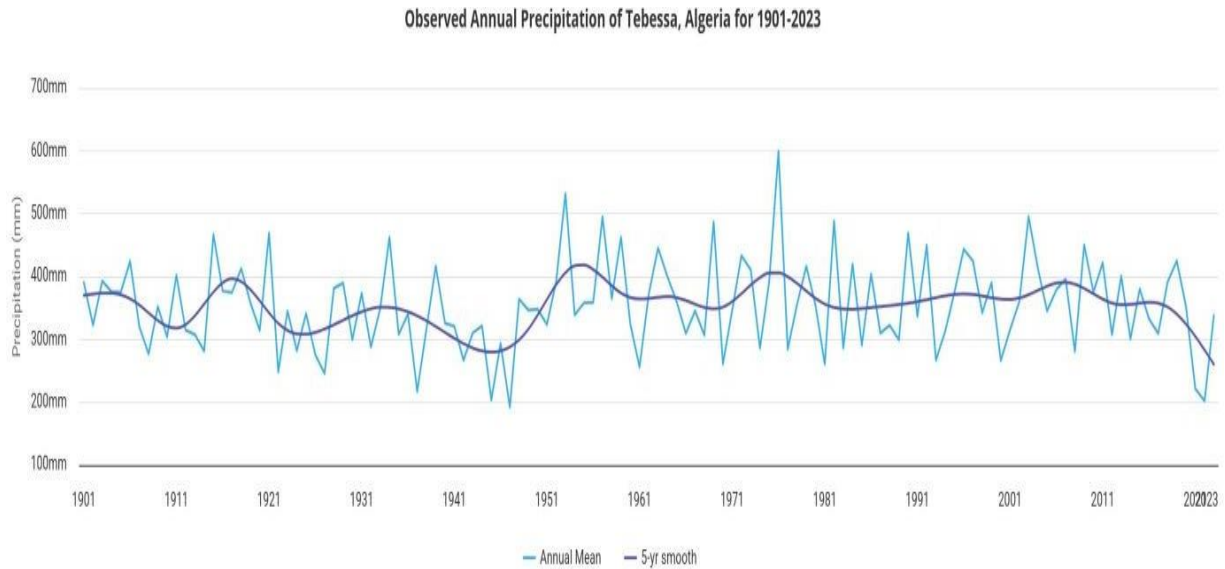


Figure 6 Évolution des précipitations moyennes annuelles à Tébessa (1901–2023) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP)).

Le graphique représente la quantité de précipitations annuelles en millimètres à Tébessa pour chaque année. La période de 1901 à 1940 est globalement sèche, avec des précipitations oscillant majoritairement entre 300 mm et 450 mm par an, montrant une tendance relativement stable. En revanche, la période de 1941 à 1970 est plus humide et instable, marquée par des pics importants comme en 1957, où les précipitations dépassent les 600 mm. La période suivante, de 1971 à 2000, correspond au début d'un déclin, avec une moyenne annuelle située autour de 400 à 450 mm. Entre 2001 et 2023, une tendance plus nette à la baisse est observée, avec une diminution progressive du niveau de précipitations annuelles ; plusieurs années, notamment en 2008, 2015 et 2021, enregistrent des valeurs inférieures à 350 mm. En conclusion, l'analyse de ces données montre une variabilité importante des précipitations à Tébessa, suivie d'une tendance générale à la baisse.

## 7.2 Evolution historique des températures moyennes

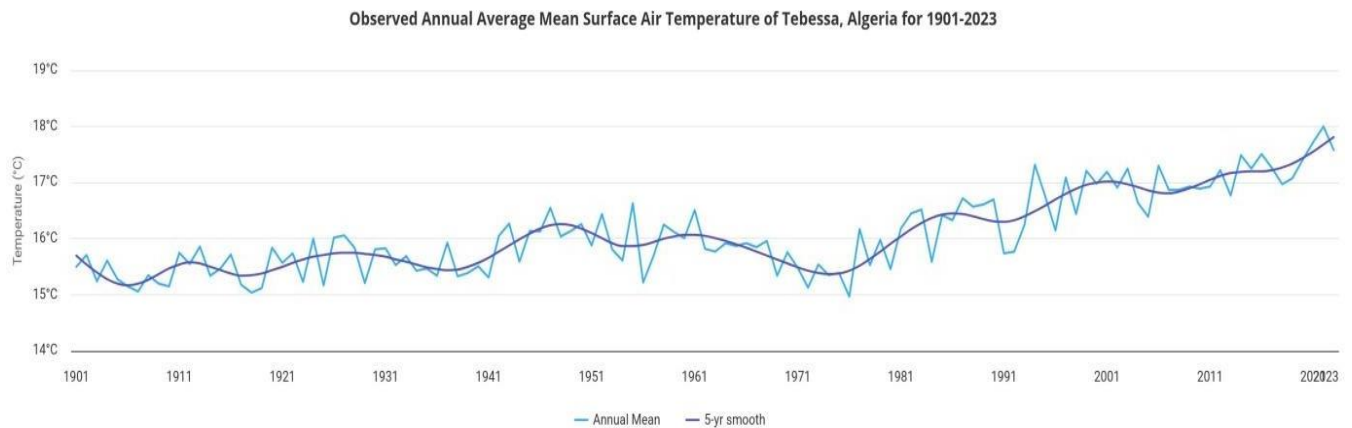


Figure7 :Evolution des températures moyennes annuelles (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP)).

Le graphique montre l'évolution de la température annuelle moyenne de l'aire à la surface à Tébéssa entre 1901 2023, on distingue deux principales période ; la première s'étale de 1901 à 1975 ; cette période caractérisée par une stabilité des températures moyennes annuelles entre 15 et 16,5 °C. La deuxième période allant de 1975 à 2023 présente une claire tendance à la hausse des températures moyenne annuelles. Ou ces dernières atteignent 18 a l'année 2023. Soit une augmentation d'environ 3°C dans 48 ans.

Cette évolution des températures constitue un indicateur fort de la vulnérabilité de cette région face au changement climatique actuel.

## 8. Projections Climatiques à Tebessa (Algérie) :

### 8.1 Températures

Les données climatiques issues de modèles de projection future montrent une augmentation significative des températures moyennes mensuelles à Tébéssa durant la période 2080–2099, par rapport à la période de référence historique 1995–2014.

Cette analyse repose sur plusieurs scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, notamment :

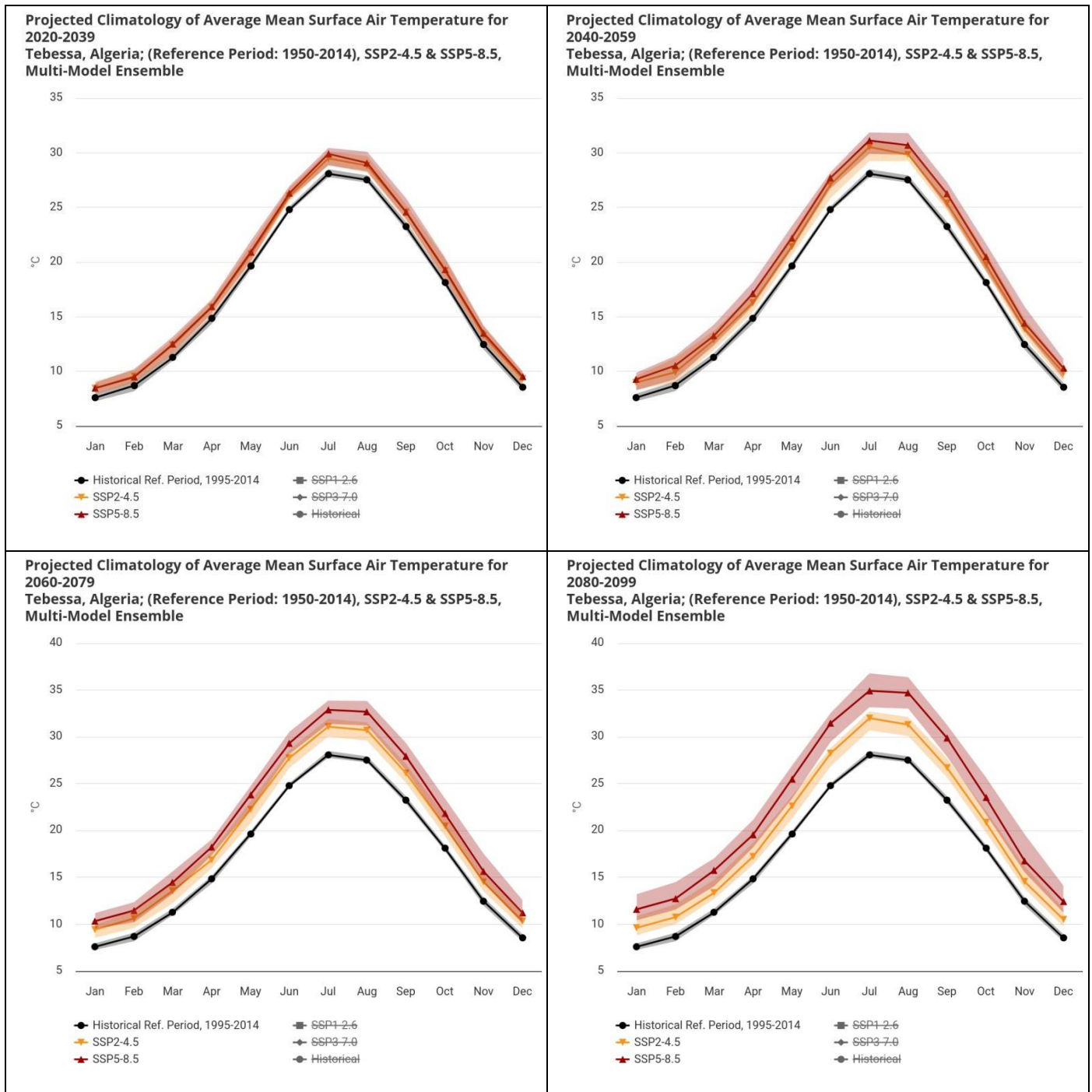


Figure 8 Projection des températures moyennes mensuelles à Tébesa (2020–2099) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP)).

Les projections climatiques pour la région de Tébesa, en Algérie, indiquent une augmentation progressive de la température moyenne de l'air en surface au cours du XXIe siècle, avec des variations significatives selon les scénarios socio-économiques (SSP). Par

rapport à la référence historique (1950-2014), où les températures moyennes annuelles avoisinaient 15-17°C, les projections montrent une hausse de +1,5 à +2,5°C pour la période 2020-2039, atteignant +2,5 à +4°C en 2040-2059 selon les scénarios. Cette tendance s'accroît nettement en seconde moitié de siècle, avec des augmentations de +3 à +5°C pour 2060-2079 et +4 à +7°C pour 2080-2099. Les différences entre scénarios deviennent particulièrement marquées : le scénario SSP5-8.5 prévoit des hausses extrêmes de +6-7°C en fin de siècle, tandis que SSP2-4.5 se limite à +4-5°C et SSP1-2.6 à +2-3°C. Les mois estivaux (juin-août), actuellement autour de 25-28°C, pourraient connaître des températures dépassant 30-35°C en fin de siècle sous SSP5-8.5, avec des pics dépassant potentiellement 40°C. Ces projections, basées sur des modèles multi-ensembles, soulignent l'urgence de mesures d'atténuation, particulièrement face au scénario SSP5-8.5 qui entraînerait des conditions climatiques extrêmes incompatibles avec les écosystèmes et activités humaines actuelles de la région. Une analyse complémentaire des précipitations et événements extrêmes permettrait d'affiner l'évaluation des risques climatiques futurs

8.2.Présentation

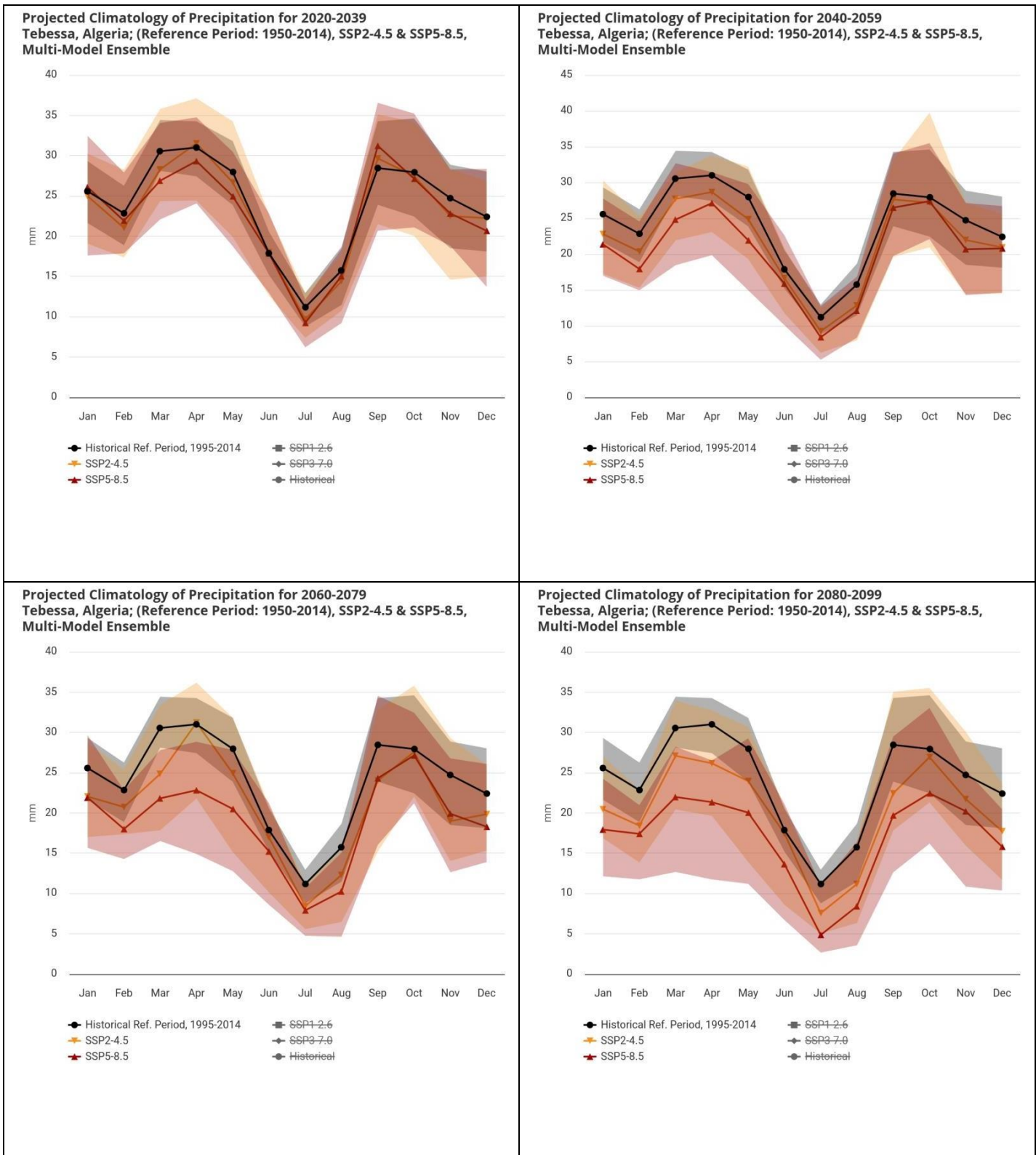


Figure 9 Évolution des Précipitations Mensuelles sous un Scénario Intermédiaire (SSP2-4.5) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP).

L'examen des prévisions de précipitations futures pour la province de Tébessa, comparées à la période de référence historique (1950–2014), met en lumière plusieurs changements notables dans la répartition saisonnière des précipitations, selon les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre SSP2.4.5 et SSP5.8.5.

Ces projections climatiques sur les périodes 2020-2039, 2040-2059, 2060-2079 et 2080-2099, comparées à la référence historique (1950-2014/1995-2014), révèlent une transformation profonde du régime pluviométrique méditerranéen traditionnel (hivers humides de novembre à mars, étés secs de juin à août). Tous les scénarios SSP montrent une diminution progressive des précipitations annuelles, particulièrement marquée en fin de siècle (2080-2099) avec des réductions variant selon les scénarios : 20-30% pour SSP5-8.5 (haute émission), 10-20% pour SSP2-4.5 (intermédiaire). Cette aridification s'accompagne d'une modification saisonnière, avec des étés presque sans pluie (surtout en SSP5-8.5), des printemps (mars-avril) moins arrosés. L'évolution temporelle montre une aggravation continue : variations modestes (-5 à +5%) en 2020-2039, début de baisse (-10%) en 2040-2059, diminution nette (-15 à -20%) en 2060-2079, jusqu'à une situation critique (-20 à -30%) en 2080-2099 sous SSP5-8.5. Ces changements entraîneront des stress hydriques accrus (pénuries d'eau), une vulnérabilité des cultures pluviales (céréales, oliviers), et paradoxalement un risque accru d'événements extrêmes (pluies intenses provoquant érosion et inondations ponctuelles). Bien que les projections pluviométriques présentent plus d'incertitudes que celles des températures (en raison de la complexité des processus atmosphériques), et que les effets locaux (relief, proximité méditerranéenne) puissent moduler ces tendances, l'ensemble des modèles s'accorde sur une aridification marquée de la région, nécessitant des stratégies d'adaptation urgentes dans la gestion de l'eau et l'agriculture.

## 8.2. Evolution des températures moyennes annuelles à Tebessa (Multi-modeles)

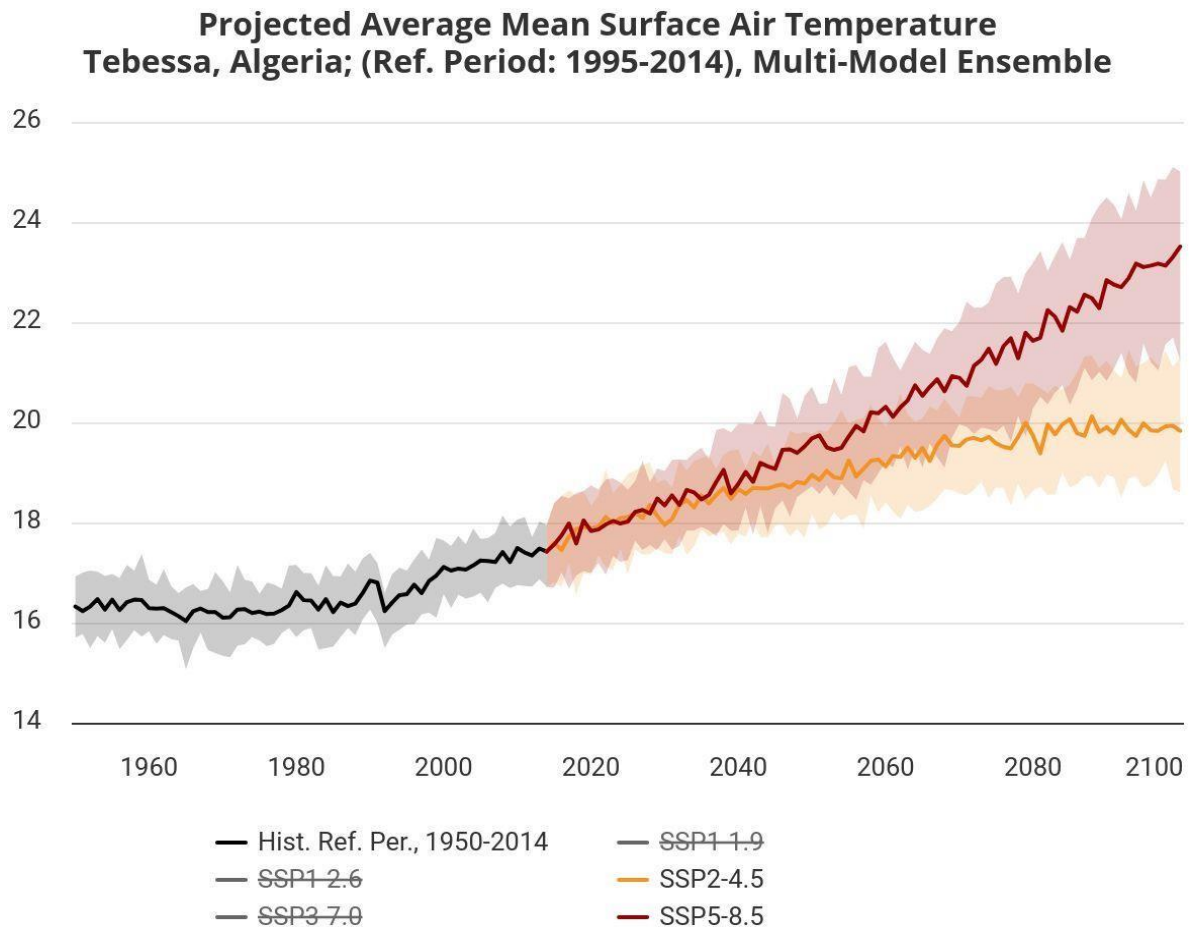


Figure 10 Température Moyenne à Tebessa (Multi-Scenarios) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP)).

L'illustration ci-dessus présente l'estimation de la température moyenne annuelle de l'air à Tebessa, en Algérie, en se basant sur une période historique allant de 1950 à 2014, tout en intégrant des projections futures fondées sur différents scénarios socio-économiques (SSP1-1.9, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5). L'ensemble des courbes révèle une tendance générale à l'augmentation des températures moyennes, quelle que soit la trajectoire suivie. Au cours de la période de référence, la température moyenne annuelle tourne autour de 17 °C. Cependant, à partir de 2020, les scénarios commencent à diverger, traduisant un réchauffement plus ou moins prononcé selon le niveau des émissions futures.

Le scénario SSP1-1.9, basé sur de faibles émissions, montre une augmentation modérée des températures, reflétant l'effet d'une politique climatique efficace et ambitieuse. Le scénario intermédiaire SSP2-4.5 projette une élévation graduelle des températures, qui pourrait atteindre environ 21 °C d'ici 2100. En revanche, le scénario SSP5-8.5, associé à des émissions élevées, anticipe une hausse rapide et significative, pouvant dépasser les 25 °C à la fin du siècle. L'écart croissant entre les scénarios met en évidence l'impact crucial des décisions politiques et économiques sur l'évolution du climat futur.

8.3. Synthèse des Projections de Précipitations (Multi-modeles)

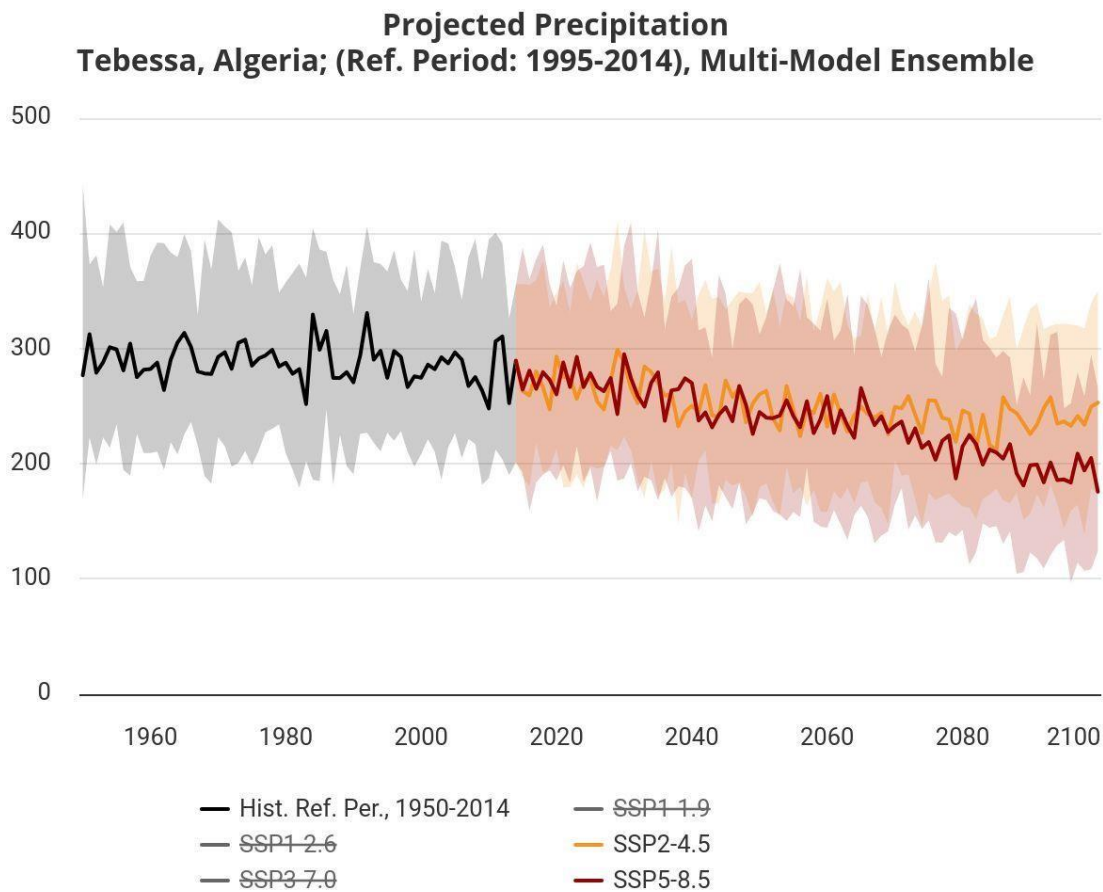


Figure 11 Projections de Précipitations (Multi-Scenarios) (source : Climate Change Knowledge Portal – Multi-Model Ensemble (scénarios SSP)).

Le diagramme présente les prévisions de précipitations annuelles pour la ville de Tébessa, en Algérie, basées sur une gamme de modèles climatiques multiples, avec la période 1995–2014 comme référence historique. Les projections indiquent une tendance générale à la diminution des précipitations jusqu'à la fin du siècle, avec des variations notables selon les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre : SSP1-1.9, SSP2-4.5 et SSP5-8.5. Le scénario SSP1-1.9, qui suppose des efforts importants de lutte contre le changement climatique, prévoit une légère baisse des précipitations, suggérant une évolution relativement maîtrisée. À l'inverse, le scénario SSP5-8.5, caractérisé par une forte augmentation des émissions, projette une diminution plus prononcée, avec une moyenne annuelle de précipitations tombant en dessous de 200 mm d'ici 2100.

Cette baisse substantielle pourrait avoir des conséquences majeures sur les ressources en eau, déjà limitées dans cette région semi-aride. Elle met en lumière l'importance cruciale d'adopter des stratégies d'atténuation et d'adaptation pour préserver les équilibres hydrologiques et soutenir les secteurs économiques dépendants de l'eau, notamment l'agriculture.

## **Conclusion**

L'étude menée dans ce chapitre sur l'évolution du climat à Tébessa, à travers l'analyse des données historiques (1901–2023) et des projections climatiques futures (jusqu'en 2100), révèle des transformations profondes et préoccupantes dans les variables climatiques fondamentales : les températures et les précipitations.

Sur le plan thermique, Tébessa a connu une augmentation progressive de la température moyenne annuelle, passant d'une stabilité autour de 15–16,5 °C jusqu'en 1975 à plus de 18 °C en 2023. Cette tendance haussière est encore plus marquée dans les projections futures, en particulier selon les scénarios d'émissions élevés (SSP5-8.5), qui prévoient une élévation de la température pouvant dépasser 25 °C d'ici 2100. Les mois d'été deviennent plus longs, plus chauds et plus éprouvants, augmentant le risque de stress thermique et d'impacts sanitaires.

Concernant les précipitations, les données montrent une variabilité importante mais une tendance globale à la baisse, surtout à partir des années 2000. Cette diminution se poursuit dans les projections futures, où le scénario SSP5-8.5 prévoit des niveaux inférieurs à 200

mm/an. Ce déficit hydrique accentue les menaces pesant sur les ressources en eau, l'agriculture locale, la sécurité alimentaire et les équilibres écosystémiques.

L'analyse croisée des différents scénarios socio-économiques (SSP2-4.5, SSP5-8.5) met en évidence l'influence décisive des choix politiques et économiques sur l'avenir climatique de la région. Les trajectoires à faibles émissions montrent que des politiques ambitieuses peuvent limiter les impacts, tandis que l'inaction pourrait entraîner des conditions climatiques extrêmes et difficilement viables.

Chapitre III : Evolution future du régime climatique à Tebessa

## 1. Introduction

Les changements climatiques représentent l'un des défis majeurs du XXI<sup>e</sup> siècle, avec des impacts profonds sur les écosystèmes, les ressources en eau et les activités humaines. Pour anticiper ces évolutions, il est essentiel de disposer d'outils robustes permettant de caractériser et de quantifier les modifications du régime climatique à différentes échelles temporelles. Parmi ces outils, le diagramme ombrothermique et le climagramme d'Emberger occupent une place centrale en bioclimatologie, offrant une visualisation claire des interactions entre températures et précipitations.

Le diagramme ombrothermique, basé sur les travaux de Bagnouls et Gaussen (1953), permet d'identifier les périodes de sécheresse en comparant les précipitations aux températures mensuelles (mois sec lorsque  $P < 2 \times T$ ). Quant au climagramme d'Emberger, il classe les climats méditerranéens et arides en intégrant la variabilité thermique et pluviométrique annuelle. Ces deux indices sont particulièrement utiles pour :

- ✓ Détecter les tendances climatiques (réchauffement, aridification).
- ✓ Évaluer l'impact des scénarios SSP (ex. SSP2-4.5 vs SSP5-8.5) sur les bilans hydriques.
- ✓ Guider les stratégies d'adaptation (agriculture, gestion de l'eau).

Dans un contexte où les projections climatiques à court (2020-2039), moyen (2040-2059) et long terme (2080-2099) montrent une augmentation des températures et une modification des régimes de précipitations, nous allons tracer le diagramme ombrothermique durant ces périodes pour caractériser les changements futurs selon les deux scénarios choisis. donc ce chapitre propose une initiative pour construire et interpréter cet indicateur à partir des données multi-modèles du Climate Change Knowledge Portal (CCKP), pour mettre en évidence les modifications climatiques attendues sous différents scénarios d'émissions.

## 2. Méthode de conception du diagramme Ombrothermique

La représentation de ce diagramme consiste à porter sur le même graphique les variations des températures moyennes et les précipitations. Elles sont portées sur deux axes parallèles en fonction du temps, dont l'échelle est ( $P=2 \text{ mm} \leq T=1^\circ\text{C}$ ). Bagnouls et Gausen, (1953) considèrent un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations (mm) est inférieur ou égal à deux fois la valeur de température moyenne mensuelle exprimé en °C. Autrement

exprimé par ( $P \leq 2 T$ ). Les diagrammes ainsi obtenus (fig. 12 et 13) permettent de visualiser l'évolution de la longueur de la saison sèche où la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations selon la période et le scénario.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Scénario SSP2.4.5

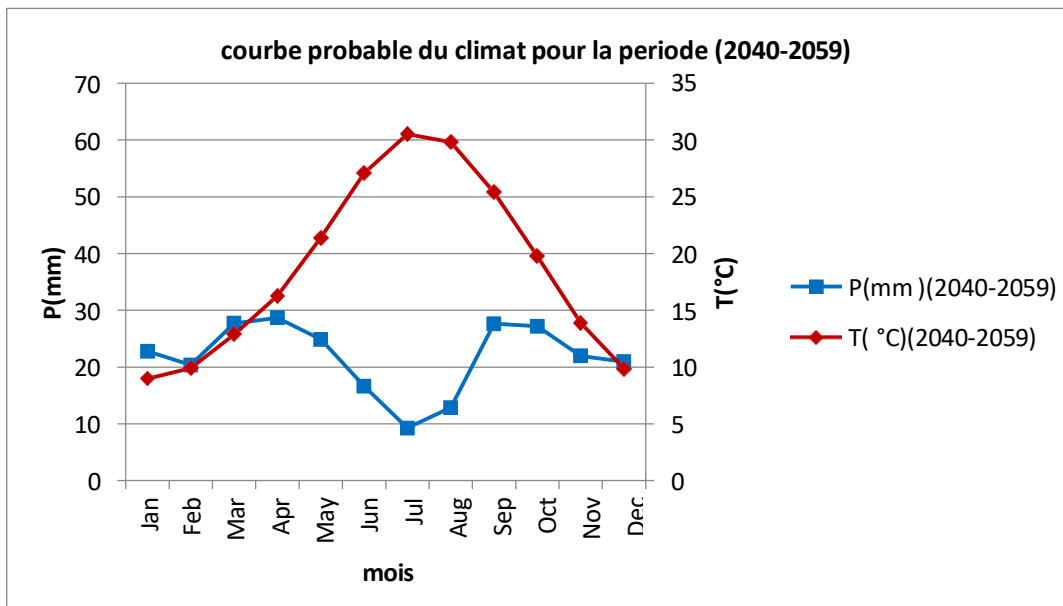
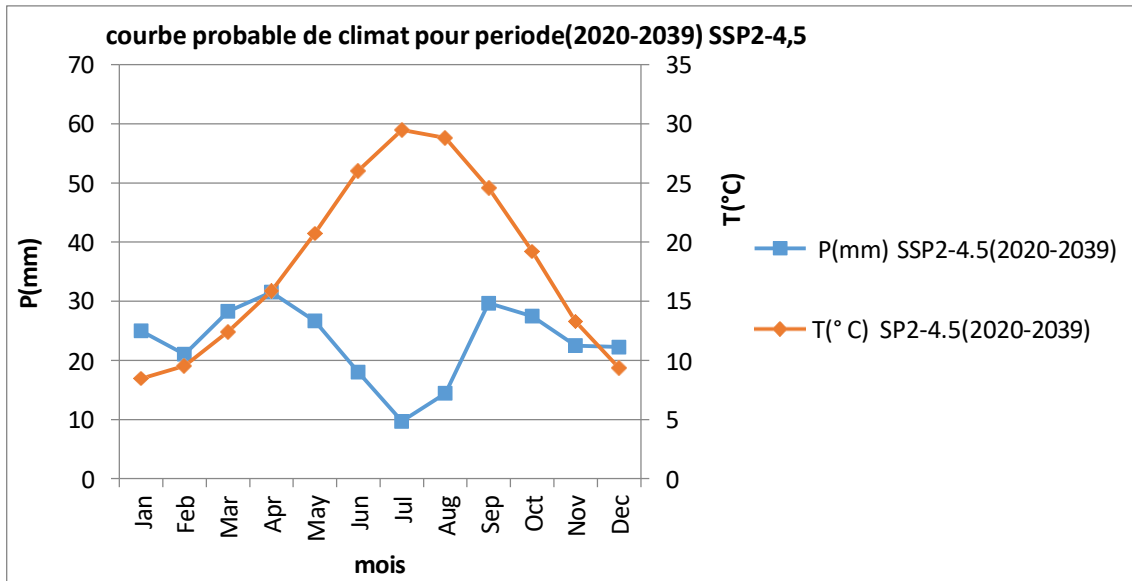
La figure 12 présente des diagrammes ombrothermiques (température vs précipitations) pour quatre périodes futures (2020-2039 ; 2040-2059 ; 2060-2079 et 2080-2099) sous le scénario SSP2-4.5 (intermédiaire).

Actuellement, dans la vingtaine de 2020-2039, la température moyenne mensuelle varie entre 9 °C en hiver et 30 °C en été, le minimum des précipitations moyennes mensuelles est enregistré en été de 10 mm contre un maximum d'environ 31.5 mm en mois d'Avril. De plus, une période de sécheresse peut être déterminée par  $P < 2T$  s'étale du mois d'Avril jusqu'à la fin du mois de Novembre.

A court terme, 2040-2059, la température moyenne mensuelle sera de l'ordre de 9 °C en hiver (mois de Janvier) et plus de 30.5 °C en été (Juillet), compte aux précipitations, un maximum de 28.67 mm en Avril et un minimum de 9.24 mm au mois de Juillet. La saison sèche s'étale de la fin d'Avril au mois de Décembre.

A moyen terme, 2060-2079, la température moyenne mensuelle minimale sera de l'ordre de 9,4 °C en hiver (mois de Janvier) et plus de 31.09 °C en été (Juillet), compte aux précipitations, un maximum de 31.21 mm en Avril et un minimum de 8.43 mm au mois de Juillet. La saison sèche s'étale de Février jusqu'au mois de Décembre.

A long terme, 2080-2099, la température moyenne mensuelle minimale sera de l'ordre de 9,62 °C en hiver (mois de Janvier) et plus de 32 °C en été (Juillet), compte aux précipitations, un maximum de 27.1 mm en Avril et un minimum de 7.58 mm au mois de Juillet. La saison sèche s'étale de Février jusqu'au mois de Décembre.



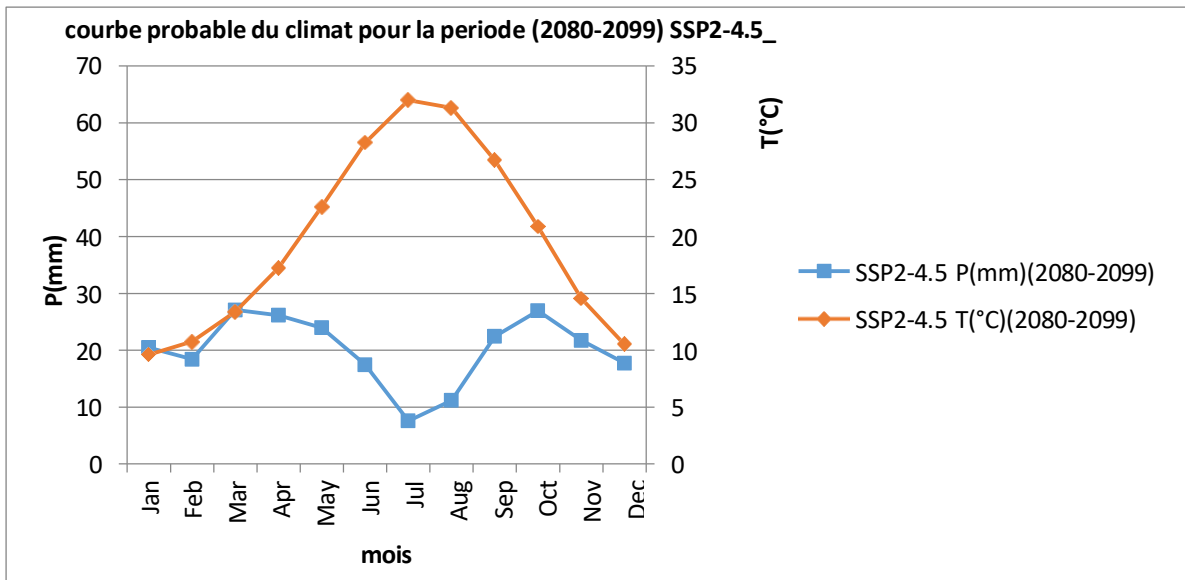
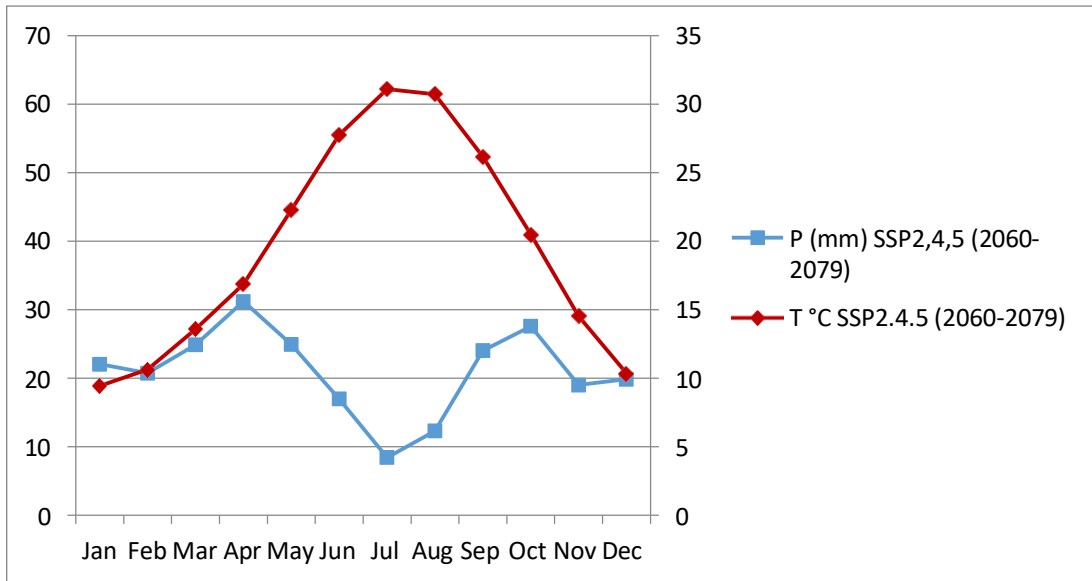
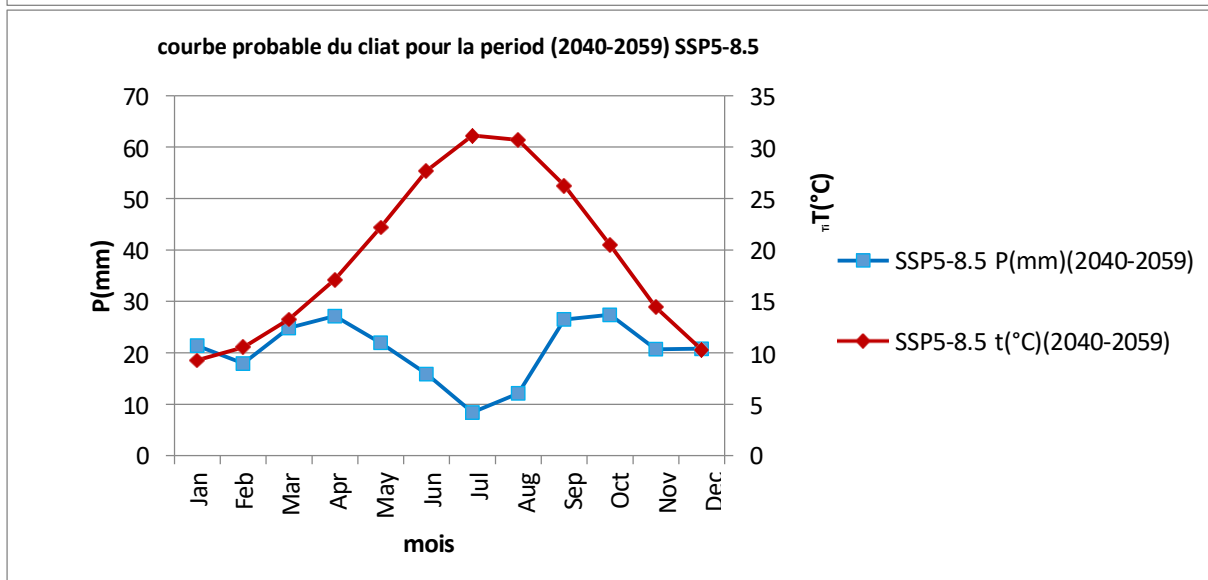
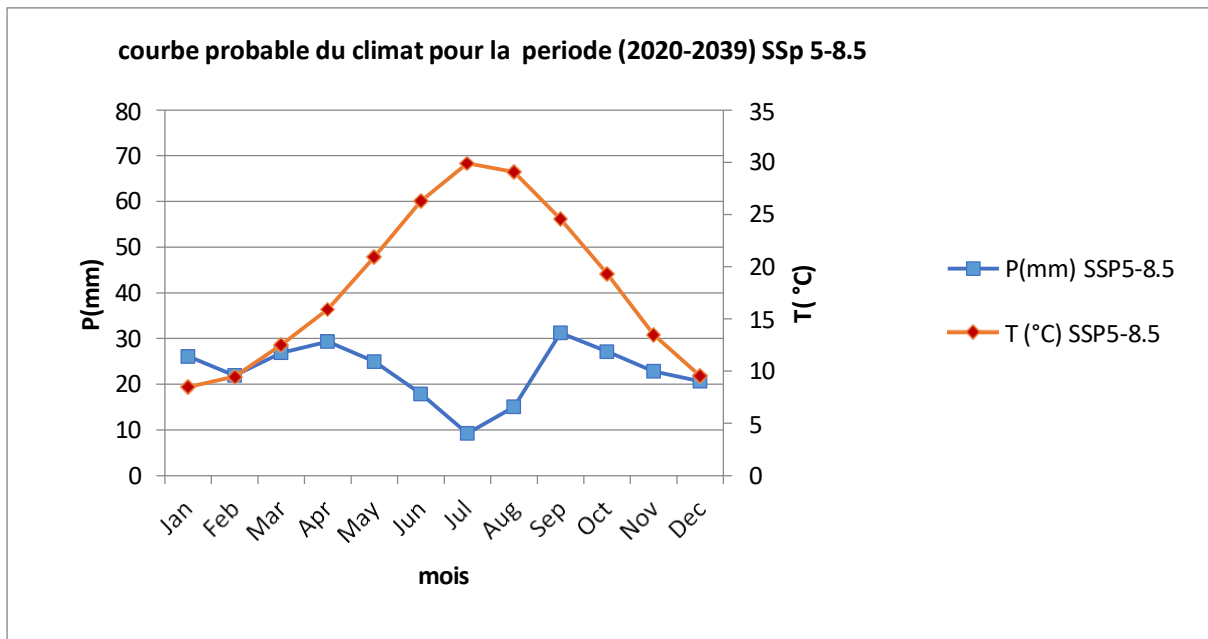


Figure 12 Diagrammes Ombrothermiques selon SSP2.4.5

.2.0Scenario SSP5.8.5



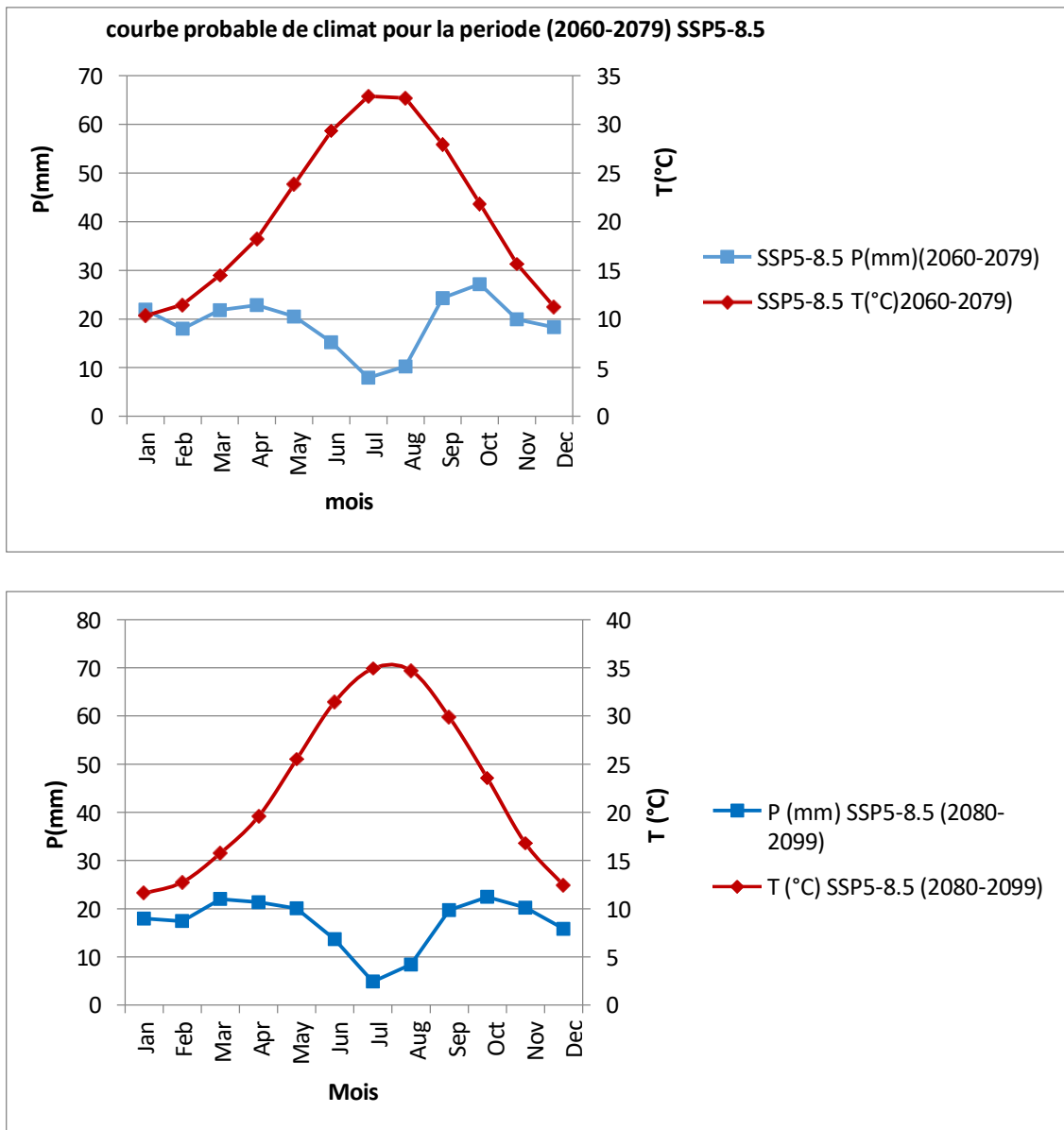


Figure 13 Diagrammes Ombrothermiques selon SSP5.8.5

La figure présente des diagrammes ombrothermiques ( $P=2T$ ) pour quatre périodes futures (2020-2039 ; 2040-2059 ; 2060-2079 et 2080-2099) sous le scénario SSP5.8.5 (intermédiaire). Actuellement, dans la vingtaine de 2020-2039, la température moyenne mensuelle varie entre 8.47 °C en hiver et 29.9 °C en été, le minimum des précipitations moyennes mensuelles est enregistré en été sont de 9.25 mm contre un maximum d'environ 31.23 mm en mois de septembre. De plus, une période de sécheresse peut être déterminée par  $P < 2T$  s'étale du mois de Février jusqu'au mois de Décembre.

A court terme, 2040-2059, la température moyenne mensuelle sera de l'ordre de 9,28 °C en hiver (mois de Janvier) et plus de 31.12.5 °C en été (Juillet), compte aux précipitations, un maximum de 27.4 mm en Octobre et un minimum de 8.4 mm au mois de Juillet. La saison sèche s'étale de la fin de Janvier au mois de Décembre.

A moyen terme, 2060-2079, la température moyenne mensuelle minimale sera de l'ordre de 10.34 °C en hiver (mois de Janvier) et de 32.89 °C en été (Juillet), compte aux précipitations, un maximum de 27.15 mm en Avril et un minimum de 7.92 mm au mois de Juillet. La saison sèche s'étale sur tous les mois de l'année.

A long terme, 2080-2099, la température moyenne mensuelle minimale sera de l'ordre de 11.6 °C en hiver (mois de Janvier) et de 34,92 °C en été (Juillet), compte aux précipitations, un maximum sera de 22.44 mm en Octobre et un minimum de 4.87 mm au mois de Juillet. La saison sèche s'étale sur tous les mois de l'année.

Sur la base de ces résultats le tableau de comparaison suivant est construit, ce tableau donne les variations des paramètres analysé au-dessus par rapport aux valeurs de période de référence (1995-2014), dont les valeurs sont comme suit : Tmax= 28.09 °C, Tmin= 7.6 °C, Pmax= 31.01 mm, Pmin= 11.19 mm et la saison de sécheresse est de Avril à Novembre, soit 07 mois.

Tableau 1 : variations temporelles des indices climatiques étudiés à Tebessa.

		2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
Tmax (°C)	SSP2.4.5	1,91	2,41	3	3,91
	SSP5.8.5	1,81	3,03	4,8	6,83
Tmin (°C)	SSP2.4.5	1,4	2,4	1,8	2,02
	SSP5.8.5	0,87	1,68	2,74	4
Pmax(mm)	SSP2.4.5	0,49	-2,34	0,2	0,2
	SSP5.8.5	0,22	-3,61	-3,86	-8,57
Pmin (mm)	SSP2.4.5	-1,19	-1,95	-2,76	-2,76
	SSP5.8.5	-1,94	-2,79	-3,27	-6,32
Langueur de la saison sèche (mois)	SSP2.4.5	0	1,5	4	4
	SSP5.8.5	2	4	5	5

A partir du tableau, on constate une augmentation de la température moyenne mensuelle estivale de 2.41 à 3.91 °C (8.58% et 13.92%) à court et à long terme selon le scénario SSP2.4.5 et de 3.03 à 6.83 °C (10.79% et 24.31%) selon le scénario pessimiste SSP5.8.5. Quant à la température hivernale, on enregistre une augmentation de 2.4 à 2.02 sous le scénario modéré et de 1.68 à 4 °C sous le scénario SSP5.8.5 à court et à long terme successivement.

Les précipitations tendent généralement à la baisse, surtout sous le scénario SSP5.8.5, où on enregistre une diminution de 3.61 à 8.57 mm (11.64 à 27.64%) pour Pmax et de 2.79 mm à 6.32 mm (soit 24.93 à 56.48%) pour Pmin à court et à long terme consécutivement. Alors que pour le scénario SSP2.4.5, on distingue une diminution de 2.34 à environ 0 mm (7.55 à 0 %) pour Pmax et de 1.95 mm à 2.76 mm (soit 17.43 à 24.66 %) pour Pmin à court et à long terme consécutivement.

Le troisième paramètre, qui est plus important, est l'augmentation de la période sèche, où on distingue clairement une extension de 1.5 mois à 4 mois pour le SSP2.4.5 et de 4 à 5 mois selon le SSP5.8.5 à court et à long terme successivement, où pratiquement la sécheresse s'étalera sur les 12 mois l'année à la fin du siècle.

Selon les résultats de Carvalho et al (2022), d'ici la fin du siècle (2081–2100) sous le scénario RCP8.5, une baisse marquée des précipitations et de l'évapotranspiration est projetée, atteignant 30 à 40 % dans le sud de l'Espagne et le nord-ouest de l'Afrique, ce qui similaire de de nos résultats qui prévoient des diminutions entre 27 et 54%.

Nos résultats aussi sont comparable d'autres études conduite au nord de l'Afrique, selon Bouramdane (2023) dans un scénario à fortes émissions (sans mesures climatiques supplémentaires), le Maroc subirait une hausse moyenne annuelle de température de 6,25 °C sur le long terme.

### **Conclusion**

Cette analyse prospective du climat de Tébesa à l'horizon 2100 révèle une mutation profonde du régime climatique actuel, caractérisée par une aridification accélérée et un réchauffement

marqué. Les résultats démontrent une aggravation progressive et différenciée selon les trajectoires d'émissions :

Pour le scénario intermédiaire (SSP2-4.5), on assistera à un réchauffement modéré mais significatif (+3.9°C), Une réduction pluviométrique limitée à 25% et Une extension modérée de la saison sèche (4 mois)

Pour le scénario pessimiste (SSP5-8.5), un emballement thermique (+6.8°C), Une chute catastrophique des précipitations (-56.5%) et une aridification permanente (sécheresse annuelle).

### **Conclusion générale**

Ce mémoire met en lumière l'aggravation des stress climatiques à Tébessa, confirmant les tendances régionales observées en Afrique du Nord. Les projections sous SSP5-8.5, en particulier, prévoient des conditions extrêmes (températures élevées, précipitations rares, sécheresses prolongées), menaçant les ressources hydriques et les écosystèmes locaux. L'utilisation du diagramme ombrothermique a permis de quantifier l'extension des périodes sèches, outil précieux pour la planification territoriale.

Les projections climatiques sur les périodes 2020-2039, 2040-2059, 2060-2079 et 2080-2099, comparées à la référence historique (1950-2014/1995-2014), révèlent une transformation profonde du régime pluviométrique semi-aride traditionnel (hivers humides de novembre à mars, étés secs de juin à août). Tous les scénarios SSP montrent une diminution progressive des précipitations annuelles, particulièrement marquée en fin de siècle (2080-2099) avec des réductions variant selon les scénarios : 20-30% pour SSP5-8.5 (haute émission), 10-20% pour SSP2-4.5 (intermédiaire). Cette aridification s'accompagne d'une modification saisonnière, avec des étés presque sans pluie (surtout en SSP5-8.5). L'évolution temporelle montre une aggravation continue : variations modestes (-5 à +5%) en 2020-2039, début de baisse (-10%) en 2040-2059, diminution nette (-15 à -20%) en 2060-2079, jusqu'à une situation critique (-20 à -30%) en 2080-2099 sous SSP5-8.5. Ces changements entraîneront des stress hydriques accrus (pénuries d'eau), une vulnérabilité des cultures pluviales (céréales, oliviers), et paradoxalement un risque accru d'événements extrêmes (pluies intenses provoquant érosion et inondations ponctuelles).

Perspectives :

Approfondir les études sur les impacts socio-économiques (agriculture, santé).

Intégrer des modèles locaux affinés pour réduire les incertitudes.

Promouvoir des politiques d'adaptation fondées sur les scénarios climatiques.

**Référence :**

Bagnouls, F., & Gaussen, H. (1953). *Saison sèche et indice xérothermique*. Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal. 48p.

Bensaad, M.S. et al. (2022). *Climate variability in Tebessa (1980-2020)*. Arabian Journal of Geosciences, 15(8), 742.

Bouramdane, A.-A. (2023). *Assessment of CMIP6 Multi-Model Projections Worldwide: Which Regions Are Getting Warmer and Are Going through a Drought in Africa and Morocco? What Changes from CMIP5 to CMIP6?* Sustainability, 15(1), 690. <https://doi.org/10.3390/su15010690>

Cai, W. et al. (2015). *Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming*. Nature Climate Change, 5, 132–137.

Carvalho, D., Pereira, S.C., Silva, R. et al. (2022). *Aridity and desertification in the Mediterranean under EURO-CORDEX future climate change scenarios*. Climatic Change 174, 28. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03454-4>

Direction de la Wilaya de Tébessa. (2023). *Présentation de la wilaya*. <http://www.example-tebessa.dz>.

Fick, S.E. & Hijmans, R.J. (2017). *WorldClim 2: New 1km spatial resolution climate surfaces*. Int. J. Climatol.

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). (2021). *Changement climatique 2021*.

Giorgi, F. (2019). *Regional Climate Modeling*. Wiley.

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

Jones, P.D., et al. (2012). *Hemispheric and large-scale land-surface air temperature variations*. J. of Climate, 25(5), 1675-1701.

## Références bibliographiques

---

- Köppen, W. (1884). *Die Wärmezonen der Erde* [Les zones thermiques de la Terre]. *Meteorologische Zeitschrift*, 1, 215-226.
- Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., ... & Prather, M. (2007). *Les bases physiques du changement climatique*. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Dans Rapport du GIEC, Résumé à l'intention des décideurs.
- Lobell, D.B., & Field, C.B. (2007). *Global scale climate-crop yield relationships*. *PNAS*, 104(11), 5009-5012.
- Masson-Delmotte, V. et al. (2013). *Information from Paleoclimate Archives*.
- Meddi, M. et al. (2020). *Évolution des précipitations en Algérie nord-occidentale (1951-2018)*. *Theoretical and Applied Climatology*, 142, 847–860.
- Météo-France. (2022). *Les moyens de mesure du climat*.
- NASA (2023). *Earth's Energy Budget*. CERES Project.
- NASA. (2023). *Climate Change: How Do We Know?* <https://climate.nasa.gov/evidence/> (Explique les preuves scientifiques du changement climatique causé par l'activité humaine.)
- Office National des Statistiques, *Monographie de la wilaya de Tébessa* (Alger: Ministère de l'Intérieur, 2020), 12–15.
- Oreskes, N. (2018). *Why Trust Science?* Princeton University Press.
- Taibi, S. et al. (2020). *Drought characterization in Algeria's semi-arid high plains*. *Journal of Arid Environments*, 174, 104079.
- Trenberth, K.E. (2022). *Climate System Interactions*. *Reviews of Geophysics*, 60(2).
- WHO. (2021). *Climate Change and Health*.