

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Université Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Ecologie Végétale

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم بيولوجيا وعلوم البيئة النباتية.

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Ecologie et Environnement  
**Spécialité :** Protection des écosystèmes

N° d'ordre :  
N° de série :

Intitulé :

---

**Analyse des données climatiques dans l'Est Algérien :  
Cas de la wilaya de Sétif et Skikda (1998-2022).**

---

**Présenté par :** BOURSAS Manar  
BOUAFIA Sabrina

**Le 15 /06/2023**

**Jury d'évaluation :**

**Président :** Arfa AMT (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).  
**Examineur :** Gana M (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).  
**Encadrant :** Alatou H (MAB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Année universitaire  
2022 - 2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



### ***Remerciement***

*Je tiens dans un premier temps à remercier **Allah** le tout puissant qui nous a permis d'arriver à ce stade afin d'accomplir nos études.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi complet sans l'encadrement de madame*

***Dr. ALATOU Hana***

*Responsable du Master Protection des Écosystèmes, on la remercie pour sa patience et sa rigueur durant notre préparation de ce mémoire*

***Mr. ARFA MAT***

*Nous sommes sensibles à l'honneur qu'il nous a accordé en présidant notre jury. Nous le remercions aussi pour toutes ces remarquables informations*

*Nous remercions également*

***Mr. Gana Mohamed***

*Professeur À l'université de Constantine 1, d'avoir accepté de se joindre à ce jury comme examinateur.*

***Mr. ALATOU Djamel***

*Merci d'avoir été un super prof et nous vous souhaitons une très bonne retraite. Nous vous remercions de nous avoir inspirer et guider tout au long de l'année du master1.*

*Nous remercions également tous les enseignants et l'équipe pédagogique de l'université de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie et écologie végétale de l'université Frères Mentouri, Constantine 1.*



## *Dédicace*

*Louange à **Allah**, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux,  
Avec la volonté du Grand Dieu, Allah, le Tout-Puissant et Bienveillant, qui  
nous a accordé Son aide pour présenter ce modeste travail, je souhaite  
adresser cette dédicace à :*

*À ma **mère**, qui a été mon pilier de force tout au long de ma vie, la boussole  
qui a guidé mes pas, merci pour tous vos gros sacrifices.*

*À l'âme de mon **père**, je tiens à exprimer ma gratitude éternelle. Votre  
sagesse et vos enseignements continuent à m'inspirer chaque jour, je suis si  
fière d'être la fille d'un homme comme toi.*

*A ma chère **HIBA**. Tu resteras à jamais la part manquante de moi.*

*Mes frères **Youcef, Nour Et Bilel**, mes sœurs **Loubna, Farida et Meriem**  
ainsi qu'à tous mes neveux et nièces, vous êtes ma famille précieuse. Votre  
amour inconditionnel, votre soutien constant et vos rires joyeux ont illuminé  
ma vie, votre présence me donne de la force.*

*A mes professeurs*

*A ma binôme dévouée **Manar Boursas***

*A mes amies **Chaima Manar Aya Rahil Sara Rahil Et Djazia***

*A tous mes amis mes camarades de promotion master protection des  
écosystèmes*

*(2022\_2023)*

*À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma vie et à mon parcours  
d'études, je vous adresse mes remerciements sincères.*

***Bouafia Sabrina***



## ***Dédicace***

*Tout d'abord, je veux remercier **Allah** pour tout, car il est avec moi  
j'apprécie qu'il soit dans ma vie.*

***À ma chère mère Zeineb***

***À mon cher père Mohamed Azzedine***

*Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard de me soutenir  
pour que je puisse attendre mes objectifs.*

***À ma chère sœur Amira***

***À mes frères***

***Chouaib, Bassem et sa femme Asma, Aziz et sa femme Khadîdja.***

***À ma tante Sabah***

*Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes  
études.*

***À mes neveux :Iline, Jourie, Tamim et Wassim***

*Qui me rend heureuse.*

***À mon cher binôme, Bouafia Sabrina***

*Pour son entente et son empathie*

***À mes amis Aya, Rahil, Sabrina, Nada, Imen, Boutheina, Sara***

*Pour tous les bons et heureux souvenirs que nous avons créés ensemble*

*Mes professeures*

*Mes camarades de promotion de master Protection des écosystèmes  
(2022-2023) Sans Exception.*

***Manar Boursas***

## ***Résumé***

L'augmentation des températures moyennes et les variations climatiques ont un impact considérable sur notre planète. Il est important de faire une recherche quant au devenir de et d'établir des scénarios plausibles pour aider à mieux se préparer aux éventuels changements.

Cette étude est pour analyser les données climatiques les températures minimales, maximales et moyennes de deux régions (Skikda et Sétif) pendant la période allant de 1998 à 2022 et définie le régime thermique de chaque région.

Pour arriver à cela, une collècte des données des précipitations et des températures journalières, saisonnières et annuelles sur une période de 25ans a été réalisée.

Les résultats obtenus montrent que les deux régions étudiées sont caractérisées par un climat différent, semi-aride avec un hiver froid pour Sétif et subhumide avec hiver chaud pour Skikda.

L'analyse des cumuls thermiques saisonniers des régions d'étude permet d'identifier le régime thermique pendant 25ans, la région de Skikda est caractérisée par un régime de type EAPH stable (répartition thermique décroissante de type Été /Automne/Printemps/Hiver), et Sétif présente un type de régime EAPH dominant avec un basculement vers le type EPAH 3 fois durant les années (1998, 2005,2017).

Les tendancesmarquées après l'analyse des données de cumul thermique montrent que la région de Skikda présente10 réchauffements et 15 refroidissements, alors que la région de Sétif enregistre 14 réchauffements et 11 refroidissements.

**Mots clés :** Changement climatique, Régime thermique, Sétif, Skikda, Q2.

## **Abstract**

The increase in average temperatures and climatic variations has a considerable impact on our planet. It is important to research the future and establish plausible scenarios to help better prepare for possible changes.

This study is to analyze the climatic data the minimum, maximum and average temperatures of two regions (Skikda and Sétif) during the period from 1998 to 2022 and to define the thermal regime of each region

This was achieved by collating daily, seasonal and annual precipitation and temperature data over a 25-year period.

The results show that the two regions studied have different climates: semi-arid with cold winters for Sétif, and sub-humid with warm winters for Skikda.

Analysis of the seasonal thermal accumulations of the study regions enables us to identify the thermal regime over 25 years, with the Skikda region characterized by a stable EAPH-type regime (decreasing thermal distribution of Summer/Autumn/Spring/Winter type), and Sétif showing a dominant EAPH-type regime with a shift to EPAH type 3 times during the years (1998, 2005, 2017).

The trends revealed by the analysis of cumulative thermal data show that the Skikda region shows 10 warm-ups and 15 cool-downs, while the Sétif region records 14 warm-ups and 11 cool-downs.

Keywords: Climate change, Thermal regime, Sétif, Skikda, Q2.

## ملخص

إن الزيادة في متوسط درجات الحرارة والتغيرات المناخية لها تأثير كبير على كوكبنا. من المهم البحث في مستقبلا وضع سيناريوهات معقولة للمساعدة في الاستعداد بشكل أفضل للتغيرات المحتملة.

الهدف من هذه الدراسة هو تحليل البيانات المناخية لدرجة الحرارة الدنيا والقصى والمتوسطة لمنطقتين (سكيكدة وسطيف) خلال الفترة الممتدة من 1998 إلى 2022 وبالتالي لإخراج النظام الحراري لكل منطقة.

ولتحقيق ذلك، تم جمع البيانات عن هطول الأمطار اليومي والموسمي والسنوي ودرجات الحرارة على مدار 25 عامًا.

بينت النتائج المتحصل عليها أن المنطقتين المدروستين تتميزان بمناخ مختلف، شبه جاف مع شتاء بارد للسطيف وشبه رطب مع شتاء دافئ لسكيكدة.

يتيح تحليل التراكبات الحرارية الموسمية لمناطق الدراسة التعرف على النظام الحراري لمدة 25 سنة، وتتميز منطقة سكيكدة بنظام نوع مستقر EAPH (تناقص التوزيع الحراري لنوع الصيف / الخريف / الربيع / الشتاء)، ويقدم سطيف نوعًا مهميًا من النظام EAPH مع التبديل إلى النوع 3 EAPH مرات خلال السنوات 1998 ، 2005 ،

تحليل بيانات التراكم الحراري يظهر أن منطقة سكيكدة بها 10 درجات حرارة و 15 درجة حرارة، بينما تسجل منطقة سطيف 14 درجة حرارة و 11 تبريدًا.

مفاتيح البحث: التغير المناخي , النظام الحراري, سطيف, سكيكدة.



# Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Notion de climat .....03

1.1 Les éléments du climat.....03

1.1.1 Les précipitations.....03

1.1.2 La température .....04

A. La température minimale.....04

B. La température maximale.....04

C. La température moyenne.....05

2. Notions associées au changement climatique.....05

2.1 Changement climatique.....05

2.2 Variabilité climatique.....05

3. Causes de la variabilité climatique et du changement climatique.....06

3.1 Causes d'origine naturelle.....06

3.1.1 Périodicité astronomique.....06

3.1.2 Le cycle des taches solaires.....06

3.1.3 Volcans.....06

3.1.4 Les courants océaniques.....	07
3.1.5 La cryosphère.....	07
3.2 Causes d'origine anthropique.....	07
3.2.1 Les gaz à effet de serre.....	07
3.2.2 La dégradation de la couche d'ozone.....	08
3.2.3 Changement dans l'utilisation des terres et la couverture terrestre.....	08
4. Les changements climatiques en Algérie.....	08
5. Evolution historique des facteurs du climat en Algérie.....	10
5.1 Evolution des températures.....	10
5.2 Evolution des précipitations.....	10
5.3 Sécheresse.....	10
6. Les scénarios du changement climatique.....	12
6.1 Scénarios IS92.....	12
6.2 Les scénarios RSSE.....	12
7. Projections climatiques sur l'Algérie.....	12

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

1. Présentation de la zone d'étude.....	14
1.1. Présentation de la wilaya de Skikda.....	15
1.1.1. Localisation géographique administrative.....	15
1.1.2. Topographie.....	16
A. Zones des Montagnes.....	16
B. Les zones des Plaines.....	17
C. Les Piémont.....	17

1.1.3. Climat.....	17
1.2. Présentation de la wilaya de Sétif.....	19
1.2.1. Localisation géographique administrative.....	19
1.2.2. Topographie.....	20
A) Zone de montagnes.....	20
B) Zone des hautes plaines.....	20
C) Zone de dépression.....	20
1.2.3. Climat.....	21
2. Méthodologie.....	23
2.1 Analyse climatique.....	23
2.2 Analyse des données climatiques.....	23

### **Chapitre III : Résultats et discussions**

1. Résultats et discussion de la wilaya de Sétif.....	24
1.1. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	24
1.2. Cumul thermique saisonnier et annuel de la région de Sétif pour la période (1998-2022).....	27
1.3. Etude des températures moyennes mensuelles de la période (1998-2022) de la wilaya de Sétif.....	29
1.4. Cumul thermique mensuel.....	30
1.5. Le cumul thermique saisonnier.....	30
1.6. Les tendances saisonnières et annuelles de Sétif (1998-2022).....	31
1.7. L'indice de tendance.....	34
2. Résultats et discussions de la wilaya de Skikda.....	36

2.1. Quotient pluviométrique d'Emberget.....	36
2.2. Cumul thermique mensuelle saisonnier et annuel de la région de Skikda pour la période (1998- 2022).....	38
2.3. L'étude des températures moyennes mensuelles de la période (1998-2022) de la wilaya de Skikda.....	40
2.4. Cumul thermique mensuel.....	41
2.5. Cumul thermique saisonnier.....	42
2.6. Les tendances saisonnières et annuelles de Skikda (1998-2022).....	42
2.7. Indice de tendance.....	45
3. Etude comparative des cumuls thermiques obtenue de la région de Skikda, la région de Sétif et d'autres régions en Algérie.....	46
A. Variabilité du régime thermique.....	46
B. Variabilité du cumul thermique.....	49
4. Conséquences de la variabilité thermique.....	49

## LISTE DES ABREVIATIONS

**CH<sub>4</sub>** : Méthane.

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone.

**CO** : **Monoxyde** de carbone.

**COVNM** : Composés organiques volatils non méthaniques.

**H<sub>2</sub>O** : L'eau.

**HFC** : hydrofluorocarbons.

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

**GES** : Gaz à effet de serre.

**N<sub>2</sub>O** : Oxyde nitreux.

**NOX** : Oxydes d'azote.

**SF<sub>6</sub>** : Sulfure hexafluoride.

**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre.

**PFC** : hydrocarbures perfluorés.

## Liste des Figures

---

<b>Figure 01 :</b>	Emissions de CO <sub>2</sub> en Algérie .....	09
<b>Figure 02 :</b>	Situation géographique et administrative des régions d'étude .....	14
<b>Figure 03 :</b>	Situation géographique et administrative de la Wilaya de Skikda .....	15
<b>Figure 04 :</b>	Topographie de la Wilaya de Skikda.....	16
<b>Figure 05 :</b>	Histogramme des précipitations à Skikda pour la période (1982-2022).....	18
<b>Figure 06 :</b>	Courbe des températures à Skikda pour la période (1982-2022).....	18
<b>Figure 07 :</b>	Les étages bioclimatiques dans la wilaya de Skikda (1970-2000).....	18
<b>Figure 08 :</b>	Situation géographique et administrative de la Wilaya de Sétif.....	19
<b>Figure 09 :</b>	Topographie de la Wilaya de Sétif.....	20
<b>Figure10 :</b>	Histogramme des précipitations à Sétif pour la période (1982-2022).....	21
<b>Figure 11 :</b>	Courbe des températures à Sétif pour la période (1982-2022).....	22
<b>Figure12 :</b>	Les étages bioclimatiques dans la wilaya de Sétif (1970-2000).....	22
<b>Figure 13 :</b>	Localisation de la zone de Sétif dans le Climatogramme d'Emberger.....	24
<b>Figure 14 :</b>	Cumul thermique de l'année la plus chaude (2022) et l'année la plus froide (2000) de la wilaya Sétif durant la période (1998-2022).....	27
<b>Figure 15 :</b>	Températures mensuelles moyennes de la wilaya de Sétif (1998-2022).....	29
<b>Figure 16 :</b>	Cumul thermique moyen mensuel à Sétif pour la période (1998-2022).....	30
<b>Figure 17 :</b>	Variabilité thermique saisonnière de la région de Sétif pour la période 1998-2022.....	33

<b>Figure 18 :</b>	Variabilité thermique annuelle de la région de Sétif pour la période (1998-2022).....	33
<b>Figure 19 :</b>	Localisation de la zone de Skikda dans le Climagramme d'Emberger.....	38
<b>Figure 20 :</b>	Cumul thermique de l'année la plus chaude (2022) et l'année la plus froide (2004) de skikda durant la période 1998-2022.....	40
<b>Figure 21 :</b>	Températures mensuelles moyennes de la wilaya de Skikda (1998-2022).....	41
<b>Figure 22 :</b>	Cumul thermique moyen mensuel à Skikda pour la période (1998-2022).....	42
<b>Figure 23 :</b>	Variabilité thermique saisonnière de la wilaya de Skikda pour la période (1998-2022).....	44
<b>Figure 24 :</b>	Variabilité thermique annuelle de la wilaya de Skikda pour la période( 1998-2022).....	44
<b>Figure 25 :</b>	Variation des cumuls thermique annuelle pour les régions de Skikda Jijel, Bejaïa, Constantine, Batna, Sétif et Biskra .....	48

## Liste des Tableaux

---

<b>Tableau 01 :</b>	Synthèse des émissions et des absorptions de GES en Algérie (1994).....	09
<b>Tableau 02 :</b>	Aperçu historique de l'occurrence des sécheresses en Algérie, 2008).....	11
<b>Tableau 03 :</b>	Valeurs moyennes annuelles de pluviométrie au cours des années normales, sèche et très sèches.....	11
<b>Tableau 04 :</b>	Valeurs du quotient pluviométrique d'Emberger de la région de Sétif pour la période (1998-2022) .....	26
<b>Tableau 05 :</b>	Régime thermique annuel et saisonnier de la station de Sétif pour la période (1998-2022) .....	28
<b>Tableau 06 :</b>	Températures mensuelles moyennes dans la région de Sétif durant la période (1998-2022).....	29
<b>Tableau 07 :</b>	Cumul thermique mensuel de la région de Sétif (1998-2022) .....	30
<b>Tableau 08 :</b>	Tendance thermique saisonnière et annuelle de la région de Sétif pour la période (1998-2022).....	32
<b>Tableau 09 :</b>	Indice de tendance pour la région de Sétif.....	35
<b>Tableau 10 :</b>	Nombre de refroidissement et de réchauffement pour la région de Sétif (1998-2022).....	36
<b>Tableau 11 :</b>	Valeurs du quotient pluviométrique d'Emberger de la région de Skikda pour période (1998-2022) .....	37
<b>Tableau 12 :</b>	Cumul thermique mensuel (1998-2022) .....	39
<b>Tableau 13 :</b>	Températures mensuelles moyennes dans la région de Skikda durant la période (1998-2022) .....	41
<b>Tableau 14 :</b>	Cumul thermique mensuel de Skikda (1998-2022) .....	41
<b>Tableau 15 :</b>	Tendance thermique saisonnière et annuelle de la région de Skikda pour la période (1998-2022) .....	43



<b>Tableau 16</b> : Indice de tendance pour la région de Skikda (1998-2022).....	45
<b>Tableau 17</b> : Nombre de refroidissement et de réchauffement pour la région de Skikda (1998-2022).....	46
<b>Tableau 18</b> : Les cumuls thermiques moyens annuels et saisonniers des zones comparée..	47



# Introduction

## **Introduction**

Le changement climatique est l'un des défis majeurs auxquels notre planète est confrontée aujourd'hui. L'augmentation des températures moyennes et les variations climatiques ont un impact considérable sur notre environnement, nos écosystèmes et nos sociétés. Comprendre les régimes thermiques régionaux et analyser leurs évolutions au fil du temps est essentiel pour appréhender les changements climatiques locaux et les implications qui en découlent.

Les études sur le changement climatique montre qu'au Maghreb le réchauffement climatique est plus important que la moyenne, si au niveau mondial on a évalué la hausse de 0,74°C au 20ème siècle, elle a été située entre 1,5 °C et 2 °C selon les régions au Maghreb, on a pu aussi évaluer une baisse des précipitations qui a été située entre 10 et 20% (Mahi Tabet et Aoul, 2008). Vu ces pronostics, il paraît primordial et intéressant, de faire une recherche quant au devenir de la région du Maghreb et établir des scénarios plausibles, pouvant aider cette région du monde à mieux se préparer pour parer à ce phénomène planétaire (Farah, 2014)

Ce phénomène est une réalité qui touche toute la terre, il est dû à l'augmentation des gaz à effet de serre (GES), et notamment du CO<sub>2</sub> atmosphérique. L'Algérie, par sa position géographique, climatique et écologique, est touchée par les variations climatiques qui s'exprimeront à travers la diminution quantitative et qualitative des ressources en eau, la dégradation de l'agriculture et la sécurité alimentaire, l'érosion et déforestation,... Ces variations climatiques produisent des répercussions sur les pays du monde, donc elle influent sur l'Algérie (Laib 2015).

Le climat, en région méditerranéenne, est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Ainsi, un des objectifs essentiels de l'écologie méditerranéenne est de rechercher la meilleure relation entre les différentes formations végétales et le climat vu sous l'angle biologique : le bioclimat (Tir, 2009).

Cependant, des variables afférentes aux pluies telles que les fréquences de jours de pluies et les durées des saisons pluvieuses, qui sont généralement très peu étudiées. Cela pourrait se justifier par la difficulté à acquérir des données de mesures quotidiennes, fiables et comportant peu de lacunes. Il s'agit d'une part de caractériser la manifestation climatique à

partir de l'analyse de la température de l'air, l'humidité relative de l'air, la variation des indices pluviométriques, la fréquence des jours pluvieux et la durée des saisons pluvieuses (Kouassi *et al.*; 2010).

Le changement climatique est devenu l'un des sujets d'actualité. On lit souvent dans la presse les titres comme : "Le climat change-t-il" ? "La terre se réchauffera-t-elle" ? Etc... (Khoualdia *et al.* 2014).

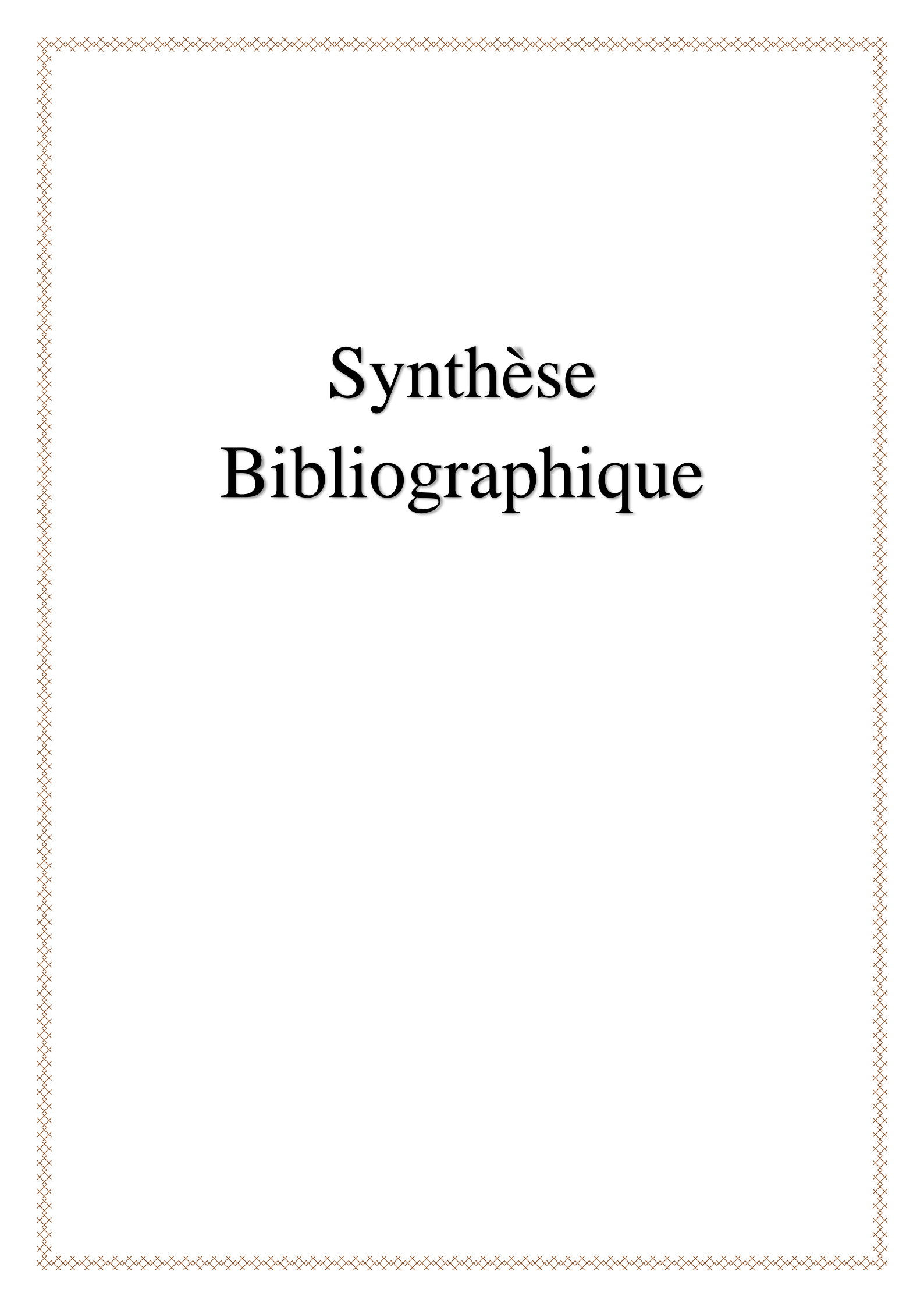
Est-ce que le changement climatique et les variations climatiques sont réels ?

L'objectif principal de cette étude est :

- Effectuer une recherche et collecter des données climatiques telles que des bulletins météorologiques quotidiens, mensuels et annuels ;
- procéder à l'homogénéisation des données en raison de la présence de multiples sources provenant des différentes stations météorologiques étudiées.

Ces étapes sont essentielles pour permettre l'analyse de la situation climatologique actuelle et passée. Cette recherche se concentre principalement sur la période de 1998 à 2022, soit une durée de 25 ans.

- Le premier chapitre de ce mémoire fournira une introduction générale sur les concepts de régime thermique et de changement climatique
- Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des régions de Skikda et Sétif en termes de géographie, de climat et de caractéristiques environnementales. Nous examinerons les particularités topographiques.
- Dans le troisième chapitre, analyse des données recueillies et discussions des résultats obtenus. examinations des tendances temporelles, les variations saisonnières et les événements extrêmes associés au régime thermique de Skikda et Sétif.
- En conclusion, une présentation des résultats les plus significatifs obtenus dans cette étude, ainsi que les perspectives à suivre et à développer dans les futures recherches sur le régime thermique et la variabilité thermique en Algérie.



# Synthèse Bibliographique

## **1. Notion de climat**

Au sens étroit du terme, le climat représente une description statistique de la variabilité d'un ensemble de paramètres adéquats sur des périodes plus ou moins longues variant de quelques mois à des milliers d'années. Ces grandeurs mesurées en fonction de la moyenne sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Dans un sens plus large, le climat est la description statistique de l'état du système climatique (Dumas et al. 2005).

### **1.1. Les éléments du climat**

#### **1.1.1. Les précipitations**

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. (<https://www.epfl.ch/fr/>).

Quelle que soit la forme de la précipitation, liquide ou solide, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. On l'exprime généralement en hauteur de précipitation ou lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm). On définit aussi son intensité (mm/h) comme la hauteur d'eau précipitée par unité de temps.

Les différents instruments permettant la mesure des précipitations. Citons toutefois les deux appareils de mesures fondamentaux que sont :

Le pluviomètre : instrument de base de la mesure des précipitations liquides ou solides. Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relevés.

Le pluviographe : instrument captant la précipitation de la même manière que le pluviomètre mais avec un dispositif permettant de connaître, outre la hauteur d'eau totale, leur répartition dans le temps, autrement dit les intensités.

En plus de ce qui précède, le mécanisme pluviométrique dans le nord de l'Algérie est principalement régulé par les conditions d'abri, qui comprennent à la fois la topographie et les aspects aérologiques (Farah, 2014).

### 1.1.2. La température

Selon le dictionnaire le Robert : la température se définit comme le Degré de chaleur ou de froid de l'atmosphère en un lieu.

La température est une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable au sens strict du terme. Les physiciens aiment à dire qu'elle se « repère » mais ne se « mesure » pas. Cela signifie que des valeurs numériques par lesquelles s'expriment les températures ne peuvent ni s'additionner, ni se soustraire, ni se multiplier : dire par exemple que des températures de 8°C et de 7°C donneraient en s'ajoutant une température globale de 15°C n'a physiquement aucun sens; s'il peut arriver parfois que le climatologue opère de semblables calculs, comme il le fait par exemple quand il effectue des moyennes, ce ne sont là que des intermédiaires de calcul nécessaires à l'obtention d'un résultat ultérieur. (Péguy, 1970)

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre qui utilise le plus souvent la dilatation d'un corps (alcool généralement) placé dans un tube fin (qui amplifie l'effet de dilatation). L'unité utilisée dans le système international est le degré Celsius (°C) (futura-sciences.com).

Les unités de mesure : Kelvin (K) · Celsius (°C) · Fahrenheit (°F)

La température est un paramètre clé dans l'étude et la caractérisation des climats vu son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan énergétique, d'où son importance capitale dans les études qui touchent de près ou de loin le domaine du changement climatique.

La température représente donc un facteur limitant vu son implication dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques et par ce fait le conditionnement total de la répartition de tous les êtres vivants (Ramade, 1984)

**A- La température minimale :** Mesurable par un thermomètre à minimum, la température atmosphérique la plus basse atteinte en ce lieu au cours d'un intervalle de temps prédéterminé. (futura-sciences.com)

**B- La température maximale :** Mesurable par un thermomètre à maximum, la température maximale en un lieu donné est la température atmosphérique la plus élevée atteinte en ce lieu au cours d'un intervalle de temps prédéterminé. (futura-sciences.com)

## **C- La température moyenne**

La température moyenne quotidienne choisie sur le site en question s'obtient en divisant la somme des relevés par le nombre d'intervalles de temps. À défaut de relevés suffisamment nombreux, une première approximation de cette température moyenne peut être apportée par la demi-somme de la température maximale quotidienne TX et de la température minimale quotidienne TN pour le jour et le lieu considérés, soit  $(TX + TN) / 2$ . (futura-sciences.com).

## **2. Notions associées au changement climatique**

### **2.1. Changement climatique**

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres (Boucher et al. 2015).

Il faut noter que la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit les « changements climatiques » comme étant des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables ».

### **2.2. Variabilité climatique**

La variabilité climatique désigne des variations de l'état moyen et d'autres statistiques (écarts standards, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe) (ONERC, 2007).



### **3. Causes de la variabilité climatique et du changement climatique**

Le changement climatique est le résultat d'une dynamique entre un ensemble de différents facteurs dont la contribution dépend surtout de l'importance de leurs actions dans le temps. Les causes du changement climatique peuvent être d'origine naturelle ou anthropique.

#### **3.1. Causes d'origine naturelle**

##### **3.1.1. Périodicité astronomique**

A long terme, l'orbite de la terre autour du soleil est influencée par l'interaction gravitationnelle de la lune et d'autres planètes à l'origine des « forces des marées » (Munk et al. 2002). Une perturbation de l'orbite terrestre est climatiquement très importante car elle contrôle la distribution saisonnière et latitudinale du rayonnement solaire. Elle peut entraîner des changements climatiques importants à différentes échelles de temps et est considérée d'après plusieurs études à l'origine de l'âge de glace (Mavi et Tupper, 2004).

##### **3.1.2. Le cycle des taches solaires**

La variation de la quantité d'énergie produite par le soleil est l'une des causes externes les plus connues du changement du climat de la terre (Burroughs, 2007). Le soleil manifeste des signes énergétiques variés sous forme de taches solaires connues sous le nom de « sunspots ». Ces taches solaires varient régulièrement en nombre, en taille et en durée et sont positivement corrélées à la quantité d'énergie produite par le soleil (Eddy, 1976).

##### **3.1.3. Volcans**

Les éruptions volcaniques explosives peuvent injecter dans l'atmosphère des millions de tonnes de poussière et de cendre. Cette poussière absorbe le rayonnement solaire et provoque donc un réchauffement des niveaux supérieurs de l'atmosphère (stratosphère), mais induit à l'inverse un refroidissement à faible altitude (Burroughs, 2007). L'éruption du Tambora au sud-est de l'Asie par exemple a causé un vaste refroidissement global et une « année sans été » en Europe (Oppenheimer, 2003).

### **3.1.4. Les courants océaniques**

Les courants océaniques jouent un très grand rôle dans le transport d'énergie à plus haute altitude, ce qui signifie que tout changement dans cette composante impliquera inévitablement d'importants changements dans le climat (Burroughs, 2007). Ces changements peuvent avoir lieu à une échelle de temps décadaire tel que « l'Oscillation Pacifique Inter-décadaire » (Viner et al. 2006), mais peuvent aussi être quasi-annuels tel que « El-Niño/Southern Oscillation (ENSO) » et les « oscillations Nord Atlantique » (NAO) », où les variations de la température de la surface de la mer et du vent affectent dramatiquement le climat et par conséquent la biosphère (Tao et al. 2004).

### **3.1.5. La cryosphère**

Le changement de la couverture globale de neige et de glace, mis à part la couverture neigeuse saisonnière, a une action sur le long terme (Mavi et Topper, 2004). Les observations depuis 1972 montrent que la couverture neigeuse de l'hémisphère nord a régressé depuis 1987, particulièrement au printemps. Cela a induit une diminution de l'albédo régional avec en conséquence une augmentation de la température hivernale dans l'hémisphère nord (Sirotenko, 1999).

## **3.2. Causes d'origine anthropique**

### **3.2.1. Les gaz à effet de serre**

Les gaz à effet de serre sont les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'effet de serre.

La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>) sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère terrestre. L'atmosphère contient en outre un certain nombre de gaz à effet de serre entièrement anthropiques tels que les hydrocarbures halogénés et autres substances contenant du chlore et du brome, dont traite le Protocole de Montréal (Hufty, 2001). Outre le CO<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub>O et le CH<sub>4</sub>, le

Protocole de Kyoto traite, quant à lui, d'autres gaz à effet de serre tels que l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), les hydrofluorocarbones (HFC) et les hydrocarbures perfluorés (PFC) (Andrews et al. 2008).

### **3.2.2. La dégradation de la couche d'ozone**

Un amincissement se produit dans la couche d'ozone à cause de la pollution produite par l'homme, aux niveaux de la stratosphère, 19 à 30 kilomètres au-dessus de la surface de la Terre. La couche d'ozone se dégrade laissant passer les rayonnements ultraviolets (UV) nocif du Soleil. Cependant, dans certaines régions du monde, l'amincissement de la couche d'ozone est particulièrement plus importante que dans d'autre, voire grave, et c'est dans ces régions où le terme "trou dans la couche d'ozone" s'applique strictement (Liao et al. 2006).

### **3.2.3. Changement dans l'utilisation des terres et la couverture terrestre**

L'activité humaine est à l'origine de la modification de la surface terrestre. Le développement des surfaces agricoles et de l'élevage s'est fait aux dépens des forêts. Le changement de la surface terrestre, particulièrement le déboisement et la déforestation à grande échelle, a une incidence sur l'albédo et la rugosité régionale (Mavi et Topper, 2004), ce qui pourra affecter le transfert d'énergie, les ressources en eau et autres composantes du système climatique (Horton et al. 2010).

## **4. Les changements climatiques en Algérie**

Selon un rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, publié en 2000 par le Ministère de l'aménagement du territoire et l'environnement, l'Algérie a ratifié, par décret n° 93-99 du 10 Avril 1993, la Convention Cadre sur les Changement Climatiques (CCCC). Cette dernière se rapporte particulièrement à la stabilisation des émissions des gaz à effet de serre pour empêcher une interférence de l'homme avec le système climatique, (Achour-Bouakkaz, 2006).

Les activités qui libèrent les gaz à effet de serre dans l'atmosphère sont nombreuses et variées. Ces émissions proviennent notamment des sources suivantes (tab.01) :

- La production, le traitement et la consommation d'énergie d'origine fossile.
- Les activités industrielles qui produisent le CO<sub>2</sub>.

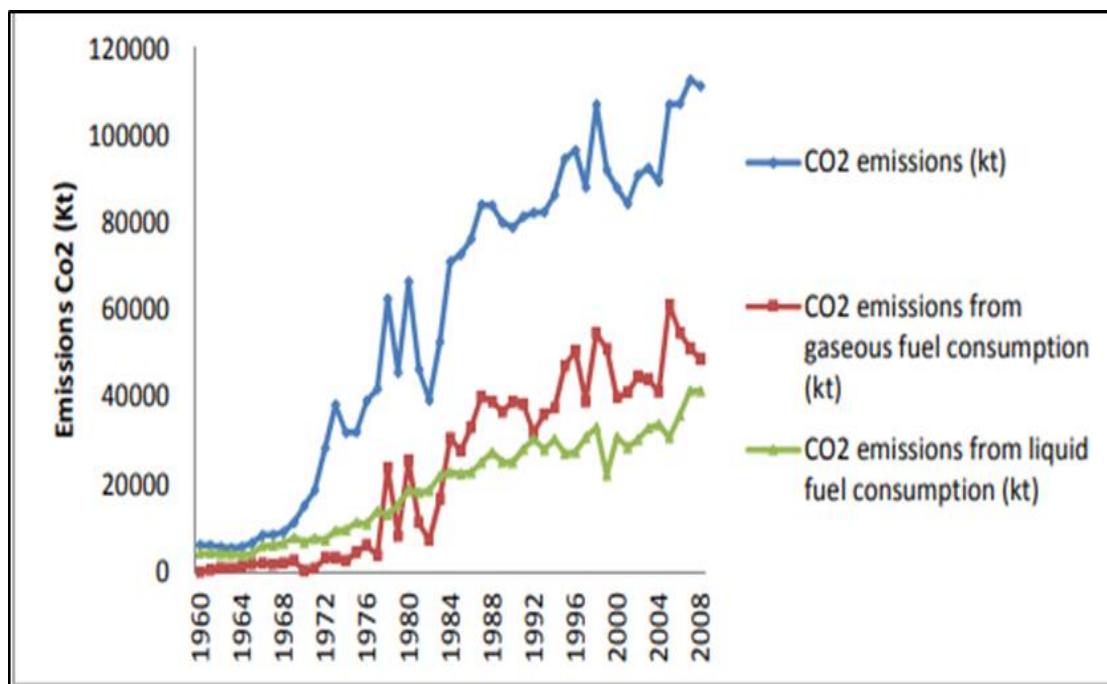
- Les systèmes agricoles, mode d'occupation et d'utilisation des sols, tels que l'urbanisation rapide et non contrôlée, le déboisement des forêts, les incendies.

**Tableau 01 : Synthèse des émissions et des absorptions de GES en Algérie (1994)**

Secteur	CO <sub>2</sub> émissions	CO <sub>2</sub> absorptions	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVNM	SO <sub>2</sub>
Energie	59245.75	0	515.57	0.3	238.41	916.09	184.46	31.69
Procédés industriels	4437.8	0	0.24	0.88	2.47	5.53	92.91	7.89
Solvants	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Agriculture	0	0	168.04	27.45	0.88	921.43	NC	0
Sols/forêts	12166.55	4331.46	20.61	1.42	5.12	180.34	NC	0
Déchets	0	0	209.51	1.34	0	100	NC	0
total	758711.09	4331.46	913.97	31.39	246.86	1123.21	277.37	39.58

D'après les recherches du GIEC, la faible capacité de réponse et d'adaptation de l'Afrique la met dans une situation très vulnérable aux changements climatiques. En outre, la contribution de l'Afrique aux émissions de gaz à effet de serre est insignifiante (fig.01)

La comparaison des émissions de CO<sub>2</sub> par personne en Afrique du Nord en 1997 montre que l'Algérie détient la deuxième place et se positionne derrière la Libye.



**Figure 01:** Emissions de CO<sub>2</sub> en Algérie (<http://www.data.un.org>).

## **5. Evolution historique des facteurs du climat en Algérie**

L'étude de l'évolution historique des facteurs du climat met en évidence, pour ces dernières décennies, une hausse des températures et une baisse des précipitations sur l'ensemble du pays, une occurrence plus grande des phénomènes extrêmes comme les inondations et les sécheresses, (Mostafa-Kara, 2008). Une estimation sur 30 ans d'années, les valeurs ont marqué une évolution claire :

### **5.1. Evolution des températures**

Le suivi des températures, en Algérie, pour deux périodes de 30 ans (1931-1960) et (1960-1990) met en évidence :

- Une hausse de température moyenne sur l'ensemble du pays au cours des saisons d'hiver et d'automne.
- Une hausse nette des températures minimales et maximale sur l'ensemble des stations de l'Algérie du nord depuis la décennie 70 et se prolongeant jusqu'à nos jours : durant ces dernières 20 ans, les températures maximales moyennes mensuelles ont augmenté plus que le minimale ; cette augmentation est environ de 2° (Mostafa-Kara, 2008).

### **5.2. Evolution des précipitations**

L'évolution des précipitations pour la même période (1931-1960 et 1960-1990) montrent :

- Qu'en automne et en hiver, il y a diminution des pluies sur le nord.
- Qu'au printemps, la pluviométrie est plus importante à l'Ouest, au centre et au sud du pays et qu'il y a diminution des précipitations à l'est. Il y a environ 10% de baisse des précipitations ces 20 dernières années (Mostafa-Kara, 2008).

### **5.3. Sécheresse**

La sécheresse est un phénomène récurrent en Algérie et doit être gérée de façon structurelle par la mise en place d'un système de surveillance et d'alerte (Mostafa-Kara, 2008).

Le tableau suivant donne un aperçu historique de l'occurrence de la sécheresse à partir de 1930 et précise pour chaque décennie, les années de sécheresse aux stations d'Oran, Alger et Annaba. Ces dernières années, l'Est du pays est moins touché par la sécheresse que l'Ouest et le centre, les sécheresses les plus sévères, qui ont touché le pays en entier, sont celles de 1945, 1961 et 1994.

**Tableau 02 :** Aperçu historique de l'occurrence des sécheresses en Algérie (Mostafa-Kara, 2008).

Station	Période 1930_40	Période 1940_50	Période 1950_60	Période 1960_70	Période 1970_80	Période 1980_90	Période 1980_85
Oran	Néant	71-44- 45-47	59	61-66	70-78	81-83- 85-88-89	94
Alger	37(très forte)	41-45	Néant	61	77	81-83- 87-89	90-91- 93-94
Annaba		45(très forte)	Néant	60-61- 66-68	70-74-75	Néant	94

**Tableau 03 :** valeurs moyennes annuelles de pluviométrie au cours des années normales, sèche et très sèches aux stations d'Oran, Alger, Annaba et Biskra, (Kamel Mostefa-Kara, 2008).

Station	Période de calcul	Année normale	Année sèche en mm et % de la normale	Année très sèche et % normale
Oran	1961_1990 1927_1995	372mm	288mm (77%)	239mm (64%)
Alger	1961_1990 1927_1995	686mm	511mm (74%)	436mm (63%)
Annaba	1961_1990 1927_1995	615mm	507mm (82%)	441mm (71%)
Biskra	1961_1990 1927_1995	135mm	54mm (40%)	12mm (9%)

A partir de ces tableaux, on peut observer la persistance des sécheresses surtout durant les vingt dernières années.

## **6. Les scénarios du changement climatique**

L'existence de changements climatiques liés aux activités humaines, partant le GIEC a créé un certain nombre de scénarios d'émission. Ils ont pour objet d'obtenir une représentation simple mais possible du monde futur sur différents aspects. Ils sont fondés sur des hypothèses d'évolution des "forces motrices" déterminant les émissions de gaz à effet de serre (GES). Ils fournissent également les émissions futures de ces gaz. Ils servent ensuite d'entrée à des modèles et permettent ainsi d'obtenir des projections liées aux émissions de GES dans différents domaines et en particulier au niveau climatique (Lepage et al. 2011).

### **6.1. Scénarios IS92**

Les scénarios IS92 ont été initialement décrits dans GIEC (1992). Six scénarios de l'avenir de gaz à effet de serre et les émissions de précurseurs d'aérosols (IS92a-f) ont été développées, fondées sur des hypothèses concernant la population et la croissance économique, l'utilisation des terres, les changements technologiques, la disponibilité de l'énergie, et le mélange de carburant au cours de la période de 1990 à 2100 (Polcher, 2005).

### **6.2. Les scénarios RSSE**

Le rapport spécial sur les scénarios d'émissions (RSSE) sort en 2000, ces nouveaux scénarios qu'il présente sont liés à des données économiques plus récentes ainsi qu'une meilleure appréciation des évolutions technologiques, économiques et démographiques. Tous ces scénarios ont été également repris dans les rapports des différents groupes de travail du GIEC de 2001 et de 2007 (IPCC, 2007). Ces rapports précisent, entre autres, les utilisations possibles des scénarios d'émission dans l'obtention des projections climatiques futures ainsi que dans l'évaluation des impacts de ces changements climatiques (Enright, 2001).

## **7. Projections climatiques sur l'Algérie**

Pour la période 1990 – 2020, la hausse de la température moyenne sera comprise entre 0,8°C et 1,1°C et la baisse des précipitations moyennes sera de l'ordre de 10 %. L'élévation du niveau de la mer sera comprise entre 5 cm et 10 cm. L'intensification de l'évaporation due à l'augmentation de la température s'ajoute à la baisse des précipitations pour diminuer encore plus la quantité des eaux mobilisables au niveau des barrages et des nappes souterraines. (Farah ,2014)

Les prévisions pour 2020 et 2050 indiquent que les saisons seront perturbées et que les températures continueront d'augmenter. La saison des pluies sera concentrée sur une courte période, posant un risque d'inondation. De même, la fréquence des sécheresses augmentera. Ces projections ont été obtenues par l'utilisation de scénarios et de modèles d'émissions moyennes (Climat Mondial MATE, 2003).

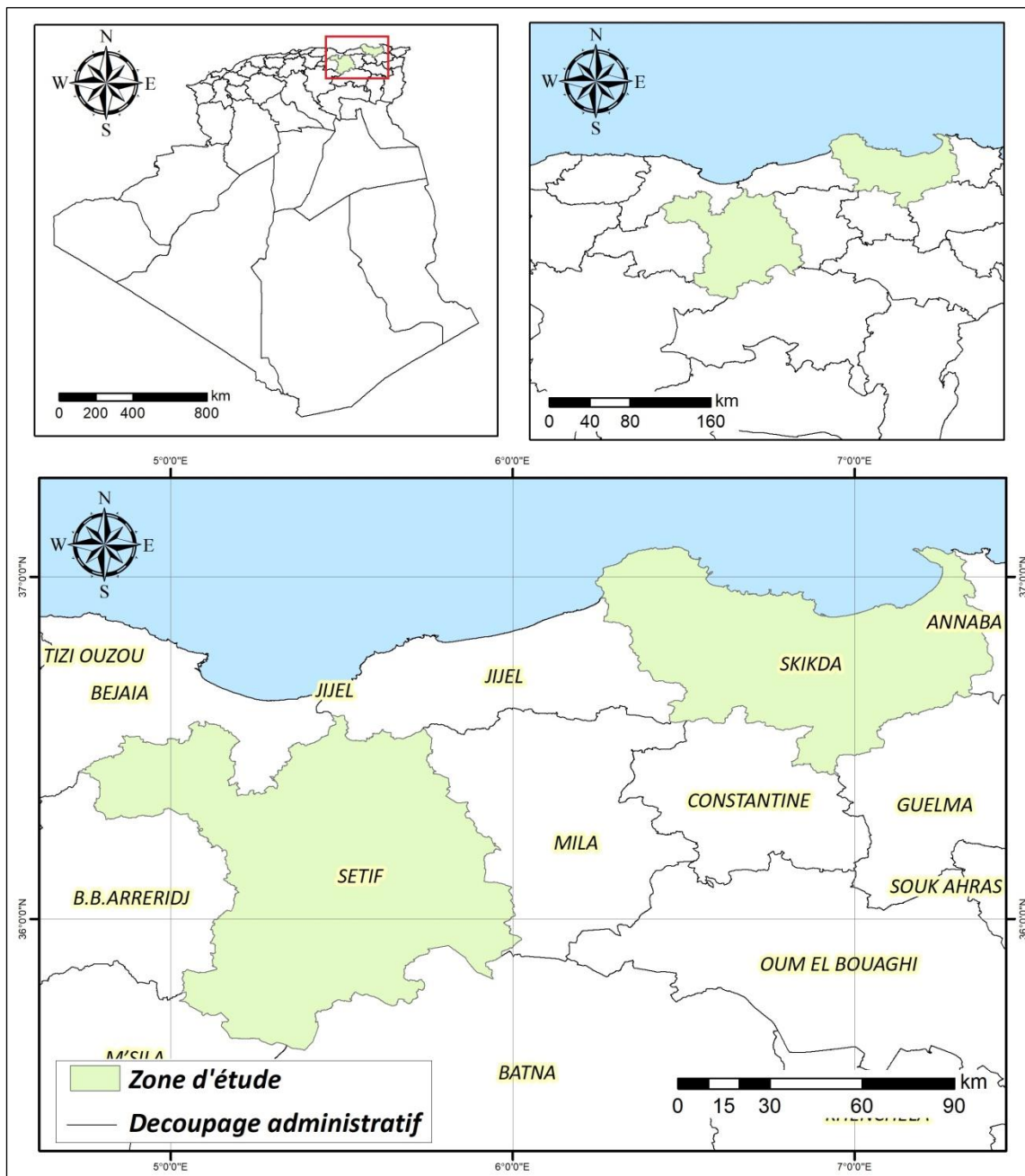
La période pluvieuse sera concentrée sur une courte période entraînant des risques d'inondations. De même, il y aura une augmentation de la fréquence des sécheresses. Les projections, ont été obtenues à l'aide de scénarios d'émissions moyens et des modèles climatiques globaux (MATE, 2003). Selon le CIAT (International Center for Tropical Agriculture, 2010), l'Afrique du Nord subira les impacts les plus négatifs liés au changement climatique, ainsi selon la même source 80 % des cultures montreront des pertes de productivités en 2050 (Farah, 2014)



# Matériels et Méthodes

## 1. Présentation de la zone d'étude

Le principal objectif de cette étude consiste à déterminer les régimes thermiques quotidiens, mensuels, saisonniers et annuels de deux régions. Pour cela, deux différentes zones ont été choisies pour mettre en œuvre cette problématique. L'une est une zone littorale située à l'Est algérien, il s'agit de la wilaya de « Skikda », et l'autre se caractérise en grande par un climat continental, il s'agit de la wilaya de Sétif (figure 02).



**Figure 02 :** Situation géographique et administrative des régions d'étude

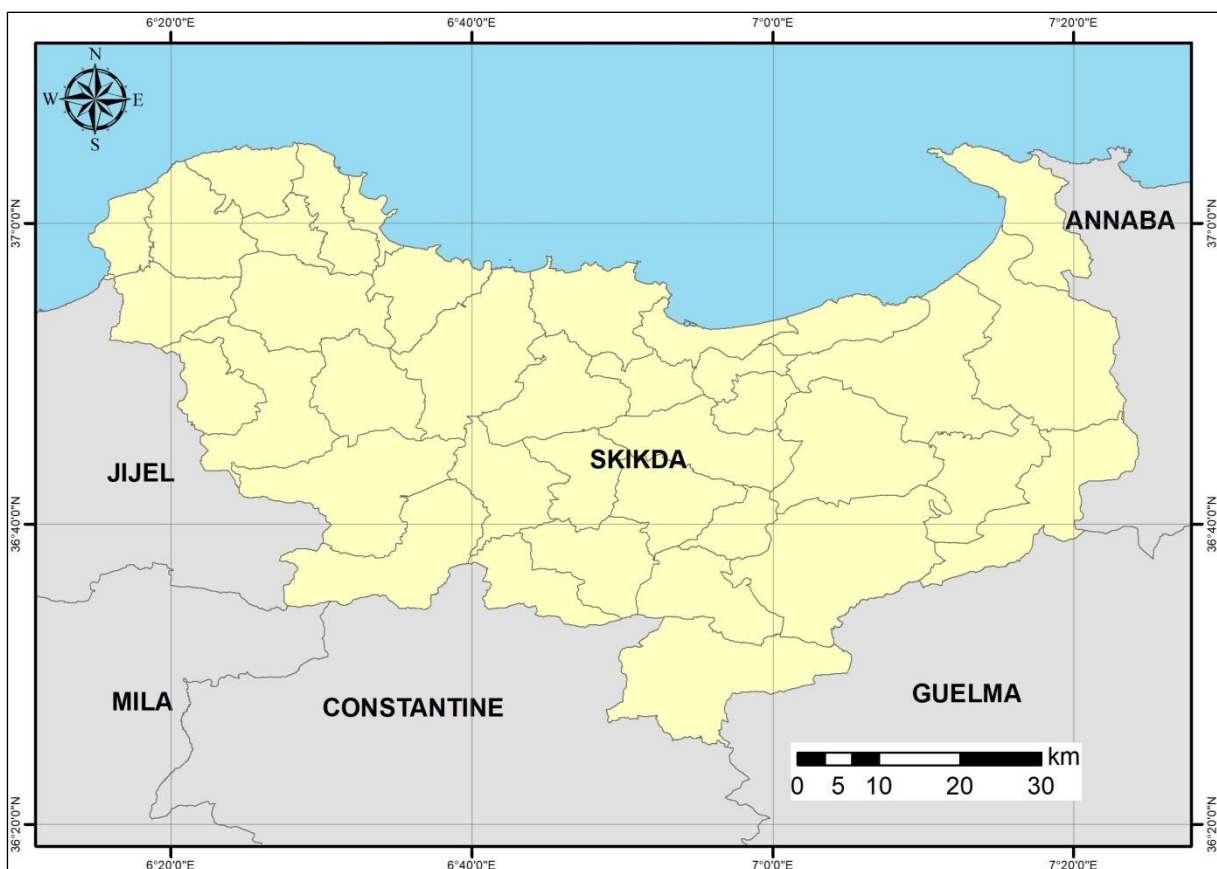
## 1.1. Présentation de la wilaya de Skikda

### 1.1.1. Localisation géographique administrative

La Wilaya de Skikda constitue une unité géographique importante, située au Nord-Est de l'Algérie, comprise entre  $37^{\circ}05'17''$  et  $34^{\circ}34'53''$  de latitude Nord et entre  $06^{\circ}14'33''$  et  $7^{\circ}22'31''$  Est des longitudes (figure.03). Elle s'étend sur une superficie de 4137 km<sup>2</sup>, avec une population avoisinant les 804697 habitants (2008). Elle dispose de 130km de côtes qui s'étalent de El Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour aux fins fonds du massif de Collo à l'Ouest.

La wilaya de Skikda comprend treize (13) daïra et trente-huit (38) communes (fig.03). Elle est limitée :

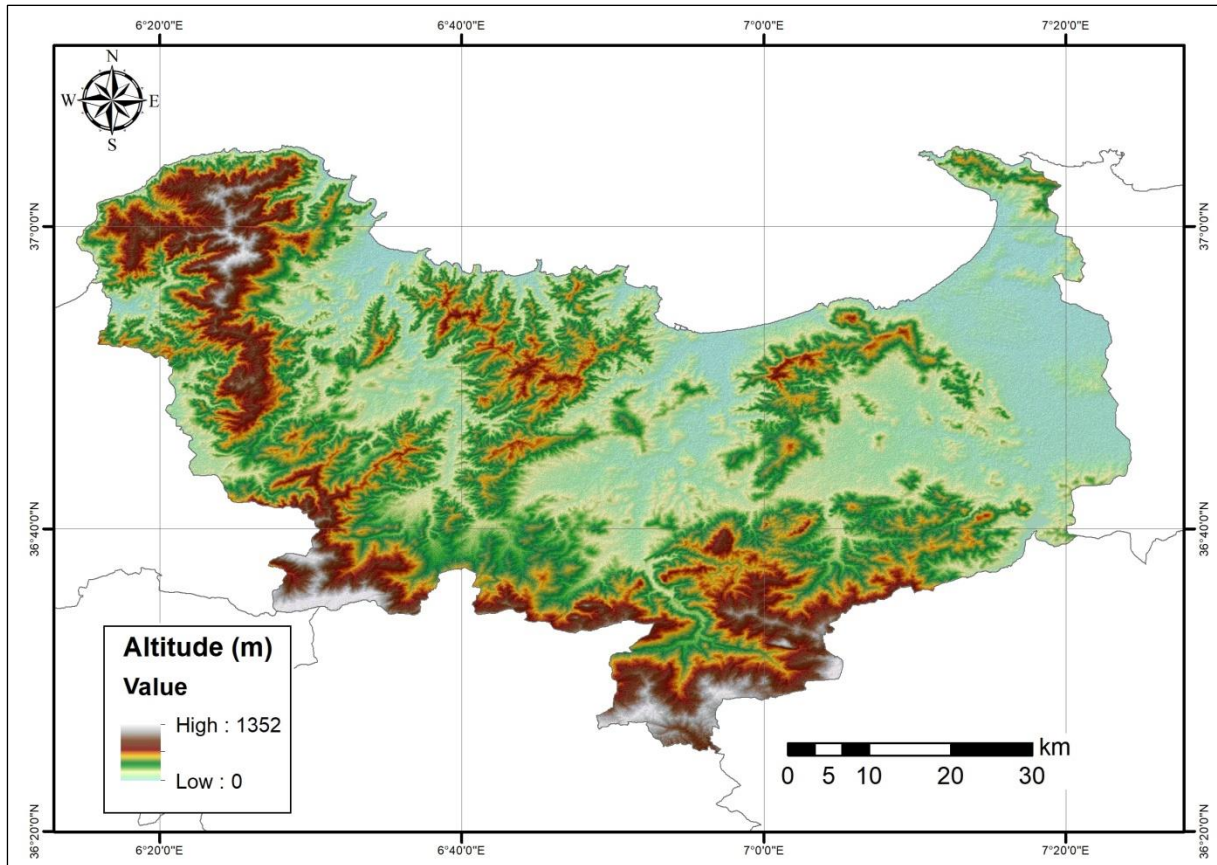
- Au nord par Mer Méditerranée.
- A l'Est par les Wilaya d'Annaba et Guelma.
- Au sud par les wilayas de Constantine et Mila.
- A l'Ouest par la wilaya de Jijel



**Figure 03:** Situation géographique et administrative de la Wilaya de Skikda

### 1.1.2. Topographie

Le relief est très accidenté sur la frange littorale est, dans les massifs de Collo, Azzaba et la Marsa. Dans ce relief on distingue trois types de zones topographiques, les zones de montagnes, les zones de plaines et les zones de piémonts (figure.04).



**Figure 04 :** Topographie de la Wilaya de Skikda

#### A. Zones des Montagnes

Les zones de montagnes qui se subdivisent en plusieurs parties et comptent quatre Massifs, dont les plus importants sont :

- Au Sud : Djebel Sidi Driss (1352m) d'altitude et Djebel Hadjar chouat (1220 m) d'altitude.
- A la limite des vallées du Guebli et Saf-Saf : Djebel Staiha (572 m) et Djebel Abdelhadj (564m) d'altitude.
- A la limite du Saf-Saf et d'El –Kebir : Djebel Fil-Fila (586 m) d'altitude.
- Au Nord : Cap Bougaroun et Cap de Fer.

## B. Les zones des Plaines

- La Plaine de la vallée du Saf-Saf : s'étend d'El-Harrouch à Skikda et épouse les contours du Saf-Saf
- La Plaine de la Vallée de Oued El-Guebli : débute à Oum-Toub, s'évase au niveau de Tamalous, s'effile jusqu'à Collo ou elle s'évase de nouveau.
- La Plaine de la Vallée de l'oued El-Kebir.
- La Plaine d'zzaba : arrosée par oued El-Kebir, elle s'étend d'es-sebt à Azzaba jusqu'à Djendel où elle présente un étranglement débouchant à Ain Charchar et Bekkouche Lakhdar.
- La seconde partie de la plaine est considérée comme la zone de jonction entre la plaine et la dépression qui débute au lac Tanga près d'El-Kebir.

## C. Les Piémonts

Ils se localisent en particulier dans les régions d'El-Harouch et Azzaba.

### 1.1.3. Climat

La wilaya de Skikda se caractérise par un climat méditerranéen chaud et sec en été et doux et pluvieux en hiver (A.N.P.E., 1994). Elle appartient aux domaines bioclimatiques humides et subhumides à variante douce et tempérée au niveau du littoral et froid à l'intérieur.

L'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'Est et au Sud. Le domaine subhumide prévaut sur les 54% du territoire de la wilaya avec une pluviométrie comprise entre 800 et 1200 mm/an (Fig.05).

Pour les températures, elles sont douces en hiver (11°C) et chaude en été (24°C) sur le littoral, où les amplitudes thermiques sont faibles. Elles sont moins douces en hiver (9°C) et plus chaudes en été (27°C) au niveau du territoire intérieur où les amplitudes sont plus marquées (fig.00).

L'humidité relative de la wilaya de Skikda enregistre une valeur très importante elle atteint une moyenne de 65,5 % et fluctuent entre une valeur minimale de 68,91 % et une valeur maximale de 75,34 % (O.N.M., 2012).

La zone littorale de la wilaya de Skikda, est particulièrement soumise à des vents très violents dont la vitesse peut atteindre les 130 km/h. La direction des vents dominants est Sud-Ouest à Sud-est (Touati *et al.* 2004).

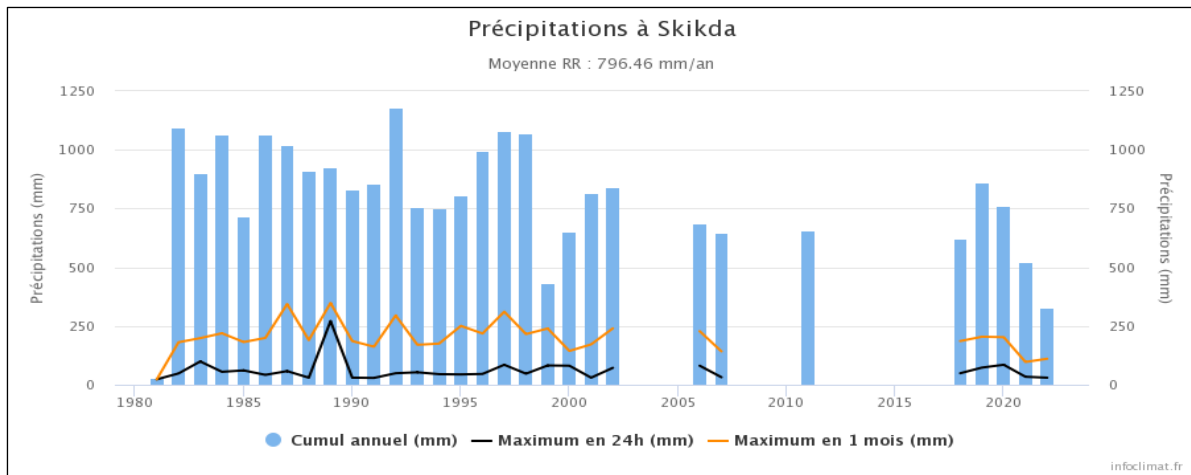


Figure 05 : Histogramme des précipitations à Skikda pour la période (1982-2022).

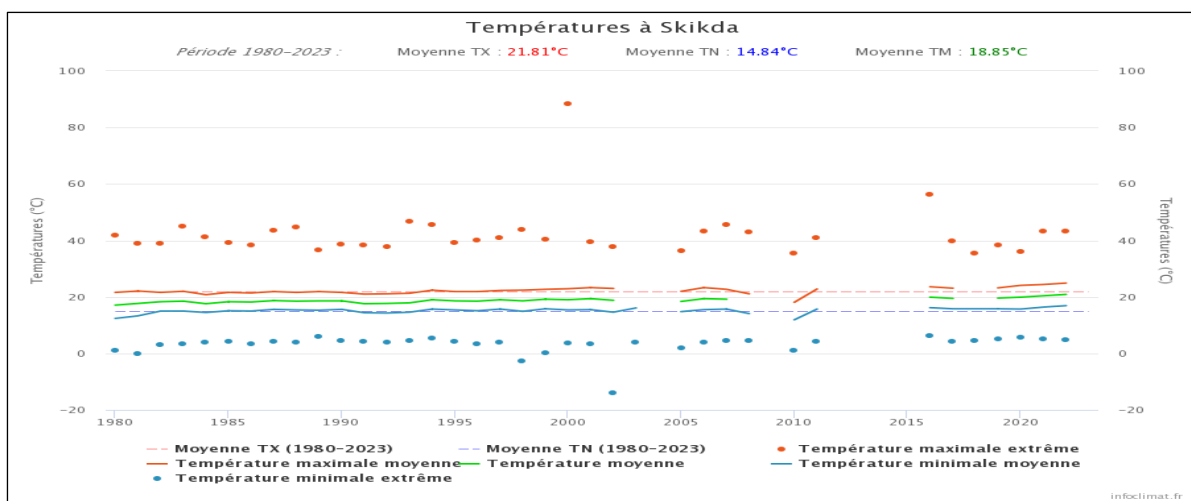


Figure 06 : Courbe des températures à Skikda pour la période (1982-2022).

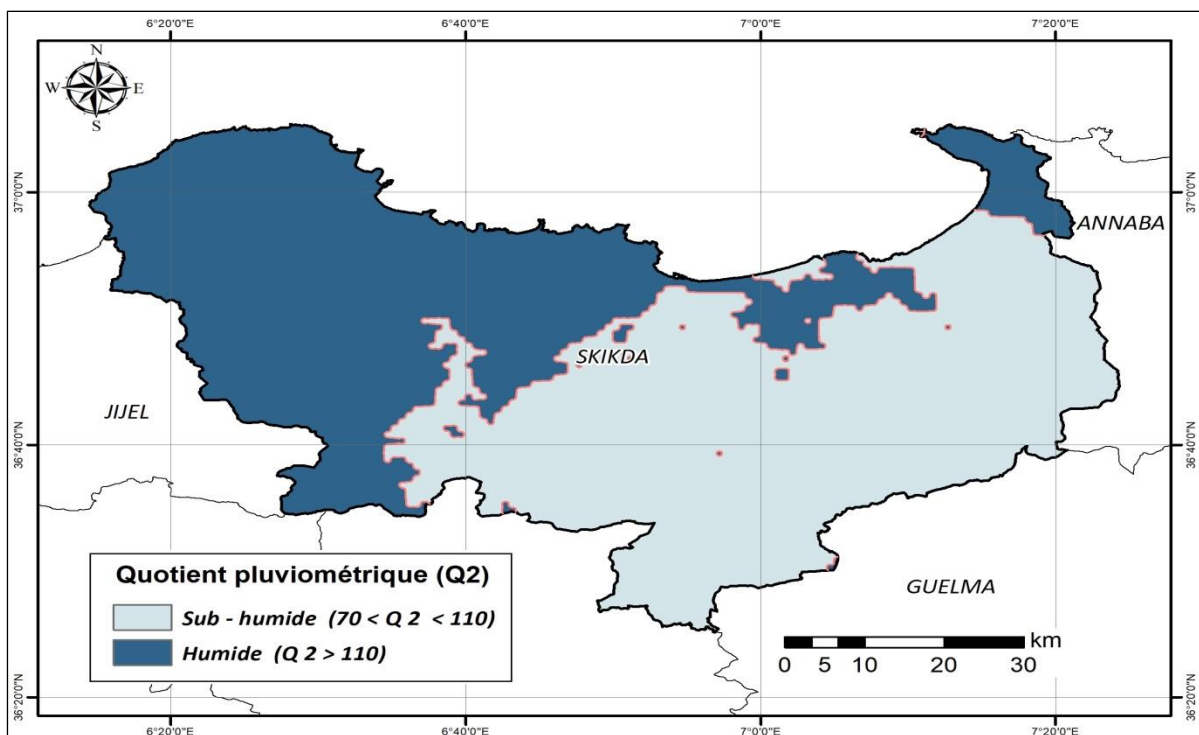


Figure 07 : Les étages bioclimatiques dans la willaya de Skikda (1970-2000)

## 1.2. Présentation de la wilaya de Sétif

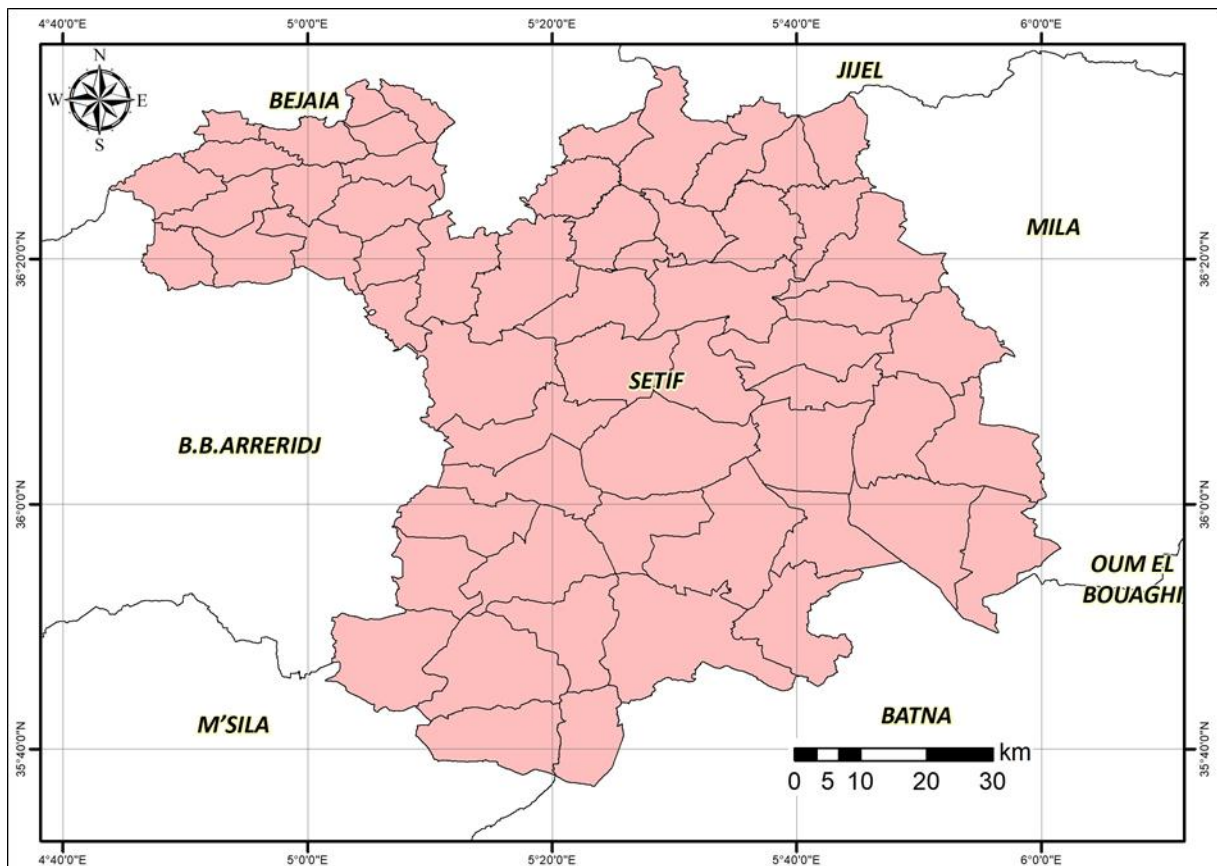
### 1.2.1. Localisation géographique administrative

La wilaya de Sétif est une zone à vocation agricole située entre  $36^{\circ}35'27''$  et  $35^{\circ}36'48''$  de latitude Nord et entre  $04^{\circ}43'21''$  et  $6^{\circ}01'33''$  Est des longitudes (fig.08). Elle s'étend sur une superficie de 6 549 km<sup>2</sup> soit (0,27%) du territoire national, avec une population avoisinant les 1489979 habitants (2008).

La wilaya de Sétif est limitée :

- Au nord par les wilayas de Bejaïa et Jijel.
- A l'Est par la wilaya de Mila.
- Au sud par les wilayas de Batna et Msila.
- A l'Ouest par la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

La Wilaya de Sétif est Composée de 60 communes et 20 daïras, la wilaya de Sétif est classée en deuxième position après la capitale en terme de potentiel démographique.



**Figure 08:** Situation géographique et administrative de la Wilaya de Sétif

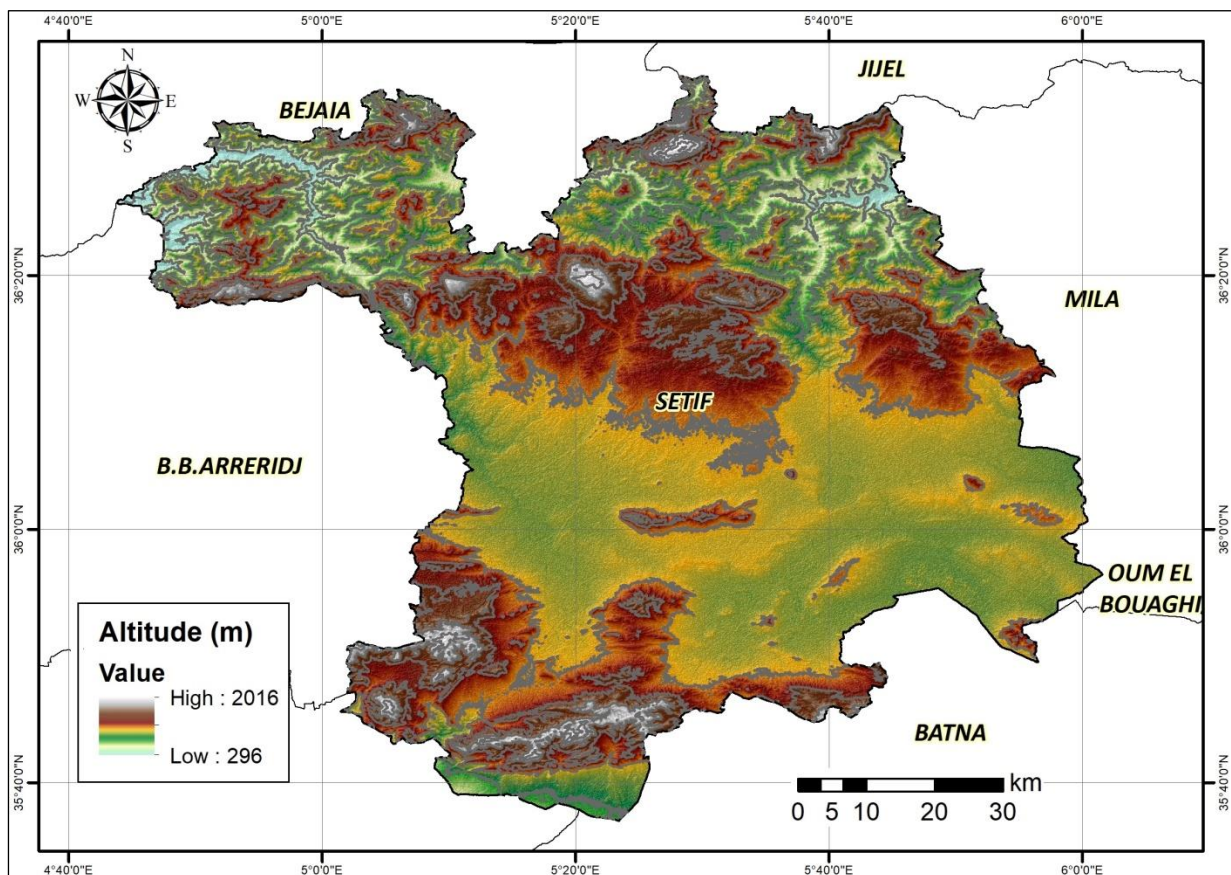
### 1.2.2. Topographie

La Wilaya est divisée en trois grandes zones (fig.09) :

**A) Zone de montagnes :** La région de Sétif est sillonnée par trois masses montagneuses ; premièrement, la masse des « Babor » qui s'étend sur une centaine de kilomètres carrés avec une altitude maximale avoisinant 2000m. La deuxième chaîne montagneuse se situe à une latitude moins inférieure, formée d'un ensemble de Monts relativement éparses, allant de l'Est vers l'Ouest et comprend Djebel Tachouda, Megres, Laanini, Zemoura et El Bibans. Tandis que, la troisième chaîne montagneuse couvre une bonne partie du sud de la wilaya, où l'altitude peut atteindre 1890m ;

**B) Zone des hautes plaines :** occupe plus de 50% de la superficie totale de la wilaya, elle est relativement plate dont l'altitude varie de 900 à 1200m, et marqué par de petits mamelons montagneux apparaissent dans cette zone, tels que Djebel Youcef et Djebel Brao.

**C) Zone de dépression :** Située dans le Sud et le Sud Est de la wilaya, où l'altitude dépasse rarement 900m. Cette zone est pratiquement plate, elle couvre une superficie de 10% de l'espace de la wilaya et elle se caractérise par la présence des « chotts » ou dépressions salées.



**Figure 09 :** Topographie de la Wilaya de Sétif

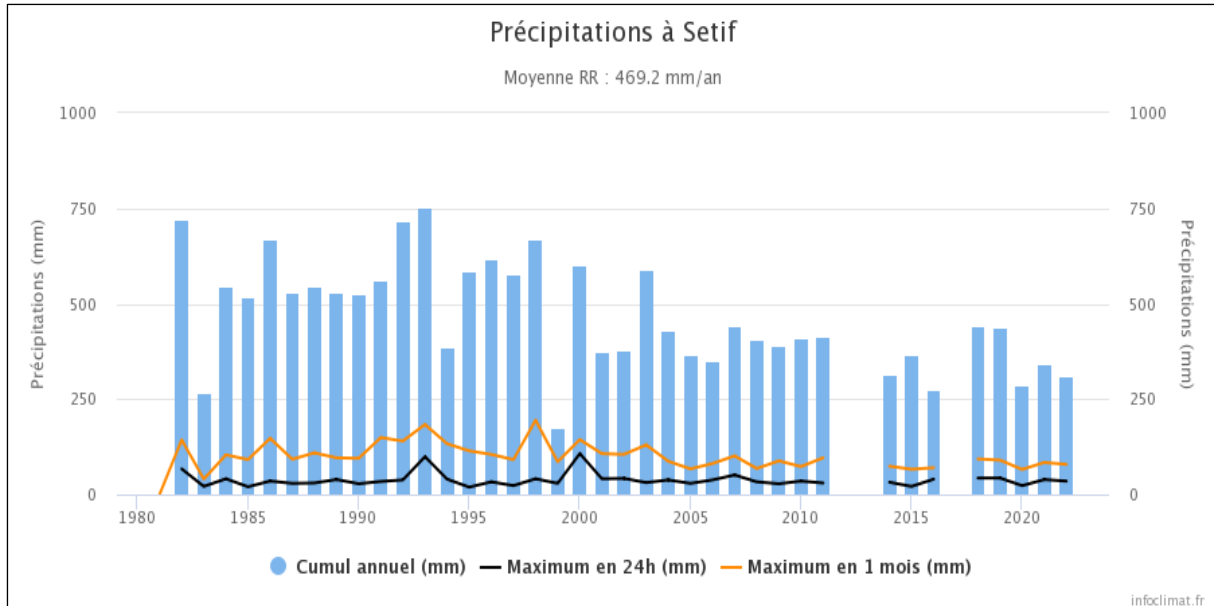


### 1.2.3. Climat

L'orientation du relief a particulièrement de lourdes conséquences dans le domaine climatique, elle provoque le blocage des influences maritimes venant du nord. Si bien que, la région de Sétif se situe à peine de quelques dizaines de kilomètres de la méditerranée, elle se caractérise en grande partie par un climat continental semi-aride, avec des hivers froids et pluvieux et des étés chauds et secs (Bounechada et Fenni, 2012).

Cependant, les pluies sont insuffisantes et irrégulières dans le temps et dans l'espace ; Si les monts de Babor sont les plus arrosés en recevant plus de 700mm/an, la quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne sur les hautes plaines (Ceneap, 2013). Tandis que, les zones Sud et Sud-Est restent les moins arrosées, où les précipitations annuelles ne dépassent pas les 300mm (Baldy, 1974).

La majeure partie de ces précipitations tombe entre les mois d'octobre et février (Hafsi *et al.*, 2009). Cependant, la saison sèche s'étend généralement entre les mois de mai et septembre. Les effets néfastes des vents de Sirocco et les gelées printanières sur l'agriculture locale sont à craindre, notamment au cours des stades végétatifs critiques.



**Figure 10 :** Histogramme des précipitations à Sétif pour la période (1982-2022).

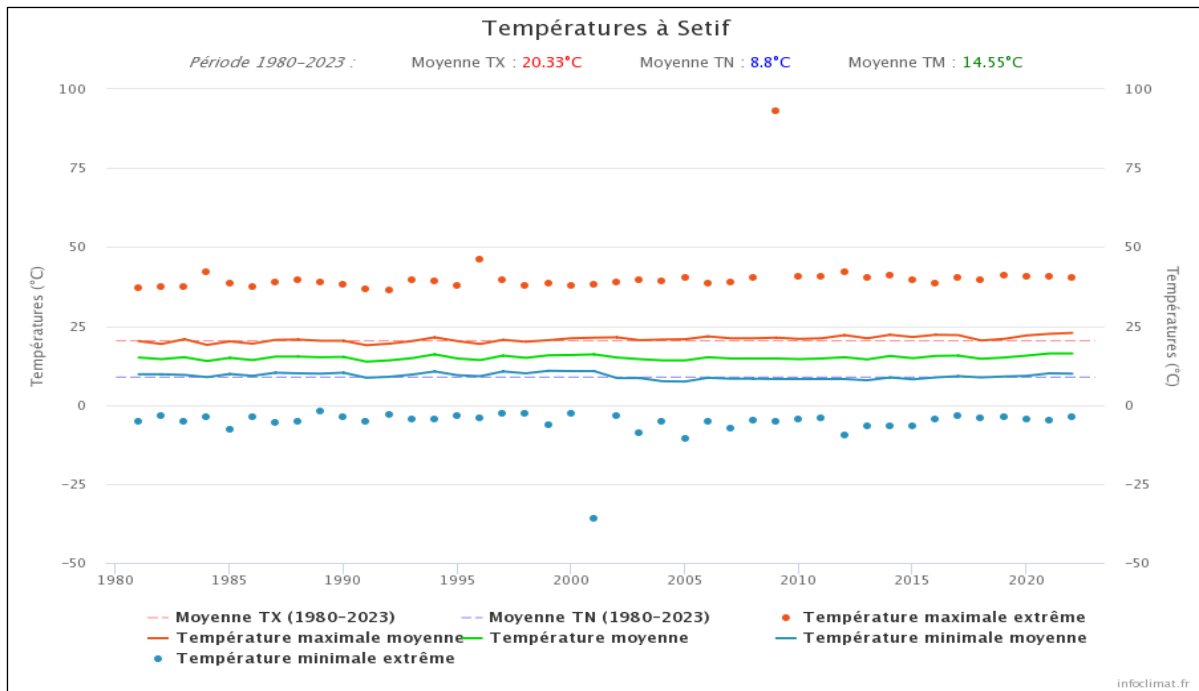


Figure 11 : Courbe des températures à Sétif pour la période (1982-2022).

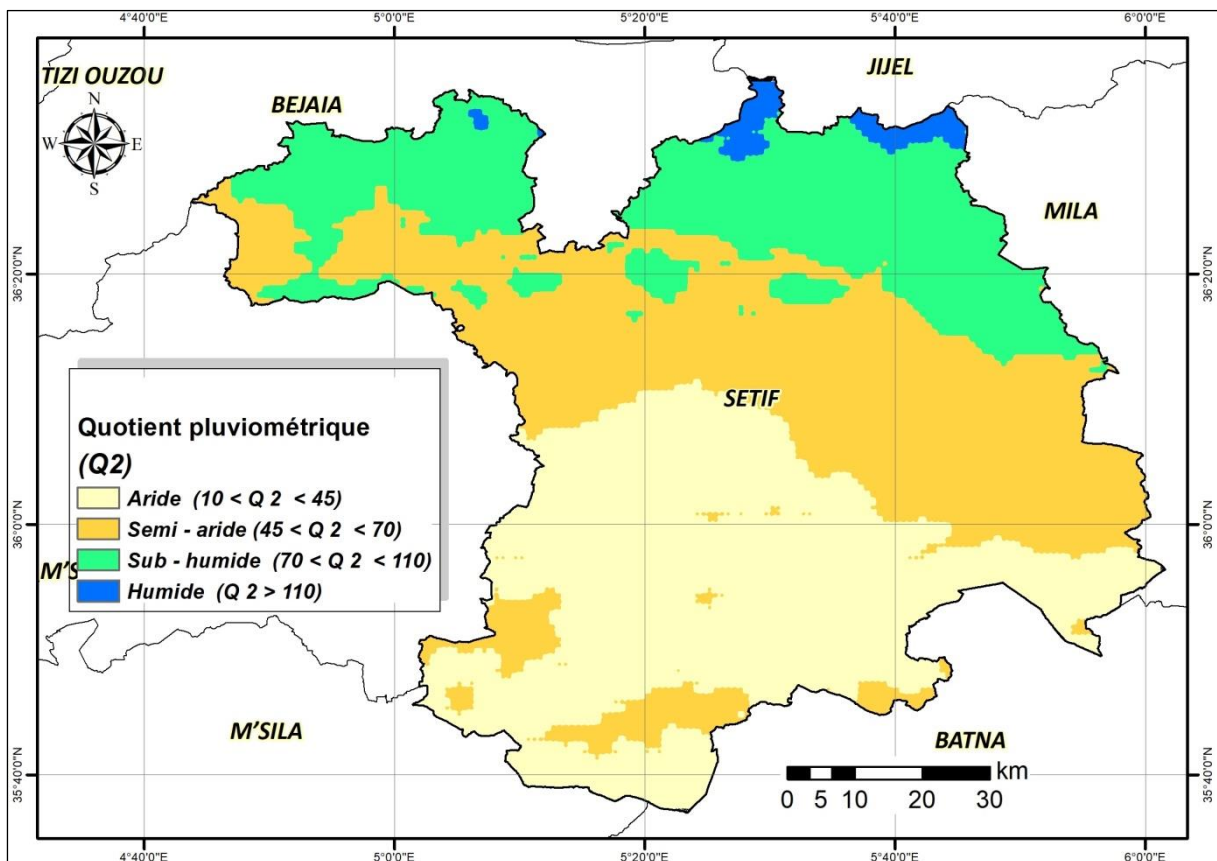


Figure 12 : Les étages bioclimatiques dans la willaya de Sétif (1970-2000)

## 2. Méthodologie

### 2.1 Analyse climatique :

Notre étude vise à représenter l'analyse des données thermiques quotidiennes, mensuelles, saisonnières et annuelles.

Les données climatiques de la période de 25ans de deux régions Skikda et Sétif sont obtenues à partir du site espagnol (en.tutiempo.net) qui classer les données climatiques et une association de passionnés de météo (Infoclimat.fr).

Les données collecté est la précipitation et les températures minimales et maximales de période (1998-2022) pour les deux régions Skikda et Sétif

### 2.2 Analyse des données climatiques

L'étude traite des données thermiques journalières des quatre saisons (hivernale, estivale, automnale et printanière) sur la période (1998-2023).

Afin de tirer les caractères climatiques suivants des stations de Skikda et Sétif :

- La température annuelle est la somme des degrés mois.
- Variabilité journalière des températures pour la période de (1998-2022).
- Variabilité mensuelle des températures pour 25ans.
- Variabilité saisonnière des températures par accumulation sur 3 mois de la saison concernée.
- Les précipitations journalières, mensuelles et annuelles.
- L'application du quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q2 = 3.43 P / (M-m)$ ) pour la période de 25ans.
- Sélectionnées l'étage bioclimatique et calculer le régime thermique.
- Déterminer la tendance thermique saisonnière et annuelle, et l'indice de tendance mensuel, saisonnier et annuel pour la période (1998-2022).

# Résultats et Discussion

**1. Résultats et discussion de la wilaya de Sétif**

**1.1. Quotient pluviométrique d'Emberger**

Le quotient pluviométrique d'Emberger "Q2" permet de situer l'étage bioclimatique de la zone d'étude. Selon Stewart (1969), le quotient pluviométrique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :

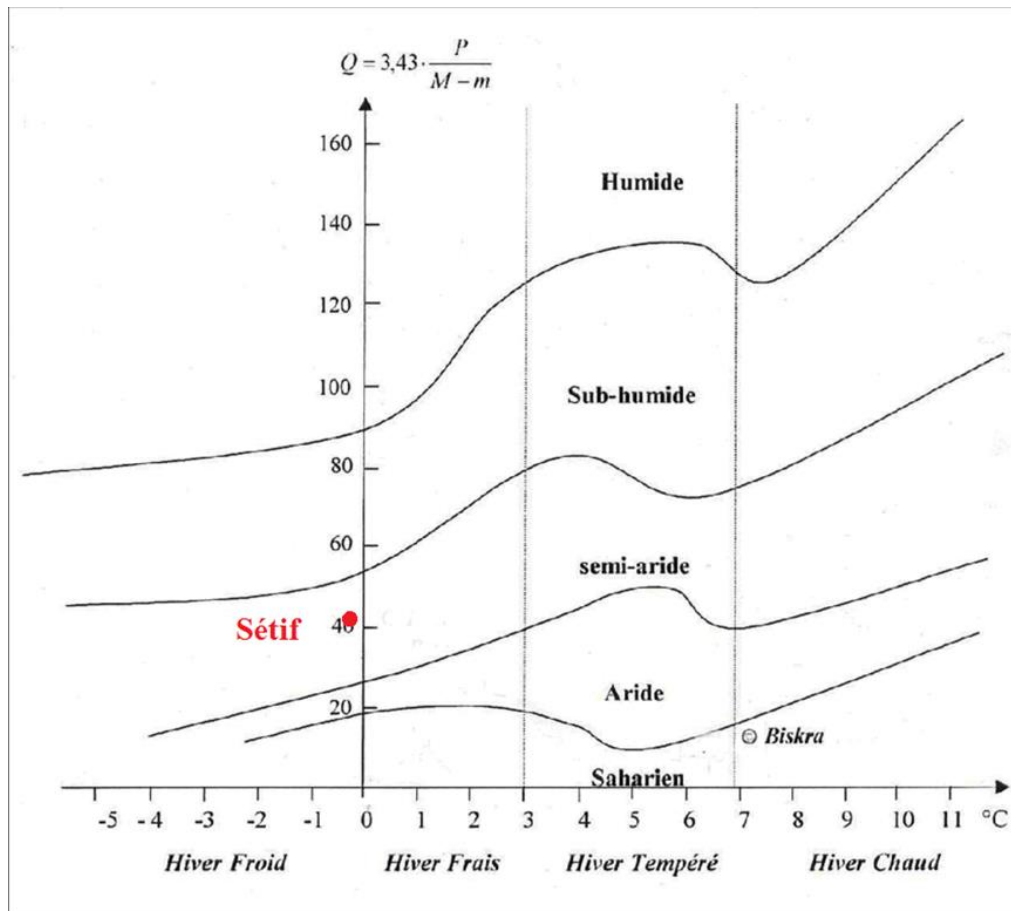
$$Q2 = 3.43 P / (M-m).$$

Où : P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm).

M - m : Amplitude thermique (C°)

D'après les données climatiques de Sétif, pour la période qui début par l'année 1998 jusqu'à l'année 2022. Le Q2 est compris entre 7,23 et 67,42 avec une moyenne de 40,13.

La zone de Sétif appartient à l'étage bioclimatique **semi-aride froid** (fig13).



**Figure 13:** Localisation de la zone de Sétif dans le Climatogramme d'Emberger.

Les résultats obtenus montrent une variation interannuelle du quotient pluviométrique d'Emberger Q2 durant la période (1998-2022). En effet, l'année 2003 est la plus froide, tandis que l'année 1999 est la plus sèche (Tab 04).

Ce coefficient montre une variabilité de 29%.

**Tableau 04:** Valeurs du quotient pluviométrique d’Emberger de la région de Sétif durant la période (1998-2022).

ANNEES	P (mm)	T max	T min	Q2
1998	431.11	32.1	0.8	47.24
1999	74.43	33.1	-2.2	7.23
2000	429.24	31.1	0.7	48.43
2001	311.84	32.3	1.2	34.39
2002	329.88	32.9	0.5	34.92
2003	678.18	32.6	-1.9	67.42
2004	447.89	31.1	-1.7	46.84
2005	341.92	32.8	-4.8	31.19
2006	363.22	30.7	0.8	41.67
2007	458.19	31	-0.1	50.53
2008	388.12	30.9	0.1	43.22
2009	408.17	31.9	0.5	44.59
2010	431.82	31.4	-0.8	46.00
2011	610.91	33	-0.8	61.99
2012	404.61	33.5	-3.9	37.11
2013	399.81	29.9	-0.3	45.41
2014	288.28	31.5	2.1	33.63
2015	431.74	30.5	-1.2	46.72
2016	280.4	29.3	0.5	33.39
2017	222.29	32.6	-2.2	21.91
2018	290.7	31.6	0.3	31.86
2019	426.48	32.7	-0.7	43.80
2020	259.05	31.2	2.3	30.75
2021	373.65	32.4	-0.4	39.07
2022	304.78	32.8	1.9	33.83
<b>Min</b>	<b>74.43</b>	<b>29.30</b>	<b>-4.80</b>	<b>7.23</b>
<b>Moyenne</b>	<b>375.47</b>	<b>31.80</b>	<b>-0.37</b>	<b>40.13</b>
<b>L'écarte type</b>	<b>116.73</b>	<b>1.06</b>	<b>1.69</b>	<b>11.82</b>
<b>Max</b>	<b>678.18</b>	<b>33.50</b>	<b>2.30</b>	<b>67.42</b>
<b>Coefficient de variation</b>	<b>0.31</b>	<b>0.03</b>	<b>-4.56</b>	<b>0.29</b>
<b>CV(%)</b>	<b>31%</b>	<b>3%</b>	<b>456%</b>	<b>29%</b>

**1.2.Cumul thermique saisonnier et annuel de la région de Sétif pour la période (1998-2022).**

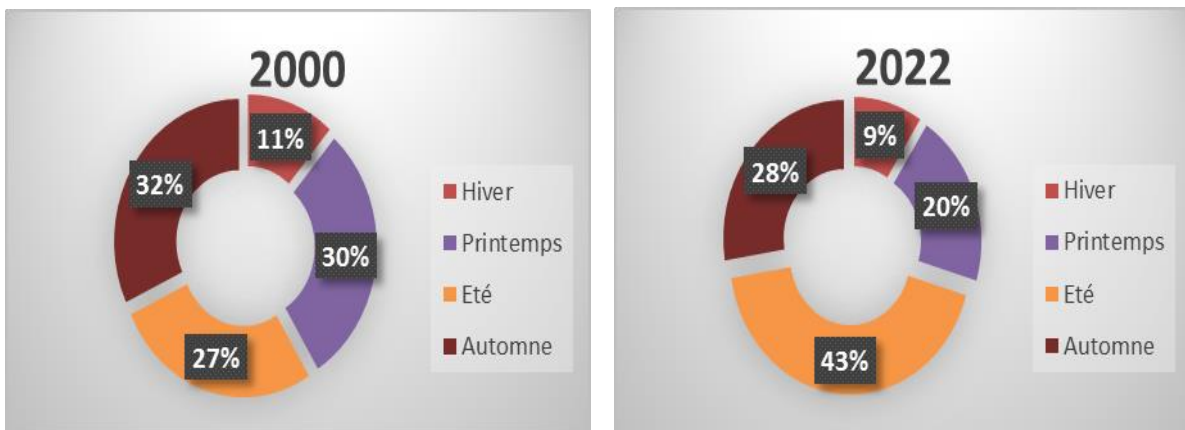
Les cumuls thermiques mensuels, saisonniers et annuels de la wilaya de Sétif pendant la période de 1998 à 2022, ont été calculés en fonction des températures journalières.

Le régime thermique de la wilaya de Sétif est de type **EAPH** (tableau 5).

D'après le tableau 05 les cumuls de températures mensuelles, saisonnières et annuelles, la wilaya de Sétif est caractérisée par un régime thermique EAPH. Celui-ci montre que l'été est classé en premier, suivi par l'automne, le printemps et l'hiver sur la période étudiée (1998-2022), avec des exceptions, les années 1998 et 2005 et 2017 qui possèdent un régime thermique de type **EAHP**.

De ce fait, les données montrent que l'année 2022 est la plus chaude alors que l'année 2000 est la plus froide, les résultats montrent une variabilité très importante entre elles pendant la période d'étude.

Les valeurs maximales sont enregistrées au mois d'août et juillet respectivement pour l'année 2022 (862,6 °C et 429,6°C) et les minimales sont observées au mois de janvier et décembre correspondant respectivement à 132,6°C et 121,4°C (fig14).



**Figure 14** : Cumul thermique de l'année la plus chaude (2022) et l'année la plus froide (2000) de la wilaya Sétif durant la période (1998-2022).



**Tableau 05** : Régime thermique annuel et saisonnier de la station de Sétif pour la période (1998-2022).

Cumule thermique saisonnier														
Année	Cumule thermique annuelle	HIVER			PRINTEMPS			ÉTÉ			AUTOMN			Régime Saisonnier
		DEC	JNV	FEV	MRS	AVR	MAI	JUN	JUILT	AOUT	SEP	OCT	NOV	
1998	4872,9	204	96	209,5	233,5	369,7	465,3	702,5	837,8	733,6	644	225,9	151,1	<b>EPAH</b>
		<b>509,5</b>			<b>1068,5</b>			<b>2273,9</b>			<b>1021</b>			
1999	5531	72,5	191,3	120,1	269,8	385,8	642,4	696,2	783,4	894	657,2	559,7	258,8	EAPH
		<b>383,9</b>			<b>1298</b>			<b>2373,4</b>			<b>1475,7</b>			
2000	4383	176,8	121,4	227,1	329,1	373,7	611,4	359,5	429,6	389,2	635,5	421	308,8	PAEH
		<b>525,2</b>			<b>1314,2</b>			<b>1178,3</b>			<b>1365,3</b>			
2001	5734,64	250,2	185,4	161,6	415,1	363,6	513,6	654	836,9	834,84	628,6	625,6	263,3	EAPH
		<b>599,1</b>			<b>1292,3</b>			<b>2325,74</b>			<b>1517,5</b>			
2002	5416,4	171,1	183	227,1	326,7	380,1	478,7	721,2	793,4	747,9	600,5	493,6	293,1	EAPH
		<b>581,2</b>			<b>1185,5</b>			<b>2262,5</b>			<b>1387,2</b>			
2003	5437	203,4	144,9	111	277,5	383,4	527,3	708	865,7	816,6	594,3	509,7	295,2	EAPH
		<b>459,3</b>			<b>1188,2</b>			<b>2390,3</b>			<b>1399,2</b>			
2004	5098,9	142,8	147,1	211,9	290,9	308,4	407	625,5	782,6	802,2	599,9	540,5	240,1	EAPH
		<b>501,8</b>			<b>1006,3</b>			<b>2210,3</b>			<b>1380,5</b>			
2005	5138,7	172,4	83	87,7	298,5	368,6	583,7	668,2	830,6	746	581,3	488,8		<b>EPAH</b>
		<b>343,1</b>			<b>1250,8</b>			<b>2244,8</b>			<b>1300</b>			
2006	5488,2	142,4	112,5	170,2	300,3	440,3	593,1	709,2	803	757,2	584,8	554,8	320,4	EAPH
		<b>425,1</b>			<b>1333,7</b>			<b>2269,4</b>			<b>1460</b>			
2007	5387,2	204,4	213,1	219,5	236,9	369,3	507,6	697,4	801,7	795,3	610,9	479,1	252	EAPH
		<b>637</b>			<b>1113,8</b>			<b>2294,4</b>			<b>1342</b>			
2008	5295,5	163,4	192,5	213,5	263,6	378,8	530,8	628,9	824,3	796,7	613,2	453,3	236,5	EAPH
		<b>569,4</b>			<b>1173,2</b>			<b>2249,9</b>			<b>1303</b>			
2009	5203,4	149,7	161,2	138,3	257,9	282,2	534,5	681,6	863,9	795,7	576	456,8	305,6	EAPH
		<b>449,2</b>			<b>1074,6</b>			<b>2341,2</b>			<b>1338,4</b>			
2010	5262,3	235,9	188,7	206,5	290,1	374,4	421,6	627,2	810,8	782,3	598,3	450,9	275,6	EAPH
		<b>631,1</b>			<b>1086,1</b>			<b>2220,3</b>			<b>1324,8</b>			
2011	5244,54	175,3	161,5	130,8	254,1	401,2	489,5	619,1	806,1	807,74	649,9	446,4	302,9	EAPH
		<b>467,6</b>			<b>1144,8</b>			<b>2232,94</b>			<b>1399,2</b>			
2012	5457,7	178,3	131,6	47,5	280,7	332,2	543,9	765,6	853,9	870,8	620,7	509,1	323,4	EAPH
		<b>357,4</b>			<b>1156,8</b>			<b>2490,3</b>			<b>1453,2</b>			
2013	5120,4	172,1	150,4	96,8	283,3	371,7	451,5	598,8	793,9	741,9	618	585,8	256,2	EAPH
		<b>419,3</b>			<b>1106,5</b>			<b>2134,6</b>			<b>1460</b>			
2014	5513,81	158,1	187,4	196,7	226,3	397,3	514,81	641,6	784,6	823,1	694,4	539,9	349,6	EAPH
		<b>542,2</b>			<b>1138,41</b>			<b>2249,3</b>			<b>1583,9</b>			
2015	5189,1	149,2	115,7	110,6	257,8	414	568,3	638,4	826,1	790,6	614,5	417,4	286,5	EAPH
		<b>375,5</b>			<b>1240,1</b>			<b>2255,1</b>			<b>1318,4</b>			
2016	5418,4	194,8	207,2	198,9	238,4	411,7	529,1	671,5	802,4	755,5	609	556,7	297,2	EAPH
		<b>600,9</b>			<b>1179,2</b>			<b>2175,4</b>			<b>1462,9</b>			
2017	5660,4	224,1	95,9	218,3	340,4	387,1	622,6	732,6	851,9	851,1	612	468,9	255,5	<b>EPAH</b>
		<b>538,3</b>			<b>1350,1</b>			<b>2435,6</b>			<b>1336,4</b>			
2018	5123,7	154,6	190,1	122,8	268,3	377,2	462,2	621,8	877,3	710,2	648,9	437,3	253	EAPH
		<b>467,5</b>			<b>1107,7</b>			<b>2209,3</b>			<b>1339,2</b>			
2019	5408,82	210,2	102,5	147,5	270,9	357,5	420,7	768,12	864,3	823,7	640,4	494,7	244,5	EAPH
		<b>524</b>			<b>1049,1</b>			<b>2456,12</b>			<b>1379,6</b>			
2020	5615,2	245,8	166,3	261	289,6	399,3	594,9	659,1	814,9	833,4	595	419,9	336	EAPH
		<b>673,1</b>			<b>1283,8</b>			<b>2307,4</b>			<b>1350,9</b>			
2021	5789,4	187,5	188,4	236,5	277,5	397,7	579,3	762,1	869,2	867,7	713,5	456	254	EAPH
		<b>612,4</b>			<b>1254,5</b>			<b>2499</b>			<b>1423,5</b>			
2022	5795,7	199,9	132,6	200,5	267,6	350,6	552,7	814,4	862,6	810,4	704	553,2	347,2	EAPH
		<b>533</b>			<b>1170,9</b>			<b>2487,4</b>			<b>1604,4</b>			

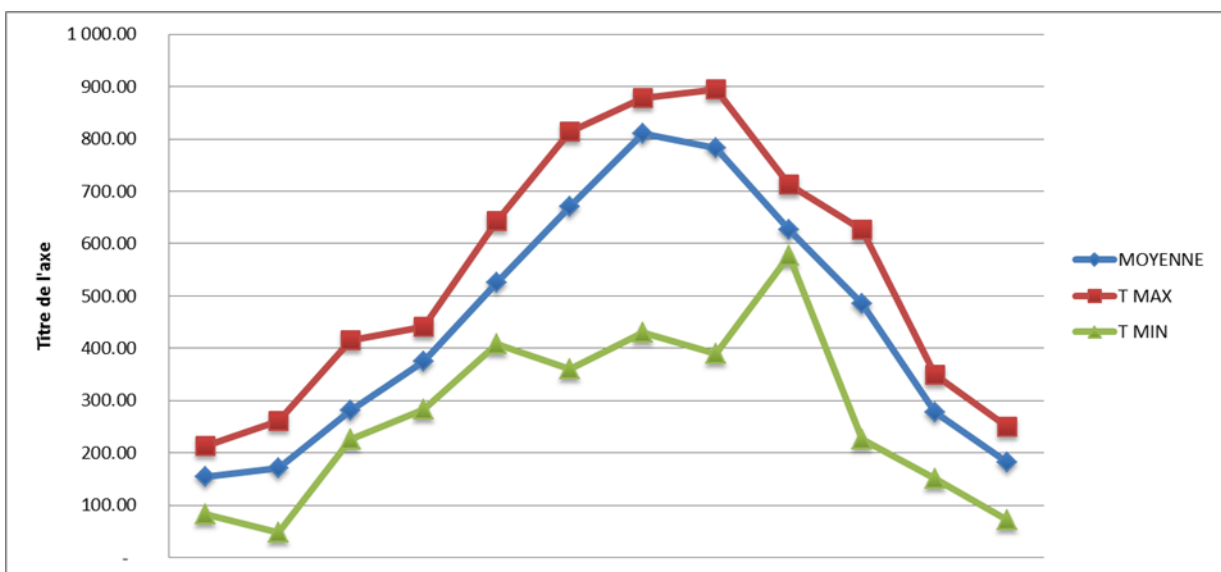
**1.3. Etude des températures moyennes mensuelles de la période (1998-2022) de la wilaya de Sétif**

L'étude des températures minimales et maximales pour la période de 25ans exprime une variabilité importante pendant la saison hivernale et estivale (tableau 6).

- La température moyenne mensuelle dans la wilaya de Sétif pendant la période (1998-2022) varie de 153.9 °C au mois de janvier à 810.8°C au mois de juillet.
- La température maximale enregistrée est de 213,1°C au mois de janvier et 877.3°C au mois de juillet.
- La température minimale sur une période de 25ans varie de 47.5°C au mois de février à 576°C au mois de septembre (fig 15).

**Tableau 06 :** Températures mensuelles moyennes dans la région de Sétif durant la période (1998-2022).

	JAN	FEV	MRS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
MENS	153.9	170.8	281.7	375	525.8	671	810.8	783,1	625.7	485.8	277.4	181.5
T.MAX	213,1	261	415.1	440.3	642.4	814.4	877.3	894	713.5	625.6	349.6	250.2
T.MIN	83	47.5	226.3	282.2	407	359.5	429.6	389.2	576	226	151.1	72.5



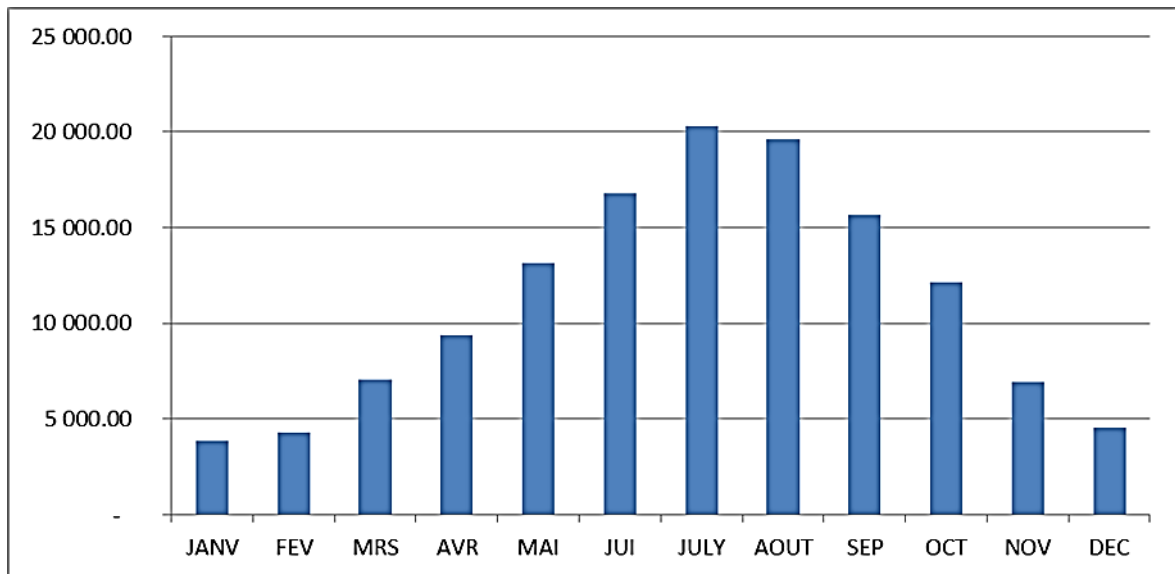
**Figure 15 :** Températures mensuelles moyennes de la wilaya de Sétif (1998-2022).

**1.4. Cumul thermique mensuel**

La valeur maximale du cumul thermique est enregistrée pendant le mois de juillet (20271°C), tandis que la valeur minimale est enregistrée durant le mois de janvier et est égale à 3849,7°C (tableau 7).

**Tableau 07** : Cumul thermique mensuel de la région de Sétif (1998-2022).

	JANV	FEV	MRS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>Cumul</b>	3849,7	4272	7044,8	9375,8	13146,5	16772,5	20271	19577,6	15644,8	12145	6936,4	4539
<b>Moyenne</b>	<b>11131,24</b>											



**Figure 16** : Cumul thermique moyen mensuel à Sétif pour la période (1998-2022).

**1.5. Le cumul thermique saisonnier**

- Durant la saison hivernale, le cumul de température le plus élevé est enregistré durant l'année 2020 et est égale à 673,1°C.

- Pour la saison printanière, le cumul thermique présente un maximum de 1350,1 °C pendant l'année 2017.
- La saison estivale, enregistre le cumul le plus élevé durant l'année 2012 soit 2490,3°C.
- Pour la saison automnale le cumul thermique pour 2022 est 1604,4°C.

#### **1.6. Les tendances saisonnières et annuelles de Sétif (1998-2022)**

Les tendances climatiques pour la période 1998-2019 se présentent comme suit (tableau 8) :

- La saison hivernale présente un réchauffement : 14/25.
- Le printemps a un effet de refroidissement : 13/25.
- La saison d'été a un effet de réchauffement : 13/25.
- La saison d'automne a un effet de refroidissement: 15/25.
- La saison annuelle a un effet de réchauffement : 14/25.

**Tableau 08** : Tendence thermique saisonnière et annuelle de la région de Sétif pour la période (1998-2022).

Année	Hiver		Printemps		Été		Automne		Annuel	
	cumul C°	tendance	cumul C°	tendance	cumul C°	tendance	cumul C°	tendance	cumul C°	tendance
1998	509.50	↗	1 068.50	↘	2 273.90	↗	1 475.70	↗	5 327.60	↘
1999	383.90	↘	1 298.00	↗	2 373.40	↗	1 365.30	↘	5 420.60	↗
2000	525.20	↗	1 314.20	↗	1 178.30	↘	1 517.50	↗	4 535.20	↗
2001	599.10	↗	1 292.30	↗	2 325.74	↗	1 387.20	↘	5 604.34	↗
2002	581.20	↗	1 185.50	↗	2 262.50	↘	1 399.20	↘	5 428.40	↗
2003	459.30	↘	1 188.20	↗	2 390.30	↗	1 380.50	↘	5 418.30	↗
2004	501.80	↘	1 006.30	↘	2 210.30	↘	1 300.00	↘	5 018.40	↘
2005	343.10	↘	1 250.80	↗	2 244.80	↘	1 460.00	↗	5 298.70	↘
2006	425.10	↘	1 333.70	↗	2 269.40	↗	1 342.00	↘	5 370.20	↗
2007	637.00	↗	1 113.80	↘	2 294.40	↗	1 303.00	↘	5 348.20	↘
2008	569.40	↗	1 173.20	↘	2 249.90	↘	1 338.40	↘	5 330.90	↘
2009	449.20	↘	1 074.60	↘	2 341.20	↗	1 324.80	↘	5 189.80	↘
2010	631.10	↗	1 086.10	↘	2 220.30	↘	1 399.20	↘	5 336.70	↘
2011	467.60	↘	1 144.80	↘	2 232.94	↘	1 453.20	↗	5 298.54	↘
2012	357.40	↘	1 156.80	↘	2 490.30	↗	1 460.00	↗	5 464.50	↗
2013	419.30	↘	1 106.50	↘	2 134.60	↘	1 583.90	↗	5 244.30	↘
2014	542.20	↗	1 138.41	↘	2 249.30	↘	1 583.90	↗	5 513.81	↗
2015	375.50	↘	1 240.10	↗	2 255.10	↘	1 318.40	↘	5 189.10	↘
2016	600.90	↗	1 179.20	↘	2 175.40	↘	1 462.90	↗	5 418.40	↗
2017	538.30	↗	1 350.10	↘	2 435.60	↗	1 336.40	↘	5 660.40	↗
2018	467.50	↘	1 107.70	↘	2 209.30	↘	1 339.20	↘	5 123.70	↘
2019	524.00	↗	1 049.10	↘	2 456.12	↗	1 379.60	↘	5 408.82	↗
2020	673.10	↗	1 283.80	↗	2 307.40	↗	1 350.90	↘	5 615.20	↗
2021	612.40	↗	1 250.50	↗	2 499.00	↗	1 423.50	↗	5 785.40	↗
2022	533.00	↗	1 170.90	↘	2 487.40	↗	1 604.40	↗	5 795.70	↗
Min		343.10		1 006.30		1 178.30		1 300.00		4 535.20
Max		673.10		1 350.10		2 499.00		1 604.40		5 795.70
Moyenne		509.04		1 182.52		2 262.68		1 411.56		5 365.81
Ecart type		90.77		93.75		243.00		87.49		250.7388576
coefficient varia		0.18		0.08		0.11		0.06		0.05

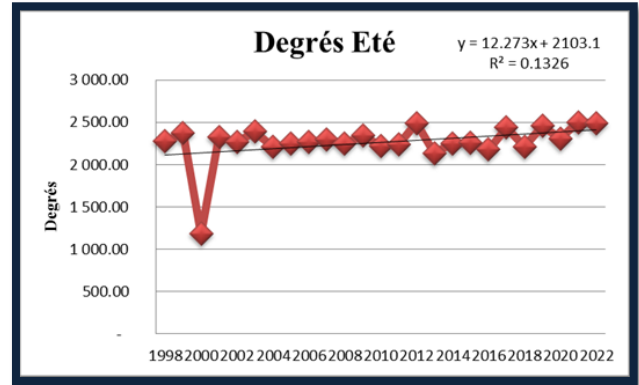
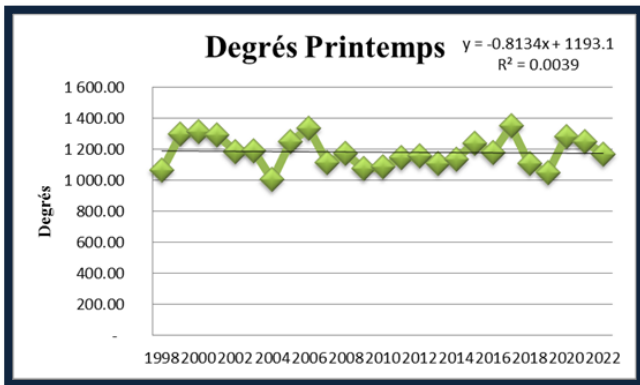
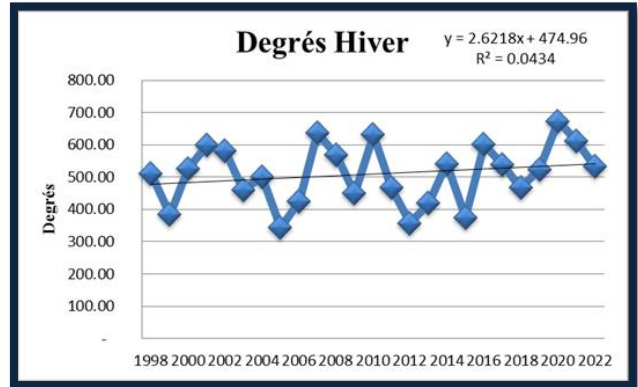
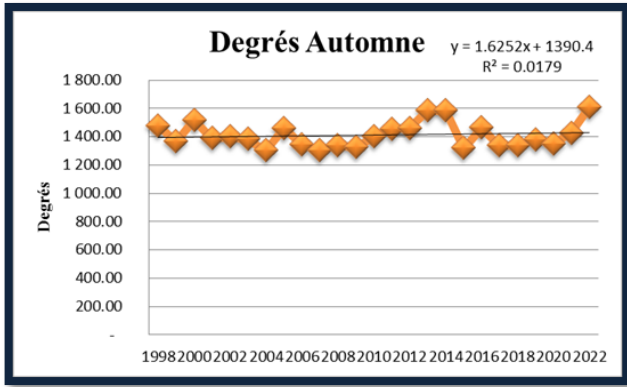


Figure 17 : Variabilité thermique saisonnière de la région de Sétif pour la période (1998-2022).

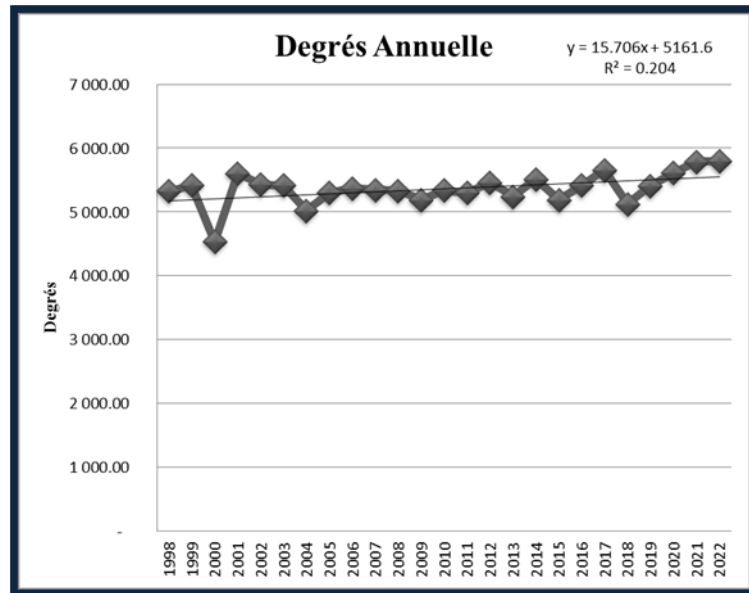


Figure 18 : Variabilité thermique annuelle de la région de Sétif pour la période (1998-2022).

**1.7. L'indice de tendance.**

Le tableau 09 présent l'indice de tendance (la valeur annuelle divisé par la moyenne) au cours de la période (1998-2022). Et le nombre de refroidissement et de réchauffement dévisé par deux périodes 1998 à 2009 et 2010 jusqu'à 2022.

**Tableau 09 :** Indice de tendance pour la région de Sétif.

Années	Hiver		Printemps		Été		Automne	
	Indice	Tendance	Indice	Tendance	Indice	Tendance	Indice	Tendance
1998	1.0	↗	0.90	↘	1.00	↗	1.04	↗
1999	0.75	↘	1.09	↗	1.04	↗	0.96	↘
2000	1.03	↗	1.11	↗	0.52	↘	1.07	↗
2001	1.17	↗	1.09	↗	1.02	↗	0.98	↘
2002	1.14	↗	1.00	↗	0.99	↘	0.99	↘
2003	0.90	↘	1.00	↗	1.05	↗	0.97	↘
2004	0.98	↘	0.85	↘	0.97	↘	0.92	↘
2005	0.67	↘	1.05	↗	0.99	↘	1.03	↗
2006	0.83	↘	1.12	↗	1.00	↗	0.95	↘
2007	1.25	↗	0.94	↘	1.01	↗	0.92	↘
2008	1.11	↗	0.99	↘	0.99	↘	0.94	↘
2009	0.88	↘	0.90	↘	1.03	↗	0.93	↘
		<b>06_06</b>		<b>7_5</b>		<b>7_5</b>		<b>3_9</b>
2010	1.23	↗	0.91	↘	0.98	↘	0.99	↘
2011	0.91	↘	0.96	↘	0.98	↘	1.02	↗
2012	0.70	↘	0.97	↘	1.10	↗	1.03	↗
2013	0.82	↘	0.93	↘	0.94	↘	1.12	↗
2014	1.06	↗	0.96	↘	0.99	↘	1.12	↗
2015	0.73	↘	1.04	↗	0.99	↘	0.93	↘
2016	1.18	↗	0.99	↘	0.96	↘	1.03	↗
2017	1.05	↗	1.14	↗	1.07	↗	0.94	↘
2018	0.91	↘	0.93	↘	0.97	↘	0.94	↘
2019	1.02	↗	0.88	↘	1.08	↗	0.97	↘
2020	1.32	↗	1.08	↗	1.01	↗	0.95	↘
2021	1.20	↗	1.05	↗	1.10	↗	1.00	↗
2022	1.04	↗	0.99	↘	1.09	↗	1.13	↗
		<b>8_5</b>		<b>4_9</b>		<b>6_7</b>		<b>7_6</b>
<b>Totale</b>	<b>14 Réch et 11 Ref</b>		<b>11 Réch et 14 Ref</b>		<b>13 Réch et 12 Ref</b>		<b>10 Réch et 15 Ref</b>	
<b>Moyenne</b>	1		1		1		1	

il en ressort ce qui suit :

**Pour la période (1998-2009), nous avons constaté que :**

- La saison hivernale présente 06 refroidissements et 06 réchauffements.
- L'été et le printemps présente des indices qui tendent vers le réchauffement (07/ 05).
- Le refroidissement est beaucoup plus automnale (03/09).

**Pour la période (2010-2022), nous avons constaté que :**

- L'hiver présente une tendance vers le réchauffement (08/05).
- L'été présente (6 réchauffement/7 refroidissement), le contraire de l'automne (7 réchauffement/6 refroidissement)
- Le printemps présente une tendance vers le refroidissement (04/09).

D'après le tableau 9, une importante variabilité thermique est observée durant la période (1998-2022). Le nombre de refroidissements est égale à 52 et est supérieur au nombre de réchauffements égale à 48.

**Tableau 10 :** Nombre de refroidissement et de réchauffement pour la région de Sétif (1998-2022).

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Totale
<b>Nombre de refroidissement</b>	11	14	12	15	<b>52</b>
<b>Nombre de réchauffement</b>	14	11	13	10	<b>48</b>



## **2. Résultats et discussion de la wilaya de Skikda**

### **2.1. Quotion pluviométrique d'Emberger**

Le paramètre climatique Q2 a été déterminé pour la région de Skikda pour une période allant de 1998 à 2022.

Les résultats obtenus montrent que le Q2 est compris entre 22.26 comme valeur minimale et 180.84 comme valeur maximale correspondant respectivement aux années 2013 et 1998 (tableau 10). Une variabilité de 32% est enregistrée.

D'après les résultats obtenus, la région de Skikda est classée dans l'étage bioclimatique subhumide (figure 19), avec un hiver chaud et pluvieux et un été chaud, sec et ensoleillé.

Nous avons enregistrée une variation interannuelle du Q2 dans cette période et de ce fait, nous avons constaté que l'année 1998 est la plus froide, tandis que l'année 2022 représente l'année la plus sèche (tableau 10).

Les températures maximales enregistrées durant la période (1998-2022), connaissent une perpétuelle hausse, ce qui confirme les hypothèses et les scénarios sur le changement climatique et l'augmentation des températures.

**Tableau 11** : Valeurs du quotient pluviométrique d’Emberger de la région de Skikda pour la période (1998-2022).

<b>Année</b>	<b>P (mm)</b>	<b>M (°C)</b>	<b>m (°C)</b>	<b>Q2</b>
<b>1998</b>	1007	28,8	9,7	<b>180,84</b>
<b>1999</b>	645,5	29,4	7,7	<b>102,03</b>
<b>2000</b>	604,0	31,1	6,8	<b>85,26</b>
<b>2001</b>	668,0	30,4	8,9	<b>106,56</b>
<b>2002</b>	744,2	28,1	7,8	<b>125,74</b>
<b>2003</b>	1038,7	32,5	8,4	<b>147,83</b>
<b>2004</b>	934,9	30,4	7,7	<b>141,26</b>
<b>2005</b>	843,73	29,3	7	<b>129,78</b>
<b>2006</b>	579,37	30,2	8,7	<b>92,43</b>
<b>2007</b>	742,51	27,2	10	<b>148,07</b>
<b>2008</b>	632,23	30,2	9,3	<b>103,76</b>
<b>2009</b>	1040,54	30,5	7,2	<b>153,18</b>
<b>2010</b>	889,6	28,8	10,3	<b>164,94</b>
<b>2011</b>	659,48	29,3	9,1	<b>111,98</b>
<b>2012</b>	539,58	30,8	7	<b>77,76</b>
<b>2013</b>	1032,39	28,9	8,5	<b>173,58</b>
<b>2014</b>	433,2	30,3	9,5	<b>71,44</b>
<b>2015</b>	1070,18	30,5	8,2	<b>164,61</b>
<b>2016</b>	506,38	28,9	10,4	<b>93,89</b>
<b>2017</b>	828,19	30,7	8,8	<b>129,71</b>
<b>2018</b>	781,01	30,1	8,4	<b>123,45</b>
<b>2019</b>	956,94	32,5	9,4	<b>142,09</b>
<b>2020</b>	616,57	31,7	9,4	<b>94,84</b>
<b>2021</b>	642,09	32,6	10,1	<b>97,88</b>
<b>2022</b>	397,8	32,5	8,3	<b>56,38</b>
<b>min</b>	<b>397,8</b>	<b>27,2</b>	<b>6,8</b>	<b>56,38</b>
<b>moyenne</b>	<b>753,36</b>	<b>30,23</b>	<b>8,66</b>	<b>120,77</b>
<b>l'écarte type</b>	<b>197,57</b>	<b>1,42</b>	<b>1,05</b>	<b>32,98</b>
<b>max</b>	<b>1070,18</b>	<b>32,60</b>	<b>10,40</b>	<b>180,84</b>
<b>coef varia</b>	<b>0,26</b>	<b>0,05</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>
<b>CV(%)</b>	<b>31%</b>	<b>5%</b>	<b>12%</b>	<b>32%</b>

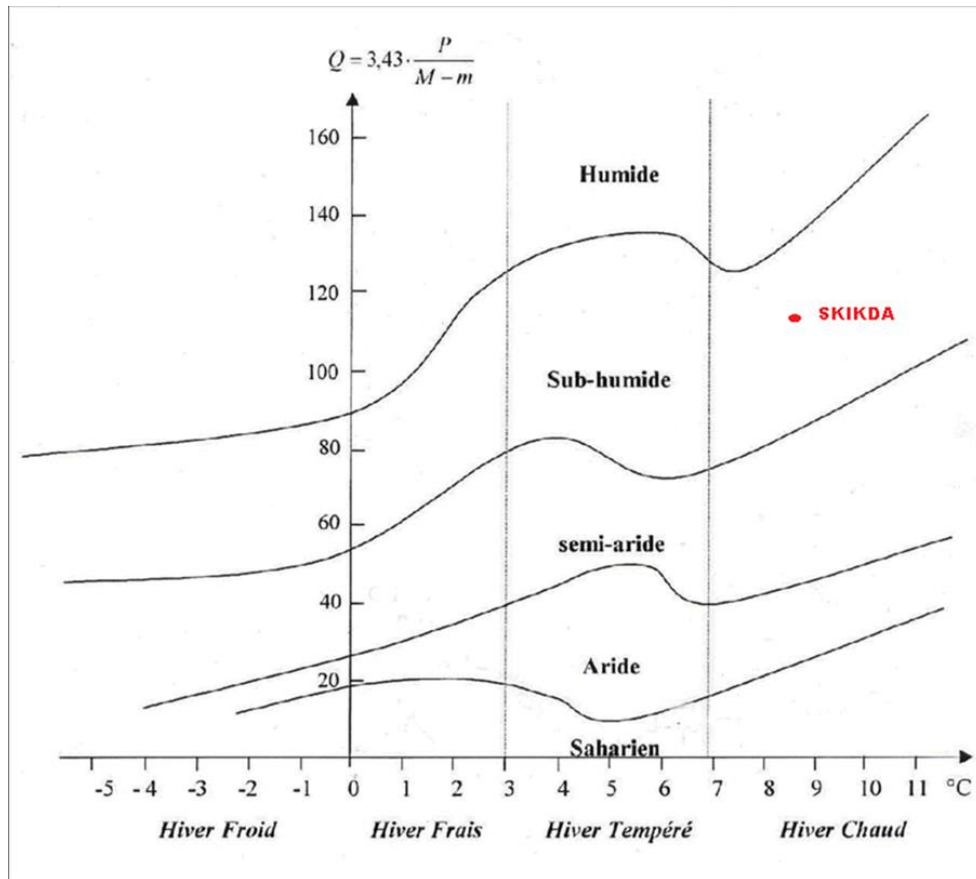


Figure 19: Localisation de la zone de Skikda dans le Climagramme d'Emberger.

## 2.2.Cumul thermique saisonnier et annuel de la région de Skikda pour la période (1998-2022)

Les cumuls thermiques mensuels, saisonniers et annuels de la wilaya de Skikda pendant la période de 1998 à 2022, ont été calculés en fonction des températures journalières. Le régime thermique de la wilaya de Skikda est de type EAPH.

Le régime thermique de la région de Skikda (tableau 13) est de type : **EAPH**

Le régime thermique peut être défini en terme de température à travers le classement des cumules thermique montrée dans le tableau (13) ; ces accumulations mensuelle (degré mois) saisonnier (degré saison) et annuelle (degré année) durant la période 1998 \_2022 montrent que l'été passe toujours en premier , puis l'automne , le printemps et l'hiver se suivent dans l'ordre ; cette disposition tient compte de l'État naturelle générale , donc en conséquence la région de Skikda a un régime thermique stable EAPH.

D'autre part, le tableau (13) montre que les résultats obtenus sont identiques pendant les 25 ans, ce qui indique que le régime thermique dans la zone de Skikda est stable.

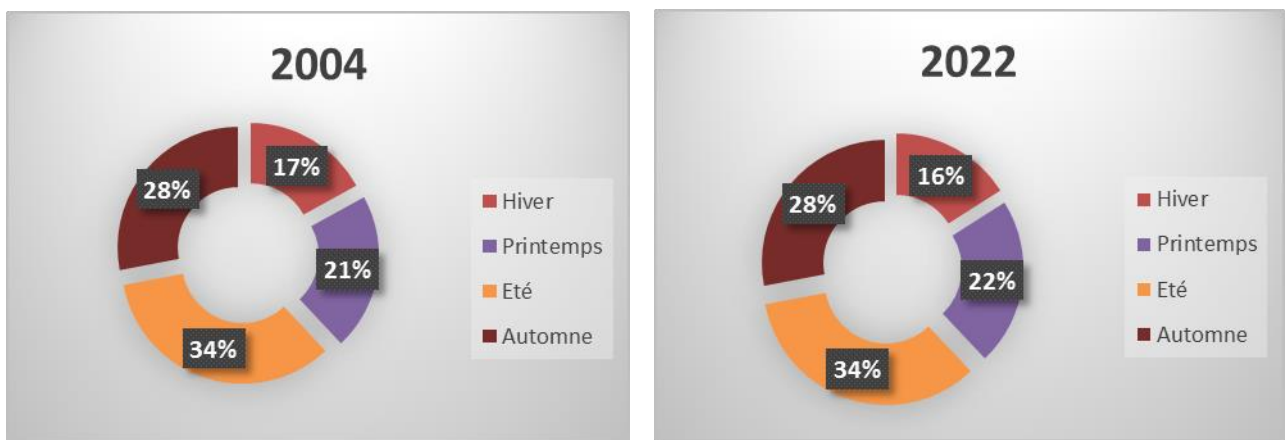
Cependant, il existe une exception en 2002 où l'on observe une convergence significative des cumuls thermiques saisonniers (printemps et automne) sans aucun changement dans le régime thermique.

**Tableau 12** : Cumul thermique mensuel de la région de Skikda (1998-2022).

		Cumule thermique saisoniere												
Année	Cumule thermique annuel (°C)	HIVER			PRINTEMPS			ÉTÉ			AUTOMN			Régime saisonnière
		D	J	F	M	A	MI	JN	JT	AT	S	O	N	
1998	6 972,75	453,55	401,50	371,00	602,60	506,60	559,20	712,40	777,80	803,50	732,90	592,00	459,70	EAPH
		<b>1226,05</b>			<b>1668,40</b>			<b>2293,70</b>			<b>1784,60</b>			
1999	6 976,60	388,35	389,40	315,55	453,40	487,80	643,30	702,10	786,10	848,40	756,00	729,40	476,80	EAPH
		<b>1093,30</b>			<b>1584,50</b>			<b>2336,60</b>			<b>1962,20</b>			
2000	7 132,60	416,70	320,80	379,80	450,90	513,00	614,10	673,30	793,60	883,10	747,70	815,60	524,00	EAPH
		<b>1117,30</b>			<b>1578,00</b>			<b>2350,00</b>			<b>2087,30</b>			
2001	7 134,90	454,55	434,20	350,90	553,40	484,75	587,70	700,50	789,20	829,40	729,40	728,90	492,00	EAPH
		<b>1239,65</b>			<b>1625,85</b>			<b>2319,10</b>			<b>1950,30</b>			
2002	7 115,60	382,00	371,50	364,70	479,20	794,40	598,30	675,00	771,00	791,10	710,60	648,50	529,30	EAPH
		<b>1118,20</b>			<b>1871,90</b>			<b>2237,10</b>			<b>1888,40</b>			
2003	7 187,96	468,70	386,40	318,58	448,50	508,20	596,58	762,50	868,60	904,10	730,70	685,10	510,00	EAPH
		<b>1173,68</b>			<b>1553,28</b>			<b>2535,20</b>			<b>1925,80</b>			
2004	6 617,33	403,00	415,40	330,31	414,70	440,70	525,45	633,22	766,05	831,20	709,90	694,40	453,00	EAPH
		<b>1148,71</b>			<b>1380,85</b>			<b>2230,47</b>			<b>1857,30</b>			
2005	6 769,21	421,00	317,80	281,41	413,40	491,50	621,50	710,80	818,20	795,80	713,50	671,30	513,00	EAPH
		<b>1020,21</b>			<b>1526,40</b>			<b>2324,80</b>			<b>1897,80</b>			
2006	7 049,30	389,80	346,20	335,50	463,10	544,40	650,80	691,20	826,00	808,20	721,20	711,90	561,00	EAPH
		<b>1071,50</b>			<b>1658,30</b>			<b>2325,40</b>			<b>1994,10</b>			
2007	6 951,25	433,80	425,20	407,20	431,10	512,70	623,40	683,90	790,20	821,40	710,20	618,15	494,00	EAPH
		<b>1266,20</b>			<b>1567,20</b>			<b>2295,50</b>			<b>1822,35</b>			
2008	6 957,50	402,80	407,60	388,50	428,20	542,50	610,80	633,00	800,80	832,80	777,00	653,50	480,00	EAPH
		<b>1198,90</b>			<b>1581,50</b>			<b>2266,60</b>			<b>1910,50</b>			
2009	7 095,90	392,90	384,60	593,60	418,50	468,00	637,00	698,90	824,60	836,40	702,40	626,00	513,00	EAPH
		<b>1371,10</b>			<b>1523,50</b>			<b>2359,90</b>			<b>1841,40</b>			
2010	6 892,51	480,50	409,20	401,00	462,30	499,90	575,00	653,11	789,10	784,30	705,00	632,10	501,00	EAPH
		<b>1290,70</b>			<b>1537,20</b>			<b>2226,51</b>			<b>1838,10</b>			
2011	6 910,60	436,90	406,30	342,90	441,15	520,60	596,50	665,20	796,00	798,80	737,10	642,45	526,70	EAPH
		<b>1186,10</b>			<b>1558,25</b>			<b>2260,00</b>			<b>1906,25</b>			
2012	7 031,20	428,30	405,30	276,30	446,30	501,20	568,30	718,80	810,70	848,60	852,00	671,40	504,00	EAPH
		<b>1109,90</b>			<b>1515,80</b>			<b>2378,10</b>			<b>2027,40</b>			
2013	6 779,80	430,90	390,60	314,60	490,30	495,00	561,10	615,00	771,90	793,60	717,00	719,20	480,60	EAPH
		<b>1136,10</b>			<b>1546,40</b>			<b>2180,50</b>			<b>1916,80</b>			
2014	7 080,95	407,00	435,60	392,00	421,60	507,60	575,90	697,60	774,25	814,60	785,80	681,00	588,00	EAPH
		<b>1234,60</b>			<b>1505,10</b>			<b>2286,45</b>			<b>2054,80</b>			
2015	7 100,30	384,70	316,20	319,00	446,40	533,10	633,00	724,50	857,80	870,70	769,60	708,40	536,90	EAPH
		<b>1019,90</b>			<b>1612,50</b>			<b>2453,00</b>			<b>2014,90</b>			
2016	7 393,23	468,08	478,40	450,65	472,20	538,50	621,30	707,00	805,30	808,30	726,20	741,55	575,75	EAPH
		<b>1397,13</b>			<b>1632,00</b>			<b>2320,60</b>			<b>2043,50</b>			
2017	7 358,95	493,95	377,75	423,60	503,80	525,20	647,70	754,90	841,80	867,15	735,20	672,40	515,50	EAPH
		<b>1295,30</b>			<b>1676,70</b>			<b>2463,85</b>			<b>1923,10</b>			
2018	7 330,85	417,30	463,50	351,50	495,60	538,30	599,90	754,10	852,65	849,70	791,70	682,00	534,60	EAPH
		<b>1232,30</b>			<b>1633,80</b>			<b>2456,45</b>			<b>2008,30</b>			
2019	7 300,95	469,20	379,80	378,80	482,60	510,70	592,90	717,90	866,30	913,60	773,30	715,50	500,35	EAPH
		<b>1227,80</b>			<b>1586,20</b>			<b>2497,80</b>			<b>1989,15</b>			
2020	7 600,90	506,20	430,10	447,60	490,80	548,00	696,00	743,30	869,30	893,20	759,80	649,90	566,70	EAPH
		<b>1383,90</b>			<b>1734,80</b>			<b>2505,80</b>			<b>1976,40</b>			
2021	7 621,20	440,40	450,60	463,50	481,90	542,90	672,60	769,70	886,60	899,90	823,50	675,30	514,30	EAPH
		<b>1354,50</b>			<b>1697,40</b>			<b>2556,20</b>			<b>2013,10</b>			
2022	7 728,65	451,70	377,00	398,90	514,60	537,30	683,00	803,40	898,30	908,85	820,00	753,10	582,50	EAPH
		<b>1227,60</b>			<b>1734,90</b>			<b>2610,55</b>			<b>2155,60</b>			

Une analyse poussée des données relatives aux températures indique que sur une période de 25 ans ; l'année 2022 a connu les températures les plus élevées, tandis que l'année 2004 a été marquée par les températures les plus basses.

L'étude comparative de ces deux années révèle un écart significatif entre elles. Les températures maximales ont été enregistrées en août pour les deux années, atteignant respectivement 831.20° C pour 2004 et 9048,85°C pour 2022, tandis que les températures minimales ont été enregistrées en février et janvier, enregistrant 330.31°C et 377°C respectivement. La plus grande variabilité entre les deux années est observée pendant la saison estivale, tandis que la plus faible différence est constatée durant la saison automnale.



**Figure 20** : Cumul thermique de l'année la plus chaude (2022) et l'année la plus froide (2004) de Skikda durant la période (1998-2022).

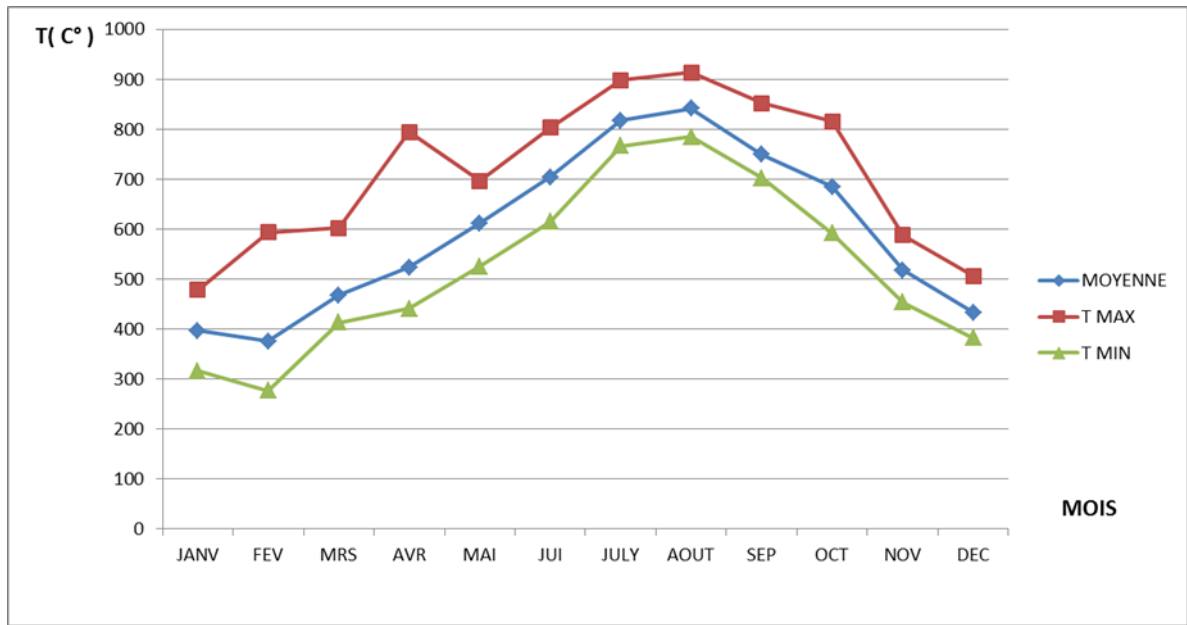
### 2.3. L'étude des températures moyennes mensuelles de la période (1998-2022) de la wilaya de Skikda

L'étude des températures minimales et maximales pendant les 25 années d'étude exprime une variabilité importante durant la saison d'hiver et d'été (tableau 12).

- La température moyenne enregistrée est comprise entre 841.47°C au mois d'août et 375.9°C au mois de février (figure 21).
- La température maximale enregistrée est de 913.6°C au mois d'août et 478.4°C au mois de janvier.
- La température minimale varie entre 784.3°C au mois d'août et 276.3°C au mois de février.

**Tableau 13 :** Températures mensuelles moyennes dans la région de Skikda durant la période (1998-2022).

	JANV	FEV	MRS	AVR	MAI	JUI	JUT	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
MENS	396.84	375.9	468.26	523.71	611.65	704.05	817.29	841.47	749.51	684.76	517.31	432.89
T.MAX	478.4	593.6	602.6	794.4	696	803.4	898.3	913.6	852	815.6	588	506.2
T.MIN	316.2	276.3	413.4	440.7	525.45	615	766.05	784.3	702.4	592	453	382



**Figure 21 :** Températures mensuelles moyennes de la wilaya de Skikda (1998-2022).

#### 2.4. Cumul thermique mensuel

Le tableau 13 et la figure 22 montrent que la valeur maximale du cumul thermique mensuel est enregistrée pendant le mois d'aout 21037°C, alors que, la valeur minimale (9397.4°C) est enregistrée au mois de février.

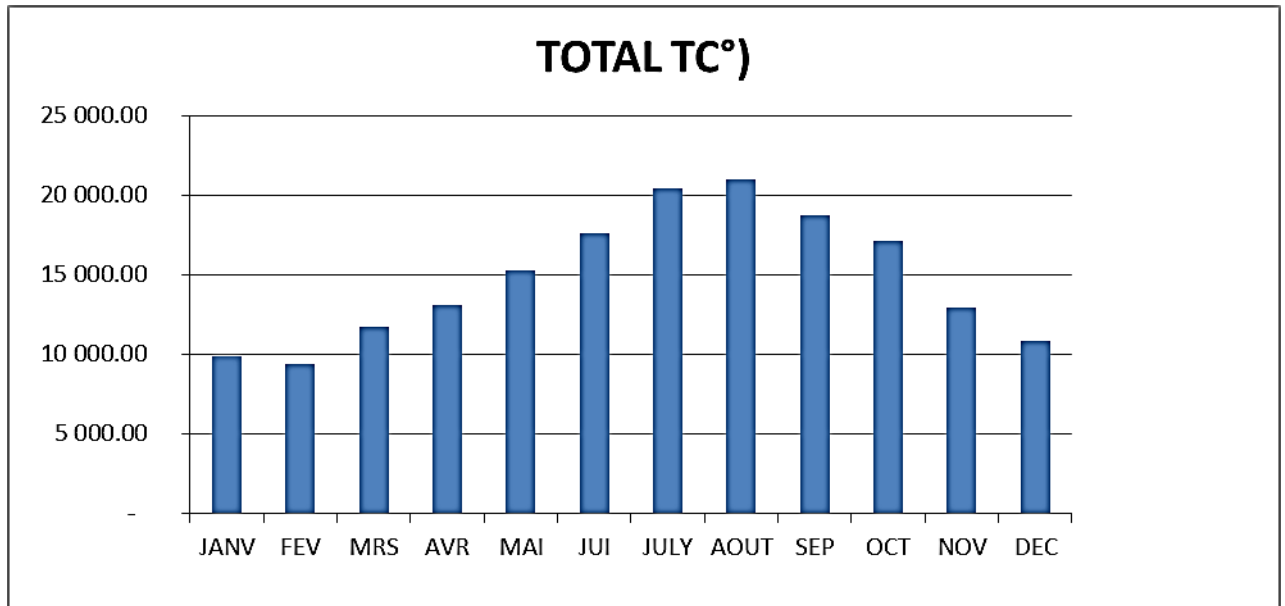
**Tableau 14 :** Cumul thermique mensuel de Skikda (1998-2022).

	JAN	FEV	MRS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>Cumul</b>	9921	9397.4	11707	13093	15291	17601	20432	21037	18737.7	17119	12933	10822.2
<b>Moyen</b>	<b>14840,92</b>											

### 2.5. Cumul thermique saisonnier

Le cumul thermique saisonnier présente une répartition homogène :

- Pendant la période hivernale, l'année 2016 a enregistré un cumul thermique maximal de 1397.13 °C.
- Lors de la saison printanière, l'année 2002 se démarque avec un cumul thermique maximal de 1871.90 °C.
- Durant la saison estivale de l'année 2012, la température a atteint son niveau maximal de 2610.55 °C.
- En automne, l'année 2022 enregistre le cumul thermique le plus s'est élevé (2155.60°C).



**Figure 22** : Cumul thermique moyen mensuel à Skikda pour la période (1998-2022).

### 2.6. Les tendances saisonnières et annuelles de Skikda (1998-2022)

La tendance est déterminée en calculant le rapport entre la valeur du cumul thermique et la moyenne du cumul thermique. Si ce rapport est supérieur à 1, ceci indique une tendance au réchauffement, tandis que, s'il est inférieur à 1, ceci traduit une tendance au refroidissement.

L'analyse des séries de températures saisonnières met en évidence une grande variabilité d'une saison à l'autre (tableau 14). Les saisons hivernale et printanière présentent des degrés de variabilité assez

élevés de 9 % et 6 % respectivement. En revanche, la saison estivale et automnale présente la plus faible variation avec 5% et 4% respectivement.

**Tableau 15** : Tendence thermique saisonnière et annuelle de la région de Skikda pour la période (1998-2022).

Année	Hiver		Printemps		Eté		Automne		Annuel	
	cumul C°	tendance	cumul C°	tendance	cumul C°	tendance	cumul C°	tendance	commul C°	tendance
1998	1 226.05	↗	1 668.40	↗	2 293.70	↘	1 784.60	↘	6 972.75	↘
1999	1 093.30	↘	1 584.50	↘	2 336.60	↘	1 962.20	↗	6 976.60	↘
2000	1 117.30	↘	1 578.00	↘	2 350.00	↘	2 087.30	↗	7 132.60	↗
2001	1 239.65	↗	1 625.85	↗	2 319.10	↘	1 950.30	↘	7 134.90	↘
2002	1 118.20	↘	1 871.90	↗	2 237.10	↘	1 888.40	↘	7 115.60	↘
2003	1 173.68	↘	1 553.28	↘	2 535.20	↗	1 925.80	↘	7 187.96	↗
2004	1 148.71	↘	1 380.85	↘	2 230.47	↘	1 857.30	↘	6 617.33	↘
2005	1 020.21	↘	1 526.40	↘	2 324.80	↘	1 897.80	↘	6 769.21	↘
2006	1 071.50	↘	1 658.30	↗	2 325.40	↘	1 994.10	↘	7 049.30	↘
2007	1 266.20	↗	1 567.20	↘	2 295.50	↘	1 822.35	↘	6 951.25	↘
2008	1 198.90	↘	1 581.50	↘	2 266.60	↘	1 910.50	↘	6 957.50	↘
2009	1 371.10	↗	1 523.50	↘	2 359.90	↗	1 841.40	↘	7 095.90	↘
2010	1 290.70	↗	1 537.20	↘	2 226.51	↘	1 838.10	↘	6 892.51	↘
2011	1 186.10	↘	1 558.25	↘	2 260.00	↘	1 906.25	↘	6 910.60	↘
2012	1 109.10	↘	1 515.80	↘	2 378.10	↗	2 027.40	↗	7 030.40	↘
2013	1 136.10	↘	1 546.40	↘	2 180.50	↗	1 916.80	↗	6 779.80	↘
2014	1 234.60	↗	1 505.10	↘	2 286.45	↗	2 054.80	↗	7 080.95	↘
2015	1 019.90	↘	1 612.50	↗	2 453.00	↗	2 014.90	↗	7 100.30	↗
2016	1 397.13	↗	1 632.00	↗	2 320.60	↘	2 043.50	↗	7 393.23	↗
2017	1 295.30	↗	1 676.70	↗	2 463.85	↗	1 923.10	↘	7 358.95	↗
2018	1 232.30	↗	1 633.80	↗	2 456.45	↗	2 008.30	↗	7 330.85	↗
2019	1 227.80	↗	1 586.20	↘	2 497.80	↗	1 989.15	↗	7 300.95	↗
2020	1 383.90	↗	1 734.80	↗	2 505.80	↗	1 976.40	↗	7 600.90	↗
2021	1 354.50	↗	1 697.40	↗	2 556.20	↗	2 013.10	↗	7 621.20	↗
2022	1 227.60	↗	1 734.90	↗	2 610.55	↗	2 155.60	↗	7 728.65	↗
<b>Min</b>	<b>1019.9</b>		<b>1380.85</b>		<b>2180.5</b>		<b>1784.6</b>		<b>6617.33</b>	
<b>Max</b>	<b>1397.13</b>		<b>1871.9</b>		<b>2610.55</b>		<b>2155.6</b>		<b>7728.65</b>	
<b>Moyn</b>	<b>1205.59</b>		<b>1603.62</b>		<b>2362.8</b>		<b>1951.57</b>		<b>7123.6</b>	
<b>Ecrt typ</b>	<b>104.84</b>		<b>94.84</b>		<b>103.69</b>		<b>87.55</b>		<b>265.8</b>	
<b>coef varia</b>	<b>0.08</b>		<b>0.05</b>		<b>0.04</b>		<b>0.04</b>		<b>0.03</b>	

La tendance climatique pour la période 1998-2022 montre que :

- La saison hivernale présente un réchauffement : 13 fois / 25.
- La saison estivale présente un refroidissement : 15 fois /25.
- La tendance printanière présente un refroidissement : 14 fois /25.



- La saison automnale présente un refroidissement : 13 fois /25.
- La tendance annuelle présente un refroidissement : 15 fois / 25.

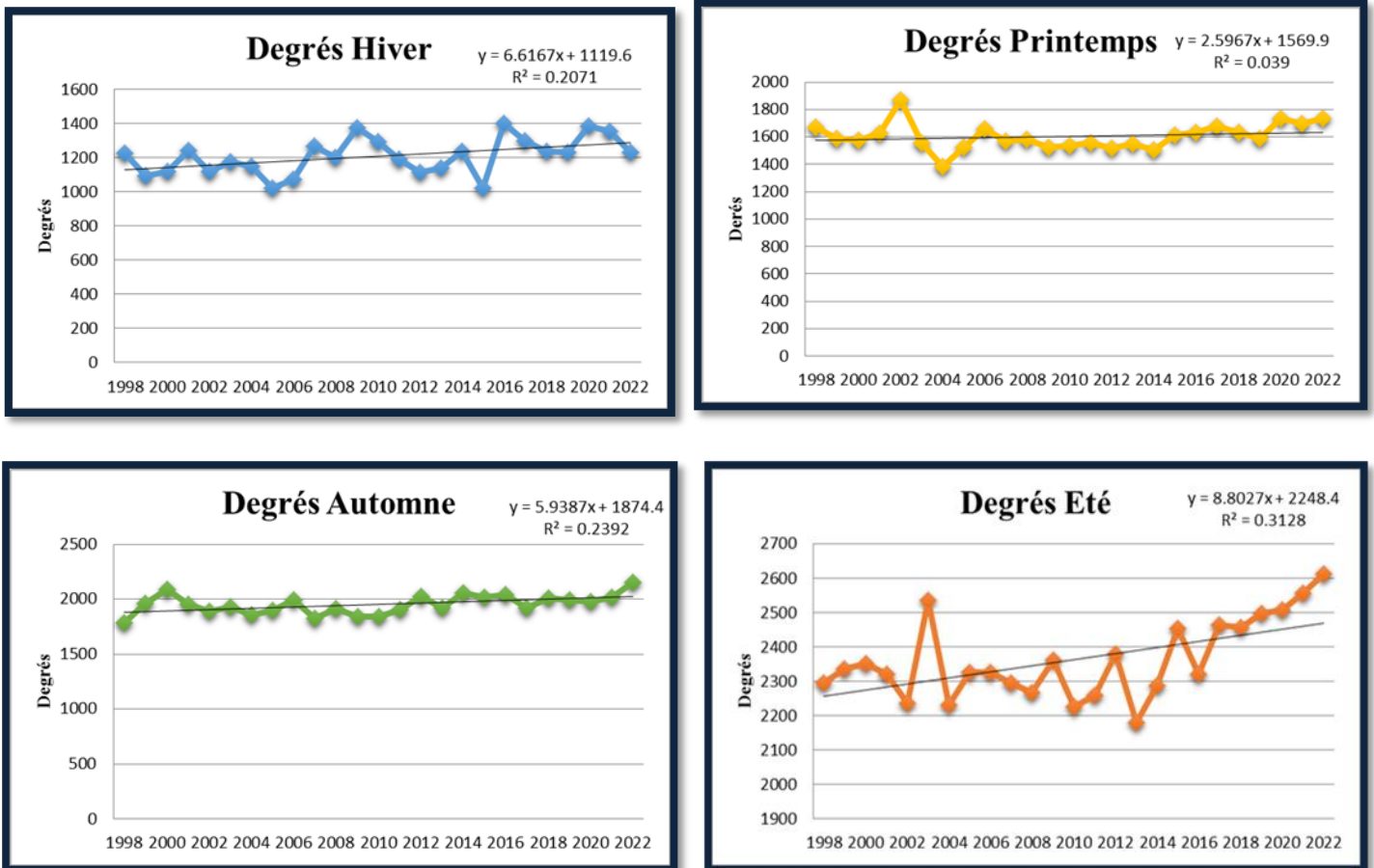


Figure 23 : Variabilité thermique saisonnière de la wilaya de Skikda pour la période (1998-2022).

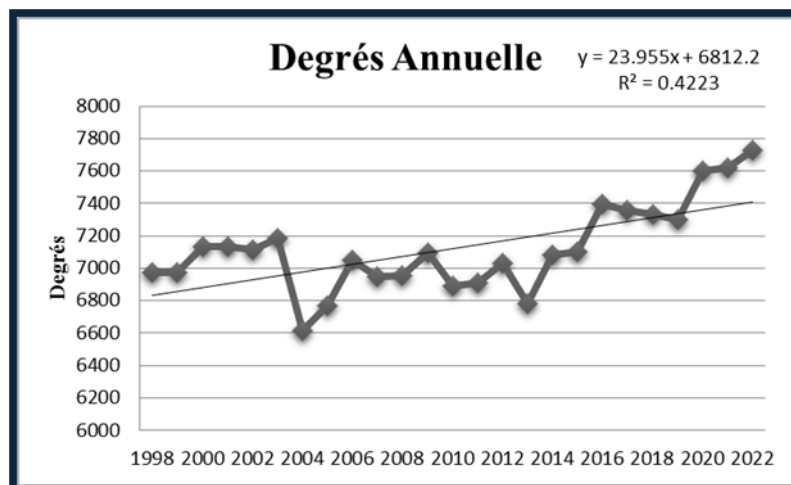


Figure 24 : Variabilité thermique annuelle de la wilaya de Skikda pour la période (1998-2021).

**2.7. L'indice de tendance**

L'indice de tendance est calculé en divisant la valeur annuelle par la moyenne sur la période 1998-2022 (Tab 16). Si cet indice est supérieur à un, cela indique un réchauffement ; s'il est inférieur à un, cela indique un refroidissement.

**Tableau 16** : Indice de tendance pour la région de Skikda (1998-2022).

Années	Hiver		Printemps		Eté		Automne	
	Indice	Tendance	Indice	Tendance	Indice	Tendance	Indice	Tendance
1998	1,02	↗	1,04	↗	0,97	↘	0,91	↘
1999	0,91	↘	0,99	↘	0,99	↘	1,01	↗
2000	0,93	↘	0,98	↘	0,99	↘	1,07	↗
2001	1,03	↗	1,01	↗	0,98	↘	1,00	↗
2002	0,93	↘	1,17	↗	0,95	↘	0,97	↘
2003	0,97	↘	0,97	↘	1,07	↗	0,99	↘
2004	0,95	↘	0,86	↘	0,94	↘	0,95	↘
2005	0,85	↘	0,95	↘	0,98	↘	0,97	↘
2006	0,89	↘	1,03	↗	0,98	↘	1,02	↘
2007	1,05	↗	0,98	↘	0,97	↘	0,93	↘
2008	0,99	↘	0,99	↘	0,96	↘	0,98	↘
2009	1,14	↗	0,95	↘	1,00	↗	0,94	↘
		<b>4/8</b>		<b>4/8</b>		<b>2/10</b>		<b>3/9</b>
2010	1,07	↗	0,96	↘	0,94	↘	0,94	↘
2011	0,98	↘	0,97	↘	0,96	↘	0,98	↘
2012	0,79	↘	0,95	↘	1,01	↗	1,04	↗
2013	0,94	↘	0,96	↘	0,92	↘	0,98	↘
2014	1,02	↗	0,94	↘	0,97	↘	1,05	↗
2015	0,85	↘	1,01	↗	1,04	↗	1,03	↗
2016	1,16	↗	1,02	↗	0,98	↘	1,05	↗
2017	1,07	↗	1,05	↗	1,04	↗	0,99	↘
2018	1,02	↗	1,02	↗	1,04	↗	1,03	↗
2019	1,02	↗	0,99	↘	1,06	↗	1,02	↗
2020	1,15	↗	1,08	↗	1,06	↗	1,01	↗
2021	1,12	↗	1,06	↗	1,08	↗	1,03	↗
2022	1,02	↗	1,08	↗	1,10	↗	1,10	↗
		<b>9/4</b>		<b>7/6</b>		<b>8/5</b>		<b>9/4</b>
<b>Totale</b>	<b>13 Réch et 12 Ref</b>		<b>11 Réch et 14 Rech</b>		<b>10 Réch et 15 Ref</b>		<b>12 Réch et 13 Ref</b>	
<b>Moyenne</b>	1		1		1		1	

- L'automne présente 09 refroidissements et 03 réchauffements.
- L'hiver et le printemps présentent des indices qui tendent vers le refroidissement (04/ 08).

- Le refroidissement est beaucoup plus pendant l'été (2/10).

Pour la période (2009-2022) on a enregistré :

- Un équilibre est observé durant la saison hivernale et est automnale, avec 09 réchauffements pour 04 refroidissements.
- L'été présente une tendance vers le réchauffement (08/05).

D'après le tableau 15, nous avons constaté une importante variabilité thermique. Le nombre total de réchauffements est de 55 et est supérieur au nombre de refroidissements qui est égale à 45.

**Tableau 17:** Nombre de refroidissement et de réchauffement pour la région de Skikda (1998-2022).

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Totale
<b>Nombre de refroidissement</b>	12	11	10	12	<b>45</b>
<b>Nombre de réchauffement</b>	13	14	15	9	<b>55</b>

### **3. Etude comparative des cumuls thermique obtenue de la région de Skikda, la région de Sétif et d'autres régions de l'Est Algérien.**

Cette étude vise à analyser les cumuls thermiques moyens annuels et saisonniers de deux zones spécifiques (Skikda et Sétif) et de les comparer avec les résultats obtenus dans d'autres régions de l'Est d'Algérie.

En analysant les données recueillies, nous pouvons alors faire ressortir les différences et les similitudes entre les différentes zones étudiées. Cette comparaison nous permettra de mieux comprendre les variations climatiques et de mettre en évidence les particularités thermiques de chaque région.

#### **A. Variabilité du régime thermique.**

La variabilité thermique a été calculée pour les deux régions (Skikda et Sétif), sur la base des températures journalières de (1998-2022), pareille à celle de (Bejaïa et Batna) pendant la période

(1998-2021) (Smira et Bensouici,2022) et (Constantine, Jijel et Biskra) (Lefrada et Mahloul,2019) à partir des températures tri horaires pour la période (1998-2019) en utilisant les sommes thermiques mensuelles, saisonnières et annuelles pour déterminer le régime thermique.

**Tableau 18** : Les cumuls thermiques moyens annuels et saisonniers des zones comparées.

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Annuel	Régime thermique
<b>Skikda</b>	1205.63	1601.72	2358.57	1951.58	7117.49	<b>EAPH</b>
<b>Sétif</b>	509	1182.5	2262.6	1411.564	5365.80	<b>EAPH</b>
<b>Bejaïa</b>	1064.77	1505.9	2275.45	1807.53	6653.64	<b>EAPH</b>
<b>Batna</b>	583.9	1312	2409.1	1509.3	5814.3	<b>EAPH</b>
<b>Constantine</b>	5264,23	9892,36	18153,90	12211,44	45521,94	<b>EAPH</b>
<b>Jijel</b>	8840,44	12196,23	18657,71	14952,44	54646,82	<b>EAPH</b>
<b>Biskra</b>	8993,31	16142,31	24505,85	16751,13	66392,59	<b>EAPH</b>

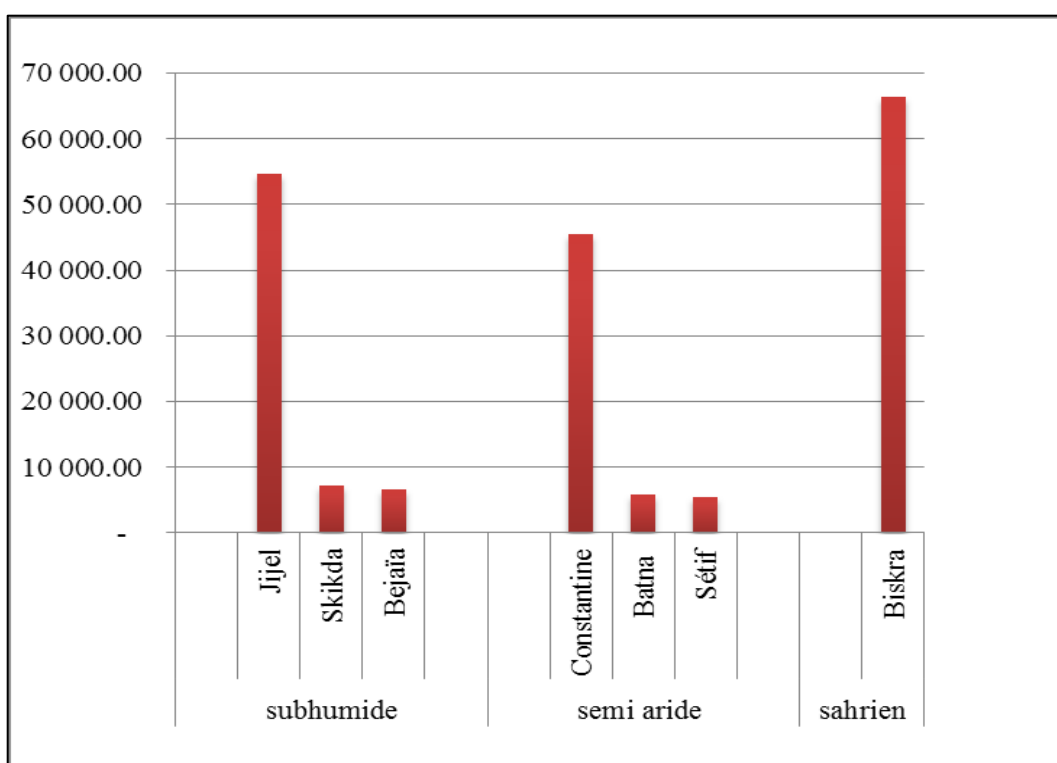
En comparant nos résultats à ceux de Bensouici et Smira en 2021, et Mahloul et Lefrada en 2020, nous pouvons constater ce qui suit (figure 25):

- Les wilayas de Skikda et Jijel, Bejaïa situées à l'Est du littoral Algérien, les trois zones appartiennent au même étage bioclimatique : **sub-humide** avec régime thermique de type **EAPH**.
- La région de Constantine se situe à 130 km à l'est de Sétif et à 119 km au nord-nord-est de Batna. Ces wilayas appartiennent au même étage bioclimatique **semi-aride** et se caractérisent par un même régime thermique de type **EAPH**.
- La wilaya de Biskra se situe dans l'étage bioclimatique **saharien** avec un régime thermique de type **EAPH**.

➤ La région de Bejaia, Jijel et Skikda possèdent un régime thermique stable de type **EAPH**, avec un changement pour Béjaïa vers le type EPAH durant l'année 2007.

➤ Le régime thermique de Batna et Constantine a enregistré un changement une fois vers le type **EPAH** pendant l'année (2017) et l'année (2000) respectivement, et trois fois pour Sétif pendant les années (1998, 2005, 2017).

➤ Biskra avec un régime thermique de type **EAPH** a enregistré 5 changements de régime thermique durant les années (2005, 2006, 2008, 2016 et 2017) vers le type **EPAH**.



**Figure 25 :** Variation des cumuls thermique annuelle pour les régions de Skikda Jijel, Bejaïa, Constantine, Batna, Sétif et Biskra.

La figure 25 montre la variation des cumuls thermiques annuels dans les différentes régions, (Skikda, Sétif, Béjaïa, Jijel, Constantine, Batna et Biskra). Les résultats montrent que Biskra enregistre le cumul thermique annuel le plus élevé, suivi de Jijel et Constantine, tandis que les autres régions présentent des cumuls thermiques plus faibles.

### **B. Variabilité du cumul thermique**

En examinant les résultats, nous constatons une variabilité importante du cumul thermique d'une région à l'autre. Cela s'explique par plusieurs facteurs liés à la situation géographique de chaque région.

Les régions côtières telles que Skikda, Jijel et Béjaïa bénéficient d'une influence maritime qui modère les températures et favorise un cumul thermique plus élevé. Les vents marins et la proximité de la mer contribuent à une accumulation plus importante de chaleur.

Les régions montagneuses comme Sétif, Constantine et Batna présentent des altitudes plus élevées, ce qui entraîne une baisse des températures et donc un cumul thermique moins élevé. Les variations altitudinales et la topographie locale peuvent influencer la quantité de chaleur reçue par ces régions.

Quant à Biskra, située dans une région désertique, elle se caractérise par des températures extrêmement élevées. Cela conduit à un cumul thermique élevé, car la région reçoit une grande quantité de chaleur tout au long de l'année.

Il est important de noter que la variabilité du cumul thermique peut également être influencée par d'autres facteurs tels que l'humidité, les précipitations et les conditions météorologiques spécifiques à chaque région.

Il est important de noter que la topographie, l'altitude et d'autres facteurs locaux peuvent également influencer la variation des températures dans chaque région. Par exemple, la présence de montagnes dans l'arrière-pays peut créer des microclimats avec des variations thermiques locales.

Chaque région présente des caractéristiques thermiques uniques en raison de sa situation géographique spécifique, qu'il s'agisse de son altitude, de sa proximité avec la mer ou de sa localisation dans le désert. Ces facteurs géographiques sont responsables des variations et des changements de température observés dans les régions de Skikda, Sétif, Jijel, Constantine, Biskra, Batna et Bejaïa.

#### **4. Conséquences de la variabilité thermique**

Les fluctuations thermiques saisonnières révèlent une variation dans le nombre de refroidissements et de réchauffements annuels pour la période allant de 1998 à 2022 dans les deux zones étudiées.

◇ **Skikda** : 10 Réchauffements et 15 refroidissements annuels avec 45 refroidissements et 55 réchauffements saisonniers.

◇ **Sétif** : 14 Réchauffements et 11 refroidissements annuels avec 52 refroidissements et 48 réchauffements saisonniers.

# Conclusion



## **Conclusion**

Ce mémoire de fin d'étude se concentre sur une méthodologie de recherche complète visant à étudier en profondeur deux régions de l'est de l'Algérie à des étages bioclimatiques différents Skikda avec un climat sub-humide et Sétif semi-aride.

La méthodologie de recherche repose sur la collecte journalière des données climatiques (température et précipitations) sur une période de 25 ans. Les résultats obtenus permettent de déterminer le régime thermique dans chaque région, d'évaluer les tendances saisonnières et annuelles, et de réaliser une analyse approfondie des changements climatiques. Cette étude contribue à une meilleure compréhension de l'évolution et les variations climatiques observées au fil du temps.

L'analyse de la variabilité thermique en utilisant des sommes mensuelles, saisonnières et annuelles a révélé un régime thermique prédominant de type **EAPH**.

Donc un régime thermique stable **EAPH** sauf quelque variation pour la région de Sétif vers le type **EPAH** pour les années 1998, 2005,2017.

La région de Skikda présente un régime thermique entièrement stable tout au long de la période étudiée (1998-2022), de type **EAPH**.

La variabilité du cumul thermique est respectivement de 3% pour Skikda et 5% pour Sétif.

Il est important de noter qu'il y a une variation saisonnière significative du cumul thermique dans les deux zones.

**Skikda** : 10 Réchauffements et 15 refroidissements annuels avec 45 refroidissements et 55 réchauffements saisonniers

**Sétif** : 14 Réchauffements et 11 refroidissements annuels avec 52 refroidissements et 48 réchauffements saisonniers.

La localisation géographique joue un rôle important dans l'évaluation du régime de température. Plusieurs facteurs tels que l'altitude, la latitude et la proximité de la mer Méditerranée ont un impact sur les variations de température observées.

- La latitude détermine le décalage des températures du sud vers le nord

- L'altitude est également un facteur déterminant. À mesure que l'altitude augmente, les températures ont tendance à diminuer
- La proximité de la mer Méditerranée a un effet atténuant sur les variations de température

Ainsi, l'évaluation du régime de température tient compte de ces facteurs géographiques afin de comprendre les variations observées dans les régions étudiées.



# Références Bibliographiques

- Andrews T. and Piers M.F., 2008. CO<sub>2</sub> forcing induces semi-direct effects with consequences for climate feedback interpretations, *Geophys Res Lett*, (35), L04802.
- A.N.P.E., (1994) : Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement, Monographie de la wilaya de Skikda. M.A.T.E., 220 p.
- Bensouici S., Smira O., 2022. Régime thermique dans quelques stations de l'Est algérien: cas de Batna et Béjaïa (1998-2021). Master en écologie et environnement. . Université Constantine 1. 79p.
- Baldy C., 1974. Etude fréquentielle du climat. Influence sur la production des zones céréalières en Algérie. Document MARA, pp. 52.
- Boucher O., Dufresne J L., Vial J., Brun E., Cattiaux J., Chauvin F., Méliá D S., Voldoire O., Bopp L., Braconnot P., Ciais PH., Yiou P., Guilyardi E., Mignot J., Guivarch C., 2015. Projection des changements climatiques futurs. *Revue La Météorologie* - n° 88, pp.58-68.
- Bounechada M., Fenni M., 2012. Les Alticinae (Coleoptera, Chrysomelidae) de la région de Sétif : Un moyen de lutte biologique contre les mauvaises herbes des cultures. *Agriculture* N°3.
- Burroughs WJ (2001) *Climate Change: A Multidisciplinary Approach*; First Edition. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 298p
- Dumas A, Carmack E, Melling H., (2005). Climate change impacts on the Beaufort shelf landfast ice.
- Dumas P., Riboli-Sasco L., Spyrtos V & Kurita F., 2005. Fonctionnement du système climatique, perturbations humaines, dérèglements dangereux ? Rapport, pp17.
- Eddy JA (1976) The Maunder minimum. *Science*, New Series 192(4245):1189-1202.
- Enright W., 2001. Changement d'habitudes, changement climatique : Analyse de base Environnement. INRA -Avignon .E-mail : brisson@avignon.inra.fr. Pp.1-6.
- Farah A-K., 2014. Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est Algérien. Magistère en écologie et environnement. Université Constantine 1. 109p.
- Hafsi M., Hadji A., Semcheddine N., Rouabhi A., Djekoun A., 2009. Selection for greater agronomic water use efficiency in wheat using carbon isotope discrimination in Algeria. *Sci. Technol.* 29, 63–71.
- Horton R, Gornitz V, Bowman M (2010) Climate observations and projections. In: ReporMeira Filho [Callendar BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K (eds.)]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, New York City Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 41-62.
- Hufty A., 2001. Introduction à la climatologie : le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. Édition Presses Université Laval, ISBN 276377783X, 9782763777832. p 542 pages.
- John E., (2011). *Science de l'atmosphère une introduction*. 238p.

- Laib A., 2015. L'impact du changement climatique sur les hydrosystemes constantinois. Magistere en hydrogeologie. Universiteconstantine 1.133p
- Lefrada C., Mahloul D.,2020. Régime thermique en Algérie: cas de Constantine, Jijel et Biskra. Master en écologie et environnement. . Université Constantine 1.82p
- Liao H., Wei-Ting C. and John H. S., 2006. Role of climate change in global predictions of future tropospheric ozone and aerosols, J Geophys Res, (111), D12304.
- Marie-Pier Lepage. M.Sc Line Bourdages. M.Sc Gaétan Bourgeois., 2001. Interprétation des scénarios de changements climatiques afin d'améliorer la gestion des risques pour l'agriculture, Québec, Canada, 2011.
- Mavi H S, Tupper G J (2004) Agrometeorology Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. Food ProductsPress, New York, 364p
- Météo France 2020 : comprendre les outlies statistique <https://meteofrance.com/14/04/2023>.
- Munk, W., Dzieciuch, M., and Jayne, S. (2002). Millennial climate variability: Is there a tidal connection?. J of Climate 15: 370-385
- ONERC., 2007. Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique. Rapport de l'Onerc, Publications de l'Onerc, Paris (France) ,97p.
- O.N.M., (2012) : Office National de la Météorologie. Unité du Port de Skikda.
- Oppenheimer C (2003) Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. Prog Phys Geogr 27: 230–259. doi: 10.1191/0309133303pp379ra
- Péguy.P, (1970).Précis de Climatologie, deuxiemeédi revue et remaniée. Paris: Masson : 468 p.
- Polcher J., 2005. Où et comment mesurer le changement climatique. Ecole National des Ponts et Chaussés Pp. 20-25
- Ramade F., (2002). Encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2éme édition.Dunod. Paris. 1075p.
- Sirotenko O (1999) The global greenhouse effect, agroecosystems and future of agriculture. Paper presented at the International Workshop Agrometeorology in the 21st Century, Needs and Perspectives, Accra, Ghana
- STEWART P. (1968).- Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. Bull. Soc. Hist. Nat. Ari. du Nord. 59, 14 :23-36.
- Tao FL, Yokozawa M, Zhang Z, Hayashi Y, Grassl H, Fu CB (2004) Variability in climatology and agricultural production in China in association with the East Asian summer monsoon and El Niño Southern Oscillation. Clim Res 28 (1): 23–30.
- Tir K., 2009. Climagramme d'Emberger analyse et correction dans quelques stations météorologiques de l'Est Algérien. Mémoire de magistère en écologie et environnement. Université Mentouri de Constantine. 94P
- Touati F. et al., (2004) : Cadastre littoral de la wilaya de Skikda, 161 p

- Viner D, Morison J, C Wallace (2006) Recent and future climate change and their implications for plant growth In Plant Growth and Climate Change. Blackwell Publishing, UK, 213p.
- Tabet S., 2008. Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière. Mémoire de Magistère en Ecologie végétale. Université Mentouri de Constantine. 125p.

**Année universitaire : 2022-2023**

**Présenté par : BOURSAS Manar.  
BOUAFIA Sabrina.**

**Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Protection des écosystèmes**

**Intitulé : Analyse des données climatiques dans l'Est Algérien :  
Cas de la wilaya de Sétif et Skikda (1998-2022).**

### **Résumé**

L'augmentation des températures moyennes et les variations climatiques ont un impact considérable sur notre planète. Il est important de faire une recherche quant au devenir de et d'établir des scénarios plausibles pour aider à mieux se préparer aux éventuels changements.

Cette étude est pour analyser les données climatiques les températures minimales, maximales et moyennes de deux régions (Skikda et Sétif) pendant la période allant de 1998 à 2022 et définie le régime thermique de chaque région.

Pour arriver à cela, une collète des données des précipitations et des températures journalières, saisonnières et annuelles sur une période de 25ans a été réalisée.

Les résultats obtenus montrent que les deux régions étudiées sont caractérisées par un climat différent, semi-aride avec un hiver froid pour Sétif et subhumide avec hiver chaud pour Skikda.

L'analyse des cumuls thermiques saisonniers des régions d'étude permet d'identifier le régime thermique pendant 25ans, la région de Skikda est caractérisée par un régime de type EAPH stable (répartition thermique décroissante de type Été /Automne/Printemps/Hiver), et Sétif présente un type de régime EAPH dominant avec un basculement vers le type EPAH 3 fois durant les années (1998, 2005,2017).

Les tendances marquées après l'analyse des données de cumul thermique montrent que la région de Skikda présente 10 réchauffements et 15 refroidissements, alors que la région de Sétif enregistre 14 réchauffements et 11 refroidissements.

**Mots-clefs :** Changement climatique, Régimethermique, Sétif, Skikda, Q2.

**Laboratoires de recherche :** Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phylogénétiques.(Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Président :** Arfa AMT (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examineur :** Gana M (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Encadrant :** Alatou H (MAB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).