

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT DE**

**CHIMIE**

**N° :**



**SPECIALITE : CHIMIE**

**OPTION : CHIMIE DE**

**L'ENVIRONNEMENT**

**MEMOIRE**

Présenter pour l'obtenir du diplôme de :

**MASTER**

**PAR :**

**NOURI KHAWLA**

**LARKAT KARIMA**

**DEMAN RANIA**

**Thème :**

**Variabilité régionale de l'environnement climatique  
d'origine anthropique  
(cas de M'sila et des régions environs)**

**DEGHFEL.N**

**Université de M'sila**

**Président**

**BENYAHIA.A**

**Université de M'sila**

**Rapporteur**

**LEBID.M**

**Université de M'sila**

**Examineur**

**Année universitaire : 2019/2020**

## Remerciement

*Avant tout, nous remercions Dieu pour tout le courage qu'il nous a donné pour mener à bien et jusqu'au bout ce modeste travail.*

*Nos remerciements les plus vifs vont à notre encadreur monsieur BENYAHIA.AZZEDINE pour son encadrement, sa disponibilité et son aide.*

*Nous avons beaucoup appris. Merci encore*

*Nos vifs remerciements aux membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger Nous travail.*

*Nous n'oublions pas de remercier l'ensemble des enseignants de L'université MOHAMMED BOUDIAF (M'SILA) pour toutes les connaissances acquises auprès d'eux et qui ont beaucoup contribué pour la réalisation de ce travail.*

*nous remercions les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin pour leur précieuse aide dans la prise en charge des différentes informations et résultats.*

*Nous remercions enfin, Nous famille et Nous amies pour leur aide et les encouragements pour compléter cette mémoire.*

## *Dédicaces*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, dans son vaste, à toi mon père.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.*

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères Mohamed Ali et Adam mes sœurs Bassam et Yasmin, Cherifa et Malek, mes copines Bassam et Mariam et Karima et chauma et Renia, et, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures tous mes professeure mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur.*

**NOUIRI KHAWLA**

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs*

*Années d'étude à :*

*Mes chers et respectueux parents en récompense de leurs*

*sacrifices et leur clairvoyance qui m'a servi et me servirait*

*tout au long de ma vie*

*Mes chers frères et sœurs*

*Tous mes amis du travail, tout en leur souhaitant la réussite*

*dans tout ce qu'ils entreprennent*

*A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment*

*A moi-même.*

**LARKAT KARIMA**

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*Avant tout à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter ainsi que les conseils qu'ils m'ont prodigué sans lesquels j'avoue je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui.*

*A mon promoteur BENYAHIA.A*

*A mes frères : BESSAM ET HAMZA , et MES SŒURES AFFAF ET ROUDAINA .*

*A mes oncles et mes tantes.*

*A toute ma famille sans exception.*

*A toutes les meilleures personnes qui m'aiment et qui m'aident dans ma vie, sans oublier ses familles.*

*A tous mes amies et toute ma famille de l'H.L.D.M.Y.K*

*Et a toute la promotion 2019/2020 de CHIMIE*

**RANIA DEMANE**

## **Résumé :**

Afin de détecter un changement ou une variabilité climatique, une analyse des variations climatiques a été effectuée sur la station de notre région d'étude sur une période de 10 ans (2009-2018), à travers les deux paramètres du climat : précipitation et température, en utilisant la méthode graphique, les tests statistiques, l'indice d'aridité, l'indice pluviométrique standardisé, et l'analyse diagramme xérothermique de Gaussen et Bagnouls (1952).

Le classement de climat de la wilaya de M'sila selon l'indice d'aridité est de type climat aride ( $I < 10$ ). Alors la précipitation est diminuée que la température augmente.

En général, il y a irrégularité des précipitations avec diminution de l'humidité et augmentation de la température. Le mois le plus humide est le mois d'Avril dans la période étudiée, le mois d'août est le mois le plus sec. Selon le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de la zone d'étude durant l'année 2018. ce qui entraîne une amplitude thermique annuelle de  $25,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ; on peut parler donc d'une amplitude extrême.

L'indice pluviométrique d'Emberger montre que la région d'étude a un étage bioclimatique aride à hiver tempéré.

**Mots-clés :** Climat, Changement climatique, Les causes anthropiques, Quotient pluviométrique, Indice d'aridité, Diagramme xérothermique.

## **Summary:**

In order to detect climate change or variability, a variation analysis climate was carried out on the station in our study region over a period of 10 years (2009-2018), through the two climate parameters: precipitation and temperature, using the graphical method, statistical tests, aridity index, standardized rainfall index, and Gaussen xerothermic diagram analysis and Bagnouls (1952).

The climate classification of the M'sila wilaya according to the aridity index is of the arid climate type ( $I < 10$ ). So the precipitation is decreasing as the temperature increases.

In general, there is irregularity in precipitation with decreased humidity and increased temperature. The wettest month is April in the study period, August is the driest month.

According to the ombrothermal diagram of Bagnouls and Gausson (1953) of the study area during the year 2018, which leads to an annual thermal amplitude of 25.3 °C ; we can therefore speak of extreme amplitude.

Emberger's pluviothermal index shows that the study region has a bioclimatic stage and is arid to moderate winter.

**Keywords:** Climate, Climate change ,Pluviothermal coefficient, Aridity index, xerothermic diagram.

### ملخص:

من أجل الكشف عن تغير المناخ أو تقلبه ، تم إجراء تحليل للتغيرات المناخية في المحطة منطقة الدراسة الخاصة بنا على مدى 10 سنوات (2009-2018) ، من خلال المتغيرين المناخيين: هطول الأمطار ودرجة الحرارة وذلك باستخدام الأساليب البيانية ، الاختبارات الإحصائية ، مؤشر الجفاف ، مؤشر الأمطار القياسي ، وتحليل الرسم البياني الجاف للحرارة لجا وسينوباغ نول (1952).

التصنيف المناخي لولاية المسيلة وفقاً لمؤشر الجفاف هو من النوع المناخي الجاف إذ إن هطول الأمطار يتناقص مع زيادة ( $I < 10$ ) درجة الحرارة .

بشكل عام ، هناك عدم انتظام في هطول الأمطار مع انخفاض الرطوبة وزيادة درجة الحرارة. الشهر الأكثر رطوبة هو أبريل في فترة الدراسة ، أغسطس هو الشهر الأكثر جفافاً. وفقاً للرسم التخطيطي للحرارة الشاملة للمنطقة الدراسة خلال عام 2018 ، توجد سعة حرارية سنوية تبلغ 25.3 درجة مئوية ؛ وبالتالي يمكننا التحدث عن السعة القصوى، يوضح مؤشر اومبرج أن منطقة الدراسة بها مرحلة بيولوجية مناخية وجافة إلى شتاء معتدل.

**الكلمات المفتاحية:** المناخ ، تغير المناخ، تغير المناخ بسبب الإنسان، حاصل الحرارة الحرارية ،مؤشر الجفاف

## Sommaire:

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations et acronymes :

Introduction générale .....1

### Chapitre I : Synthèse Bibliographique :

I.1. Introduction .....6

I.2. Définition des concepts .....6

I.2.1. Climat .....6

I.2.2. Système climatique .....6

I.2.3. Variabilité climatique.....7

I.2.4. Changement climatique.....7

I.3.Historique de la science du changement climatique .....8

I.3.1.changement climatique Au niveau mondial .....8

I.3.1.1.Évolution des températures .....8

I.3.1.2 .Évolution des phénomènes climatiques .....8

I.3.2.changement climatique Au niveau régional (Algérie).....9

I.4 .Classification des climats.....10

I.4.1.Climat froid.....10

I.4.2.Climat température.....10

I.4.3.Climat continental .....10

I.4.4.Climat tropicale.....11

I.4.5. Climat désertique.....11

<b>I.5. Climat de L'Algérie.....</b>	<b>11</b>
<b>I.6. Les causes du changement climatique.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.1. Les causes naturelles.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.1.1 .L'effet de serre.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.1.2.L'activité solaire.....</b>	<b>14</b>
<b>I.6.1.3. Les volcans.....</b>	<b>14</b>
<b>I.6.2. Les causes anthropiques.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7 . Les impacts de changement climatique.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.1. Impact du changement climatique sur le cycle hydrologique.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.2 . Impact du changement climatique sur la santé.....</b>	<b>15</b>
<b>I.8.Stratégie national d'adptions au changement climatique en Algérie .....</b>	<b>16</b>
<b>I.9. La pollution.....</b>	<b>16</b>
<b>I.9.1. Les types du pollution.....</b>	<b>16</b>
<b>I.9.1.1. Pollution de sol.....</b>	<b>17</b>
<b>I.9.1.2.La pollution de l'aire (atmosphérique).....</b>	<b>17</b>
<b>I.9.2 . Sources des polluants atmosphériques.....</b>	<b>17</b>
<b>I.9.2.1. Sources naturelles.....</b>	<b>17</b>
<b>I.9.2.2. Les sources anthropiques.....</b>	<b>18</b>
<b>I.9.3. Les familles de polluants.....</b>	<b>18</b>
<b>I.9.3.1.Les polluants primaires .....</b>	<b>19</b>
<b>I.9.3.2.Les polluants secondaires .....</b>	<b>19</b>
<b>I.9.3.3 .Autres polluants de l'atmosphère.....</b>	<b>20</b>
<b>I.9.4 .La pollution de l'air en Algérie.....</b>	<b>21</b>

## **Chapitre II : Présentation de la région d'étude et ses données Climatiques**

<b>II .1. Présentation de la région d'étude.....</b>	<b>23</b>
<b>II .1.1.Situation Géographique .....</b>	<b>23</b>
<b>II.1.2 .Organisation Administrative .....</b>	<b>24</b>
<b>II.2 .Les éléments naturels .....</b>	<b>24</b>
<b>II.2.1. Le relief.....</b>	<b>24</b>
<b>II.2.2. L'hydrogéologie.....</b>	<b>24</b>
<b>II.2.3 .Le climat .....</b>	<b>24</b>
<b>II.3. La population de la wilaya de M'sila.....</b>	<b>25</b>
<b>II.4.Le territoire agriculture .....</b>	<b>27</b>
<b>II.4.1. Production végétale .....</b>	<b>27</b>
<b>II.4.2. Production animale .....</b>	<b>28</b>
<b>II.5. Les forêts.....</b>	<b>28</b>
<b>II.6. Hydraulique .....</b>	<b>28</b>
<b>II.6.1 Ressources superficielle.....</b>	<b>28</b>
<b>II.6.2 Ressources souterraines ::.....</b>	<b>28</b>
<b>II.6.3. Stockage ::.....</b>	<b>28</b>
<b>II.6.4. Réseaux AEP (adduction d'eau potable) ::.....</b>	<b>29</b>
<b>II.6.5. Réseaux d'assainissement .....</b>	<b>29</b>
<b>II.7. Infrastructure de Base.....</b>	<b>29</b>
<b>II.8. Répartition des commerçants .....</b>	<b>29</b>
<b>II.9. Le transport .....</b>	<b>31</b>
<b>II .9.1.Transport des voyageurs ... ..</b>	<b>31</b>

II .9.2.Transport de marchandises .....	32
II.9.3. Le parc automobile.....	31
II.10.Environment.....	31
II.11. L'industrie et l'énergie.....	32
II .11.1 L'Industrie.....	32
II.11 .2 L'énergie.....	32
II.11.3. Les entreprises petite et moyenne.....	34
II.11.4. Unités industrielles du secteur public.....	34
II.11.5.Grandes entreprises industrielles du secteur privé.....	34
II.11.6. Substances utile .....	35
II.12.1.Impact des déchets solides : (l'impact est négligeable).....	36
II.12. L'analyse les impacts prévisible de la zone industrielle.....	36
II.12.2.Impact des rejets liquides : (l'impact des rejets liquides sur l'environnement est direct et temporaire).....	36
II.12.3.Impact sur la qualité de l'air : (l'impact est localisé et permanent).....	37
II.13. les données climatiques.....	37
II.12.1. Les Eléments du climat.....	37
II.13.1.2 .La température.....	38
II.13.1.3.Le précipitation .....	39
II.13.1.4. L'humidité .....	41
II.13.1.5. Le vent .....	42
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
III.1. L'étude climatique.....	46

<b>III.1.1. L'origine des donnée.....</b>	<b>46</b>
<b>III.1.2. L'analyse des données .....</b>	<b>46</b>
<b>III.1.2.1. La température .....</b>	<b>46</b>
<b>III.1.2.2. Les précipitations .....</b>	<b>48</b>
<b>III.1.2.3. L'humidité .....</b>	<b>49</b>
<b>III.1.2.4. Les vitesses des vents .....</b>	<b>50</b>
<b>III.2. Synthèse bioclimatique .....</b>	<b>51</b>
<b>III.2.1. L'indice d'aridité de E, D Martonne(1926) .....</b>	<b>51</b>
<b>III.2.2. Diagramme xérothermique de Bagnouls et Gaussen (1957) .....</b>	<b>52</b>
<b>III.2.3. Quotient pluviothermique d 'Emberger .....</b>	<b>55</b>
<b>III.3. L'interprétation du Résultat.....</b>	<b>57</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>59</b>
<b>Référence bibliographie.....</b>	<b>62</b>

## Liste des Figures :

<b>Figure I.1 :</b> Les composantes du système climatique.....	8
<b>Figure I.2 :</b> Évolution des températures mondiales et de la concentration atmosphérique en CO2 entre 1860 et 2006.....	10
<b>Figure I.3 :</b> Evolution des moyennes annuelles de la température et de la pluviométrie à la Station d'Oran (- - - : moyenne glissante).....	10
<b>Figure I.4 :</b> Carte simplifiée des climats mondiaux.....	12
<b>Figure I.5 :</b> Les différentes zones géographiques en Algérie.....	13
<b>Figure I.6 :</b> Processus de l'effet de serre.....	14
<b>Figure I.7 :</b> Modélisation des effets sur la santé humaine.....	16
<b>Figure II.1 :</b> Carte géographique avec les limites administratives.....	23
<b>Figure II.2 :</b> L'évolution de population de wilaya de m'sila (1996 à 2018).....	26
<b>Figure II.3:</b> Répartitions des commerçants par secteur d'activité.....	30
<b>Figure III.1:</b> Histogramme des mensuelles moyennes des températuresde la wilaya de M'sila (2009 – 2018).....	47
<b>Figure III.2 :</b> Les variations annuelles moyennes des températuresde la wilaya de M'sila (2009 – 2018).....	47
<b>Figure III.3 :</b> Histogramme des précipitations mensuelles moyennes en (mm) de la wilaya de M'sila (2009-2018).....	48
<b>Figure III.4 :</b> Variations des précipitations annuelles moyennes en (mm)de la wilaya de M'sila (2009-2018).....	48
<b>Figure III.5 :</b> Histogramme des l'humidité mensuelles moyennes en (%)de la wilaya de M'sila (2009_2018).....	49
<b>Figure III.6 :</b> Variations des l'humidité annuelles moyennes en (%)de la wilaya de M'sila (2009_2018).....	49

<b>Figure III.7:</b> Histogramme de vitesses du vent mensuelles moyennes en (m/s)de la wilaya de M'sila (2009-2018).....	50
<b>Figure III.8 :</b> Variations de vitesses du vent annuelles moyennes en (m/s)de la wilaya M'sila (2009-2018).....	51
<b>Figure III.9 :</b> Diagramme ombrothermique (2011).....	53
<b>Figure III.10 :</b> Diagramme ombrothermique (2018).....	54
<b>Figure III.11:</b> Positionnement de la wilaya de M'sila dans le climagramme d'Emberger.....	56

## Liste des tableaux :

<b>Tableau II.1:</b> L'évolution de la population de la wilaya de M'sila (1996à2018).....	25
<b>Tableau II.2 :</b> L'estimation de la population de la wilaya.....	25
<b>Tableau II.3:</b> Evolution des naissances et décès de la wilaya de M'sila .....	26
<b>Tableau II.4 :</b> L'état des réseaux routier .....	29
<b>Tableau II.5:</b> Répartitions des commerçants par secteur d'activité.....	30
<b>Tableau II.6 :</b> Le parc automobile de la wilaya de 2008à2018.....	31
<b>Tableau II.7:</b> Petite et moyenne entreprises selon l'activité.....	33
<b>Tableau II.8:</b> Unités industrielles du secteur public.....	34
<b>Tableau II.9:</b> La grande entreprise industrielle s du secteur privé.....	34
<b>Tableau II.10:</b> La substance utile per chaque entreprise.....	35
<b>Tableau II.11:</b> Mensuelles moyennes des températures de la wilaya de M'sila(2009 2018).....	39
<b>Tableau II.12:</b> Annuelles moyennes des températures de la wilaya de M'sila(2009 – 2018).....	39
<b>Tableau II.13:</b> Mensuelles moyennes des précipitations en (mm) de la wilaya de M'sila (2009-2018) .....	40
<b>Tableau II.14:</b> Annuelles moyennes des précipitations en (mm) de la wilaya de M'sila (2009 – 2018).....	41
<b>Tableau II.15:</b> Mensuelles moyennes des l'humidité en (%) de la wilaya de M'sila (2009-2018) .....	41
<b>Tableau II.16 :</b> Annuelles moyennes de l'humidité en (%)de la wilaya de M'sila (2009 – 2018).....	42
<b>Tableau II.17 :</b> Mensuelles moyennes de vitesse de vent en (m/s) de la wilaya de M'sila(2009-2018) .....	43
<b>Tableau II.18:</b> Annuelles moyennes de vitesse de vent en (m/s) de la wilaya de M'sila (2009_2018).....	44

<b>Tableau III.1:</b> Caractéristiques de la station de M'sila.....	46
<b>Tableau III.2:</b> Classification de climat selon l'indice d'aridité.....	52
<b>Tableau III.3:</b> L'indice d'aridité de la wilaya de M'sila de 2009 à 2018.....	52
<b>Tableau III.4:</b> La comparaison entre L'Indice xérothermique de Bagnouls et Gaussen L'année 2011 et 2018.....	55

## Liste des abréviations et acronymes :

**AEP :** Adduction d'eau potable

**BTP:**Bâtiment et travaux publics.

**CCNUCC :** Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatique.

**CET:** Centres d'enfouissement technique.

**CNI :**Communication Nationale Initiale ..

**COV:**Composées organiques volatile.

**GES:**Gaz à effet de serre.

**GIEC :**Le groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat.

**H:** L'humidité.

**Hab. :** Habitant.

**I :**L'indice d'aridité.

**ISMME :** Ingénierie des Systèmes, Matériaux, Mécanique, Energétique.

**ISO :**International standard organisation.

**NO<sub>x</sub> :**Oxyde d'azote.

**OMM :**Organisation mondiale de la météorologie.

**P :**Précipitation.

**PAN :**Peroxyde acyle nitrate.

**PM10 :**Particule matière de diamètre  $\leq 10\mu\text{m}$ .

**PM :**Les particules en suspension.

**PNUD :**Le Programme des Nations Unis pour le Développement.

**Q<sub>2</sub>:**Quotient pluviothermique d'Emberger.

**Quintaux :** 100 kg.

**RGPH :** Recensement Général de la Population et de l'Habitat.

**SARL:**Société a responsable limitée.

**SCN :**Seconde Communication Nationale.

**SPA :** Société par actions.

**T:**Température.

**V:**Vitesse du vent.

# **Introduction Générale**

### Introduction générale :

Notre planète est de plus en plus polluée par les activités humaines (industrie, transport, agriculture...). Le changement climatique est une des conséquences de cette pollution. Il se traduit par une augmentation de la température à la surface de la terre, les activités humaines, et notamment les émissions de gaz à effet de serre (les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>), d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), d'hydrofluorocarbures (HFC), d'hydrocarbures per fluorés (PFC) et d'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) prises en compte par la (CCNUCC).), sont une des premières causes du changement climatique actuel[1]. Le terme de « changement climatique » a été utilisé pour la première fois par un groupe d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) qui travaille ensemble depuis 1988[2].

Selon le GIEC, le changement climatique s'entend d'une variation de l'état du climat que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Il se rapporte à tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou à l'activité humaine. Cette définition diffère de celle figurant dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), selon laquelle les changements climatiques désignent des changements 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 de périodes comparables [3].

Selon les estimations, les activités humaines ont provoqué un réchauffement planétaire d'environ 1 °C au-dessus des niveaux préindustriels, avec une fourchette probable allant de 0,8 °C à 1,2 °C. Il est probable que le réchauffement planétaire atteindra 1,5 °C entre 2030 et 2052 s'il continue d'augmenter au rythme actuel (degré de confiance élevé)[4]. Les effets du changement climatique sont multiples. Les conséquences de tels dérèglements sont à la fois environnementales, sociales et économiques. L'enjeu aujourd'hui est de répondre à l'urgence tout en pensant au futur.

La science qui étudie ces modifications à court terme (quelques jours) est la **météorologie**. Elle étudie les variations des phénomènes atmosphériques (nuages, dépressions, précipitations, etc.) en utilisant des données de terrain précises, comme la température, l'humidité, etc. La **climatologie**, elle, étudie la succession de ces conditions météorologiques

## Introduction générale

---

sur le long terme, grâce à des statistiques basées sur au moins 30 ans de mesures. Cela permet de définir le **climat** d'une région (p.ex. continental, tropical humide, etc.)[5].

Le climat global de la terre et les climats régionaux sont déterminés par le "système climatique". ce dernier est une machine extrêmement complexe, à l'échelle de la planète, constituée de toute une série d'interactions entre différents éléments : **l'atmosphère** (interactions entre les vents, la composition de l'atmosphère, etc.), **la lithosphère** (position des continents, albédo, etc.), **l'hydrosphère** (courants océaniques, températures et composition des océans, mers et lacs, etc.), **la cryosphère** (création de courants océaniques froids profonds, albédo, etc.) et **la biosphère** (influence sur la composition de l'atmosphère et des océans)[5].

On parle de changement climatique lorsque le climat global de la terre ou l'ensemble des climats régionaux subissent une modification durable (au minimum sur une durée de dix ans). un climat étant défini par de nombreuses variables, un changement climatique ne peut pas être réduit a priori à un simple changement de la température moyenne. Il comprendra très probablement aussi une modification de la valeur moyenne ou de la variabilité des précipitations, des vents, de l'humidité du sol.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour caractériser le régime climatique. L'analyse en composantes principales est une des méthodes classiques mais souvent efficace dans l'analyse spatio-temporelle des précipitations en Algérie .Des tests statistique sont aussi utilisé pour démontrer la stationnarité s'une série de données chronologique (pluie, température).Les travaux effectués au cours de ces dernières années montrent un grand intérêt à un nouvel indice appelé « l'indice pluviométrique standardise ». Cet indice permet de caractériser le degré de sévérité des périodes sèches et humides d'une région donnée, a plusieurs échelles de temps [6].

Notre étude a concerné une zone se trouve en général dans la partie centrale de l'Algérie du nord Dans son ensemble, c'est une La Wilaya de M'sila qui fait partie de la région des Hauts Plateaux du Centre et s'étend sur une superficie de 18.175 km<sup>2</sup>. Le climat de la Wilaya est de type continental semi-aride. L'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid.

Suite aux différents travaux consacrés à l'étude du régime climatique en Algérie (cas wilaya de M'sila). Notre travail de recherche vient compléter les résultats et conclusion déjà aboutis précédemment.

## Introduction générale

---

Une question pertinente sera traitée au cours de ce travail :

Quelle est la variation des températures, des précipitations, de l'humidité et la vitesse des vents en M'sila au cours de la période 2009-2018.

Pour ce faire, nous faisons appel aux méthodes les plus utilisées dans l'analyse du régime climatique telles que ; les méthodes graphique, les tests statistiques et les indices climatiques.

Nous divisons notre travail en trois grandes parties :

**La première partie**, aura pour objet principal d'impliquer le lecteur de ce document dans le sujet, à travers une étude bibliographique, sur l'évolution du climat et les différents changements observés à l'échelle du globe.

**La deuxième partie**, exposera dans les détails, toute la zone d'étude et ses caractéristiques et les données climatiques.

**La troisième partie**, la méthodologie adoptée pour l'analyse des deux paramètres climatiques pluie et températures ; une présentation des différents tests et méthodes utilisés dans la détermination du régime climatique et leurs applications. Mettra en valeur la discussion et l'analyse des résultats concernant l'évolution des précipitations et des températures au cours de ces 10 dernières années.

# Chapitre I

# Synthèse Bibliographie

## **I.1. Introduction :**

Les changements climatiques ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Ils constituent la question environnementale majeure qui domine notre vie. Du point de vue de l'abondante littérature en lien avec les changements climatiques, nous avons jugé que c'est nécessaire de définir certains concepts clés en relation avec le changement climatique.

## **I.2. Définition des concepts :**

### **I.2.1. Climat :**

Le mot climat apparaît en français au XII<sup>e</sup> siècle, dérivant du latin *climatis*. Pourtant son origine est grecque : le *klimat* est l'inclinaison d'un point de la Terre au Soleil. Cette notion de « *klimat* » y est très éloignée du concept moderne de climat [7].

Le climat correspond à la distribution statistique des conditions atmosphériques dans une région donnée pendant une période donnée. Il est effectué à l'aide de valeurs moyennes établies à partir de mesures statistiques, mensuelles et annuelles, ainsi que sur la base des données atmosphériques locales : température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent [8].

La différence entre climat et météo : la météorologie ou météo permettant de prévoir le temps à court terme (généralement quelques jours). Si la météo se soucie du temps qu'il fait ou qu'il fera en un lieu et à un moment précis, mais la climatologie ou climat est effectuée à l'aide de moyennes annuelles et mensuelles sur 30 ans au minimum [9].

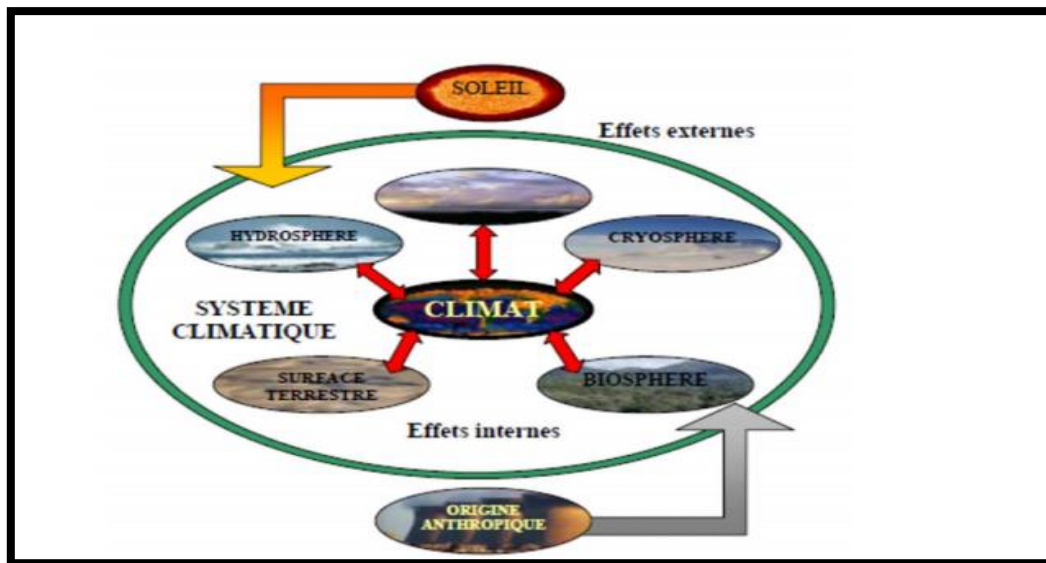
### **I.2.2. Le système climatique :**

Le système climatique est l'ensemble Terre-atmosphère. Il évolue au cours du temps sous l'effet de processus internes et de contraintes externes, d'origine naturelle ou humaine.

L'étude des changements climatiques nécessite de définir le système climatique, un ensemble complexe constitué de cinq composantes principales (voir la Figure I.1) [10]:

- ✓ l'atmosphère
- ✓ les surfaces continentales
- ✓ l'hydrosphère (océans, lacs, rivières, nappes d'eau souterraines...)

- ✓ la cryosphère (glaces terrestres ou marines, manteau neigeux)
- ✓ la biosphère (tous les organismes vivants dans l'air, sur terre et dans les océans).



**Figure I.1 :** Les composantes du système climatique [10].

Le comportement de l'ensemble du système climatologique est influencé ou contraint par l'évolution de certains paramètres extérieurs que l'on appelle forçage extérieure [7].

### I.2.3. 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) [11].

### I.2.4. Changement climatique :

Les changements climatiques sont causés par les modifications de l'atmosphère qui résultent de sa transformation chimique par les gaz à effet de serre (GES). Cette perturbation de l'équilibre atmosphérique s'exprime par une augmentation des températures moyennes sur Terre, modifiant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

Les impacts sur l'environnement sont multiples importants et de plus en plus fréquents : sécheresses, fonte des glaciers et de la glace de mer, élévation du niveau des océans, tempêtes tropicales. Ils affectent l'ensemble de la population mondiale et la biodiversité planétaire. Les

activités humaines sont les principales responsables des changements climatiques actuels et de leurs impacts sur l'environnement. En effet, selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le réchauffement climatique est bien réel et l'activité humaine en est responsable, par l'émission de GES [12].

### **I.3. Historique de la science du changement climatique :**

Au début du siècle, la climatologie s'attarde essentiellement à la détermination de statistiques de différents paramètres comme la précipitation, température, vitesse des vents, etc. Les applications sont nombreuses. Ces chiffres permettent d'expliquer les caractéristiques géographiques et environnementales, permettent de construire des ouvrages et infrastructures, de faire des choix optimisés, etc. Puis, vers le milieu du siècle, on commence aussi à examiner les processus physiques et chimiques qui expliquent ces statistiques. Par exemple, c'est pendant cette période que l'on constate d'importantes perturbations climatiques provenant de l'océan Pacifique Équatorial [13].

#### **I.3.1. Changement climatique au niveau mondial :**

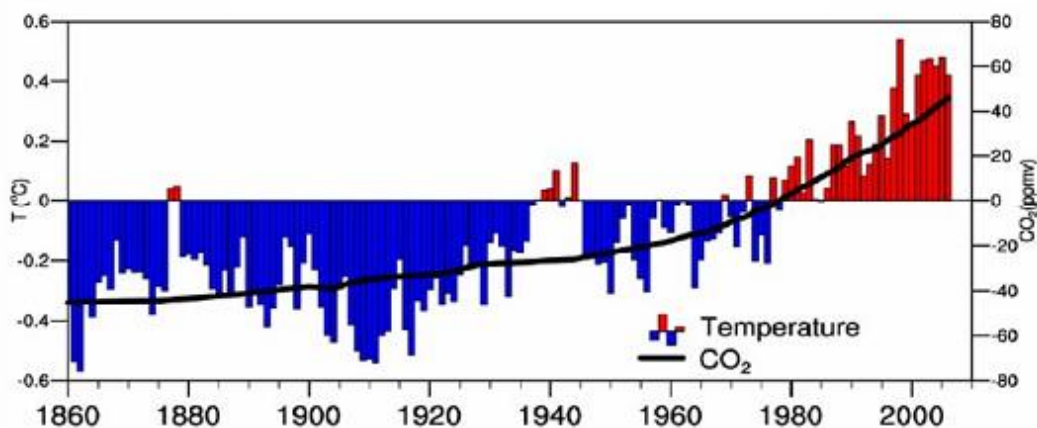
##### **I.3.1.1. Évolution des températures :**

Si la température moyenne à la surface de la terre a augmenté de 0,6-0,7 °C de 1900 à 2000, la température moyenne en 2005 a été supérieure de 0,8 °C à celle de 1900. À elles seules, les trois dernières décennies ont vu une augmentation moyenne de 0,6 °C (soit 0,2 °C par décennie), ce qui montre une inquiétante accélération du processus [14].

##### **I.3.1.2. Évolution des phénomènes climatiques :**

Selon le 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC publié en 2007, les changements climatiques observés à l'échelle globale peuvent être résumés en (voir la figure I.2) :

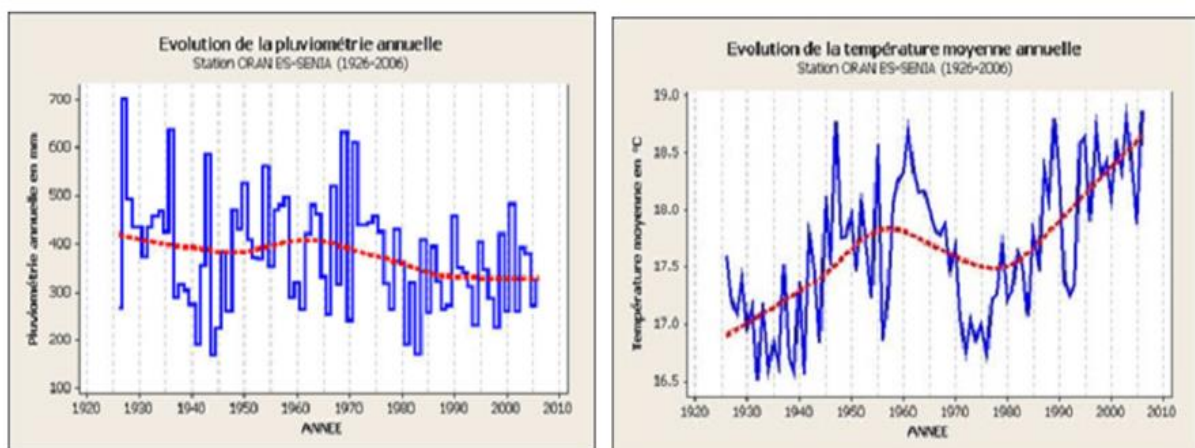
- L'augmentation du niveau de la mer.
- diminution observée de l'étendue des zones couvertes de neige et de glace.
- fréquence accrue des sécheresses.
- hausse des précipitations dans certaines régions, Baisse dans d'autres.
- L'augmentation probable des orages, cyclones, tempêtes, inondations, crues exceptionnelles [15].



**Figure I.2 :** Évolution des températures mondiales et de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> entre 1860 et 2006 [15].

### I.3.2 Changement climatique Au niveau régional (Algérie) :

L'Algérie a connu depuis les années 70, une période de sécheresse intense et persistante, caractérisée par un déficit pluviométrique important, évalué à près de 30%, sur l'ensemble du pays . Dans le cas de l'ouest algérien, les températures ont augmenté de 1°C à 2°C sur la période allant de 1926 à 2006, soit le double de la hausse moyenne planétaire (0,74°C) et pour la même période, la quantité moyenne annuelle des précipitations (Figure I.3) a chuté de 15% . En outre, il est fait mention que dans les zones côtières une élévation du niveau de la mer est constatée [16].



**Figure I.3 :** Evolution des moyennes annuelles de la température et de la pluviométrie à la Station d'Oran [16].

Ce ci entrainera à coup sûr une forte pression sur la ressource en eau et un grand risque de contamination des nappes côtières par intrusion marine [16].

#### **I.4. Classification des climats :**

la classification des climats est fondée d'une part sur la température et d'autre part sur l'importance des précipitations, aussi la latitude, l'influence maritime ou continentale, l'altitude, les vents, les courants marins, la période de l'année permettent de définir les grandes zones climatiques [17].

Les différents types de climat sont : Équatorial, Mousson, Océanique, Aride, Montagnard, Tropical, Méditerranéen, Chinois, Continental, Polaire comme la montre Figure. I.4.

##### **I.4.1. Climat froid :**

Le climat est froid dans deux types de régions :

- Les régions polaires, c'est-à-dire L'Antarctique (le pôle Sud), et l'Arctique (le pôle Nord), parce qu'il s'agit des régions les plus éloignées de l'équateur. Ces régions sont caractérisées par des températures froides toute l'année, sans chaleur estivale (10°C au maximum) et avec des hivers glacials (souvent -60°C).
- Les montagnes, dans lesquelles l'altitude élevée fait baisser la température. Très en hauteur, on y trouve la « neige éternelle » qui ne fait jamais, hiver comme été.

Ces conditions rendent la survie difficile, et l'homme a très peu habité ces domaines [18].

##### **I.4.2. Climat tempéré :**

Le climat tempéré se trouve généralement au bord des océans, entre les tropiques et les cercles polaires. Les températures y sont douces en hiver et chaudes en été. Ces conditions sont agréables pour l'homme et rendent les terres fertiles. C'est pourquoi beaucoup de civilisations s'y sont développées [19].

##### **I.4.3. Climat continental :**

Le climat continental est présent dans l'hémisphère nord, entre les tropiques et les cercles polaires, et à l'intérieur des terres. Les hivers y sont rigoureux et les étés très chauds. Cependant ce climat reste favorable à l'homme et à la culture des terres [19].

#### I.4.4. Climat tropical :

Le climat tropical est situé entre les tropiques, près de l'équateur. Il est caractérisé par des températures très chaudes qui ne descendent jamais sous 18°C. Dans certaines régions les pluies sont abondantes toute l'année. La végétation y est très développée et forme des jungles. Dans d'autres régions, plus sèches, la végétation est moins présente : c'est la savane [20].

#### I.4.5. Climat désertique :

Le climat désertique est présent sur les tropiques. Ces régions sont caractérisées par la sécheresse, car y il a peu de pluie et d'humidité. La végétation y est donc très faible, voire absente. Si beaucoup de déserts, comme le Sahara, sont connus pour être extrêmement chauds, d'autres sont pourtant froids, comme en Mongolie

Le manque d'eau rend les cultures très difficiles, l'homme s'est donc très peu installé dans ces régions [20].

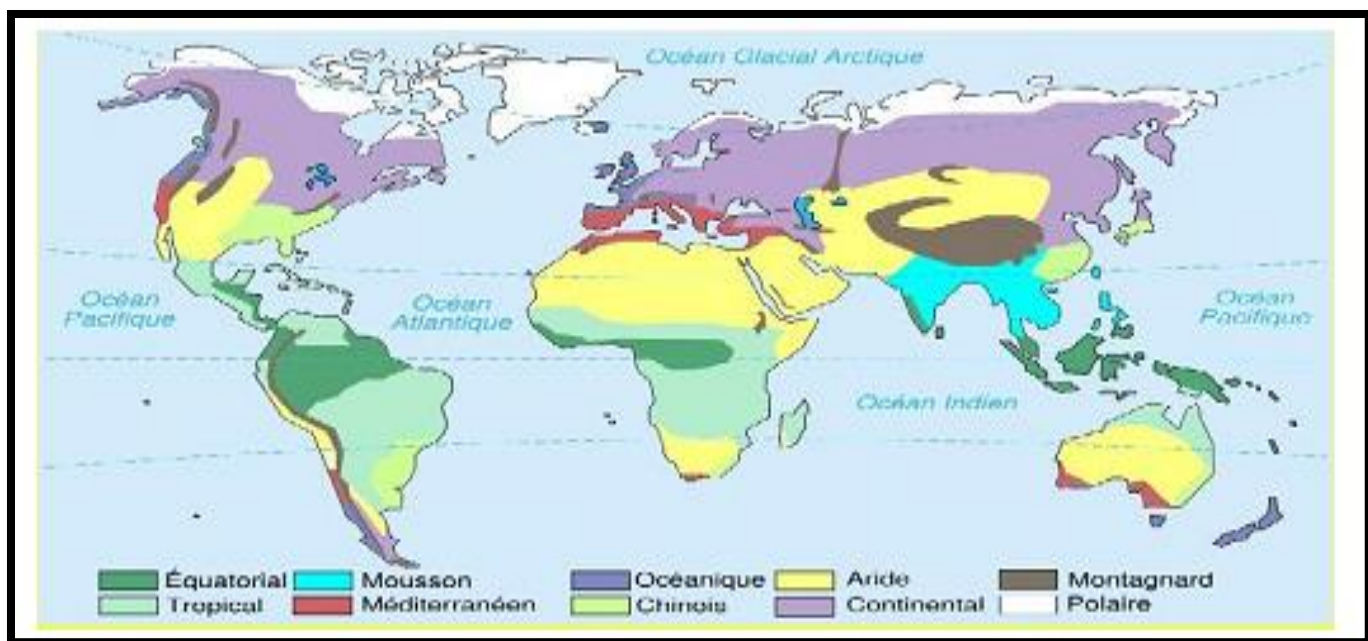


Figure. I.4: Carte simplifiée des climats mondiaux [21].

#### I.5. Climat de L'Algérie :

L'Algérie, pays méditerranéen majoritairement situé en zone semi-aride et aride, a toujours été confrontée à des phénomènes extrêmes : des sécheresses périodiques parfois sévères et persistantes, et des crues avec des inondations qui se manifestent, le plus souvent, de façon

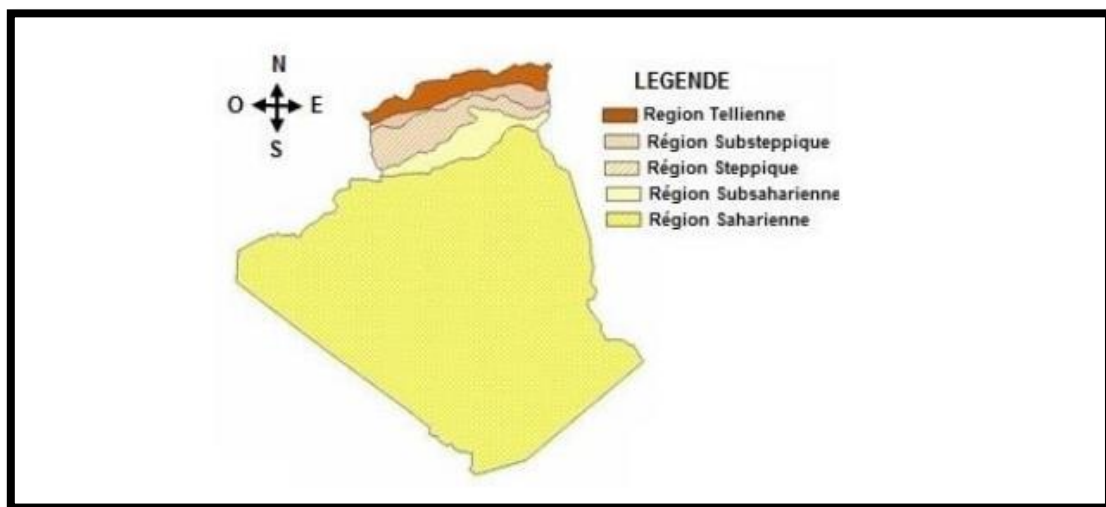
catastrophique. Ces deux événements, qui ont fait l'objet de nombreuses études, constituent une contrainte majeure pour le développement économique et social [22].

De par sa position géographique, l'Algérie est soumise à des climats très variés (Figure I.5). Dans le littoral Nord, il règne un climat typiquement méditerranéen [23] :

- des étés : secs et chauds avec des températures extrêmement élevées.
- des hivers : tempérés et humides, les précipitations tombent généralement ainsi qu'au printemps.

L'Est et le Centre du pays sont beaucoup plus arrosés que l'Ouest. Dans cette région, il règne un climat semi-aride avec une variabilité très marquée des précipitations.

Le Sud du pays appartient à la zone climatique chaude. C'est le Sahara, caractérisé par un climat désertique où les températures sont très élevées en été, beaucoup plus fraîches en hiver et avec une quasi-absence des précipitations. Des vents de sables sont régulièrement observés particulièrement vers la fin du printemps. La densité de la population est aussi faible dans cette région [23].



**Figure I.5 :** Les différentes zones géographiques en Algérie [24]

Dans les zones de transition entre le climat chaud du Sud et le climat tempéré méditerranéen du Nord, règne un climat intermédiaire, un climat steppique. Dans cette région caractérisée par un climat [23] :

- Les étés sont très chauds.

- les hivers froids et secs, les précipitations sont faibles et aussi le verglas est très répandu et les vents sont glaciaux.

## I.6. Les cause du changement climatique :

### I.6.1. Les causes naturelles :

#### I.6.1.1. L'effet de serre :

L'effet de serre est un phénomène naturel provoquant une élévation de la température à la surface de notre planète. Indispensable à notre survie, ce fragile équilibre est menacé. Les activités humaines affectent la composition chimique de l'atmosphère et entraînent l'apparition d'un effet de serre additionnel, responsable en grande partie du changement climatique actuel

Les gaz à effet de serre (vapeur d'eau, gaz carbonique, méthane...) sont pratiquement transparents au rayonnement solaire (longueur d'onde du visible) et opaques au rayonnement infrarouge émis par la Terre. La chaleur est piégée(voir figure I.6) [25].

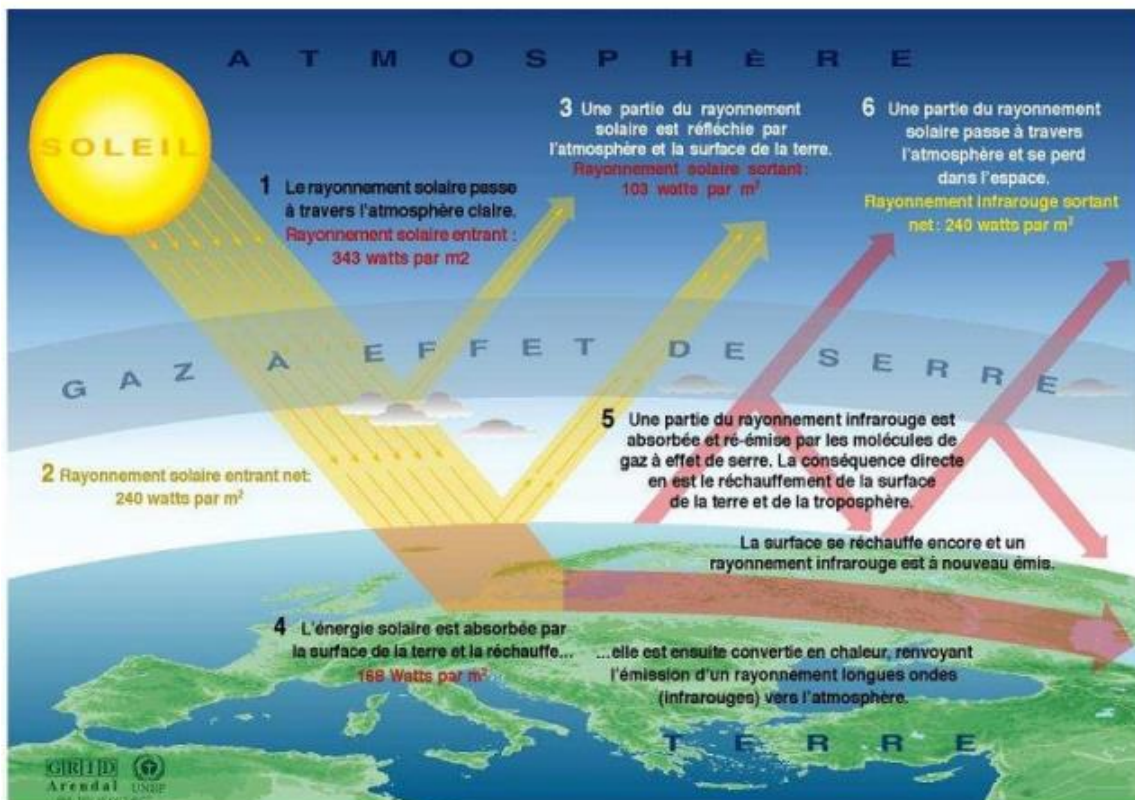


Figure I.6 : Processus de l'effet de serre [26].

### **I.6.1.2. L'activité solaire :**

Le soleil traverse des périodes de grande activité, qui se traduisent par une augmentation du nombre de tâches solaires, ainsi que par un accroissement du rayonnement, de l'activité magnétique et des flux de particules de haute énergie. Ces fluctuations de l'activité solaire s'effectuent à des échelles de temps qui peuvent varier de plusieurs millions d'années à quelques minutes [27].

### **I.6.1.3. Les volcans :**

Les éruptions volcanique 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 [28].

### **I.6.2. Les causes anthropiques :**

Les changements climatiques peuvent également être causés par les activités humaines, comme suit :

- ✓ le brûlage de combustibles fossiles, la conversion de terres pour la foresterie et l'agriculture et le trafic routière [29].
- ✓ Le début de la Révolution industrielle, l'influence des humains sur le système climatique a considérablement augmenté. En plus d'autres incidences environnementales [30].
- ✓ ces activités modifient la surface terrestre et émettent diverses substances dans l'atmosphère. Ces substances, en retour, peuvent avoir un effet sur la quantité d'énergie solaire reçue et la quantité de chaleur rayonnante, ce qui peut avoir à la fois un effet de réchauffement ou de refroidissement du climat. [31].

## **I.7. Les impacts de changement climatique :**

### **I.7.1. Impact du changement climatique sur le cycle hydrologique :**

La température de l'air et des océans est le premier paramètre qui, soumis à l'impact du changement climatique, va influencer sur le cycle de l'eau en modifiant les conditions d'alimentation du réservoir atmosphérique (taux d'évaporation, degré d'humidité de l'air). Ces modifications vont, dans un second temps, impacter la pluviométrie, avec, pour

conséquence, des modifications spatiales et temporelles des régimes de précipitations qui caractérisent aujourd'hui notre territoire. Une fois précipitée au sol, l'eau est soumise au phénomène d'évapotranspiration, qui, lui-aussi, sera impactée par les modifications climatiques prévisibles (notamment la température de l'air). Cela va engendrer une modification sur la pluie efficace, la quantité de ruissèlement et la quantité d'eau infiltré [7].

### I.7.2. Impact du changement climatique sur la santé :

La figure I.7 résume les effets du changement climatique sur la santé humaine. Globalement on peut distinguer deux types d'effets [32].

(a) les effets directs : malnutrition et sous-alimentation (sans doute le plus important), mortalité et morbidité liés aux événements extrêmes (vagues de chaleur), mortalité et taux de morbidité liés aux maladies infectieuses (transmissions par vecteurs et infections d'origine alimentaire et hydrique).

(b) les effets indirects sur la santé : disponibilité de l'eau, accès à la nourriture, élévation du niveau des mers,....

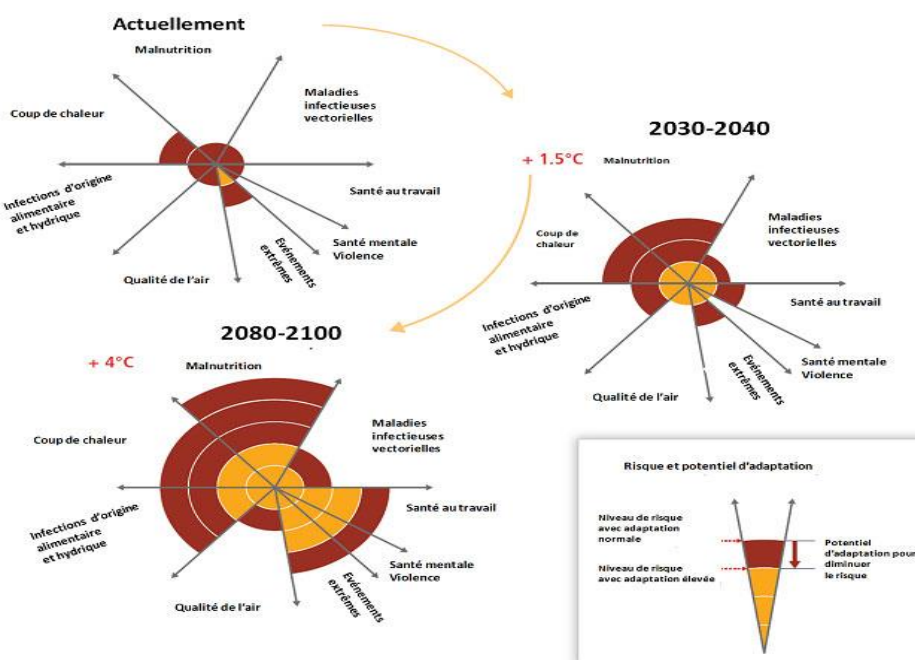


Figure I.7 : Modélisation des effets sur la santé humaine. [32].

## **I.8.Stratégie national d'adaptions au changement climatique en Algérie :**

L'Algérie a présenté, en 2001, sa première Communication Nationale Initiale (CNI) dans le cadre de la Conférence des Parties de la Convention Cadre des Nations Unies pour les Changements Climatiques (CCNUCC) .Cette Communication Nationale intègre les données et les informations relatives aux modifications du climat sur son territoire. Depuis, et dans le cadre de l'élaboration de la Seconde Communication Nationale (SCN) qui portera un accent particulier sur les inventaires de Gaz à effet de Serre (GES), l'évaluation des impacts potentiels des changements climatiques, les options d'adaptation à ces changements et la mise à jour des mesures d'atténuation des émissions de GES, le Programme des Nations Unis pour le Développement (PNUD) s'est chargé du suivi du projet et de l'évaluation de la gestion des fonds alloués afin d'assurer sa bonne application [33].

Dans ce cadre, plusieurs objectifs à réaliser ont été définis :

- améliorer la qualité des données et informations rapportées dans le cadre de la CNI avec une forte implication et une participation active de tous les acteurs à l'échelle nationale.
- renforcer la prise en compte du changement climatique dans la politique nationale de développement.
- réaliser des inventaires des GES au niveau de tous les secteurs concernés (énergie, industrie, agriculture, déchets, ressources hydriques) [33].

## **I.9. La pollution :**

La pollution est toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ou encore de l'introduction d'espèces exotiques dans une biocénose naturelle [34].

### **I.9.1. Les types du pollution :**

Les différents types de pollution aux quels l'équipe intervention peut confrontée :

**I.9.1.1. Pollution de sol :**

La pollution et la contamination sont deux expressions couramment employées pour désigner l'accumulation anormale et exogène, généralement due à une activité humaine, d'éléments ou de composés minéraux, organiques ou d'agents pathogènes dans un milieu donné dont la qualité se trouve affectée [35].

Une substance toxique désigne une substance naturelle ou de synthèse, minérale ou organique, présentant une nocivité pour les organismes vivants, pouvant être absorbée par voie foliaire ou racinaire chez les plantes, par inhalation, ingestion ou contact chez les animaux, elle provoque une intoxication des organismes affectés en perturbant une fonction vitale pouvant entraîner la mort [36].

**I.9.1.2. La pollution de l'aire (atmosphérique) :**

La pollution atmosphérique est clairement définie par la loi (article 2 de la loi N°96-1236 du 30 décembre 1996) : «Constitue une pollution atmosphérique l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances excessives ». Bien que cette définition fasse référence aux polluants introduits par l'être humain, il faut considérer que certains polluants atmosphériques peuvent provenir de sources naturelles comme par exemple le radon, gaz radioactif émis notamment par les roches granitiques [37].

**I.9.2. Sources des polluants atmosphériques :**

Les polluants atmosphériques peuvent être d'origine naturelle ou anthropique :

**I.9.2.1. Sources naturelles :**

A côté des éléments de base, l'atmosphère renferme, une quantité variable de substances naturelles qui, dépassant un seuil, crée une source de pollution à savoir : Les feux de forêts, de cultures ou des prairies contribuent à des émissions importantes de noyaux de condensation, d'imbrûlés et de gaz.

Les volcans émettent des gaz comme le dioxyde de soufre, de l'hydrogène sulfureux et des particules de cendres en grande quantité.

Les embruns marins sont constitués par des aérosols (des cristaux de sels).

Les végétaux sont à leur tour à l'origine d'une pollution par les pollens, les spores et les champignons.

L'ozone formé naturellement à haute altitude à partir de réaction photochimique impliquant l'oxygène de l'air [38].

### **I.9.2.2. Les sources anthropiques :**

On appelle émissions atmosphériques anthropiques les émissions d'origine humaine. Ainsi, la majorité des activités humaines sont à l'origine, directe ou indirecte, d'émissions de grandes quantités de polluants.

L'industrie est un des secteurs majeur des émissions atmosphériques en dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), poussières, métaux lourds, composés organiques volatils (COV), les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ), ...

Le transport, qu'il soit aérien, maritime ou terrestre, il émet des quantités considérables de  $\text{NO}_x$ , des particules (PM) dans les gaz d'échappement, du monoxyde de carbone (les imbrulés), des COV, ...

Les combustions et les incinérations sont aussi à l'origine de l'émission des métaux, des dioxines, des COV, des  $\text{CO}_x$ , des aérosols, ... .

Le secteur agricole est un responsable majeur des émissions de poussières et d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) à cause du recours aux produits phytosanitaires et aux épandages.

Les activités domestiques, en utilisant des produits phytosanitaires, des peintures, des produits ménagers, en cuisinant... nous émettons tous des polluants atmosphériques (COV).

Le chauffage est aussi à l'origine d'une grande partie des émissions du  $\text{SO}_2$ , du CO, des  $\text{NO}_x$  et des PM. Même la climatisation génère indirectement des émissions du fait de sa grande consommation d'électricité mais également si le gaz réfrigérant n'est pas récupéré [39].

### **I.9.3. Les familles de polluants :**

Les principaux polluants atmosphériques se classent en deux grandes familles bien distinctes : les polluants primaires et les polluants secondaires.

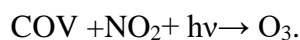
**I.9.3.1. Les polluants primaires :**

Ils sont directement issus des sources de pollution, on y trouve : des CO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, des NO<sub>x</sub>, des hydrocarbures légers, des (COV), des particules contenant ou non des composés métalliques (plomb, mercure cadmium...) ou organiques (PM10 et PM2,5). Ces polluants primaires peuvent se transformer dans la basse atmosphère, sous l'action des rayons solaires et de la chaleur, en polluants dits secondaires tels que l'ozone et autres polluants photochimiques (les PAN ou nitrates de peroxyde acétyle, aldéhydes, cétones, etc.).

**I.9.3.2. Les polluants secondaires :**

Ils sont formés par transformation chimique de certains polluants primaires. La formation de ces derniers nécessite un certain temps durant lequel les masses d'air se déplacent. Ce qui explique pourquoi les pointes de polluants secondaires concernent des territoires souvent plus étendus que les pointes de polluants primaires. On y trouve :

L'ozone (O<sub>3</sub>) troposphérique formé à partir de la réaction d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et des composés organiques volatils (COV) en présence de chaleur et des rayons ultraviolets



Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) : tels que : le NO<sub>2</sub> qui se forme à partir de l'oxydation du NO par d'autres polluants atmosphériques tel qu'O<sub>3</sub> et le PAN (peroxydeacylnitrate) qui résulte de l'action des peroxydeacyles sur les oxydes d'azote.

Le monoxyde de carbone, résultat de la combustion incomplète et rapide des combustibles et carburants.

Les particules en suspension (PM), de toutes petites particules solides ou liquides en suspension, appelées aérosols. Ce sont des particules insédimentables car elles ne peuvent pas se déposer sur le sol sous l'effet de la gravitation. Leur taille varie de quelques nanomètres à presque 100 microns, soit l'épaisseur d'un cheveu. En moyenne globale, environ 3 milliards de tonnes d'aérosols sont émis chaque année par une multiplicité de sources à la fois naturelles (cendres volcaniques, poussières désertiques, embruns marins) et humaines (fumées d'industrie, gaz d'échappement, poussières issues de feux agricoles), ce qui induit une très grande diversité de leurs propriétés.

Les dérivés soufrés en particulier le  $\text{SO}_2$  proviennent principalement des centrales thermiques, des grosses installations de combustion de l'industrie et du secteur tertiaire et résidentiel (chauffage individuel ou collectif). Ainsi,  $\text{SO}_2$  peut se transformer en trioxyde de soufre ( $\text{SO}_3$ ) et acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) en association avec les particules, à l'origine des fameuses pluies acides.

Les composés organiques volatils (COV) sont des gaz émis par la combustion de carburants ou l'évaporation de solvants contenus dans certains matériaux et produits. Leur point commun est de s'évaporer plus ou moins rapidement à température ambiante et de se retrouver dans l'air. Ils participent à des réactions photochimiques dans l'atmosphère donnant ainsi naissance à une multitude de substances de différentes familles chimiques en réagissant avec les  $\text{NO}_x$ , ils forment des photo-oxydants dans l'air ambiant. Ils comprennent notamment le benzène, le toluène, l'éthyle benzène, les xylènes et le 1, 2, 4-triméthylbenzène (124 TMB) des hydrocarbures volatils (alcanes, alcènes, aromatiques) des composés carbonylés (aldéhydes et cétones) ... Ces substances ont des propriétés chimiques et toxicologiques qui varient d'un composé ou d'une famille à l'autre [40].

### **I.9.3.3. Autres polluants de l'atmosphère :**

En plus des polluants primaires et secondaires, il existe d'autres polluants tels que :

Le  $\text{CO}_2$  avec une très faible teneur dans l'air (environ 0,03%) naturellement, mais qui ne cesse d'augmenter au rythme de 0,5% par an avec l'augmentation de la consommation d'énergie fossile dans le monde et la diminution importante des couverts forestiers. Participant ainsi activement à l'effet de serre.

Le méthane qui participe directement au phénomène d'accroissement de l'effet de serre (sa contribution est estimée à 18 % environ) et sa concentration dans l'air ambiant augmente encore plus vite que celle du  $\text{CO}_2$ . Les principales sources émettrices sont :

L'exploitation des mines de charbon, les décharges d'ordures ménagères, l'élevage, la distribution du gaz, etc.

Les CFC – Chlorofluorocarbures sont totalement artificiels (à l'exception du chlorure de méthyle d'origine marine). Ils sont utilisés dans les biens de consommation courante (aérosols propulseurs, mousses, extincteurs, réfrigérants, etc.). Ce sont aussi des gaz à effet de serre et surtout les premiers perturbateurs de l'équilibre de Chapman. Ils sont ainsi considérés comme

des destructeurs majeurs de la couche d'ozone. Malgré l'interdiction de leur production, ces substances d'une durée de vie dépassant le siècle pour la majorité, continueront encore leur action destructive pendant longtemps [41].

#### **I.9.4. La pollution de l'air en Algérie :**

Sans trop nous attarder sur la pollution de l'air en général, un bref à ce sujet : la pureté de l'air est touchée par un ensemble de produits chimiques et de déchets qui engendrent des soucis de santé et détériorent l'environnement.

Nous nous posons la question, qu'en est bien facile de parler de la pollution d'une manière générale, mais sa quantification reste un point difficile à atteindre, c'est pour cela que la méthode la plus utilisée c'est la fixation d'un seuil à ne pas dépasser, mais objectivement cela reste même insuffisant. Les personnes chargées de quantifier les niveaux de pollution trouveront la tâche difficile surtout le degrés de pollution est faible ou bien que la pollution se fait sur le long terme. Nous distinguons trois types de polluants de l'air en Algérie [42]:

- La pollution due au trafic automobile.
- La pollution due aux décharges publique et déchets ;
- La pollution industrielle.

# **Chapitre II**

## **Présentation de la région d'étude et ses données Climatiques**

## II.1. Présentation de la région d'étude

### II.1.1. Situation géographique :

La wilaya de M'sila, se trouve en général dans la partie centrale de l'Algérie du nord dans son ensemble, elle fait partie de la région des hauts plateaux du centre et s'étend sur une superficie de 18.175 km<sup>2</sup>[1].

Elle est limitée:

Au Nord Est: les wilayat de Bordj Bou-Argeridj et Sétif.

Au Nord-Ouest : les wilayat de Média et Bouira.

A l'est : la wilaya de Batna.

A l'ouest : la wilaya de Djelfa.

Au Sud Est : la wilaya de Biskra.

La figure II.1 représenté les limites administratives de la wilaya de M'sila.

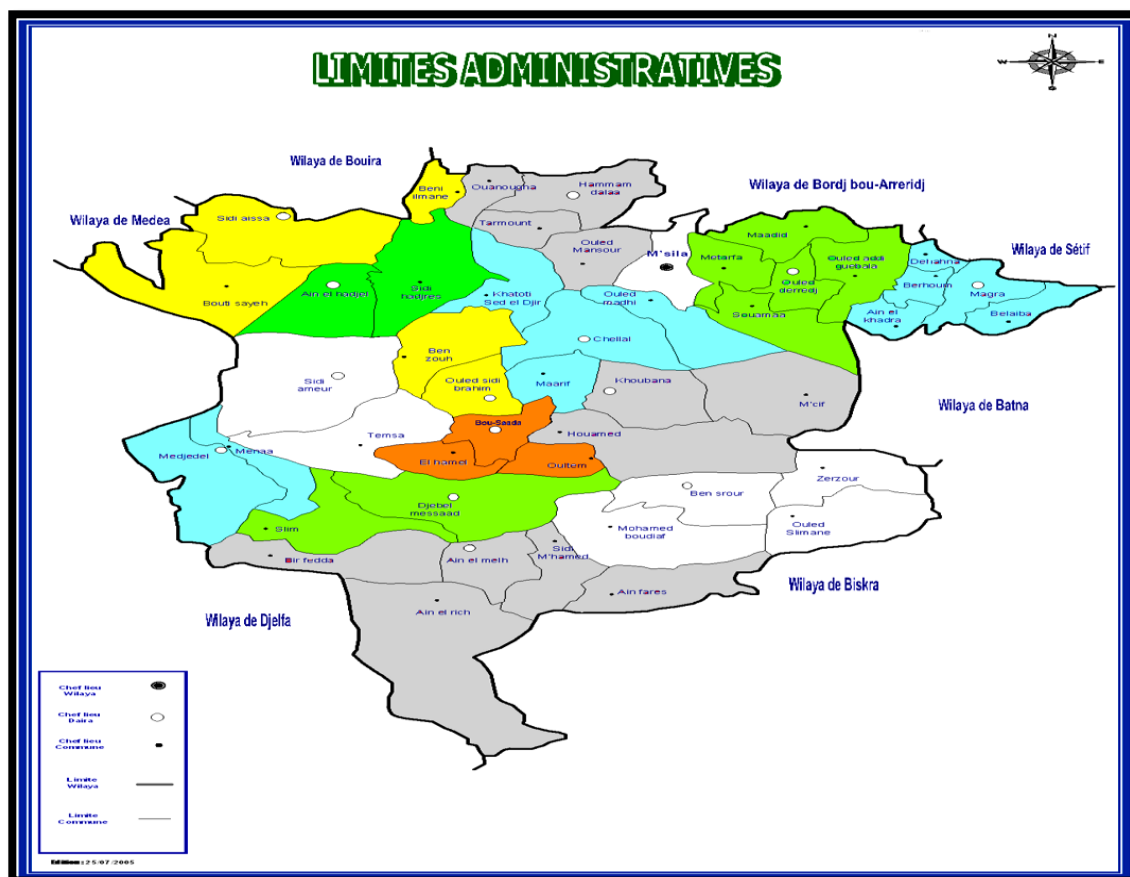


Figure II.1 : Carte géographique avec les limites administratives [1].

### II.1.2. Organisation administrative :

La wilaya de M'sila se forme en 1974 à partir des zones regroupés (Sétif, Batna, Média et Bouira) Composée à l'origine de 23 communes, elle en compte aujourd'hui 47 communes, regroupées en 15 adirât [1].

## II.2. les éléments naturels :

### II.2.1. le relief :

Le territoire de la wilaya se trouve entre deux grandes chaînes de montagnes qui sont l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien [2].

Cette espèce géographique est dérivée comme suit :

- Une zone de montagnes de part et d'autre du Chott El Hodna.
- Une zone centrale constituée essentiellement de plaines et de hautes plaines.
- Une zone de chotts et de dépression avec le Chott El Hodna au Centre Est et le Zahrez Chergui au centre Ouest.
- Une zone de dunes de sable éolien.

### II.2.2.L'hydrogéologie :

Il existe une nappe phréatique dont l'eau est impropre à la consommation domestique car très chargée et saumâtre, et la nappe profond comme l'Hodna et de la plaine de Ain Riche.

Les potentialités en eau de surface sont estimées à 320 hm<sup>3</sup>[3].

Les potentialités en eau souterraine sont limitées dans la wilaya, et les nappes aquifères, actuellement connues, sont :

- La nappe phréatique.
- La nappe profonde du Hodna.
- La nappe profonde d'Ain Riche.

Les réserves en eau de la nappe phréatique sont difficilement quantifiables. Les deux autres nappes renferment respectivement 133 hm<sup>3</sup> et 08hm<sup>3</sup>[3].

### II.2.3. Le climat :

Le climat de la wilaya est de type continental semi-aride. L'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid. la zone la plus pluviométrique est située au nord, elle reçoit plus de 480 mm/an (Djebel Ech Chouk - Chott de Ouenougha) et la zone la plus sèche est située à l'extrême sud de la wilaya et reçoit moins de 200 mm/an.

Les précipitations moyennes annuelles de la wilaya en 2018 sont de 11.90 mm par an. Les températures moyennes mensuelles de l'année sont de 19.80 C°, enregistrées au mois plus chaud (Août) sont de 32.60 C° et le mois plus froid (Janvier) sont de 7.30°C[4].

### II.3. la population de la wilaya de M'sila:

La population totale de la wilaya de M'sila est estimée au 31/12/2018 à 1 310 414 habitants, contre 983 513 habitants en 31/12/2008, soit une augmentation absolue d'environ 326 901 hab. la densité est de 72 hab./km<sup>2</sup>, avec 1 037 et 660 dans les communes M'sila et Boussaâda et 6 hab./km<sup>2</sup> dans la commune d'El Houamed, et réparti la population urbaine avec 551 413 hab. et rurale à 759 00 [5].

L'évolution de la population de la wilaya de M'sila (1966\_2018) est enregistré dans les tableaux II.1 et II.2:

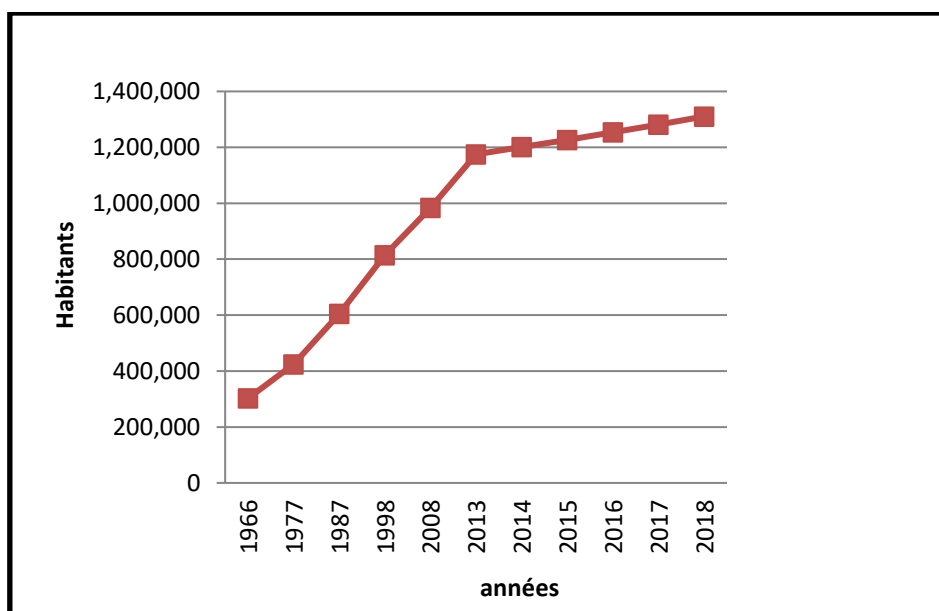
**Tableau II.1:**L'évolution de la population de la wilaya (1996à2018) [5].

RGPH	1966	1977	1987	1998	2008
Habitants	302305	423984	605026	814353	983 513

**Tableau II.2 :**L'estimation de la population de la wilaya (1996à2018) [5].

RGPH	Estimation 31-12-2013	Estimation 31/12/2014	Estimation 31/12/2015	Estimation 31/12/2016	Estimation 31/12/2017	Estimation 31/12/2018
Habitants	1175126	1200669	1 226405	1 253326	1281870	1310414

La wilaya de M'sila enregistré une forte évolution de sa population ; elle est passe de 1310414 hab. en 1966 à 302305 hab. en 2008 pour atteindre 983513 hab.(voir figure II.2).



**Figure II.2:** L'évolution de population de wilaya de m'sila (1996à2018).

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat( RGPH )de 2008, enregistré une augmentation d'environ 24,86 % par rapport de 1998, ce qui traduit une évolution démographique importante dans cette wilaya[5].

L'évolution des naissances et les Décès de 2008 à 2018 est en enregistré dans la tableau II.3:

**Tableau II.2:** Evolution des naissances et décès de la wilaya de M'sila[5].

Désignation	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Naissances	21 392	23 437	28 621	29 416	30 320	29 522	29 243	30 354	30 469	31 719	31 803
Décès	3 524	4 375	4 327	5 279	5 272	4 396	3700	3 747	3 548	4 282	4 282
Décès moins de 1 an	373	407	685	650	795	682	646	646	432	568	528
Taux d'accroissement naturel (%)	1.82	1.83	2.27	2.23	2.23	2.14	2.13	2.19	2.16	2.23	2.23

Plus de 68 % des naissances sont enregistrés dans les 3 communes M'sila, Boussaâda et Sidi-Aissa.

D'après le tableau II.2, on observe que :

- Le maximal des naissances en 2018 à 31 803 hab.
- Le minimal des naissances en 2008 à 21 392 hab.

- En 2011 enregistré le plus élevé de l'état décès à 5 279 cas.
- Le plus bas de l'état décès en 2008 à 3 524 cas.
- Décès les enfants moins de 1 an.
  - Le plus élevé est l'année 2012 avec 795 cas décès.
  - Le plus bas est l'année 2008 à 373 cas décès.
- Le taux d'accroissement naturel en (%).
  - Le plus élevé est 2,27 % en 2010.
  - Le plus bas est l'année 2008 avec 1,82 %.

#### II.4. Le territoire agriculture :

Le territoire de la wilaya s'étend sur une superficie totale de 1 817 500ha répartie comme suit[2] :

- La surface agricole est de 277 592 ha (15.27 % du territoire de la wilaya).
- Les terres de parcours et pacages occupent une superficie de 1 029 564 ha (62.52 % de la superficie agricole totale)
- Les forêts et halfa couvrent une superficie de 412 124ha (22 % du territoire de la wilaya)
- Enfin, les terres improductives avec 170 610 ha composent 09.39 % de la surface totale.
- La superficie irriguée est de 41 667 ha(15.01% seulement de la S.A.U.) dont la majorité à partir des eaux souterraines.

Les Compagnes Saisonniers 2018/2019 :

##### II.4.1. Production végétale [2]:

- |                 |              |                |
|-----------------|--------------|----------------|
| • Céréales      | Superficie : | 21 840 ha      |
|                 | Production : | 460 87000 kg   |
| • Maraîchage    | Superficie ; | 9 400 ha       |
|                 | Production : | 2 512 00000 kg |
| • Arboriculture | Superficie : | 19 550 ha      |
|                 | Production : | 630 46500 kg   |
| • Fourrages     | Superficie : | 40 500 ha      |
|                 | Production : | 1 430 00000 kg |

**II.4.2. Production animale[2]:**

- Viandes Rouges : 287 00000 kg
- Viandes Blanches : 91 20000 kg
- Œufs (1000u) : 165 000 U
- Lait (1000L) : 77 752 L
- Miels : 375 kg
- laines : 27 550 kg

**II.5. Les forêts :**

La superficie forestière total est estimée avec 150 055 ha et les pistes forestières total 1 094 (km), il n'y a pas de centres du contrôle[6].

**II.6. Hydraulique:****II.6.1. Ressources superficielles**

La wilaya de M'sila contient deux barrage le premier est barrage El-k'sob à M'sila qui se crée à l'année de 1947 a de capacité 29,5 Hm<sup>3</sup>/an. Et le deuxième c'est un petit barrage Outilene à Maadid qui réalisée à l'année 2008 a de capacité 0,85 Hm<sup>3</sup>/ an [3].

**II.6.2. Ressources souterraines :**

La forage est une sortie de liquide pour atteindre le sol , la wilaya de M'sila contient 476 forages a de capacité totalement de 209750 m<sup>3</sup> [3].

**II.6.3. Stockage :**

Un camion-citerne est un réservoir rempli d'eau, et les réservoirs d'eau d'eau d'un endroit à un autre, par des charrettes qui la transportent comme des camions, et parfois il est tiré par un train. Ces réservoirs sont remplis de puits d'eau, d'océans ou de sources d'eau disponibles , la wilaya de M'sila a de 336 réservoirs à de capacité 234594 m<sup>3</sup> [3].

Un château d'eau est un ressources en eau et de générer une pression sur le système de distribution d'eau. La wilaya de M'sila a de 153des châteaux d'eau a de capacité de stockages 40650 m<sup>3</sup> [3].

**II.6.4. Réseaux AEP (adduction d'eau potable) :**

Les approvisionnements en eau sont des réserve qui sont sous le contrôle de tiers pour fournir de l'eau au public, qui est généralement un service public de ressources en eau qui fournit des services à divers utilisateurs , le région de notre études a de taux de raccordement 93% et dotation journalière 150 L/J/hab. [3].

**II.6.5. Réseaux d'assainissement :**

- Taux de Raccordement: 82%.

**II.7. Infrastructure de base :**

La wilaya de M'sila a développé un réseau routier moderne et multidirectionnel. Passage obligé entre l'Est et l'Ouest du pays, la wilaya dépendait de la route pour son approvisionnement (produits de large consommation matériaux de construction, carburants etc..). Les efforts fournis en la matière en dépit de la subsistance de quelques poches d'enclavement[1].

La wilaya dispose d'un grand réseau routier d'une totalité de 4033.462 Km, composé comme suit dans le tableau II.4:

**Tableau II.4 : L'état des réseaux routier[1].**

Type	Bon	Moyen	Mauvais	Totale
Routes Nationales (Km)	634.162	141.070	148.930	924.162
Chemins de Wilaya(Km)	226.900	278.650	303.450	809
Chemins Communaux (Km)	1 827.51 Revêtu et 472.80 Non Revêtu			2 430.300

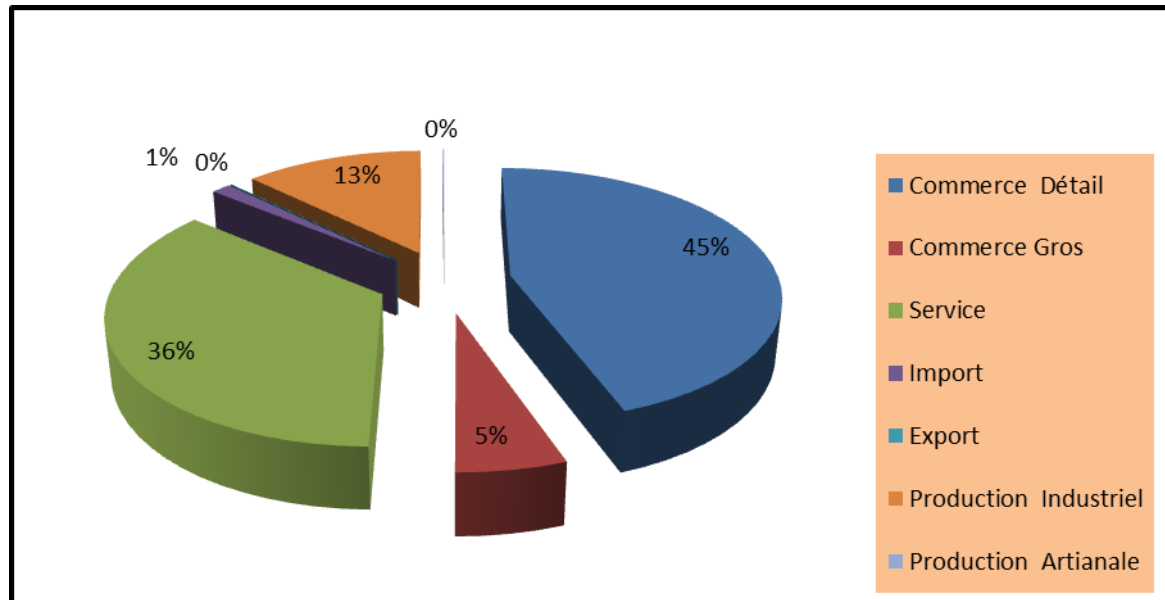
**II.8. Répartition des commerçants :**

Le secteur du commerce est représenté par 51 930 opérateurs recensés à travers la wilaya, Il se compose de sept secteurs d'activités répartition dans le tableau II.5 suivant [7]:

**Tableau II.5:** Répartitions des commerçants par secteur d'activité [7].

Activités	Nbre commerçants	%
Commerce Détail	23 094	44,47
Commerce Gros	2 747	5,29
Service	18 988	36,56
Import	662	1,27
Export	40	0,08
Production Industriel	6 356	12,24
Production Artisanale	43	0,08
Total	51 930	100

La figure II.4 représenté la répartitions des commerçants par secteur d'activité

**Figure II.3 :** Répartitions des commerçants par secteur d'activité[7].

On remarque que le pourcentage de commerce détail est plus élevé a de valeur 45% par conter l'importation presque n'existe pas ( 0,08%).

## II.9. Le transport :

### II.9.1. Transport des voyageurs :

Le secteur des transports de voyageurs est représenté par 1 542 opérateurs recensés à travers la wilaya, il se compose d'un parc total de 1 609 véhicules dont le secteur privé détient 1 779 véhicules soit plus de 90.44% [1].

### II.9.2. Transport de marchandises :

Le transport de marchandises est assuré par 18 186 opérateurs recensés détenant 23 518 véhicules pour une capacité de 238 332 tonnes [1].

### II.9.3. Le parc automobile :

Le parc automobile de la wilaya de M'sila est évalué à 183 883 véhicules tous types confondus 2018 [1].

D'après le tableau :

- Enregistré une augmentation des nombre de véhicules avec le temps.
- Aujourd'hui, la pollution des villes est due essentiellement aux automobiles et aux transports routiers.

Le tableau II.6 déterminée l'augmentation du parc automobile de la wilaya comme suit :

**Tableau II.6 :** Le parc automobile de la wilaya de M'sila de 2008à2018 [1].

Année	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Nbre de véhicules	106958	114492	129809	148532	148532	148532	156151	169782	174674	183883

## II.10. L'environnement :

Dans le cadre de la préservation de l'environnement, les actions déployées permettront à la fin de l'année 2018 de doter l'ensemble des communes d'un schéma de collecte des déchets et mettre en service [8].

Réalisation trois (03) centres d'enfouissement technique (CET) qui concerne les communes de M'sila, Ain-Maleh et Boussaâda.

Nbre de décharges contrôlées : 20.

Nbre de décharges sauvages : 23.

Nbre d'unités industrielles polluantes: 120.

Nbre d'unités Industrielles polluantes classées ISO: 10 [8].

## **II.11. L'industrie et l'énergie :**

### **II.11.1. L'Industrie :**

Le tissu industriel de la wilaya présente le paradoxe d'être peu étoffé tout en étant composé d'unités d'importance stratégique nationale, on peut citer comme suite[9]:

- La station de pompage de pétrole brut de M'sila (SP3).
- La centrale thermique de production d'énergie électrique de m'sila (Draa El Hadja) d'une capacité de 880 Mégawat.
- L'atelier central de maintenance Sone gaz à M'sila-Draa El Hadja (transformateurs de puissance géants, équipements de cimenteries etc..).
- L'unité de maintenance et de logistique exploitée par COSIDER à M'sila - Draa El Hadja
- L'usine de fabrication de ciment LAVARGE (EX .ACC) de Hammam Dalaa.
- Laiterie du HODNA sis en zone industrielle de M'sila
- L'unité extrusion –anodisation -refonte de l'Aluminium (ALGAL PLUS) unique en son genre en Algérie.
- Les centres enfûteras de gaz propriétés de NAFTAL sis en zones industrielles de M'sila et de Boussaâda.
- Le Complexe de toiles industrielles de m'sila, et le plus important du pays et dont une partie de la production était tournée vers l'exportation (TENDAL).
- Les unités de production d'ERIOD qui produisent quotidiennement 2000 quintaux de farine panifiable et 6.000 quintaux de semoule.

### **II.11.2.L'énergie**

La wilaya de M'sila occupe une place enviable avec un taux dépassant les 97.10 %, et le taux de raccordement au réseau de gaz naturel est de 62.60 % et ceci bien que le gazoduc traverse

la wilaya de part en part. Sur le plan des infrastructures d'accueil pour l'industrie, il existe actuellement 02 zones industrielles (M'sila et Draa El Hadja pour une superficie totale de 241,08 ha, qui attendent de recevoir les futures unités dans le cadre de l'investissement privé [9].

### II.11.3. Les entreprises moyennes et petites :

Pour faire un classement de n'importe quel l'entreprise on utilise le nombre de leur employés comme suit [7] :

- Moyenne entreprise (ME) : consiste de (50 à 250) employés
- Petite entreprise (PE) : consiste de (10 à 49) employés.
- Très petite entreprise (TPE) : consiste de (1 à 09) employés.

Remarque : la zone industrielle Draa el hadja c'est une zone non opérationnelle.

Petite et moyenne entreprises selon l'activité enregistrée dans le tableau II.7 :

**Tableau II.7:** Petite et moyenne entreprises selon l'activité[7] .

Activité		Entreprises			Total
		TPE	PE	ME	
1	Agriculture et pêche	4	4	156	164
2	Eau et énergie	3	0	3	6
3	Hydrocarbures	0	1	3	4
5	Mines et furetages	2	6	34	42
6	ISMME	1	3	19	23
7	Matériaux de construction	6	34	394	434
8	BTP	25	174	3360	3559
9	Chimie et plastique	1	1	14	16
10	Industrie agro alimentaire	4	22	401	427
11	Industrie du textile	1	3	82	86
12	Industrie de cuir	1	2	7	10
13	Industrie du bois et papiers	0	5	206	211

14	Industrie diverse	1	2	44	47
15	Transport et communication	7	24	1208	1239
16	Commerce	13	56	1928	1997
17	Hôtellerie et restauration	4	20	582	606
18	Services fournis aux entreprises	13	46	1169	1228
19	Services fournis aux ménages	1	9	980	990
20	Etablissements financiers	1	0	27	28
21	Affaires immobilières	0	0	1	1
Total	88	412	10 618	11 118	

**II.11.4. Unités industrielles du secteur public :**

L'unité industrielle du secteur public enregistrée dans le tableau II.8[9] :

**Tableau II.8 :** Unités industrielles du secteur public[9].

Entreprise	Adresse	Activité principale	Effectifs
TINDAL	Zone inde M'sila	FB toiles indus	579
Total	-	1	579

**II.11.5. Grandes entreprises industrielles du secteur privé :**

Les grandes entreprises industrielles du secteur privé enregistrée dans le tableau II.9[9]:

**Tableau II.9:** Les grandes entreprises industrielles du secteur privé [9].

Entreprise	Adresse	Activité principale	Effectifs
Hodna lait	Zone industrielle M'sila	Production du lait et les diverse	813
Algal +	Zone industrielle M'sila	Aluminium extrusion	328
SPA lavarge ciment m'sila (LCM)	Hammandalaa	fabrication de ciments	486
SARL Maghreb pipe industriels	Zone industrielle M'sila	Chimie caoutchouc plastique	516

SARL Touab	Commune el-Hamel Boussaâda	Plâtre	345
SARL faïenceries algériennes m'sila	Zone d'activité m'sila	Production des carreaux céramiques	262
Eurl les freres Hillel dattes	01/03 Route de Biskra Boussaâda	Traitement et transformation des dattes	387
SARL oualieoatprhb	Nouvelle zone urbain m'sila	Travaux publiques et bâtiments	260
SARL grande travaux routes hydraulique ouali gtrho	Nouvelle zone urbain m'sila	Travaux publiques et bâtiments	301
Total	9	3 698	-

**II.11.6.Substances utile :**

Il existe beaucoup de différent l'entreprise, alors qu'utilise des différents substances enregistrée dans le tableau II.10[9]:

**Tableau II.10 :** La substance utile par chaque entreprise [9].

Communes	Type de substances utiles	Nbre d'unités d'exploitation des substances utiles
M'sila	Calcaire	2
Dehahna	Calcaire et Gypse	2
Ouled Derradj	Argile	2
Maadid	Argile et Calcaire	5
H.Dalaa	Argile et Calcaire	6
Ain el hedjel	Calcaire	1
Boussaâda	Sable et Calcaire	9
El Hamel	Gypse	3
O.S. Brahim	Gypse et Calcaire	7
Benzouh	Calcaire	5
Tamsa	Gypse	4
Sidi-Aissa	Argile	1
Medjedel	Gypse	1
M'sif	Calcaire	3
S.Ameur	Sable	4
khoubana	Sable	3

Total	-	58
-------	---	----

## II.12. L'analyse les impacts prévisible de la zone industrielle

L'analyse les impacts prévisible de la zone industrielle et d'activité en différenciant les impacts temporaires et les impacts permanents, directs ou indirects:

### II.12.1.Impact des déchets solides : (l'impact est négligeable)

Les principaux déchets générés par la zone sont classé par le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement fixant la nomenclature des déchets y compris spéciaux, dangereux comme suite :

- Les déchets ménagers et assimilés (MA) : consistent aux déchets assimilables et des déchets domestique (plastique, papier, bois, vêtement...)
- Les déchets inertes (I) : minéraux, sable, terre, pierres....

Ces déchets sont recyclable, collecter et transporter vers le CET.

Ces déchets doivent être récupérés, tries, et redirigés pour être broyés et recyclés.

Déchets ménager sont seront évacués et éliminés dans la décharges contrôlée, ou le CET le plus proche[10].

### II.12.2.Impact des rejets liquides : (l'impact des rejets liquides sur l'environnement est direct et temporaire).

Les activités de la zone nécessite l'utilisation de l'eau, ces eaux usées se chargent en matières en suspension et peuvent être contaminées par les produits manipulés sur la zone et peuvent contaminer le milieu naturel (cours d'eau, lacs, barrage, ...), et pour éviter une forte contamination des sols, il y a lieu de prévoir la rétention des eaux chargés et fortement contaminées[10].

### II.12.3.Impact sur la qualité de l'air : (l'impact est localisé et permanent)

La zone peut avoir de différents impacts sur la qualité de l'air , liés à des émanations de gaz par les installation de combustion, gaz d'échappement des engins et des camions, dont les principaux gaz échappés sont le CO, HC, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>.

Des émissions des poussières dues au transport des matériaux par les camions et de construction une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux, COV, PM10.

Les principales émissions de la zone en activité sont[10] :

- Emissions en provenance des gaz d'échappement de four et de séchoir (par exemple : SARL faïenceries algériennes M'sila).
- Emission des poussières provenant des agrégats utilisés dans le mélange de production.
- Emission dans l'air des poussières des matières primaires.

### **II.13. Les données climatiques :**

Le climat est une l'ensemble des éléments qui caractérisent l'état moyenne de l'atmosphère dans une région déterminée.les éléments du climat sont : la température et l'humidité de l'air dans le couche voisines du sol, la précipitation, l'insolation, le vent, la pression etc....

Pour étudier le climat ou le changement climatique avec différents type de temps est la moyenne pendant 10 à 30 ans[11] des températures et précipitation et pour faire cette études on utilise la science qui traité de diverse état de l'atmosphère, qui s'appelle les indices climatologiques.

#### **II.13.1. Les Eléments du climat :**

L'ensemble des facteurs climatique à considérer peuvent être classés en trois différentes catégories[12] :

- Les facteurs énergétiques : rayonnement solaire, lumière et température.
- Les facteurs hydrologiques : précipitations et hygrométrie.
- Les facteurs mécaniques : mouvement d'air soit les vents.

Les facteurs principaux qui interviennent directement dans l'étude d'un climat sont essentiellement[13] :

- La température de l'air mesurée en C° l'ombre à une hauteur de 1,2 et 1,8m.
- L'humidité (en %de saturation de l'air en eau).
- Les radiations solaires (en watts /m<sup>2</sup>).
- Le mouvement de l'air soit le vent (mesure en m/s).

- La précipitation (mesure en mm).
- La nébulosité (nuages) (mesure en octets).

### II.13.1.2. La température :

La température est considérée comme une grandeur physique c'est un le paramètre météorologique le plus souvent car le plus aisément mesuré. Portant, elle a une origine complexe puisqu'elle dépend d'abord des apports énergétiques du soleil, à l'échelle macroscopique, du mouvement des atomes et molécules. Ainsi une température élevée signifie une grande « agitation » atomique [14].

L'unité internationale de température est le kelvin (K), Le degré Celsius (°C) et une autre unité le degré Fahrenheit (°F). La plus basse température du système Celsius est -273,15 °C correspondant à 0 K. La relation entre les unités est[15] :

$$K = °C + 273,15 \quad , \quad F° = 32 + (1,8 * °C) \quad , \quad °C = 0,55(F° - 32)$$

Généralement, la température est représentée sous forme de courbe

En général la variation de température dépendant de plusieurs facteurs et principalement sont : la latitude, le sol, les eaux, la couverture végétale, la continentalité, l'altitude, la saison, la nébulosité, la mobilité de l'air et les masses d'air.

Tous les appareils mesurant la température fonctionnent sur un principe similaire. Un élément de référence possède des caractéristiques connues qui varient selon la température. Pour illustrer ce propos, prenons le cas du thermomètre à mercure. Lorsque la température est élevée, le mercure se dilate alors qu'il se contracte lors de basses températures. Dans ce cas, la caractéristique qui permet de mesurer la température est la dilatation des corps (solides, liquides ou gazeux)[16].

Cependant, il peut également s'agir de toute autre propriété physique comme la variation électrique dans le cas de thermocouple et de thermistor ou l'identification de la couleur d'émission de la lumière pour les senseurs infrarouge. Ce principe général de mesure de la température est mis en application de façon très diverse selon les besoins (plages de températures à mesurer, nature des matériaux à étudier, etc.). Généralement, les incertitudes liées à la mesure de la température sont de quelques dixièmes des degrés centigrades. Bien sûr la localisation du thermomètre peut avoir une influence directe sur les mesures[14,16].

La température connaît des variations journalières, saisonnières et mensuelles annuellement. Notre analyse porte sur l'évolution des températures moyennes mensuelles et annuellement.

D'après le tableau II.11 La température moyenne mensuelle dans la wilaya de M'sila de période 10 ans (2009 à 2018) est évaluée à  $20\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ .

**Tableau II.11** : Mensuelles moyennes des températures de la wilaya de M'sila(2009 - 2018) [4].

Mois	JAN	FEV	MAS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
2009 à 2018	8,51	9,49	13,59	17,71	23,85	29,8	32,01	32,25	26,3	20,16	13,77	10

- Le mois le plus froid est Janvier avec  $8,51\text{ °C}$ .
- Le mois le plus chaud est Aout à  $32,25\text{ °C}$ .

D'après le tableau II.12 : La moyenne de température est augmenté avec le temps.

La moyenne de température le plus élevée de l'année 2014 à  $20,3\text{ °C}$  et le mois de l'année 2009 à  $18,6\text{ °C}$ .

Enregistrée la température plus élevée en Juillet (2009-2010) à  $45,7\text{ °C}$  et le plus basse en Janvier (2009\_2010) à  $-0,2\text{ °C}$ .

**Tableau II.12** : Annuelles moyennes des températures de la wilaya de M'sila(2009 – 2018) [4].

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Plus élevée	Plus basse
Moye T(°C)	18.6	19.1	19.6	19.9	19.9	20.3	19.7	20	19.8	19.8	45.7 (Juil. 2009 /2010)	- 0.2(Jan 2009 / 2010)

### II.13.1.3. La précipitation :

Les précipitations regroupent les différentes formes sous lesquelles l'eau solide ou liquide contenue dans l'atmosphère se dépose à la surface du globe ou d'autre mot la précipitation sont les eaux qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) ou déposée (rosée, gelée blanche, givre,...).

On l'exprime généralement soit en millimètres (mm), soit en (l/m<sup>2</sup>). 1 mm de précipitations correspond à 1 l d'eau par m<sup>2</sup>. L'intensité de la pluie est la hauteur d'eau précipitée par unité de temps (généralement en mm/h) [14,17].

Le pluviomètre recueille la quantité d'eau totale précipitée à l'intérieur d'un récipient calibré dans un intervalle de temps séparant deux relevés. Quant à lui, le pluviographe mesure les hauteurs d'eau ainsi que leur répartition dans le temps, c'est-à-dire les intensités des précipitations. Les radars (Radio Détection And Ranging) météorologiques envoient des ondes radios qui sont réfléchies par les pluies présentes dans l'atmosphère. Les informations reçues en « écho », permettent de localiser les précipitations en temps réel jusqu'à 200 km de distance et de mesurer leur intensité, puisque le signal réfléchi est proportionnel à la taille des précipitations. Les institut nationaux gèrent généralement le réseau de mesure[15,16].

D'après le tableau II.13 le mois le plus pluvieux pour la wilaya de M'sila est le mois d'Avril avec 39,53 mm et le mois le moins pluvieux est le mois d'Aout (3,19mm). En général L'année 2011 est plus pluvieux avec 259,5mm/an et le moins est l'année 2012/2013.

Enregistrée dans le tableau III .14 le mois le plus pluvieux est Janvier 2017 avec 71,4mm et en 2015 enregistrée 3mois sec. En peut dire la période (2009-2018) moins pluvieux.

**Tableau II.13 :** Mensuelles moyennes des précipitations de la wilaya de M'sila(2009-2018) [4].

Mois	JAN	FEV	MAS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
2009-2018	23,23	20,34	16,44	39,53	14,98	8,44	5,12	3,19	11,14	28,9	15,36	12,73

**Tableau II.14:** Annuelles moyennes des précipitations de la wilaya de M'sila (2009-2018)[4].

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Plus élevée	Plus basse
Total P (mm)	153	179.5	259.5	133	133	168	140.4	177.6	142.83	142.84	71.4 (Jan 2017 / 2018)	3mois sec2015

**II.13. 1.4.L'humidité :**

L'humidité de l'air est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air atmosphérique. On doit distinguer l'humidité relative et l'humidité absolue. L'humidité relative joue un rôle sur la formation du brouillard, de la rosée et des nuages. On définit l'humidité absolue comme le rapport de la masse de vapeur d'eau, généralement en g sur le volume d'air humide en m<sup>3</sup> à la pression et la température considérées. On peut aussi la définir comme le produit de l'humidité relative par l'humidité absolue de saturation [14].

En général, l'humidité relative exprimée en %. L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température et pression[15].

L'hygrométrie, c'est-à-dire la mesure de l'humidité de l'air, est un domaine où les progrès ont été très lents en raison des difficultés rencontrées pendant des siècles pour comprendre la nature exacte de la vapeur d'eau. La mesure de l'humidité relative peut se faire grâce à deux types d'instrument : l'hygromètre et le psychromètre. L'hygromètre utilise la propriété d'un élément(cheveux, boyau, crin de cheval,...) de s'allonger ou se raccourcir lorsque l'humidité varie. Le principe du psychromètre est le suivant. Deux tubes permettent de mesurer l'humidité relative ; un tube mesure la température de l'air ambiante ; l'autre mesure la température du thermomètre mouillé parce que la sonde est trempée dans de l'eau. Plus les 2 températures se rapprochent, plus l'humidité relative est élevée. Les incertitudes de cet instrument sont le plus souvent liées à l'instrument lui-même ainsi qu'à sa localisation

[14,16].

D'après le tableau II.15 la moyenne de l'humidité (en%) de 2009 à 2018 est évaluée à 49,95%.

**Tableau II.15 :** Mensuelles moyennes des l'humidité en (%) de la wilaya de M'sila(2009-2018) [4].

Mois	JAN	FEV	MAS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
2009-2018	74,7	67,1	57,47	56,65	41,9	32,85	27,95	3,02	45,95	54,95	62,7	74,2

- Le mois le plus humide est Janvier à 74,7%.
- Le mois le moins humide est Aout à 3,02%.

Enregistrées dans le tableau II.16 la moyenne de l'humidité est diminuée avec le temps, l'année la plus humide est 2009 à 60,3% et la moins est 2018 à 47,2%.

Enregistrée le mois le plus humide est Janvier 2009 à 86% et le moins humide en Juillet 2016 avec 23%.

**Tableau II.16 :** Annuelles moyennes de l'humidité de la wilaya de M'sila(2009-2018) [4].

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Plus élevée	Plus basse
Moye de l'H(%)	60.3	57.65	55	53.8	63.8	51.4	2.3	48.6	47.2	47.2	86(Jan 2009)	23(Juil. 2016)

#### II.13.1.5. Le vent :

Le vent est le paramètre physique représentatif des mouvements naturels d'une masse d'air qui se déplace suivant une direction déterminée (vent du nord, du sud).

Les vents sont constitués par de l'air en mouvement. La cause essentielle des mouvements de l'air réside dans les différences de pression atmosphérique et de température entre la diverse région du globe. La vitesse s'exprime soit en mètre par seconde (m/s), soit en kilomètre par heure (km/h) soit en nœud (KT,) sont généralement mesurées : la vitesse moyenne, la vitesse maximale et minimale durant un intervalle de temps donné [14].

Pour mesurer la vitesse du vent on se sert d'un anémomètre. Cet instrument se compose de 3 petites coupelles hémisphériques, disposées à l'extrémité de bras métalliques espacés de 120°. Un compteur relié à l'axe de rotation permet de lire la vitesse et de l'enregistrer. La direction du vent est exprimée comme un point de la boussole d'où le vent souffle. De l'air se déplaçant du Sud-ouest au Nord Est s'appelle un vent de Sud-ouest. Il peut également être exprimé en degrés (pour un vent de Sud-ouest : 220°). Pour connaître la direction des vents on se sert soit d'un manche à air, soit d'une girouette, souvent associée à l'anémomètre [14,16].

Les vents dominants qui soufflent dans la région de M'sila sont:

- **le vent d'Ouest(W)**, dit "Dahraoui" qui est le plus pluvieux, il est fréquent en automne, hiver et printemps.

- **Le vent du Nord(N)**, dit "Bahri" qui est moins fréquent, il est froid et sec.
- **Les vents à directions variables (Var)**, qui soufflent surtout pendant les saisons sèches.
- **Le siroco**: vent chaud et sec, souffle en général du sud, il entrave le développement des cultures. Il constitue la cause du faible tapis végétal dans la région du Hodna parce que les vents chauds et secs accentuent le dessèchement du substrat et limite l'installation de la végétation [18].

D'après le tableau II.17 la vitesse moyenne du vent mensuelle dans la wilaya de M'sila est 3,287m /s.

Quelles que soient leurs directions, On peut dire les vents des vitesses relativement faibles

La période de Décembre jusqu'à Mai la vitesse des vents environ 3,36 à 4,02m/s et de Juin à Novembre la vitesse des environ 2,41 à 3,8m/s

**Tableau II.17** : Mensuelles moyennes de vitesse de vent en (m/s) de la wilaya de M'sila (2009-2018)[4].

Mois	JAN	FEV	MAS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
2009-2018	3,52	4,47	4,02	3,99	3,62	3,08	2,94	2,41	2,7	2,43	2,91	3,36

Le tableau II.18 représenté les moyennes annuelles de vitesse de vent en de la wilaya de M'sila (2009-2018) .

**Tableau II.18**: Annuelles moyennes de vitesse de vent en (m/s) de la wilaya de M'sila (2009-2018) [4].

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Plus élevée	Plus basse
Moye de la V(m /s )	3.7	2.75	1.8	3.9	3.9	4.2	4.2	4.2	2.1	2.1	6(Fév. 2015)	0.4Sept (2017)

La valeur plus élevée en enregistré en Février 2015 à de 6 m/s et le moins en Septembre 2017 avec 0,4 m/s.

# Chapitre III

## Résultats et discussions

### III.1. L'étude climatique :

#### III.1.1. L'origine des données :

Les données utilisées sont relatives à la station météorologique de M'sila et couvrent une période de 10 ans allant de 2009 jusqu'à 2018.

Ces données recueillies concernent les températures, Précipitation, humidité et la vitesse des vents

Le tableau III.1 donne les caractéristiques géographiques de station de météorologie de M'sila et les données disponibles:

**Tableau III.1:** Caractéristiques de la station de M'sila[1].

Latitude (°)	N 35.31
Longitude(°)	E 4.23
Altitude (m)	E 4.23
Albédo	0.25

#### III .1.2. L'analyse des données :

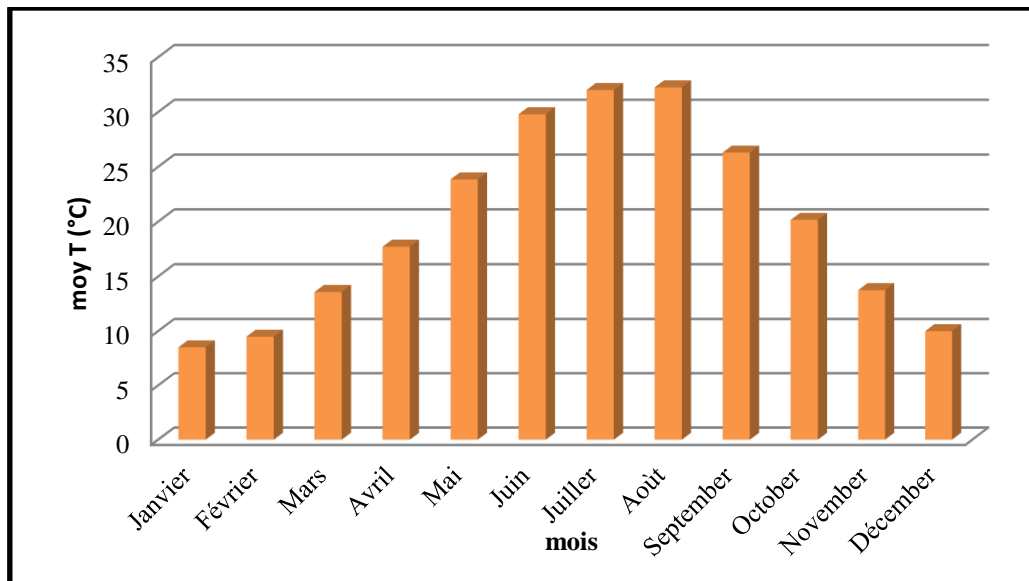
L'analyse de caractères moyens du climat a M'sila, qui constituent la réponse a l'apport de la circulation atmosphérique, portera sur les paramètres météorologiques suivants : température, précipitation, humidité et les vents.

Les données climatiques ont été traitées. Les 12 mois de l'année ont été regroupés selon l'importance des cumuls de précipitation afin de définir une saison pluvieuse et une sèche. Les moyennes de (températures, précipitation, humidité et vitesse de vent) maximales, moyennes et minimales ont été calculées par année, par saison, par mois.

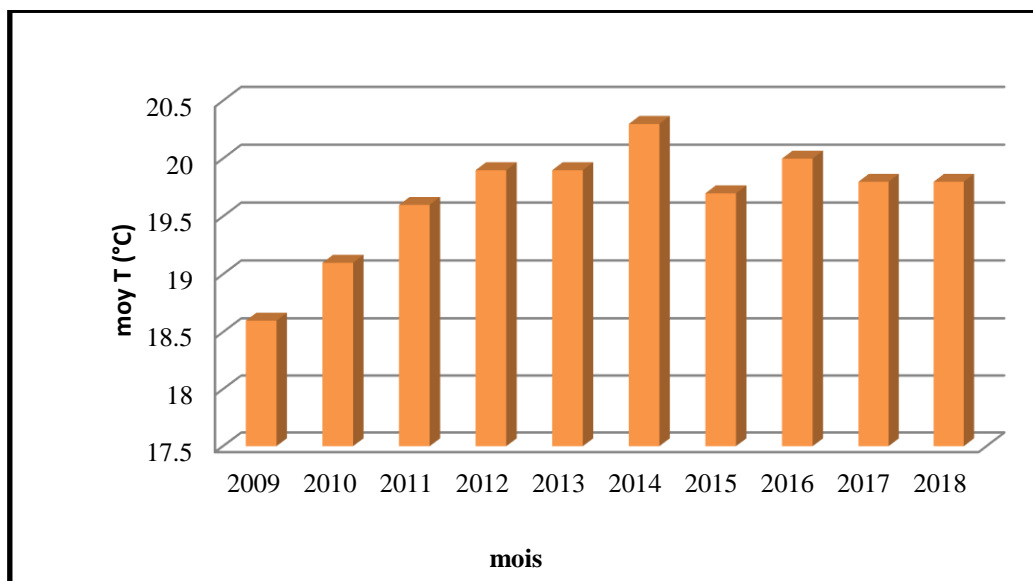
Les graphiques et les tableaux présentés dans cette section sont identiques pour la wilaya de M'sila à période de 10 ans pour détermination des variations interannuelles.

##### III.1.2.1. La température :

La température connaît des variations journalières, saisonnières et mensuelles annuellement Notre analyse porte sur l'évolution des températures moyennes mensuelles et annuellement(voir figure III.1et III.2).



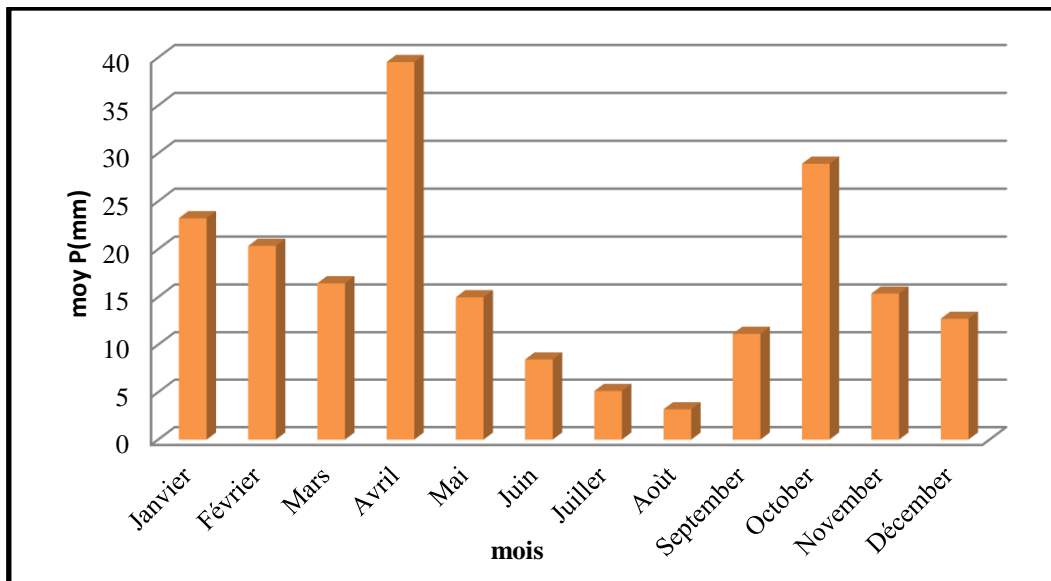
**Figure III.1:** Histogramme des mensuelles moyennes des températures de la wilaya de M'sila (2009 -2018).



**Figure III.2:** Les variations annuelles moyennes des températures de la wilaya de M'sila (2009-2018).

Les variations de la température atmosphérique affectent le rythme auquel se produisent les réactions chimiques. Les variations de la température en surface et de précipitations affectent l'émission des composées climatique et leur dépôt sur la végétation et le sol[2].

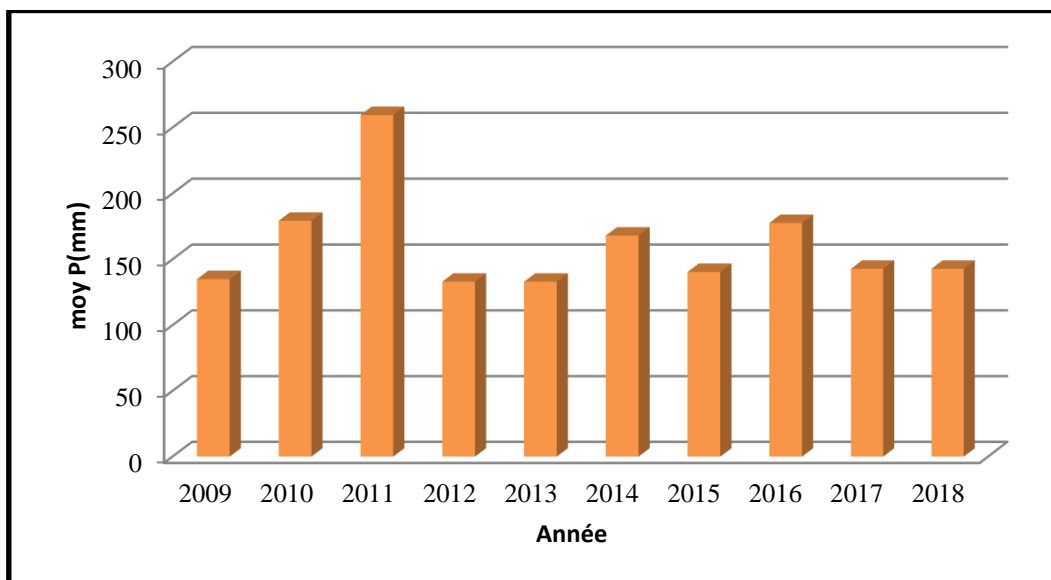
**III.1.2.2. Les précipitations :**La figure III.3 représenté les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de M'sila (2009-2018). illustre l'irrégularité des précipitations.



**Figure III.3:** les précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de M'sila (2009-2018).

Le mois le plus pluvieux pour la wilaya de M'sila est le mois d'Avril avec 39,53 mm et le mois le moins pluvieux est le mois d'Aout (3,19mm) .

La Figure III.4représenté les variation des précipitations moyennes annuelles en de la wilaya de M'sila (2009-2018). ils sont assez fréquents.



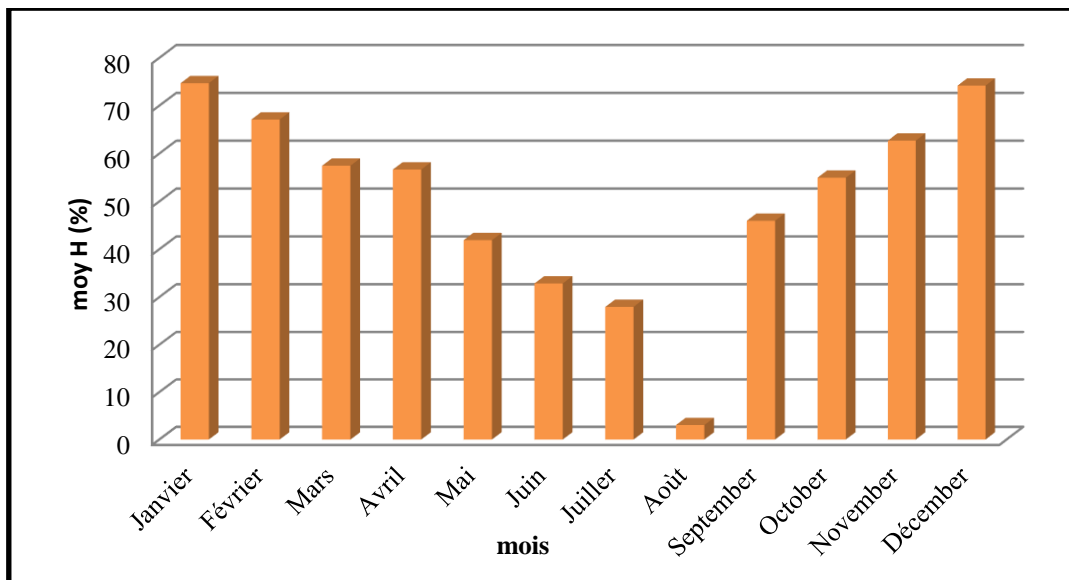
**Figure III.4:** Variations des précipitations annuelles moyennes en (mm) de la wilaya de M'sila (2009-2018).

En général L'année 2011 est plus pluvieux avec 259,5mm/an et le moins est l'année 2012/2013.

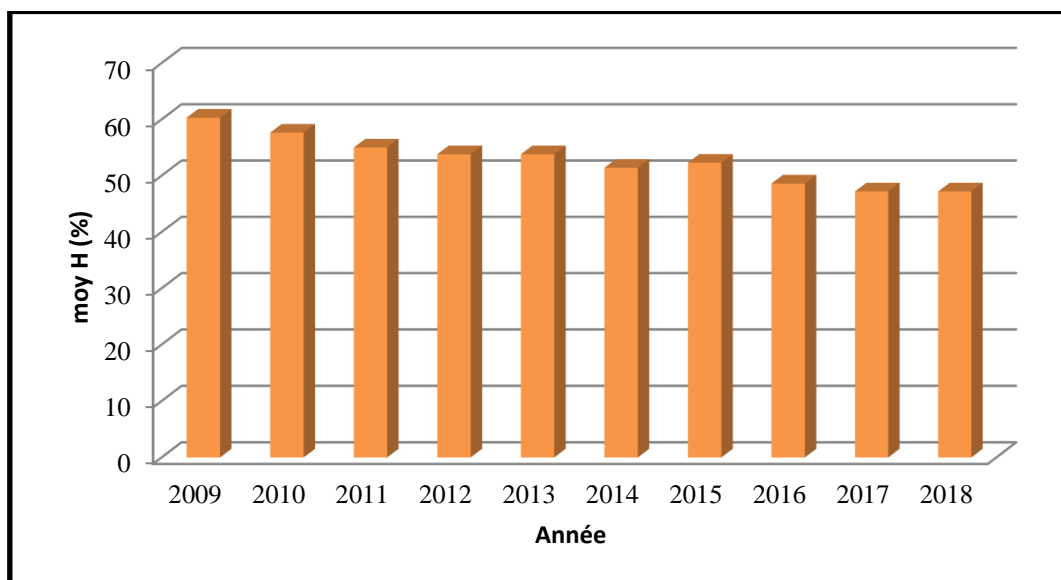
Les variations de fréquence et d'intensité des précipitations aux changements climatiques affectent le rythme auquel les espèces solubles sont éliminées de l'atmosphère[2].

**III.1.2.3. l'humidité :**

D'après La figure III.5 on remarque que le mois le plus humide est Janvier à 74,7% et le mois le moins humide est Aout à 3,02%.



**Figure III.5:** Histogramme des l'humidité mensuelles moyennes en (%) de la wilaya de M'sila (2009-2018).



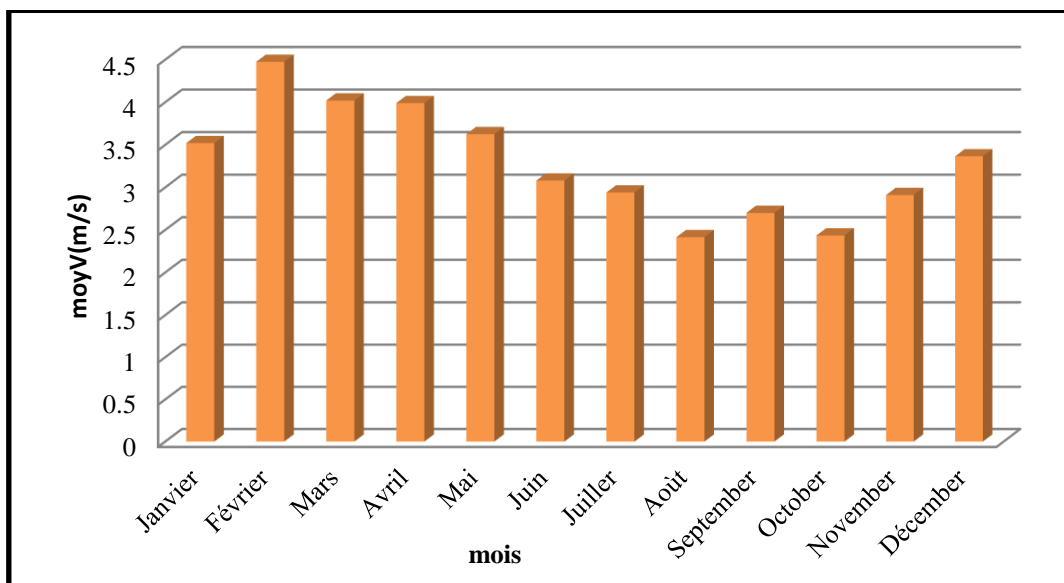
**Figure III.6:** Variations des l'humidité annuelles moyennes en (%) de la wilaya de M'sila (2009-2018).

La figure III.6 déterminé la diminution de l'humidité avec le temps.

D'après la Figure III.6 la moyenne de l'humidité de la période 2009 à 2018 est évaluée à 49,95%. Les variations d'humidité atmosphérique affectent la production et la destruction des substances chimiques et en particulier la vitesse de destruction de l'ozone troposphérique[2].

#### III.1.2.4. Les vitesses des vents :

D'après la figure III.7 remarque n la vitesse moyenne du vent mensuelle dans la wilaya de M'sila est 3,287m /s.



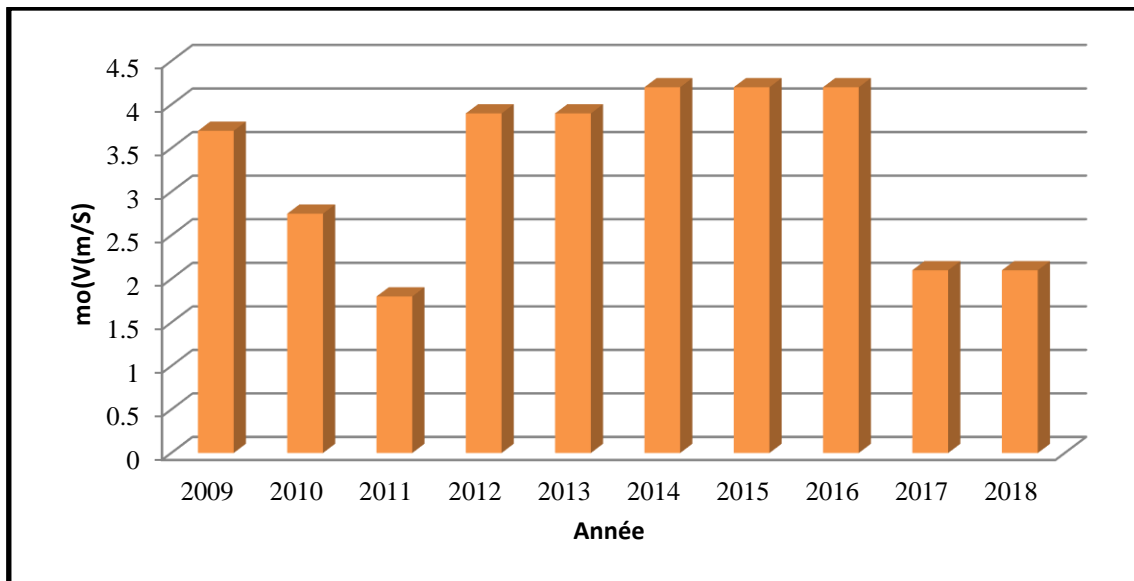
**Figure III.7:** Histogramme de vitesses du vent mensuelles moyennes en (m/s) de la wilaya de M'sila (2009-2018).

La Figure III.8 illustre l'irrégularité de la vitesse de vent.

[2009\_2012\_2013\_2014\_2015\_2016] la vitesse de vent est de valeur environ 3,7 à 4,2 m/s.

Les variations d'intensité des vents à la surface des contiennent modifient la mobilisation des particules de poussière dans les zones arides et de ce fait la teneur en aérosol de la troposphère[2].

La dispersion des polluants augmente avec la vitesse et la turbulence du vent. Un vent faible favorise donc l'accumulation des polluants[3].



**Figure III.8:** Variations de vitesses du vent annuelles moyennes en (m/s) de la wilaya de M'sila (2009-2018).

### III.2. Synthèse bioclimatique :

Nous avons retenu les paramètres les plus importants, les températures et les précipitations, pour définir notre type de climat. Les indices bioclimatiques permettent de caractériser le plus simplement possible le climat. Les plusieurs indices ont été élaborés en combinant généralement des données de précipitations (P) et la Température (T°). Il existe des certaines d'indices bioclimatiques. On va citer les plus adaptés sont :

- Indice d'aridité de E, D Martonne (1926).
- Diagramme xérothermique de Gaussen et Bagnouls (1952).
- Quotient pluviothermique d 'Emberger (1932).

#### III.2.1. L'indice d'aridité de E, D Martonne(1926)[4,5] :

Développé par E, D Martonne permet une classification n'importe quelle région.

L'indice annuelle ;  $I = P \text{ (mm)} / T \text{ (}^\circ\text{C)} + 10$

L'indice mensuelle ;  $I = 12 * P \text{ (mm)} / T \text{ (}^\circ\text{C)} + 10$

Avec ;

**P**: la somme de précipitation annuelle.

**T<sub>m</sub>** : la température moyenne.

**10** : constante pour éviter la valeur négative.

L'aridité augmente quand l'indice diminue (faible pluie et/ou température élevée) .

La classification de climat selon l'indice d'aridité enregistrée dans le tableau III.2 :

**Tableau III.2** : Classification de climat selon l'indice d'aridité [4].

Valeur I	Type de climats	Type de végétation	Exemple
0 à 5	Hyper aride	Déserte absolu	Vallée de la mort(USA),Reggan
5 à 10	Aride	Déserte	Déserte Sahara, Benghazi
10 à 20	Semi-aride	Steppe	Sétif ,Constantine
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle	Bougie , Alger , Oran
30 à 40	Humide	Foret	
40 à 55	Humide	Foret	

Indice d'aridité de E, D Martonne (1926). Pour la wilaya de M'sila est :

$$I = P / (T_m + 10) \longrightarrow I = 142,84 / (19,8 + 10)$$

$$I = 4,795 \text{ (Année 2018)}$$

On utilise la même méthode pour l'autre année on obtenu ce tableau III.3:

**Tableau III.3:** L'indice d'aridité de la wilaya de M'sila de 2009 à 2018.

année	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Plus élevée	Plus basse
<b>I</b>	5,34	5,33	8,76	4,44	4,44	5,54	4,72	5,92	4,795	4,795	8,76	4,44

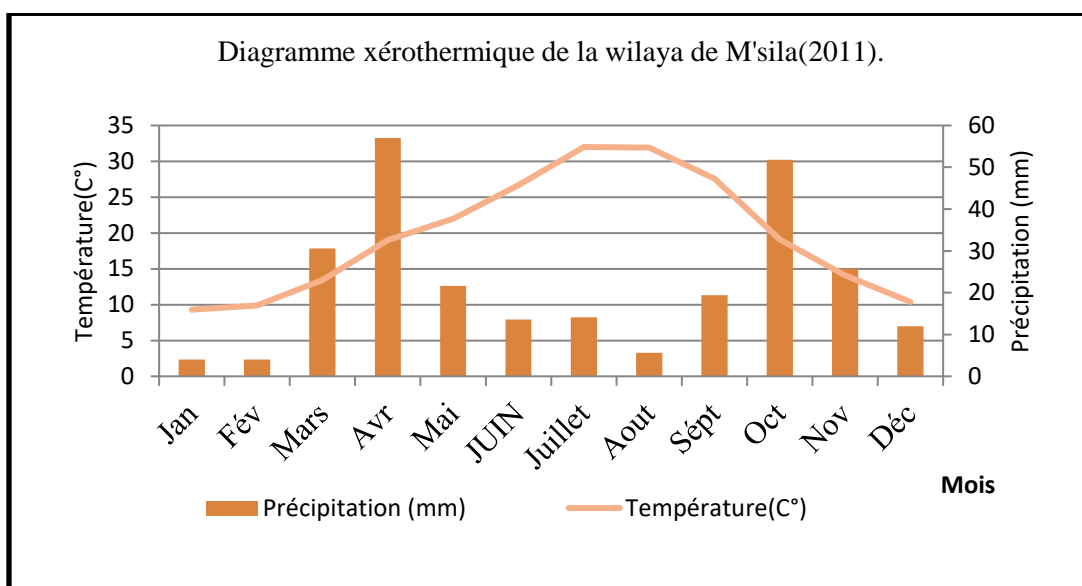
Le climat de M'sila est classé de type semi-aride ( $10 < I < 20$ ) mais cette dernière années (2009 à 2018) est vers le climat aride ( $I < 10$ ). Alors la précipitation est diminuée que la température augmente.

### III.2.2. Diagramme xérothermique de Bagnouls et Gausson (1957) :

Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (P en mm) et de la température (T en C°) et donne une expression relative de la sécheresse estivale en durée et en intensité. Un mois est considéré comme sec quand  $P < 2T$ , c'est-à-dire quand les pertes en eau

sont supérieures aux apports inversement, quand  $P > 2T$ , le mois est considéré comme humide. Pour repérer les mois “secs” et “humide on trace un diagramme ombro-thermique. Ce diagramme superpose les deux courbes de températures et de précipitations pour les 12 mois de l’année [5,6].

Un diagramme ombrothermique est un type particulière de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des dégradations standardisées, une dégradation de l’échelle des précipitations correspond à deux gradations de l’échelle de température ( $P=2T$ ), Il a été développé par Henri Gaussen et F. Bagnouls[7 ].(Figure n° III.9).



**Figure III.9:** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de la zone d'étude durant l'année 2011.

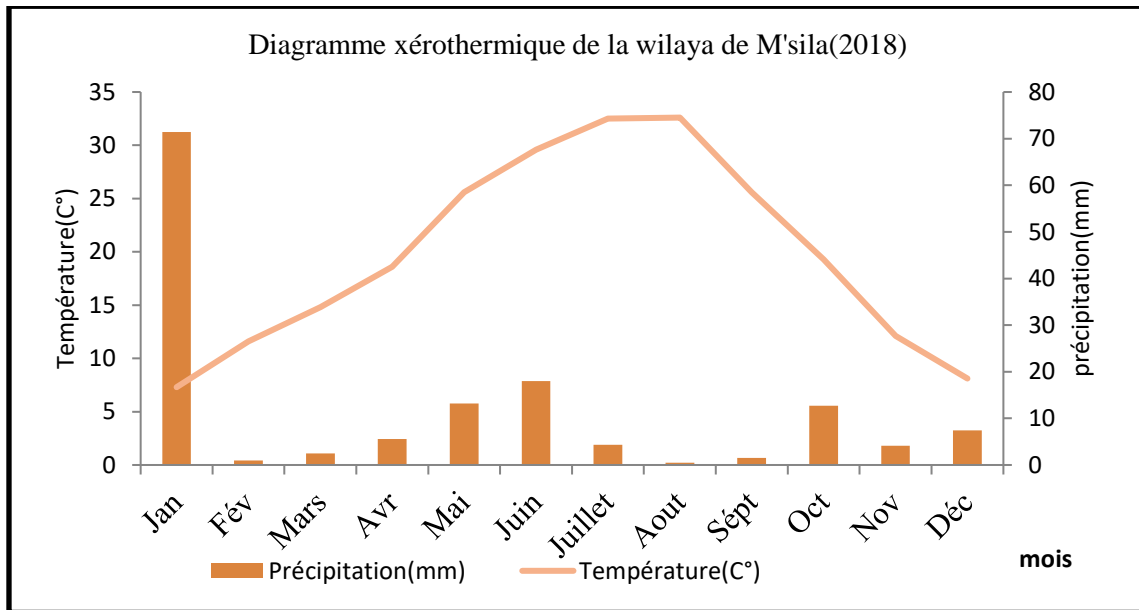
Voici un diagramme (figure III.9) qui appartient à la wilaya de M'sila.

On peut parler d'un climat tempéré à cause de sa température moyenne qui est montée à 19,6 °C. le mois le plus chaud a de 32 °C en moyenne pendant que le mois le plus froid a de 9,3 °C en moyenne, ce qui entraîne une amplitude thermique annuelle de 22,7 °C ; on peut donc parler d'une amplitude forte.

On peut aussi parler d'un climat sec, avec une précipitation annuelle de 259,5 mm . La précipitation est concentrée sur quelques mois Mars, Avril et Octobre. La saison la plus humide est le printemps avec 92,2 mm de précipitation totale. La saison la plus sèche est l'hiver, avec 38,6 mm de précipitation totale.

Selon l’index Gaussen, on considère comme mois aride : Janvier, Février, Mai, Juin, Juillet, Aout, Septembre, Novembre et Décembre.

Ce climat est doc un climat sec de la zone tempéré ou de latitudes moyennes, dont la végétation la plus topique est la halfa.



**Figure III.10:**Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de la zone d'étude durant l'année 2018.

Voici un diagramme (figure III.10) qui appartient à la wilaya de M'sila.

On peut parler d'un climat tempéré à cause des sa température moyenne qui monté à 19,8°C. le mois le plus chaude a de 32,6 °C en moyenne pendant que le mois le plus froid a de 7,3 °C en moyenne, ce qui entraine un amplitude thermique annuelle de 25,3 C° ;on peut parler donc une amplitude extrême.

On peut aussi parler d'un climat aride, avec une précipitation annuelle de 142,8 mm. La précipitation est concentrée sur le mois Janvier. La saison la plus humide est l'hiver avec 74,9 mm de précipitation totale. La saison la plus sèche est l'été, avec 6,3 mm de précipitation totale.

Selon l’index Gaussen, on considère comme mois aride : Février à Décembre.

Ce climat est doc un climat aride de la zone tempéré ou de latitudes moyennes, dont la végétation la plus topique est halfa.

Il y a différence entre l'année 2011 et 2018 et remarque dans le tableau III.4 suivant :

**Tableau III.4:** La comparaison entre L'Indice xérothermique de Bagnouls et Gausсен de l'année 2011 et 2018.

		L'année 2011	L'année 2018
température	Type de climat	tempéré	tempéré
	T moyennes annuelles (C°)	19,6	19,8
	Mois plus chaude	32	32,6
	Mois plus froid	9,3	7,3
	Amplitude température	22,7 forte	25,7 extrêmes
précipitation	Précipitation annuelle (mm)	Sec avec 259,5mm	Aride avec 142,8mm
	Mois humide	Mar, Avar. oct.	janvier
	Saison plus sèche	Hiver à 38,6 mm	Eté à 6,3 mm
	Saison plus humide	Printemps 92,2mm	Hiver à 74,9mm
	Mois aride selon l'index Gausсен	Tous les mois sauf ; Mar, avar et oct.	Tous les mois sauf ; Janvier
Type de climat	–	Sec tempéré	Aride

### III.2.3. Quotient pluviométrique d'Emberger :

L'indice d'Emberger prend en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M en °C) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m en °C) Ce quotient est défini par la formule [5,8].

$$Q_2 = 2000 * P / M^2 - m^2$$

Avec :

$Q_2$  : quotient pluviométrique d'Emberger.

**M**: la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin.

**m** :la moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin.

**p**:pluviométrie annuelle en mm.

L'aridité augmente quand l'indice diminue.

Le quotient est ensuite représenté au sein d'un climat gramme respectant  $Q=f(m)$  permettant de définir les bioclimats suivants [9]:

$Q_2 < 10$  : Climat aride.

$10 < Q_2 < 45$  : Méditerranéen aride.

$45 < Q_2 < 70$  : Méditerranéen semi-aride.

$70 < Q_2 < 110$  : Méditerranéen subhumide.

$110 < Q_2 < 150$  : Méditerranéen peu humide.

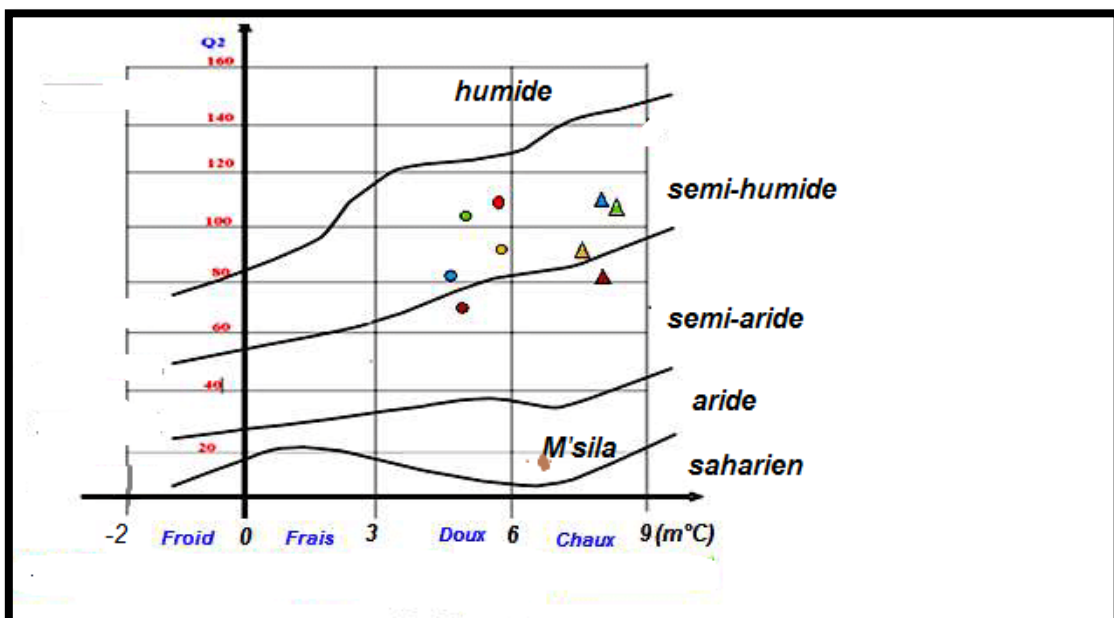
$150 < Q_2$  :Méditerranéen humide.

Le quotient pluviothermique d'Emberger de la wilaya de m'sila est :

$$Q_2 = 2000 * P / M^2 - m^2$$

$$Q_2 = 2000 * 142,8 / 305,6^2 - 280,45^2 \quad Q_2 = 19,376$$

L'étage bioclimatique de la wilaya de M'sila est aride à hiver tempéré ( figure n° III.11).



**Figure III.11:** Positionnement de la wilaya de M'sila dans le climatogramme d'Emberger

### III.3. L'interprétation du Résulta :

Le changement de climat causé directement ou indirectement par les activités humaines. Ces dernières modifient la composition de l'atmosphère, ce qui s'ajoute à la variation naturelle du climat constatée sur des périodes de temps comparables.

Cette modification de la composition chimique de l'atmosphère provoquée par une industrialisation massive, une agriculture et une urbanisation, trafic routière a conduit directement et indirectement à une augmentation du forçage radiatif qui modifiera à son tour les températures et les cycles hydrologique de la planète.

L'activité humaine non seulement émettant des gaz à effet de serre mais aussi en produisant et en libérant des aérosols et des composés réactifs ainsi qu'en modifiant l'utilisation des terres (notamment par la déforestation l'irrigation et l'urbanisation). Toutes ces transformations causées par l'homme et le changement climatique qui en résulte risquent d'altérer la composition chimique de l'atmosphère les différents mécanismes peuvent expliquer l'incidence des changements climatiques sur la teneur en aérosols et en gaz réactifs de l'atmosphère [2,10,11]:

- Les variations de la température atmosphérique affectent le rythme auquel se produisent les réactions chimiques.
- La variation d'humidité atmosphérique affecte la production et la destruction des substances chimiques et en particulier la vitesse de destruction de l'ozone troposphérique.
- Les variations de fréquence et d'intensité de la foudre ont des répercussions sur la production de monoxyde d'azote dans l'atmosphère ce qui influe directement sur le bilan d'ozone Dans la haute troposphère.
- Les variations de fréquence et d'intensité des précipitations aux changements climatiques affectent le rythme auquel les espèces solubles sont éliminées de l'atmosphère.
- Les variations de la température en surface et de précipitations affectent l'émission des composés climatiques et leur dépôt sur la végétation et le sol.
- Les variations de la circulation générale de l'atmosphère affectent le transport des polluants sur des longues distances d'un continent à l'autre.

- Les variations de l'activité de convective contribuent à modifier le transport vertical dans la composition chimique de haute troposphère.
- Les variations dans les échanges stratosphère-troposphère influent sur la concentration de substances chimiques, notamment de l'ozone dans la haute troposphère.
- Les variations d'intensité des vents à la surface des continents modifient la mobilisation des particules de poussière dans les zones arides et de ce fait la teneur en aérosol de la troposphère.
- La dispersion des polluants augmente avec la vitesse et la turbulence du vent. Un vent faible favorise donc l'accumulation des polluants.

Comment des émissions de produits chimiques près de la surface peuvent-elles perturber l'ozone qui se trouve dans la haute atmosphère ?

L'ozone (ou trioxygène, gaz dont les molécules comportent 3 atomes d'oxygène, et non 2 comme le dioxygène que nous respirons) est formé et détruit par des réactions chimiques qui nécessitent l'absorption de rayonnement ultraviolet (noté UV). Ces réactions de formation et de destruction de l'ozone s'équilibrent, aboutissent à une concentration maximale de l'ozone entre 10 et 50 km d'altitude (dans la stratosphère) et déterminent la quantité totale d'ozone. La présence de certaines molécules ou de certains atomes tels que le chlore peut augmenter considérablement l'efficacité du processus de destruction de l'ozone et modifier cet équilibre. Les CFC (chlorofluorocarbures), conçus et produits par l'homme, sont des gaz chimiquement stables qui contiennent du chlore. Ces gaz sont émis près de la surface, se mélangent progressivement dans toute l'atmosphère et finissent par atteindre la stratosphère où le rayonnement UV « casse » leurs molécules et libère des atomes de chlore. Ceux-ci accélèrent alors la destruction de l'ozone stratosphérique. Comme les processus de formation de l'ozone ne sont pas accélérés, il y a diminution de la quantité totale d'ozone dans la stratosphère. C'est parce que les CFC sont chimiquement peu réactifs qu'ils peuvent rester longtemps dans l'atmosphère et finalement atteindre la stratosphère, plusieurs années après avoir été émis près de la surface. Leur production et leur utilisation sont désormais sévèrement réglementées[12].

# Conclusion générale

### Conclusion générale :

Dans ce mémoire, nous avons étudié thème de variabilité régionale de l'environnement climatique d'origine anthropique (cas de M'sila et des régions environnement) .Il est considéré comme un problème qui mérite d'être étudié car c'est un phénomène important pour notre environnement en raison des problèmes aux quels il est confronté ces derniers périodes .nous a permis d'établir les notes suivantes :

Avant de commencer l'étude nous avons jugé qu'il est nécessaire de définir certain concept clé en relation avec le climat et le changement climatique ,ces derniers pouvant être dus à des processus naturels internes ou à des influences externes ou encore à des causes anthropiques liées à l'activité humaine.

L'évolution du climat:

- à l'échelle globale selon les observations peuvent se traduire par l'augmentation de la température moyenne de la terre, l'augmentation du niveau de la mer, diminution observée de l'étendue des zones couvertes de neige et de glace.
- à l'échelle régionale (Algérie), ces peuvent résumer en : l'augmentation de la température moyenne les de 1°C à 2°C pendant les 70 dernières années , un déficit pluviométrique de 30% pendant la même période.

L'Algérie est soumise à des climats très variés et située en zone semi-aride et aride , a toujours été confrontée à des phénomènes extrêmes à cause de sa situation géographique.

Notre zone d'étude est région de m'sila ,et l'examen des données climatiques nous a permis d'enregistrer les éléments suivants :

- Enregistrée la température la plus élevée en Juillet (2009\_2010) à 45,7°C et la plus basse en Janvier (2009\_2010) à -0,2°C.
- Enregistrée le mois le plus pluvieux est Janvier 2017 avec 71,4mm et en 2015 enregistrée 3mois secs.
- Enregistrée le mois le plus humide est Janvier 2009 à 86% et le moins humide en Juillet 2016 avec 23%.
- La valeur la plus élevée enregistrée en Février 2015 à de 6 m/s et la moins en Septembre 2017 avec 0,4 m/s.

## Conclusion Générale

---

- Classé son climat de type semi-aride ( $10 < I < 20$ ) mais cette dernière années (2009 à 2018) est vers le climat aride ( $I < 10$ ). Alors la précipitation est diminuée que la température augmente.
- L'étage bioclimatique de la wilaya de m'sila selon le quotient pluviométrique d'Emberger est aride à hiver tempéré.

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques CHAPITE I :

[1] GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC) le 1<sup>er</sup> novembre 2014, à Copenhague (Danemark), GIEC, Genève, Suisse.

[2] LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE Dossier pédagogique sur le changement climatique et les enfants réalisés par l'UNICEF France :  
<https://www.unicef.fr/dossier/climat-et-environnement>  
[http://www.unicef.org/agenda2030/files/Post-2015\\_OWG\\_review\\_CR\\_FINAL\\_FRENCH.pdf](http://www.unicef.org/agenda2030/files/Post-2015_OWG_review_CR_FINAL_FRENCH.pdf)

[3] GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC) 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Genève, Suisse.

[4] GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC) 2019. Réchauffement planétaire de 1,5 °C. Genève, Suisse.

[5] Dossier pédagogique 3 \_ Langues, géographie, sciences, histoire\_ Changement Climatique (1/2): qu'est-Ce que C'est? voir l'animation "La complexité du climat", disponible sur [www.educapoles.org](http://www.educapoles.org)

[6] BENYETTOU Mohamed Abed-el-Kader et BOUKLIKHA Abdullah, 2016 /2017. Variations et tendances des températures et des précipitations journalières en Algérie. Thème de Master Académique : Eau Sol et Aménagement. Université Abou Baker Belkaid \_ Tlemcen (Algérie).

[7] ALIOUCHE Yaaqoub. "Impact du changement climatique sur la fluctuation piézométrique de la nappe de la Mitidja ", Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah ,2015/2016

[8] Mr BAGHDADLI Ilyas. "L'influence du changement climatique sur les ressources en eaux du Meffrouch", DIPLOME DE MASTER Hydraulique, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEN, 2013/2014

[9] Station de météo Vincent Luyet Avec la participation d'Henri Bossert, Benoît LeBocey, Jean François Roux, Jean Luc Berenguer, Stefano Solarino, Gabriela Schwarz-Zanetti, Martine Rebetez, Monica Ponzzone, Roberto Cremonini Février 2010

[10] Daif Manel. " Etude des quelques variables climatiques du sous bassin de Sebaou (W.Tizi-Ouzou), " Pour l'obtention du diplôme master en Hydraulique, ECOLE

## Références bibliographiques

---

NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah DEPARTEMENT HYDRAULIQUE URBAINE, 2017 /2018

[11] FARAH ABDELHAFID KARIM.” Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est Algérie”, Pour l'obtention du diplôme de Magistère en ECOLOGIE et ENVIRONNEMENT, Algérien UNIVERSITE CONSTANTINE 1, 2013-2014

[12]AGRICULTURE et CLIMAT : vers des fermes zéro carbone ([www.naturequebec.org/alatonne](http://www.naturequebec.org/alatonne)), portant sur les changements climatiques, les GES et les pratiques de réduction des GES

[13] Alain Bourque. « Les changements climatiques et leurs impacts », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 1 Numéro 2 | septembre 2000, mis en ligne le 01 septembre 2000, consulté le 04 septembre 2020. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/4042>; DOI: <https://doi.org/10.4000/vertigo.4042>

[14]James HANSEN, Makiko SATO, Reto RUEDY, Ken LO, David W. LEA ET Martin MEDINA-ELIZADE. “Global Temperature Change”, Proceedings of the National Academy of Science, September 2006

[15] GIEC:

[16] Haouchine A .al.CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ACTIVITES ANTHROPIQUES : IMPACTS SUR LES AQUIFERES COTIERS EN ALGERIE.Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°24, Décembre 2015, pp. 227-241 © 2015 All rights reserved, Legal Deposit 1266-2002

[17]KHEZAZNA AMINA. Les changements climatiques au Nord-est algérien Evolution récente et projections futures, thèse doctorat, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA ,2017

[18] HAELL KHALISSA, 2005. Cours N°03, les climats sciences pour l'Architecture. Université de Biskra (Algérie).

[19]Les climats de la Terre /// 2 froid, tempéré, continental, tropical, désertique, [education.francetv.fr](http://education.francetv.fr) / SOURCES : Informations sur climat polaire : site institut Paul Emile Victor | [http://www.institut-polaire.fr/ipev/les\\_regions\\_polaires/antarctique/climat](http://www.institut-polaire.fr/ipev/les_regions_polaires/antarctique/climat)

[20]<http://www.eoearth.org/view/article/162263/>

## Références bibliographiques

---

[21][www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[22]Faiza HALLOUZ <sup>(1)</sup>, Salah Eddine ALIRAHMANI <sup>(2)</sup>, Hafsa KARAHACANE<sup>(1)</sup>, Mohamed MEDDI <sup>(1)</sup>, Gil MAE <sup>(3)</sup>. Variabilité climatique et événements extrêmes et l'impact sur les ressources en eau dans le Nord-Ouest d'Algérie. Corresponding author: [Hallouzfaiza@gmail.com](mailto:Hallouzfaiza@gmail.com) , ORCID ID 0000-0001-6644-5756

[23] ADJIM Hayat Ep. DJEDID''CONTRIBUTION A L'ETUDE DES PHENOMENES HYDROLOGIQUES – CAS DE LA SECHERESSE Application au bassin du barrage Hammam Boughrara'', THESE DE DOCTORAT ES SCIENCES EN HYDRAULIQUE, Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen, 2018/2019.

[24][www.meteoalgerie.com](http://www.meteoalgerie.com)

[25] Kevin Trenberth : responsable au Centre national pour les recherches atmosphériques de Boulder (Etats-Unis) et auteur principal de plusieurs sections dans les rapports 2001 et 2007 du GIEC)

[26] Le mal de l'air : l'effet de serre et le réchauffement climatique. [www.lemieuxetre.fr](http://www.lemieuxetre.fr))

[27] TABET, Slimane. ''LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ALGERIE ORIENTALE ET SES CONSEQUENCES SUR LA VEGETATION FORESTIERE'', Mémoire magistère. UNIVERSITÉ MENTOURI CONSTANT I N E. FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET D'ECOLOGIE. Année de soutenance 2008.

[28]Nacira CHOURGHAL. ''Impact des changements climatiques sur la culture de blé dur en Algérie'', obtention du diplôme de doctorat en Science Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique Alger ,2016 /2017.

[29] Stéphanie Lacour ,Cours de pollution atmosphérique Inventaires d'émissions. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Environnement Atmosphérique, 46 p. p24

[30]SOCIETE DE PNEUMOLOGIE DE LANGUE FRANCAICES, Novembre 2015. Pollution atmosphérique extérieure Réchauffement climatique et santé respiratoire, 44pP5 p10.

## Références bibliographiques

---

- [31] Bush, E. et Lemmen, D.S, Rapport sur le climat changeant du Canada R CCC2019 , gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 2019, 446 p dont nous nous adaptons. Pour en savoir <https://www.rncan.gc.ca/environnement/impactsadaptation/19919> p40 70p
- [32] Auteur :DROUET Emmanuel, Docteur en Pharmacie, Professeur à l'Université Grenoble-Alpes, Enseignant-Chercheur à l'Institut de Biologie Structurale UMR 5075 CNRS UGA CEA, Grenoble. 16-02-2020
- [33] Mohamed Chabane. « Comment concilier changement climatique et développement agricole en Algérie? », Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement [En ligne], 14-15 | 2012, mis en ligne le 01 juillet 2014, consulté le 20 août 2020. URL : <http://journals.openedition.org/tem/1754> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/tem.1754>
- [34] GUERMAZI WASSIMAU. UNIVERSITE DE GABES,FACULTE DES SCIENCES DE GABES,COURS DE POLLUTION & NUISANCES,SECTION : LFSNA3, 2016 – 2017,)
- [35] Chassin P., Baize D., Cambier Ph. & Sterckeman T., 1996. Les éléments traces métalliques et la qualité des sols : impact à moyen et à long terme. Forum « le sol un patrimoine menacé ? ». Paris (France), 297-303.
- [36] Ramade R. 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edi science international. Paris (France), 58-36
- [37] GERMAIN G. La pollution atmosphérique. 30/03/2017 article du journal d saint Germain en Laye.
- [38] Mohammed MEHDI. « Expérience marocaine en matière de lutte contre la pollution atmosphérique » Atelier sous-régional sur la qualité de l'air en Afrique du Nord Tunis du 23 au 25 novembre 2009
- [39] ACNUSA. Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires. Les principales sources de pollution atmosphérique. 03/04/2017. <http://www.acnusa.fr/fr/la-pollution-de-lair/sources/18>
- [40] Notre-planete.info. Pollution de l'air. 10/04/2017.
- [41] MAZARI T. Cours master 2, chimie de l'environnement : pollution atmosphérique, université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

## Références bibliographiques

---

[42] TABET AOUEL Mahi. Santé publique et sciences sociales, <<état actuel de la pollution de l'air en Algérie>>, n°1 Oran ALGERIE, 1998, pp17-9

### Références bibliographiques CHAPITRE II

[1]DTP : Direction de transport public (wilaya de M'sila).

[2]DSA : Direction de service agriculture (wilaya de M'sila).

[3]DSE : Direction des sources des eaux (wilaya de M'sila).

[4]SMM : Station météorologie de M'sila.

[5]DPSB : Direction de programmation et du suivi budgétaires (wilaya de M'sila).

[6] La conservation des forêts(wilaya de M'sila).

[7] Direction commerce(wilaya de M'sila).

[8]Direction de l'Environnement (wilaya de M'sila).

[9]DIM : Direction de l'industrie et mines (wilaya de M'sila).

[10] BENSACI Ettayib,2017. Notice d'impact sur l'environnement, intitulé du projet : unité de fabrication et de distribution des carreaux céramiques (extension) .SARL FAIENCERIES ALGERIENNES. Bureau d'étude en environnement, Cité 924 Lots M'sila.

[bensacitayeb@yohoo.fr](mailto:bensacitayeb@yohoo.fr)

[11] GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC)2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Genève, Suisse.

[12] HAMEL KHALISSA, 2005. Cours N°03, le climats sciences pour l' Architecture. Université de Biskra( Algérie).

[13] Cornet, A , 1988. Principales Caractéristiques Climatiques .Article • January 1992

Source: OAI, <https://www.researchgate.net/publication/32977982>

[14] Organisation météorologique mondiale OMM-N° 8, 2008. Guide des instruments et des méthodes d'observation météorologiques Mise à jour en 2010. Genève 2, Suisse . Courriel:

[publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

## Références bibliographiques

---

[15] Vincent Luyet, Février 2010. Stations météo, 38 p.

[16] Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), 2013. Manuel d'instructions à l'usage des observateurs en météorologie, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN : 978-2-550-68072-7 (PDF), 84 p. et 2 annexes. <http://www.mddefp.gouv.qc.ca>

[17] Direction générale de l'Énergie et du Climat, AOÛT 2014. Le climat de la France au XXIe siècle. Vol 4. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

[18] Dekkiche, 1974 in Lacroune, 1999.

### Chapitre III

[1] SMM : Station météorologie de M'sila.

[2] Bulletin \_ 68(1) 2020 \_ OMM [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

[3] LIFE : LIFE00 TCY/DZ/015 , Janvier 2003. La pollution atmosphérique en Algérie. Centre de collecte de l'information et de diffusion d'une culture et d'une politique environnementale : <http://membres.lycos.fr> /foremenvir

[4] DE MARTONE, E., 1927. Traité de géographie physique. Vol. 1. A. Colin, Paris. Di Castri, F., 1981

[5] F. Lebourgeois, 2006. Les indices bioclimatiques. Enseignant-Chercheur .UMR ENGREF-INRA 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière [lebourgeois@engref.fr](mailto:lebourgeois@engref.fr) 1\_17 p.

[6] BAGNOLS, F., GUAUSSEN, H., 1953. Saison sèche et indice xéothermique. Doc. Carte production vég. Univ. Toulouse. Vol.1.p 47.

[7] Bagnouls, F., and H. Gaussen. 1957. "Les Climats Biologiques et Leur Classification." *Annals de Geographies* 66 (355): 193–220. <https://doi.org/10.3406/geo.1957.18273>.

[8] EMBERGER, L., 1931. Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. *Compt. Rend. Séances Acad. Sci.* 191 : 389-390

[9] Colmet-Daâge Raphaël , Malet Nathalie et Dufresne Christiane, avril 2019. Changement climatique et données météorologiques infrarégionales en méditerranée occidentale.

## Références bibliographiques

---

Département Océanographie et Dynamique des Écosystèmes . Laboratoire Environnement  
Ressource Provence Azur Corse. 51p.

[10] OMM. 2016. Manuel des indicateurs et indices de sécheresse.

[11] Commission économique pour l'Europe études sur la pollution atmosphérique n° : 15.

[12] Jean-Louis Dufresne, 2002. Physique de l'atmosphère, Graines de sciences 4.

Site web

<https://doi.org/10.1002/qj.2415>[www.planete-sciences.org/meteo](http://www.planete-sciences.org/meteo)

<http://www.acnusa.fr/fr/la-pollution-de-lair/sources/18>

[www.planete-sciences.org/meteo](http://www.planete-sciences.org/meteo)[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.environnement-dz.org](http://www.environnement-dz.org)

[www.la.climatologie.free.fr](http://www.la.climatologie.free.fr).