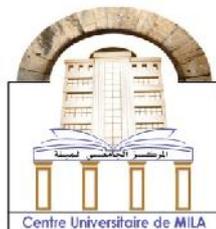


N° Ref :.....



## Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

### Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement

Option : Gestion et Fonctionnement des Écosystèmes  
Aquatiques et Forestières

Thème :

## Thème Variabilité spatio-temporelle des bioclimats et d'aridité dans la wilaya de Mila

Présenté par :

- RAS EL DJEBEL Sarra

- CHELIHI Ines

Devant le jury composé de :

Président: BOUZEGAG Abd elaziz

Examineur: TABET Slimane

Promoteur: LAALA Ahmed

Grade : MCB

Grade : MAA

Grade : MCB

Année Universitaire: 2016/2017

## *Remerciement :*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et  
miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce  
Modeste travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : LAALA  
Ahmed, pour son soutien et son aide, pour ses conseils utiles et sa  
gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail*

*Nous remercions Mme KHERIEF NACERADDINE Saliha, pour son  
aide, ses conseils et ses encouragements*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du*

*Jury : Mr BOUZEGAG Abd elaziz, chef de département de biologie à  
l'université de Mila, d'avoir fait l'honneur de présider les jurys ;*

*et Mr TABET Slimane, pour avoir accepté d'examiner ce travail .*

*On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur  
patience.*

*En nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et  
amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce  
mémoire.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont  
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *DEDICACES*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Ma très chère et douce mère qui m'toujours apporté son  
amour et son affection*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseille et soutenu  
dans mon travail*

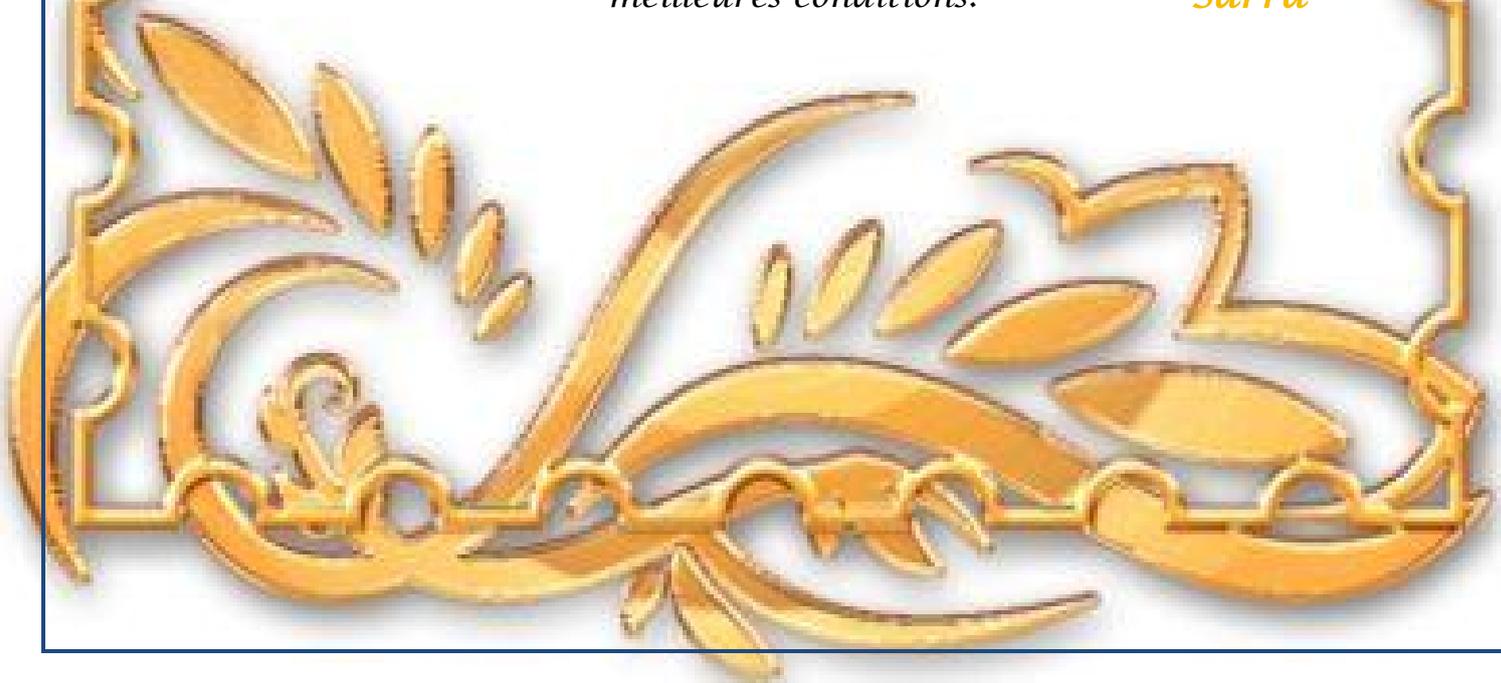
*Ma sœur Nesrine et mes frère Ayoub et Ilyés que j'adore.*

*Mes Ami(e)s et mes collègues du travail qui n'ont jamais manqué  
de témoigner leur estimes à mon égard*

*Mes enseignants à qui je tiens à leur montrer que je suis et  
resterais toujours à la hauteur de leur espérance.*

*Et enfin à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin à  
l'achèvement de ce rapport dans les  
meilleures conditions.*

*Sarra*



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents en guise de gratitude  
pour tous leurs sacrifices, soutien,  
confiance, compréhension et amour. Vous  
êtes les êtres les plus chers à mon cœur,  
aucun mot ne pourra  
exprimer ma gratitude et mon estime pour  
vous.*

*A mes très chers sœurs : Khawla, Sara,  
Chayma, Imen et Salsabil.*

*A ma très chère et adorable nièce Koba,  
ma source d'amour et d'affection. A mon  
neveu yahia.*

*A mes amies intimes : Wissam et Sara*

*A mes collègues de travail.*

*A mes camarades de promotion de Master.*

*A toutes les personnes qui ont participé  
de près ou de loin à l'accomplissement de  
ce travail.*

*A tous ceux qui aiment ce pays.*

*Ines*

# *Sommaire*

# Sommaire

**Remerciement**

**Dédicace**

**Sommaire**

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction**

## *Chapitre I : Étude bibliographique :*

1. Notion sur le climat.....	3
1.1. Les types du climat selon Koppen (1936) .....	3
• Climats tropicaux .....	3
• Climats arides .....	4
• Climats tempérés.....	4
• Climats continentaux.....	4
• Climats polaires .....	4
1.2. Les éléments et les facteurs du climat .....	4
1.2.1. Les éléments du climat .....	4
A. La température .....	4
B. Les précipitations .....	5
C. Le vent .....	5
1.2.2. Les facteurs du climat .....	5
1.3. La synthèse bioclimatique .....	5
1.3.1. Les éléments de classification des bioclimats .....	6
1.3.2. Les indices bioclimatiques .....	6
a) Le Quotient Pluviothermique d'Emberger .....	6
b) Indice d'aridité de De Martonne .....	6
c) Indice xérothermique D'Emberger (1942) .....	6
d) Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen .....	7
1.4. Les étages bioclimatiques en Algérie .....	7
A. L'étage bioclimatique humide (L'atlas Tellien en Altitude) .....	7

B. L'étage bioclimatique subhumide (sur la cote et dans L'atlas Tellien).....	8
C. L'étage bioclimatique semi aride sur les hautes plaines et dans l'atlas Saharien .....	8
D. Un étage bioclimatique désertique hyperaride dans la région saharienne .....	8
2. Notion de Variabilité climatique .....	9
2.1. Variabilité du climat .....	9
2.2. Les causes de l'évolution du climat .....	9
3. L'aridité .....	11
3.1. Classement en fonction de l'aridité .....	12
A) Régions sub-humides sèches .....	12
B) Régions semi arides .....	13
C) Régions arides .....	13
D) Régions hyper arides .....	13
3.2. Les facteurs essentiels de l'aridité .....	14
3.2.1. Précipitations .....	14
3.2.2. Températures .....	15
3.2.3. Humidité atmosphérique .....	15
3.2.4. Vents .....	15
3.3. Végétation des zones arides .....	16
A. Les éphémères annuelles .....	16
B. Les pérennes succulentes .....	16
C. Les pérennes non succulentes .....	16
4. Les scénarios climatiques .....	17

## *Chapitre II : Présentation de la zone d'étude*

1. Localisation géographique .....	19
2. Relief .....	20
2.1. L'espace montagneux .....	21
2.2. L'espace de piedmonts et de collines .....	21
2.3. L'espace Sud des hautes plaines .....	21
3. Géologie .....	22

4. Climat .....	23
5. Hydrographie .....	23
6. La végétation dans la wilaya de Mila .....	24

### *Chapitre III : Matériel et méthodes*

1. Les données utilisées .....	25
1.1. Les données climatiques .....	25
1.2. Matériels informatiques .....	27
1.2.1. Un ordinateur .....	27
1.2.2. Logiciel ArcGIS 10.1 .....	27
• L'ArcMap .....	27
• L'ArcToolbox .....	28
• L'ArcCatalog .....	29
2. Méthodes .....	29
2.1. Calcule des indices bioclimatiques .....	29
1) L'indice bioclimatique d'Emberger (Q2) .....	30
2) Indice de De Martonne .....	30
3) Indice d'aridité de Bangouls et Gaussen .....	31

### *Chapitre IV : Résultat et discussion*

1. Variabilité spatiale des paramètres climatiques de la wilaya de Mila .....	33
1.1. Les précipitations annuelles .....	33
1.2. La température moyenne annuelle .....	33
2. Les étages bioclimatiques selon la classification d'Emberger .....	34
2.1. Evolution future du bioclimat de la wilaya de Mila .....	37
A) Scénario optimiste .....	37

B) Scénario pessimiste .....	38
3. Détermination de l'indice d'aridité de De Martonne .....	41
3.1. Evolution future de l'indice d'aridité de De Martonne .....	43
A) Scénario optimiste .....	43
B) Scénario pessimiste .....	45
4. Calcul de l'indice de Bangouls et Gausson .....	47
5. La corrélation linéaire des différents indices d'aridité .....	49

## **Conclusion**

### **Références bibliographique**

### **Annexe**

### **Résumé**

## Liste des abréviations

**PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

**FAO** : Food and Agriculture Organisation

**GIEC** : Groupe d'expert Intergouvernementale sur l'évolution du climat

**ANIREF** : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

**SIG** : Système d'Information Géographique

**RAM** : Random Access Memory.

## Listes des figures

Figure 01 : Carte de répartition des climats selon la classification de Koppen-Geiger (Veltz <i>et al.</i> , 2015) .....	03
Figure 02 : Les étages bioclimatiques en Algérie (Nedjraoui et Bedrani, 2008).....	07
Figure 03 : comparaison entre les variations de températures en Afrique et la tendance de réchauffement mondiale (Tabet, 2008).....	10
Figure 04 : La répartition des zones aride dans le monde (Yahia Cherif, 2007).....	14
Figure 05 : projections des émissions des gaz à effet de serre et de la température de la Terre jusqu'en 2100 (Farah, 2014).....	18
Figure 06 : Localisation de la région d'étude (Kaarouche et Boukhari , 2016).....	19
Figure 07: Carte des principaux reliefs de la wilaya de Mila (Doula et Ferhat, 2014).....	22
Figure 08 : Localisation des stations météorologiques des données de précipitation (Hijmans <i>et al.</i> , 2005).....	26
Figure 09: Emplacement des stations météorologiques des données de la température moyenne (Hijmans <i>et al.</i> , 2005).....	26
Figure 10: Emplacement des stations météorologiques des données de la température minimale et maximale (Hijmans <i>et al.</i> , 2005) .....	27
Figure 11: La wilaya de Mila sous l'ArcMap .....	28
Figure 12 : L'interface ArcToolbox .....	28
Figure 13 : L'interface ArcCatalog .....	29

Figure 14 : Carte des hauteurs des précipitations annuelles (1950-2000) .....	33
Figure 15 : Carte des températures moyennes annuelles (1950-2000) .....	34
Figure 16 : Carte des bioclimats de la wilaya de Mila selon la classification d'Emberger .....	35
Figure 17 : Superficies (en pourcentage) des étages bioclimatiques de la wilaya de Mila .....	35
Figure 18: Superficie ( en %) des étages bioclimatiques de chaque daïra de la wilaya de Mila (1950-2000) .....	36
Figure 19 : Carte des bioclimats de la wilaya de Mila prévue par le scénario optimiste.....	37
Figure 20 : Superficie (en %) des étages bioclimatiques de chaque daïra de la wilaya de Mila (pour le scénario optimiste) .....	37
Figure 21 : Superficies( en %) des différents étages bioclimatiques calculées pour la période (1950-2000) et pour le scénario optimiste .....	38
Figure 22 : Carte des étages bioclimatiques de la wilaya de Mila prévus pour le scénario pessimiste .....	39
Figure 23 : Superficies des différents étages climatiques calculés pour la période de (1950-2000) et pour le scénario pessimiste .....	39
Figure 24 : Superficie des étages bioclimatique de chaque daïra de la wilaya de Mila (pour le scénario pessimiste) .....	40
Figure 25 : Indice d'aridité de De Martonne (1950-2000) .....	41

Figure 26 : Répartition graphique de la superficie des étages climatique Selon l'indice de De Martonne (Annexe).	
Figure 27 : Superficie (en %) des types de climat (calculés selon l'indice de De Martonne) pour chaque daïra de la wilaya de Mila .....	42
Figure 28 : La carte d'indice de De Martonne en 2050 .....	43
Figure 29 : Superficie des climats de chaque daïra de la wilaya de Mila .....	43
Figure 30 : Superficies des différents types de climat selon l'indice de De Martonne pour la période 1950-2000 et pour le scénario optimiste .....	44
Figure 31 : Indice d'aridité de De Martonne prévu pour le scénario pessimiste .....	45
Figure 32 : Superficie (en %) des climats calculé selon l'indice de De Martonne de chaque daïra de la wilaya de Mila (scénario pessimiste).....	45
Figure 33 : Superficies des différents types de climat calculés selon l'indice de De Martonne pour la période (1950-2000) et pour le scénario pessimiste .....	46
Figure 34 : Indice d'aridité de Bagnouls Gaussien calculé pour la wilaya de Mila .....	47
Figure 35 : Carte représente le nombre de mois secs enregistré dans la wilaya de Mila.....	48
Figure 36 : Superficies (en %) caractérisées par un nombre de mois sec .....	48

## Liste des tableaux

Tableau01: Les étages bioclimatiques en Algérie (Nedjraoui, 2012) .....	09
Tableau 02: Superficies des zones arides d'Algérie en 10 <sup>3</sup> Km <sup>2</sup> (Le Houerou,1995)...	12
Tableau 03: Nombre de communes et superficie de chaque daïra de la wilaya de Mila (ANIREF, 2011) .....	20
Tableau 04: Classification des climats selon l'indice de De Martonne (Farah, 2014)..	31
Tableau 05: Les classes de climat selon l'indice de Bagnouls Gausсен simplifié (Mokhtari <i>et al.</i> , 2013) .....	32
Tableau 06: Importance des classes de climat selon l'indice de De Martonne .....	41
Tableau 07: Importance spatiale du nombre de mois secs (Annexe).	
Tableau 08: Matrice de corrélation entre les différents indices climatiques .....	49

# *Introduction*

### **Introduction :**

La variabilité climatique se définit comme étant la variation de l'état moyen du climat à des échelles temporelles et spatiales. Autrement dit, c'est la variation naturelle intra et interannuelle du climat. Elle est une caractéristique inhérente du climat qui se manifeste par les différences entre les statistiques de long terme des éléments climatiques (pluie, température, humidité, durée des saisons) calculées pour des périodes différentes. La variabilité du climat est souvent perçue à travers l'irrégularité des paramètres climatiques dans leur évolution ( Bakari sankara, 2010).

La définition climatique de la région méditerranéenne est fort simple pour l'écologiste, le phytogéographe ou le bioclimatologiste, c'est l'ensemble des zones qui se caractérisent par des pluies concentrées sur la saison fraîche à jours courts avec de longues sécheresses estivales (Emberger, 1955).

Les études portant sur la caractérisation des climats sont nécessaires pour évaluer les contraintes liées aux différents types du climat au regard des disponibilités en eau et ses conséquences sur l'agriculture et le développement en générale. L'étude de l'aridité ou la classification des climats se base sur des indices dits climatiques et biogéographiques. De ce fait, plusieurs indices bioclimatiques et d'aridité ont été proposés en se basant généralement sur la combinaison des précipitations (P), des températures (Tmoy, Tmax et Tmin). Ces indices ont été développés en vue de délimiter spatialement les zones bioclimatiques (Mokhtari *et al.*, 2013).

La wilaya de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier créent une gamme diverse des étages bioclimatiques.

Dans ce contexte, la présente étude vise à décrire la variabilité spatio-temporelle des bioclimats et d'aridité dans cette wilaya.

Ce mémoire est structuré comme suit :

- Le premier chapitre présente une étude bibliographique sur le climat, l'aridité et les scénarios climatiques.
- Le second est réservé à la description de la zone d'étude. Il résume des données sur le relief, le climat et la géologie de la wilaya de Mila.

## *Introduction*

---

- Le troisième évoque le matériel ainsi que la méthodologie suivie dans ce travail.
- Le dernier chapitre est consacré aux résultats et discussions.
- Enfin, nous terminerons notre étude par une conclusion.

*Chapitre I :*  
*Étude bibliographique*

**1. Notion du climat :**

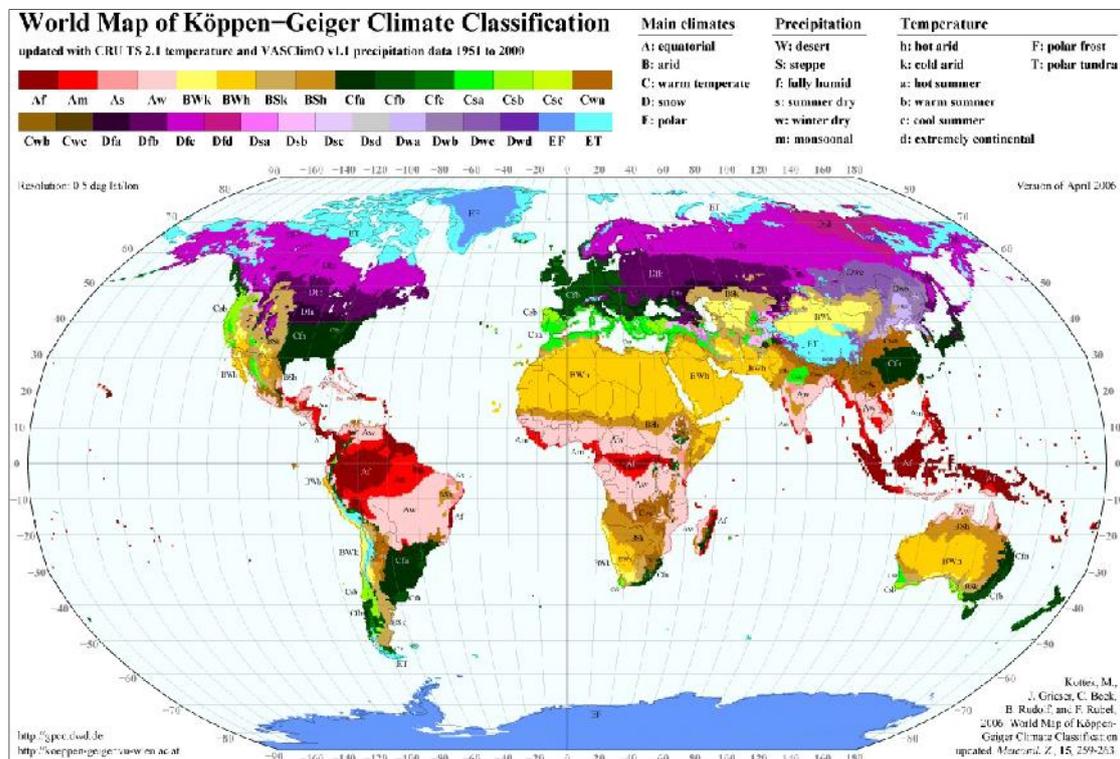
Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée intégrée dans le long terme. La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. En réalité, il existe une interférence entre climats, composition des communautés (en particulier végétales) propre à un écosystème donné et nature des sols, d'où le tryptique climat, sol, végétation (Ramade, 1999 in Kherief naceraddine, 2006).

**1.1. Les types du climat selon Koppen (1936) :**

Selon Azizou et Madani (2015), la classification de Koppen prend en compte les moyennes annuelles et mensuelles de températures et de précipitations, ainsi que les variations saisonnières des précipitations. On distingue 05 grands groupes climatiques et pour chacun plusieurs types :

- **Climats tropicaux:**

Se trouvent dans des régions proches de la zone de convergence intertropicale ou la température moyenne du mois le plus froid n'est pas inférieure à 18°C; on distingue deux types : climat tropical humide et climat tropical mixte.



**Figure 01 : Carte de répartition des climats selon la classification de Koppen-Geiger (Veltz et al., 2015)**

- **Climats arides:**

Ce type de climat est caractérisé par des précipitations moins importants que l'évaporation il y a deux types : climat des steppes et climat de désert.

- **Climats tempérés:**

Les climats tempérés sont définis par une température moyenne annuelle comprise entre  $(-3^{\circ}\text{C})$  et  $(-18^{\circ}\text{C})$ . On distingue deux types : climat méditerranéen et climat tempéré humide.

- **Climats continentaux:**

Ils son situés aux latitudes moyennes dans les zones situées loin des cotes, on distingue deux types: climat continental humide et climat subarctique.

- **Climats polaires:**

Le climat polaire est situé à la haute latitude, ou la température moyenne est inférieur de  $(-3^{\circ}\text{C})$  pendant les 12 mois de l'année, les hivers sont longs et très rigoureux, il n'y a pas de véritable été, les précipitations sont peu fréquentes. On distingue deux types: climat polaire la calotte glaciaire et les toundras.

## **1.2. Les éléments et les facteurs qui influencent le climat :**

### **1.2.1. Les éléments du climat :**

Sont des paramètres physiques et des observations visuelles qui caractérisent le climat. Ils résultent :

- soit directement de la lecture ou de l'enregistrement d'un appareil de mesure (thermomètre, pluviomètre...).
- soit des observations visuelles codifiées directement par l'observation. On peut citer par exemple : la détermination de la couverture nuageuse ou la morphologie du type du nuage.

D'autre éléments interviennent dans la caractérisation climatique mais ne font pas l'objet de relevés systématiques dans les stations météorologique : champs électriques de l'atmosphère, radioactive de l'air, sa composition chimique, sa teneur en micro-organismes.... etc. (Elkhatri, 2003).

#### **A. La température :**

Les températures sont l'un des éléments majeurs influençant le climat d'une région notamment par la distinction des saisons sèches et humide. Les températures mensuelles et annuelles régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (précipitation, insolation, etc.) par l'augmentation de la température

des combustibles, diminution de la teneur en eau et la réduction de l'humidité atmosphérique (Bouregbi, 2014)

**B. Les précipitations :**

Selon Elkhatri (2003), la précipitation regroupe les différentes formes sous lesquelles l'eau solide (neige), liquide (pluie) et la forme gazeuse (brouillard, rossé) contenue dans l'atmosphère se dépasse à la surface du globe.

**C. Le vent :**

Le vent est un déplacement d'air provoqué par une différence de pression d'un lieu à d'autre. Habituellement on donne sa direction qui indique le lieu d'où provient l'air ambiant, et sa vitesse, qui agit en combinaison ou avec les autres éléments du climat (Elkhatri, 2003).

**1.2.2. Les facteurs qui influencent le climat :**

De nombreux facteurs déterminent et influencent le climat de notre planète, ce sont par ordre d'importance :

- a) Le rayonnement solaire : varie dans le temps avec l'activité du soleil et constitue le seul apport extérieur d'énergie que nous recevons.
- b) Le rayonnement terrestre : vers l'espace qui est équilibré avec le rayonnement solaire, bien que sous forme d'infrarouge. Un défaut d'équilibre de ce rayonnement avec celui du soleil conduit à une variation de la température moyenne du globe.
- c) La circulation océanique : qui transporte d'énormes quantités d'énergie autour de la planète. La durée d'un cycle de circulation océanique est de l'ordre du millénaire.
- d) La composition de l'atmosphère : qui détermine, avec la température moyenne, la quantité d'énergie que la planète va rayonner vers l'espace. Les activités humaines, dont certaines rejettent des gaz à effet de serre, pourraient influencer la composition de l'atmosphère (Ouldbba, 2000).

**1.3. La synthèse bioclimatique :**

Partant du fait que les différents éléments du climat n'agissent jamais indépendamment les uns des autres, l'une des préoccupations des phytogéographes, climatologues et écologues est de chercher, en manipulant les données climatiques disponibles, des expressions susceptibles de traduire au mieux et de façon globale la combinaison des variables climatiques influençant la vie végétale (Tabet, 2008).

**1.3.1. Les éléments de classification des bioclimats :**

D'après le Houerou et *al.*, (1977), les critères climatiques utilisés dans une description et une classification des types de climats ne sont pas des variables indépendantes. Il existe entre eux des relations plus ou moins complexes. Les nombreuses classifications proposées sont le plus souvent basées sur le calcul d'un indice climatique tenant compte de variables telles que la pluviosité, les températures, l'évapotranspiration potentielle (ETP), etc. Ces indices combinent les données météorologiques disponibles suivant l'échelle de travail et ils n'ont de valeur que dans la mesure où ils répondent à des objectifs précis.

Classiquement, la classification bioclimatique d'Emberger (1955) utilisée dans la région méditerranéenne, repose sur « les caractères climatiques qui influencent le plus fortement la vie végétale » (Emberger, 1955). Les bioclimats sont définis par un climagramme pluviothermique où le quotient pluviothermique (Q2) en ordonnée et la moyenne des minima des mois le plus froid (m) en abscisse. Les stations se placent les unes par rapport aux autres en fonction de la sécheresse globale et de la rigueur de la saison froide. Sur ce climagramme, « les limites ont été tracées là où un changement net de végétation a été observé ».

**1.3.2. Les indices bioclimatiques :****a) Le Quotient Pluviothermique d'Emberger :**

Emberger a établi un quotient pluviothermique « le Q2 » qui est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus utilisé en Afrique du Nord.

**b) Indice d'aridité de De Martonne :**

Cette indice, appelé parfois indice de sécheresse de De Martonne, peut être calculé aussi mensuellement et donne une indication sur le degré de sécheresse par rapport à la demande évaporative moyenne de l'atmosphère approché par la température (Mokhtari *et al.*, 2013).

**c) Indice xérothermique d'Emberger (1942) :**

Emberger (1942) a caractérisé l'importance et l'intensité de la sécheresse estivale par l'indice S (Guyot, 1999)

$$S = PE / M$$

**PE** : Somme des précipitations moyennes estivales ;

**M** : moyenne des températures du mois le plus chaud ;

#### d) Indice ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен :

L'indice d'ombrothermique traduit l'effet du stress hydrique sur le développement de la végétation et la formation de la biomasse (Bagnouls et Gausсен, 1953) et exprime la durée et l'intensité de la saison sèche. Il est employé pour identifier des phénomènes liés à la sécheresse et pour l'évaluation des zones sensibles à la désertification dans la région méditerranéenne (Kosmas *et al.*, 1999).

Bagnouls et Gausсен (1954) ont établi un diagramme qui permet de dégager la durée de la période sèche en s'appuyant sur la comparaison des moyennes mensuelles des températures avec celles des précipitations, en admettant que le mois est sec lorsque « P est inférieur ou égal à 2T » (Guyot, 1999).

#### 1.4. Les étages bioclimatiques en Algérie :

Les quatre étages bioclimatiques qui constituent le climat méditerranéen de l'Algérie sont représentés dans la figure 02.

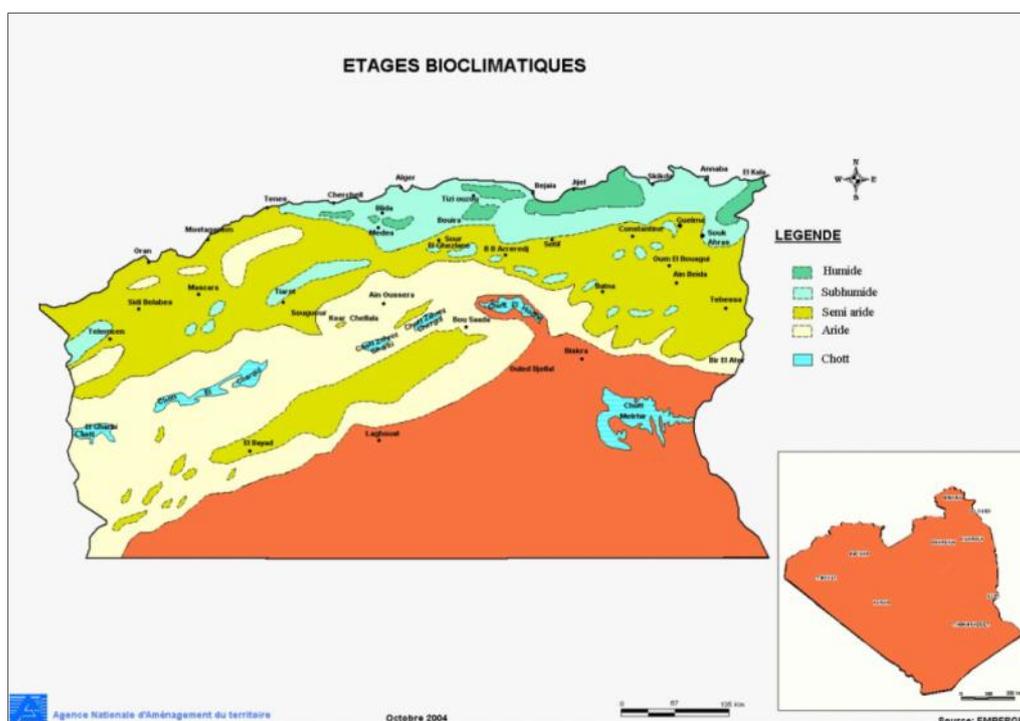


Figure 02 : Les étages bioclimatiques en Algérie (Nedjraoui et Bedrani, 2008)

#### A. L'étage bioclimatique humide (L'atlas Tellien en Altitude) :

L'étage humide est divisé en deux sous-étages: l'un inférieur, avec une moyenne annuelle des précipitations variant entre 900 et 1000 mm, une température minimale moyenne du mois le plus froid comprise entre 4 et 4,5°C et un déficit hydrique de

l'ordre de 150 à 50 mm par an. L'autre, moyen, caractérise par des précipitations annuelles supérieures à 1000 mm, une température moyenne annuelle du mois le plus froid inférieure à 4°C et un déficit en eau inférieur 50mm par an. Ce sous étage domine particulièrement les zones montagnardes dépassant les 900m d'altitude (Bonin *et al.*, 1986).

**B. L'étage bioclimatique subhumide (sur la cote et dans L'atlas Tellien) :**

Il est caractérisé par des hivers pluvieux et doux, et des étés chauds et secs, tempéré par des brises de mer ; les précipitations diminuent d'Est en Ouest (1000 – 400 mm) et du Nord au Sud (1000 à moins de 130 mm). Dans cette zone, les températures moyennes minimales et maximales respectivement oscillent entre 5 et 15°C en hiver et de 25 à 35°C en été. Cependant, l'influence du désert se fait sentir jusque sur la cote par l'action du (sirocco) vent sec et chaud soufflant du Sud au Nord (Azizou et Madani, 2015).

**C. L'étage bioclimatique semi-aride sur les hautes plaines et dans l'atlas Saharien :**

Selon Azizou et Madani (2015), les précipitations sont faibles et irrégulières, de 200 à 400 mm par an; les pluies sont rares, la température descend souvent au-dessous de 0°C en hiver. En été elle dépasse 30°C et voir même 40°C.

**D. L'étage bioclimatique désertique hyperaride dans la région saharienne :**

Les précipitations sont exceptionnelles et très irrégulières provoquant souvent des inondations, elles sont inférieures à 100 mm par an; le Sahara est une des régions les plus chaudes du monde, les températures de jour atteignent en été 45°C et même 50°C, la température moyenne saisonnière est de 15 à 28°C en hiver et atteint 40 à 45°C en été. Le sirocco est un vent du Sud chaud et sec (Azizou et Madani, 2015).

Tableau01. Les étages bioclimatiques en Algérie (Nedjraoui, 2012)

Etages bioclimatiques	Pluviosité annuelle (en mm)	Superficie (en ha)	Pourcentage de la superficie totale
Per-humide	1200 – 1 800	185,275	0.08
Humide	900 - 1 200	773,433	0.32
Sub-humide	800 – 900	3,401,128	1.42
Semi-aride	600 – 300	9,814,985	4.12
Aride	300 – 100	11,232,270	4.78
Saharien	< 100	212,766,944	89.5

## 2. Notion de la variabilité climatique :

### 2.1. Variabilité du climat :

C'est les variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écart à la moyenne) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales.

La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations du forçage externe naturel ou anthropique (variabilité externe) (Tabet ,2008).

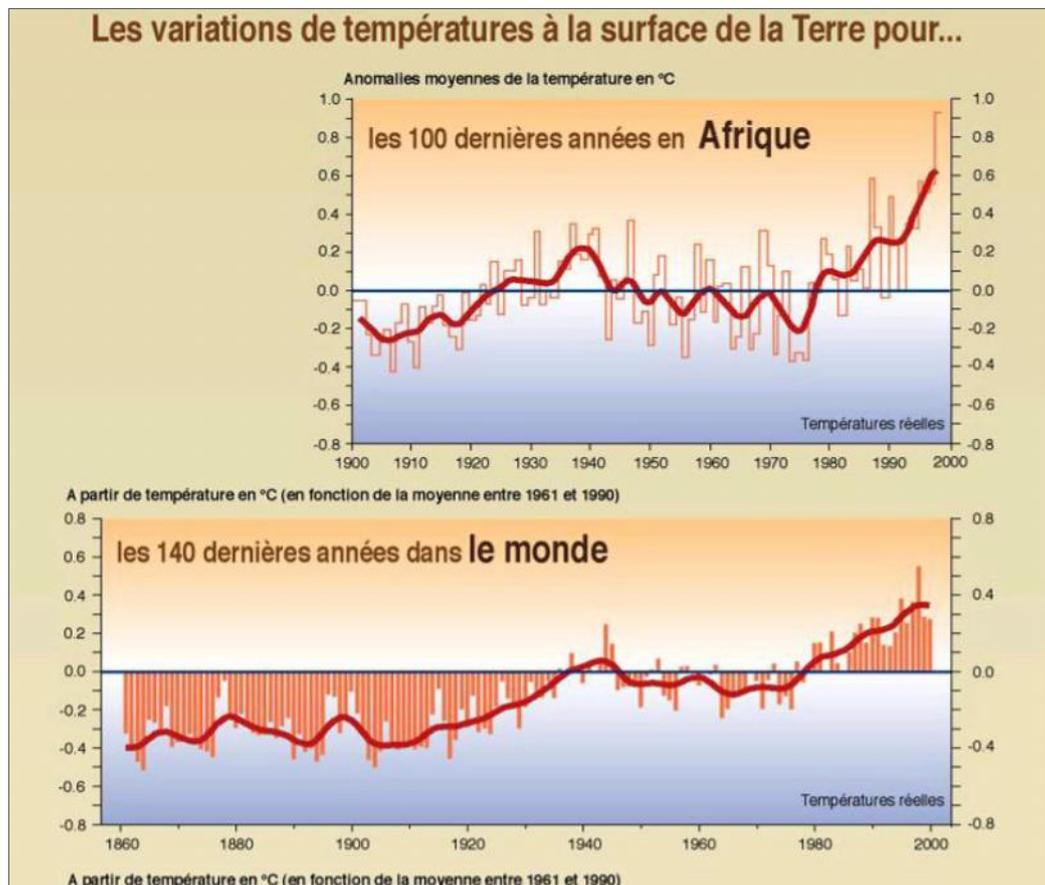
### 2.2. Les causes de l'évolution du climat :

Le climat terrestre est un système complexe qui résulte des variations du rayonnement solaire, des concentrations de différents gaz atmosphériques, du couvert terrestre (végétation, océans, neige, glace, êtres vivants...) et de leurs interactions.

Ces facteurs vont déterminer le bilan énergétique du système en répercutant leurs variations sur l'absorption, l'émission et la diffusion du rayonnement solaire dans l'atmosphère et à la surface de la terre (GIEC, 2007).

Les climatologues ont constaté depuis quelques dizaines d'années que, depuis le début du 20ème siècle, différents changements sont apparus au niveau mondial : une hausse des températures moyennes de l'océan et de l'atmosphère, une réduction des quantités de neige et de glace et une élévation du niveau moyen de la mer. D'autres modifications climatiques ont également été constatées dans certaines régions: régime

des précipitations, activité cyclonique, fréquences des vagues de chaleur et de froid (GIEC, 2007).



**Figure 03 : Comparaison entre les variations de températures en Afrique et la tendance de réchauffement mondiale (<http://www.grida.no/publication>)**

En effet, le climat évolue naturellement suivant des cycles de périodes plus ou moins longues (des décennies à des millions d'années) en fonction de la fluctuation d'un paramètre climatique autour d'une valeur centrale de référence dite « normale ». Il y a aussi des changements accidentels comme les refroidissements résultant de fortes éruptions volcaniques.

Cependant, les activités humaines peuvent également avoir un impact sur le climat. Un des phénomènes les mieux connus est celui lié à l'émission de gaz atmosphériques (dits gaz à effet de serre) qui ont un effet de réchauffement net du climat. Quatre gaz à longue durée de vie jouent un rôle important: le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et les hydrocarbures halogénés. Le rôle de la vapeur d'eau sur le changement climatique ne doit pas non plus être négligé tout comme les autres effets de l'activité humaine qui modifient la

surface terrestre (transformation de la couverture végétale, urbanisation) et influent sur le cycle de l'eau ou la réflexion du rayonnement solaire. Les concentrations atmosphériques de ces gaz se sont fortement accrues depuis l'époque préindustrielle et sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs observées sur les dernières centaines de milliers d'années, comme on peut l'observer par l'analyse de carottes de glace pour les derniers 10000 ans (GIEC, 2007).

Les experts du GIEC considèrent donc que le changement climatique est très probablement attribuable à la hausse des concentrations de gaz à effet de serre anthropiques (Prado *et al*, 2012).

### **3. L'aridité :**

Malgré les nombreux travaux consacrés à l'aridité en particulier à sa définition et à sa quantification (De Martonne, 1926; Thornthwaite, 1948 ; Emberger, 1955 ; Bagnouls et Gaussen, 1957 ; Dubief, 1963 ; Vernemmen, 1969 ; Le Houerou, 1975), ce concept n'est pas encore bien connu. Il est difficile de définir un milieu aride, une telle définition tient compte des notions diverses relevant de la climatologie, de la morphologie et de la biologie (surtout végétale) (Le Houerou, 1995).

L'aridité ne doit pas être confondue avec la sécheresse, concept météorologique à référence temporelle-phénomène conjoncturel (période, année sèche). L'aridité a de fortes implications hydrologiques et édaphiques dont elle est indissociable (Robert, 1996; Aggoussine, 2003).

L'aridité ne peut être définie uniquement par de faibles précipitations moyennes annuelles, mais aussi par leur irrégularités dans l'espace et dans le temps et par une forte évapotranspiration. Les jours où il ne tombe que des gouttes ou des précipitations non mesurables (inférieur à 5 mm) peuvent être 3 à 4 fois plus nombreuses que les jours de précipitations mesurables, Ces jours sont d'autant plus nombreux que l'aridité est grande (Kaboul, 2016).

L'aridité se manifeste surtout par ses conséquences :

- édaphiques : extrême dénuement de la végétation, raréfaction et adaptations des êtres vivants.
- hydrologiques : faiblesse et irrégularité extrême des écoulements.
- géomorphologiques : processus d'érosion et d'accumulation spécifiques, pauvreté des sols (Madani, 2008).

**Tableau 02 : Superficies des zones arides d'Algérie(en 10<sup>3</sup> Km<sup>2</sup> )**  
(Le Houerou, 1995)

Pluviosité moyenne	Superficies
Semi-aride a humide P >400	181
Aride supérieur 400 > P >300	59
Aride moyenne 300 > P >200	70
Aride inferieur 200 > P >100	87
Zone aride total	216
Hyper aride supérieur	386

### 3.1. Classement en fonction de l'aridité :

Selon FAO (1992), les environnements arides sont extrêmement divers par leurs formes de terrain, leurs sols, leur faune, leur flore, leurs équilibres hydriques et les activités humaines qui s'y déroulent, du fait de cette diversité, on ne peut pas donner de définition pratique des environnements arides. Une "représentation" utile de l'aridité est l'indice d'aridité climatique suivant:

$$P / ETP$$

Où :

**P** : précipitation

**ETP** : évapotranspiration potentielle, calculée par la méthode de Penman, en tenant compte de l'humidité atmosphérique, du rayonnement solaire et du vent Sur cette base le PNUE (1997) in Yahia cherif (2007) a définit les catégories suivantes :

#### **A) Régions sub-humides sèches :**

$P/ETP= 0.65-0.50$ , ce sont des régions à régime pluviométrique saisonnier où l'agriculture pluviale est possible et fortement répandue, ce sont des régions exposées à une aridification progressive sous l'effet d'actions anthropiques.

#### **B) Régions semi-arides :**

$P/ETP= 0.50-0.20$ , les précipitations annuelles sont de 500 mm, c'est le domaine des steppes buissonnantes avec plus ou moins une grande fréquence de graminées pérennes. Régions propices à l'élevage et à l'agriculture sédentaires.

**C) Régions arides :**

$P/ETP = 0.05-0.20$ , régions où les précipitations annuelles ne dépassent pas 200 mm, la végétation naturelle est clairsemée, dominée par des espèces épineuses ou succulentes.

**D) Régions hyper-arides :**

$P/ETP < 0.05$ , c'est le désert vrai et les périodes de sécheresse peuvent dépasser 12 mois, la productivité biologique y est très faible et la seule activité viable demeure le pastoralisme nomade. La végétation naturelle se réfugie surtout dans les cours d'eau (Yahia cherif, 2007).

Selon Emberger (1955) et Le Houerou (1975), la zone aride est subdivisée en trois domaines:

- Le domaine hyper aride dont la pluviométrie est inférieur à 100 mm.
- Le domaine aride proprement dit dont la pluviométrie est comprise entre 100 et 300-400 mm.
- Le domaine semi-aride dont la pluviométrie est compris entre 300 - 400 mm et 600 mm.

Par ailleurs, l'aridité n'est pas due uniquement au climat, mais essentiellement à une action humaine (Le déboisement, l'incendie, le pâturage intensif, etc.) : la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation des maximums des températures et celle du sol à pour effet de diminuer les capacités de stockage de l'eau : ce type de dégradation concluent Stewart (68), Daget (1977), Pouget (1980), Floret et Pontanier (1982), conjuguent les effets pour renforcer l'aridité d'origine climatique (Kaboul , 2016).

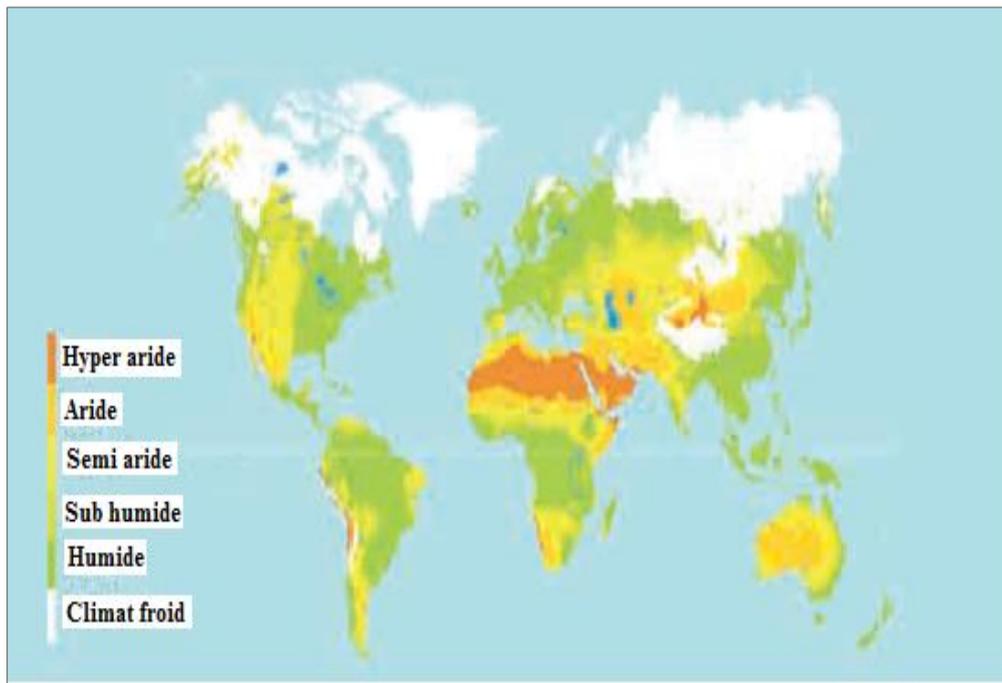


Figure 04: La répartition des zones aride dans le monde (Yahia Cherif ,2007)

### 3.2. Les facteurs essentiels de l'aridité :

#### 3.2.1. Précipitations :

Selon FAO (1992), Les précipitations varient également d'une année à l'autre dans les zones arides; cela est facile à voir lorsqu'on considère les statistiques des précipitations dans le temps pour un lieu donné. L'écart entre les plus faibles et les plus fortes précipitations enregistrées au cours de différentes années peut être important, bien qu'il se situe généralement dans une fourchette de plus ou moins 50 % de la précipitation annuelle moyenne. La variation de précipitation mensuelle est encore plus grande.

Dans la plupart des cas, la précipitation attendue en un lieu donné n'est pas la même que la précipitation annuelle moyenne enregistrée sur un certain nombre d'années. La variation des précipitations est importante pour les activités forestières, car, lorsque la pluie manque, les nouvelles plantations forestières en souffrent.

L'intensité des précipitations est un autre paramètre à considérer. Lorsque le sol n'est pas en mesure d'absorber toute l'eau d'une forte précipitation, une partie de cette eau peut être perdue par ruissellement. De même, l'eau d'une pluie de faible intensité peut être perdue par évaporation, surtout si elle tombe sur une surface sèche. L'intensité des précipitations peut se mesurer en nombre de jours de pluie ou, de préférence, en quantité de pluie par heure ou par jour.

**3.2.2. Températures :**

Le schéma climatique des zones arides se caractérise souvent par une saison sèche relativement "fraîche", suivie d'une saison sèche relativement "chaude" et finalement d'une saison des pluies "modérée". En général, on observe à l'intérieur de ces saisons des fluctuations importantes des températures diurnes. Très souvent, pendant la saison sèche "fraîche", les températures diurnes atteignent entre 35 et 45 degrés centigrades, pendant que les températures nocturnes tombent à 10 à 15 degrés centigrades. Pendant la saison des pluies, les températures peuvent aller de 35 degrés centigrades le jour à 20 degrés centigrades la nuit. Dans bien des cas, ces fluctuations des températures au cours d'une même journée limitent la croissance des espèces végétales (FAO ,1992).

**3.2.3. Humidité atmosphérique :**

Bien que les précipitations et la température soient les facteurs essentiels de l'aridité, d'autres facteurs interviennent également. L'humidité de l'air a une importance pour l'équilibre hydrique du sol. Lorsque la teneur du sol en humidité est plus élevée que celle de l'air, l'eau a tendance à s'évaporer dans l'air. Dans le cas contraire, l'eau se condensera dans le sol.

Dans de nombreuses régions, la présence de rosée et de brume est nécessaire à la survie des plantes. La rosée résulte de la condensation de la vapeur d'eau de l'air sur les surfaces pendant la nuit, tandis que la brume est une suspension de gouttelettes d'eau microscopiques dans l'air. L'eau recueillie par les feuilles des plantes sous forme de rosée ou de brume peut parfois s'imbiber dans les stomates ouverts ou alors tomber sur le sol et contribuer à l'humidité de celui-ci. La présence de rosée et de brume se traduit par une humidité plus élevée de l'air et par conséquent une réduction de l'évapotranspiration et la conservation de l'humidité du sol (FAO ,1992).

**3.2.4. Vents :**

En raison de la rareté de la végétation capable de réduire les déplacements d'air, les régions arides sont en général venteuses. Les vents évacuent l'air humide qui se trouve autour des plantes et du sol et accroissent par conséquent l'évapotranspiration.

L'érosion du sol par le vent se produira chaque fois que les conditions pédologiques, végétatives et climatiques y sont favorables. Ces conditions (sol peu compact, sec ou fin, surface du sol lisse, couvert végétal rare et vent suffisamment fort pour induire des déplacements de terre) se rencontrent fréquemment dans les zones arides. L'épuisement du couvert végétal est la cause fondamentale de l'érosion éolienne du sol. Le principal dommage causé par le vent en emportant des particules

de terre est le tri des matériaux du sol; l'érosion éolienne enlève progressivement le limon, l'argile et les matières organiques de la surface du sol. Les matières restantes peuvent être sableuses et infertiles (FAO ,1992).

### **3.3. Végétation des zones arides :**

Selon FAO (1992), dans les zones arides, le couvert végétal est rare. On peut néanmoins distinguer trois formes de plantes: annuelles éphémères; pérennes succulentes; pérennes non succulentes.

#### **A. Les éphémères annuels :**

Qui apparaissent après les pluies, accomplissent leur cycle de vie au cours d'une brève saison (+8 semaines). Leur croissance est limitée à une courte période humide. Les éphémères ne possèdent pas les caractéristiques xéromorphiques des pérennes. En général, elles sont de petite taille, ont des racines peu profondes et leur adaptation physiologique est constituée par une croissance active. Les éphémères survivent pendant la saison sèche, qui peut durer plusieurs années, sous forme de graines. Elles peuvent parfois former des peuplements denses et fournir du fourrage.

#### **B. Les pérennes succulentes :**

Sont capables d'accumuler et de stocker de l'eau (qui peut être consommée pendant les périodes de sécheresse); ceci est dû à la prolifération du tissu parenchymal des tiges et des feuilles et aux faibles taux de transpiration qui les caractérisent. Les cactus sont des pérennes succulentes typiques.

#### **C. Les pérennes non succulents :**

Constituent la majorité des plantes de la zone aride. Ce sont des plantes rustiques, qui comprennent les graminées, les petites plantes ligneuses, les buissons et les arbres qui supportent le stress de l'environnement des zones arides. Nombre de pérennes non succulents ont des graines "dures" qui ne germent pas facilement; ces graines doivent souvent être traitées (par trempage dans l'eau ou l'acide) avant de germer. On peut distinguer trois formes de croissance des pérennes non succulentes:

- Persistantes : actives biologiquement pendant toute l'année;
- Caduques en période de sécheresse : biologiquement dormantes en saison sèche;
- Caduques en période froide : biologiquement dormantes en saison froide.

Les éphémères sont des espèces qui échappent à la sécheresse et ne sont pas en général considérées comme de véritables xérophytes. Les pérennes succulentes et non succulentes au contraire supportent la sécheresse et sont des xérophytes véritables

#### **4. Les scénarios climatiques :**

Généralement, ils sont obtenus à partir de projections qui sont souvent fondés sur des informations complémentaires provenant d'autres sources; la première série de scénarios sont regroupés sous l'appellation "scénarios A1". Ces scénarios reposent sur l'hypothèse d'une croissance économique rapide de l'économie mondiale associée à une croissance de la population mondiale jusqu'au milieu du 21<sup>e</sup> siècle, suivie d'une légère baisse de celle-ci et de l'introduction rapide de nouvelles technologies énergétiques efficaces. Les économies régionales se développent fortement et la prospérité est répartie équitablement.

Les scénarios A1 se subdivisent en trois groupes :

- en A1F1, le monde continue principalement de fonctionner avec les combustibles fossiles,
- en A1T avec des combustibles non fossiles,
- en A1B avec un mélange des deux.

Le scénario A2 quant à lui décrit un monde qui reste divisé. Dans l'ensemble, il n'y a pas de redistribution des ressources naturelles disponibles, des connaissances technologiques et du bien-être entre les régions riches et les régions pauvres.

Le scénario B1 suit le scénario A1, mais le monde se tourne plus rapidement vers une économie axée sur les services avec une introduction rapide de technologies propres et durables.

Le scénario B2 parle d'un monde axé sur la préservation de l'environnement et de l'égalité sociale, mais qui part de solutions régionales en matière de durabilité économique, sociale et écologique.

Selon la figure 05, le pire scénario serait le scénario A2, ce dernier induirait à un réchauffement plus conséquent que les autres scénarios avec une augmentation de plus de 3,5 °C en 2100 ; le scénario B1 quant à lui représente la vision la plus optimiste de ce que serait ce réchauffement avec un peut moins de 2 °C en 2100.

Aucun des scénarii même les plus optimistes ne prédisent un refroidissement des températures (Farah, 2014).

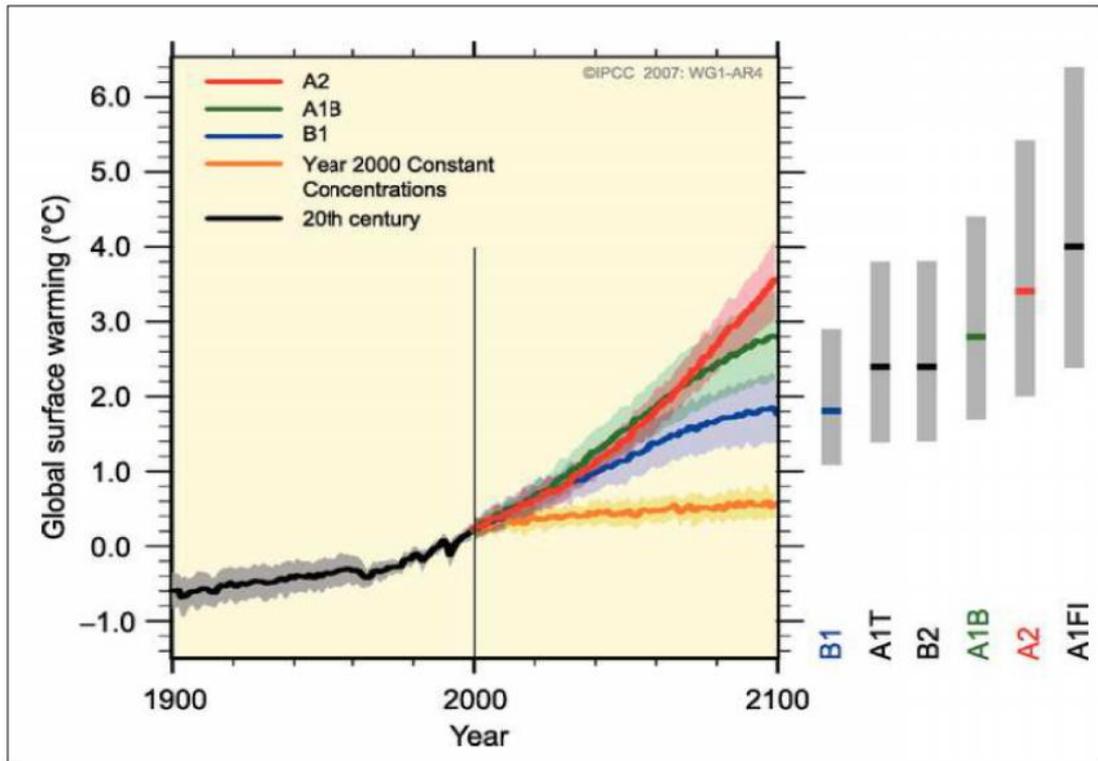


Figure 05 : Projections des émissions des gaz à effet de serre et de la température de la Terre jusqu'en 2100 ([http://www .ipcc.ch/ publications \\_and \\_ data / ar4 /wg1/fr/figure-spm-5.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/fr/figure-spm-5.html)).

***Chapitre II :***  
***Présentation de la***  
***région d'étude***

1. Localisation géographique :

Selon Zouaidia (2006), la wilaya de Mila se situe au Nord-Est de l'Algérie, elle occupe une superficie totale de 3480,54 Km<sup>2</sup>, soit 0,14% de la superficie du pays. Elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Jijel ;
- Au Nord-Est par la wilaya de Skikda ;
- A l'Est par la wilaya de Constantine ;
- A l'Ouest par la wilaya de Sétif ;
- Au Sud par la wilaya d'Oum El Bouaghi.

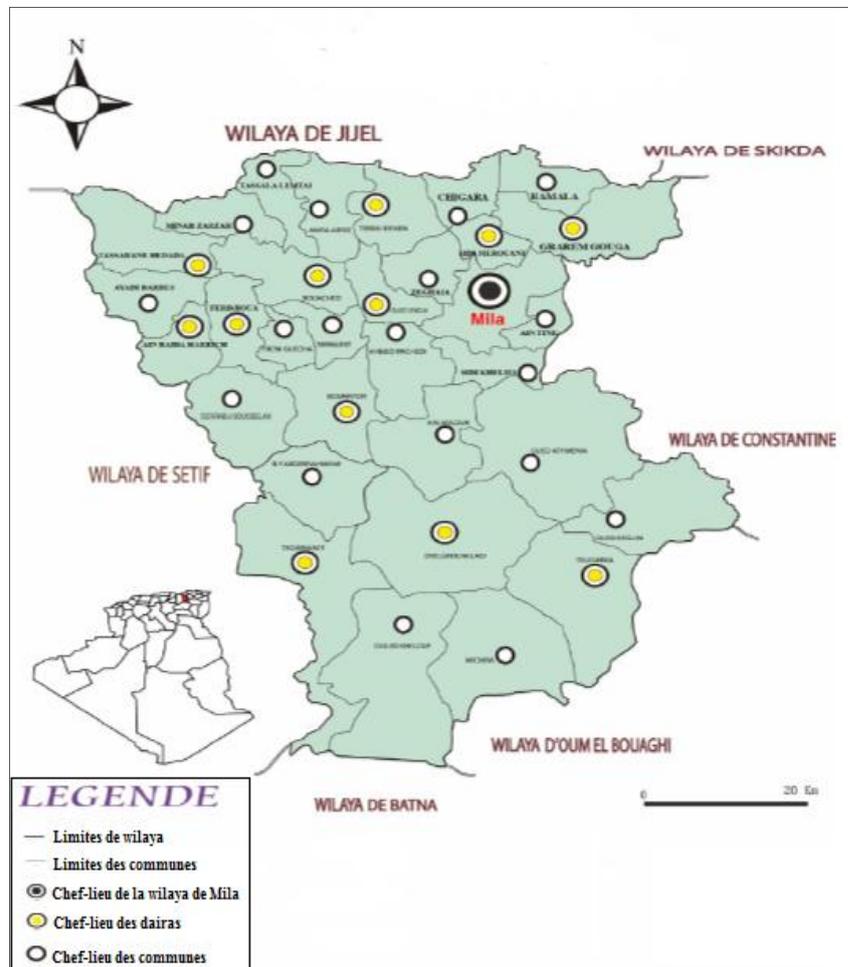


Figure 06 : Localisation de la région d'étude  
(Kaarouche et Boukhari, 2016)

La wilaya de Mila fait partie du bassin versant de l'Oued El Kébir-Endja. Ce dernier se localisant dans la chaîne Tellienne orientale, couvre une superficie de 216.000 hectares et représente une région intermédiaire entre le domaine Tellien à très forte influence méditerranéenne au Nord et un domaine à très forte influence continentale au Sud (Zouaidia, 2006).

La wilaya de Mila compte 13 daïras et 32 communes. Le tableau suivant donne la liste des daïras de cette wilaya, en précisant pour chaque daïra : le nombre de communes et sa superficie.

**Tableau 03 : Nombre de communes et superficie de chaque daïra de la wilaya de Mila (ANIREF, 2011)**

N°	Dénomination daïra	Nombre de communes	Superficie (km <sup>2</sup> )
1	MILA	3	215
2	GRAREM GOUGA	2	205
3	SIDI MEROUANE	2	117
4	OUED ENDJA	3	200
5	ROUACHED	2	146
6	TERRAI BEINEN	3	220
7	FERDJIOUA	2	114
8	TASSADANE.H.	2	157
9	BOUHATEM	2	225
10	AIN BAIDAH H.	2	143
11	TELEGHMA	3	527
12	CHELGHOUUM LAID	3	655
13	TADJENANET	3	579

## 2. Relief :

Prenant une grande partie du bassin versant, la wilaya de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense. Une certaine polarité biogéographique se greffe à cette complexité du relief : du Sud vers le Nord on passe vers un domaine méditerranéen marqué par des espèces caractéristiques (chêne liège, chêne zéen, bruyère) (Zouaidia, 2006).

Cependant, on distingue trois espaces différents dans la région : un espace montagneux, un espace de piedmonts et de collines et un espace de hautes plaines.

**2.1. L'espace montagneux :**

Formé d'une succession de massifs montagneux (massifs Telliens) et caractérisé essentiellement par un relief accidenté et des sols érodés. Concernant la configuration du relief, on distingue deux grandes unités géomorphologiques :

- Les hauts piedmonts au centre Ouest avec une pente allant de 12,5 à 25%.
- Montagne pour le reste de la région et dont la pente est généralement supérieure à 25%.

**2.2. L'espace de piedmonts et de collines :**

Constituant la région centrale du piedmont Sud Tellien, il présente des altitudes comprise entre 500 et 800 m. Il est composé par :

- Les plaines intra montagneuses dont l'altitude moyenne est de 400 m.
- Les collines et les piedmonts situés dans la partie Est de la wilaya et qui sont limités au Nord par la région montagneuse.

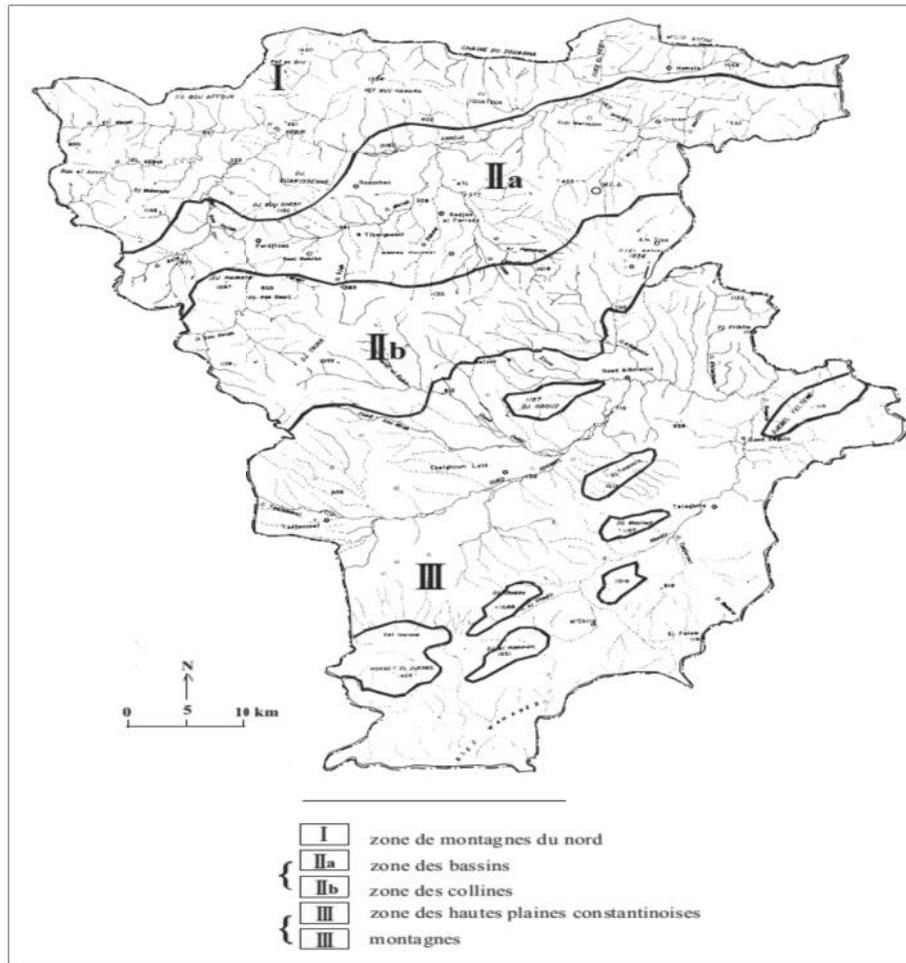
Au Sud, ils forment la limite des hautes plaines. Il s'agit de collines présentant un relief montagneux très désordonné.

- La région des hauts piedmonts qui forment au Nord-Ouest le prolongement des reliefs Telliens, concerne la dépression de Ferdjioua et Oued Enja.
- La dépression de Mila formée par un ensemble de basses collines (de 500 à 600 mètres d'altitude) et de massifs isolés (massif d'Ahmed Rachedi).

**2.3. L'espace Sud des hautes plaines :**

Dans cette région Sud de la wilaya, dont l'altitude moyenne est généralement comprise entre 800 et 900 m émergent des massifs montagneux isolés tels que : Kef Lebiod (1408 m), Kef Isserame (726 m), Djebel Tariolet (1285 m), Djebel Gherour (1271 m), Djebel Grouz (1187 m), Djebel Lehman( 1237 m), Djebel Méziout (1127 m), Djebel Tarkia (1066 m)

Les deux unités géomorphologiques (plaines et glacés) occupent la majorité de la surface de l'espace avec une faible pente comprise entre 0 et 3% (plaines) et une pente comprise entre 3 et 12% (bas piedmonts) (Zouaidia, 2006).



**Figure 07: Carte des principaux reliefs de la wilaya de Mila (Doula et Ferhat, 2014)**

### 3. Géologie :

La géologie de la région est étroitement liée à celle du bassin versant de l'Oued El Kébir-Endja dont elle fait partie. Ce dernier comprend un certain nombre de régions géographiques correspondant à autant de régions litho-stratégiques et tectoniques.

Au Nord de l'Oued El Kébir-Endja, se dresse une chaîne orientée sub-longitudinalement et configurant la limite septentrionale du bassin versant. Cette chaîne domine l'Oued El Kébir-Endja par le biais d'un versant unique complexe singulier à bien des titres, il est du moins dans sa partie supérieure, le lieu privilégié d'une régénération spontanée des forêts de chêne liège et de chêne zéen et le domaine d'extension de la nappe numidienne «grés-argileuse» (Zouaidia, 2006).

Au Sud, un paysage de collines aussi complexe que morcelé marque l'extension considérable de la nappe « Djemila » rompue par la prédominance de quelques

massifs montagneux (massif du Sud de Ahmad Rachedi, Djebel Ouakissene, Djebel Boucharef) rapportés à la nappe péri-Tellienne sous-jacente et la prédominance de quelques autres (Djebel Moul el Djadiène et Djebel Sénatour) rapportés à l'unité Tellienne supérieure à matériel éboué définitif. De là, on peut voir que le facteur géologique de part son empreinte très marquée dans le milieu physique, a une influence directe sur les autres éléments constitutifs du milieu. Ainsi l'ossature structurale et les formations le composant sont le plus souvent déterminantes sur divers plans : À savoir le dispositif hydrographique, la vulnérabilité du milieu à l'érosion, la répartition géographique des espèces végétales et l'évolution pédogénétique (Zouaidia, 2006).

#### **4. Climat :**

Selon Zouaidia (2006), le climat de la wilaya de Mila est de type méditerranéen, il est globalement caractérisé par deux saisons nettement distinctes :

- L'une humide et pluvieuse s'étendant de Novembre à Avril.
- L'autre chaud et sec allant de mai à octobre.

Le régime pluviométrique est caractérisé par une irrégularité intra et interannuelle, souvent la torrencialité des averses. La concentration des pluies est sur une part assez courte de l'année, mais de manière générale, les précipitations décroissent du Nord au Sud de la région.

-L'espace Nord appartient à l'étage bioclimatique sub-humide. C'est la partie bien arrosée et caractérisée par un niveau de précipitations variant de 600 à 700 mm/an.

-L'espace de piedmonts et de collines est caractérisé par un climat favorable avec des précipitations qui varient entre 400 et 600 mm/an. Cet espace appartient à l'étage bioclimatique sub-humide.

-L'espace Sud des hautes plaines se caractérise par une pluviométrie annuelle moyenne de 350 mm, bien répartie sur l'ensemble de l'année à l'exception de la période estivale qui s'étale de Juin à Septembre.

#### **5. Hydrographie :**

La wilaya de Mila abrite le plus grand barrage d'eau au niveau national : c'est le Barrage Beni-Haroun qui alimente une grande partie de l'Est algérien avec de l'eau potable et l'eau d'irrigation.

Selon Zouaidia (2006), la région Nord de la wilaya est parcourue par un réseau hydrographique dense constitué de petits cours d'eau alimentant d'importants Oueds :

- Oued Enja
- Oued el Kébir
- Oued el Rhumel : qui traverse la région des hautes plaines (d'Est en Ouest) dispose d'importants affluents :
  - Oued Méhari
  - Oued Tajenanet
  - Oued Athmania.

### **6. La végétation de la wilaya de Mila**

La superficie des forêts dans la wilaya de Mila est estimée à 38695 hectares (12% de la superficie totale). Elle est composée de:

- Forêts naturelles dont l'espèce dominante est le chêne liège ;
- Les reboisements du pin d'Alep et du cyprès ;
- Les maquis (maquis de chêne vert, genévrier) ;
- Prairie naturelle de 23040 hectares (8%) ;
- Terre improductive de 16453 hectares (5%) (Kaarouche et boukhari, 2016).

La plupart des plantes spontanées de la wilaya de Mila se développent et fleurissent au printemps grâce aux températures relativement douces de cette saison et grâce à la lumière et à l'abondance de l'eau des neiges. La flore printanière est particulièrement riche. On trouve dans les friches et les prairies une flore spontanée constituée surtout :

D'Astéracées : *Picris echinoides* L., *Anacyclus clavatus* Desf., *Centaurea melitensis* L., *Cichorium intybus* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertn., *Sonchus asper* (L.) Vill., *Grepis vesicaria* L., *Carlina vulgaris* L., *Chrysanthemum segetum* L., *Carlina involucrata* Poiret.

D'Apiacées: *Oenanthe fistulosa* L., *Bupleurum rotundifolium* L., *Daucus grammifer* Lamk., *Torilis nodosa* Gaertn de Brassicacées: *Sisymbrium orientale* L., *Sinapis arvensis* L.

De Poacées : *Cynosurus echinatus* L., *Avena fatua* L., *Hordeum murinum* L., *Bromus mollis* (L.) M. et W., *Géranium dissectum* L., *Bromus rubens* L. De Lamiacées : *Mentha pulegium* L, *Sabvia horminioides* (Pourret.) Pugsl, *Marrubium vulgare* L (Belattar, 2007).

***Chapitre III :***  
***Matériels et méthodes***

## 1. Les données utilisées:

### 1.1. Les données climatiques :

Les données climatiques de la région d'étude ont été téléchargées à partir de la base de données WorldClim via le site web (<http://www.worldclim.org>). Ce dernier fournit des données gratuitement pour usage non-commercial universitaires et autres.

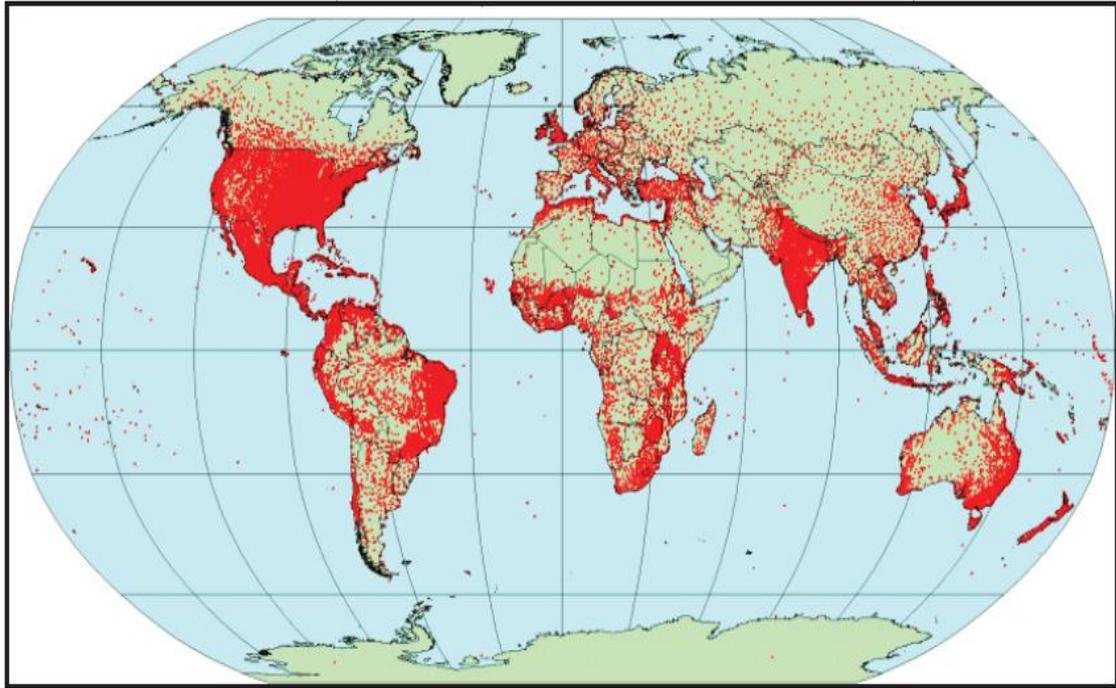
La base de données WorldClim contient, en plus des données mensuelles interpolées relatives aux précipitations et aux températures, un ensemble de 19 paramètres bioclimatiques. Ces données correspondent aux valeurs moyennes pour la période 1950 -2000 et 2050 pour une résolution spatiale de 1km (Hadjadj, 2011).

Les variables téléchargés sont :

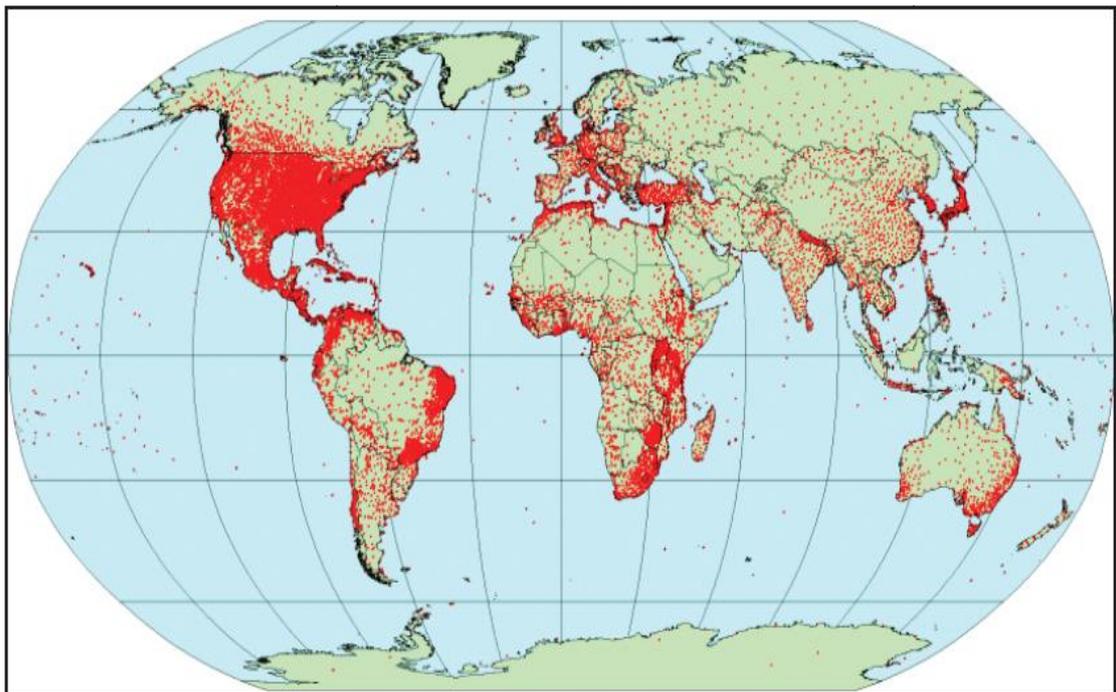
- **T moy** = moyenne mensuelle de la température moyenne (en °C)
- **T min** = moyenne mensuelle de la température minimale (en °C)
- **T max** = moyenne mensuelle de la température maximale (en °C)
- **Prec** = moyennes mensuelles des précipitations (en mm)

La base de données WorldClim se compose des enregistrements de précipitations à partir de 47554 stations (figure 08), la température moyenne de 24542 stations (figure 09) et la température maximale et minimale pour 14835 stations (figure 10) (Hijmans *et al*, 2005).

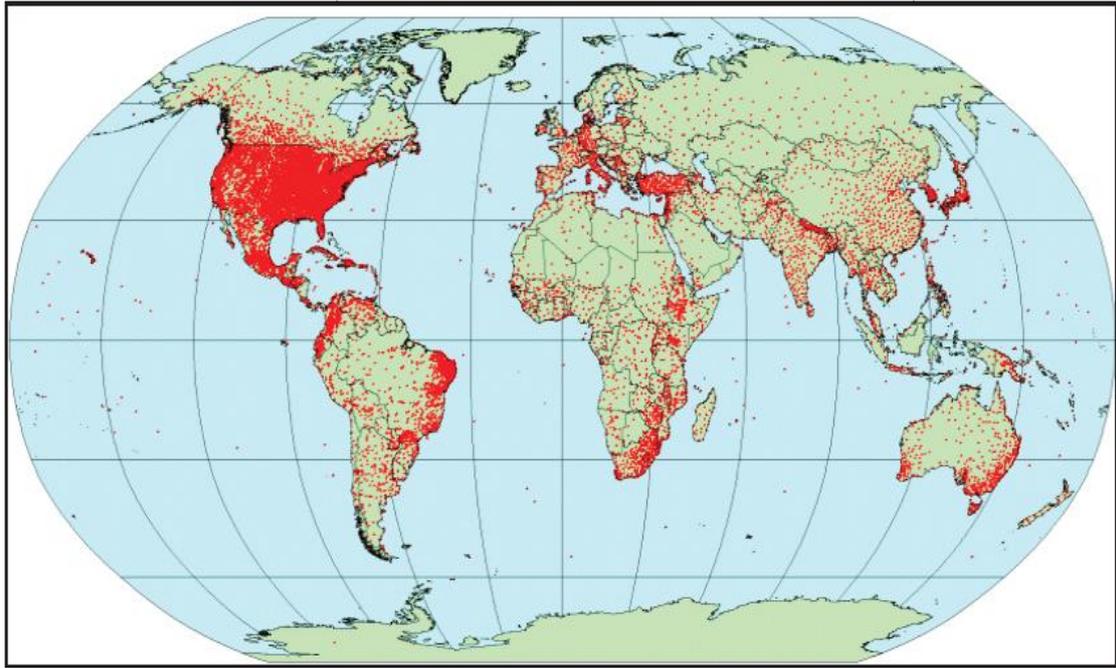
Les cartes ci-dessous montrent la répartition spatiale des stations météorologiques dans le monde.



**Figure 08: Localisation des stations météorologiques des données de précipitation (Hijmans *et al.*, 2005)**



**Figure 09: Emplacement des stations météorologiques des données de la température moyenne (Hijmans *et al.*, 2005)**



**Figure 10: Emplacement des stations météorologiques des données de la température minimale et maximale (Hijmans *et al.*, 2005)**

### 1.2. Matériels informatiques :

Les outils mis à notre disposition sont :

#### 1.2.1. Un ordinateur :

Caractérisé par :

- Un Processeur: Intel (R) Core (TM) i5- CPU 2.27GHz.
- Une Ram de 6 Go
- Un Disque dur de 697 GO
- Un Système d'exploitation : Windows 7 (32 bits).

#### 1.2.2. Logiciel ArcGIS 10.1 :

Nous avons utilisé le logiciel ArcGIS 10.1 pour le traitement des données raster et vectorielles de la région d'étude. Ce logiciel comprend une suite d'applications intégrées : ArcMap, ArcCatalog et ArcToolbox. A l'aide de ces trois applications, nous avons effectué toutes les tâches SIG.

- **L'ArcMap :**

L'ArcMap analyse des données, sous forme de tables ou de cartes. Il facilite la disposition des cartes lors de la mise en pages pour l'impression, et l'édition des documents électroniques. L'interface du logiciel est présentée ci-dessous :



- L’ArcCatalog :

L’ArcCatalog nous a permis d’organiser et de modifier les propriétés des données géographiques.

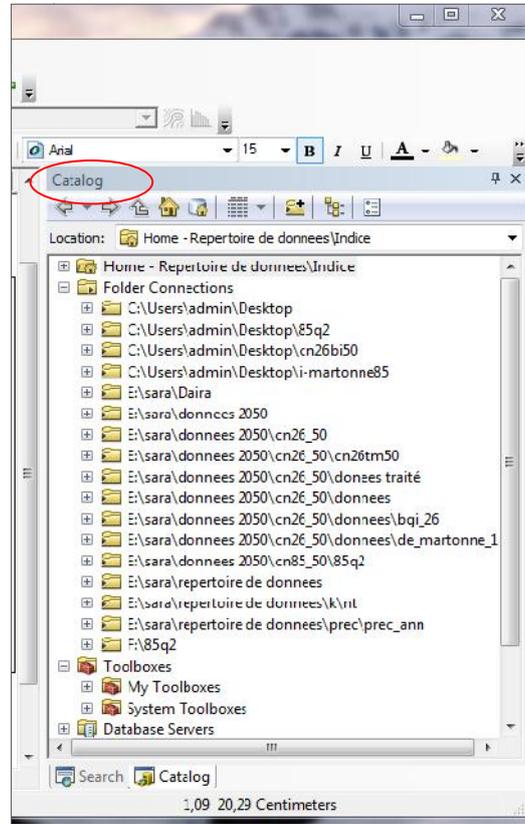


Figure 13 : L’interface ArcCatalog.

## 2. Méthodes :

L’exploitation des fichiers de données s’effectue sous le logiciel ArcGIS (10.1). La calculatrice raster et les fonctions de statistiques de cellules permettent de calculer les indices bioclimatiques (le quotient pluviothermique d’Emberger, l’indice d’aridité de De Martonne et l’indice de Bagnouls et Gaussen).

### 2.1. Calcul des indices bioclimatiques:

La plupart des indices utilisés pour préciser la notion d’aridité font référence aux hauteurs de pluies précipitées, aux températures extrêmes et aussi très souvent à la demande évaporative de l’atmosphère. Ces indices sont en général calculés annuellement (parfois mensuellement) et sont surtout utilisables à petite échelle ( Floret et Pontanier ,1984), nous avons calculé :

**1) L'indice bioclimatique d'Emberger (Q2) :**

Cet indice est donné par la formule suivante :

$$Q2 = \frac{2000 * P}{(M + m + 546,4) * (M - m)} \quad (\text{Emberger, 1955})$$

Où:

P: la pluviométrie annuelle en mm

M: la température maximale du mois le plus chaud en °C (Juillet)

m : la température minimale du mois le plus froid en °C (Janvier)

Selon Mokhtari *et al* (2013), ce quotient particulièrement adapté aux régions méditerranéennes, traduit le rapport entre la quantité des précipitations et la moyenne des extrêmes thermiques (mois le plus chaud et le plus froid), le tout corrigé par l'amplitude thermique extrême (M – m).

**2) Indice de De Martonne :**

L'indice d'aridité (L) de De Martonne est calculé selon la formule suivante :

$$L = P / (T + 10) \quad (\text{De Martonne, 1926})$$

**P** : Précipitation totale annuelle en (mm).

**T** : Température moyenne annuelle en (°C).

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Au niveau mondial, De Martonne a proposé six grands types de macroclimats allant des zones désertiques arides ( $I < 5$ ) aux zones humides à forêt prépondérante ( $I > 40$ ) (Piedallu *et al.*, 2007).

Cet indice prend des valeurs d'autant plus élevées que le climat est plus humide et d'autant plus faibles que le climat est plus sec (tableau 04).

**Tableau 04 : Classification des climats selon l'indice de De Martonne  
(De Martonne 1927 in Farah, 2014)**

Valeurs selon l'indice de De Martonne	Types de climat
$0 < I < 5$	Hyper aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

### 3) Indice d'aridité de Bagnouls et Gaussen :

Nous avons calculé cet indice selon la formule suivante :

$$\text{BGI} = \sum_{i=1}^{12} (2T_i - P_i) \cdot k_i \quad (\text{Bagnouls et Gaussen, 1953})$$

Où:

**T<sub>i</sub>** : température moyenne du mois i en °C ;

**P<sub>i</sub>** : précipitation moyenne du mois i en mm ;

**K<sub>i</sub>**: proportion du mois pendant laquelle  $2T_i > P_i$ .

Il définit comme mois sec ou aride tout mois ayant le rapport entre les précipitations et la température moyenne du mois inférieur à deux, c'est-à-dire quand les pertes en eau (supposées causées par une température trop forte) sont supérieures aux apports (précipitations). Inversement, quand  $P > 2T$ , le mois est considéré comme humide.

**Tableau 05 : Les classes de climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen simplifié  
( Bagnouls et Gaussen 1953 in Mokhtari *et al.*, 2013)**

<b>Classes selon l'indice de Bagnouls et Gaussen</b>	<b>Climat</b>
< -60	Humide et subhumide
-60 à 110	Semi-aride
110 à 270	Aride
> 270	Hyperaride

***Chapitre IV :***  
***Résultat et discussion***

## 1. Variabilité spatiale des paramètres climatiques de la wilaya de Mila :

### 1.1. Les précipitations annuelles :

La carte ci-dessous montre que les précipitations annuelles pour la wilaya de Mila varie entre 380mm à 1171mm. Les valeurs les plus basses sont enregistrées au niveau du Sud de la wilaya (Teleghma, Tadjenanet), alors que les plus élevées sont localisées au Nord (Terai Bainen, Grarem Gouga, Tassadane Haddada).

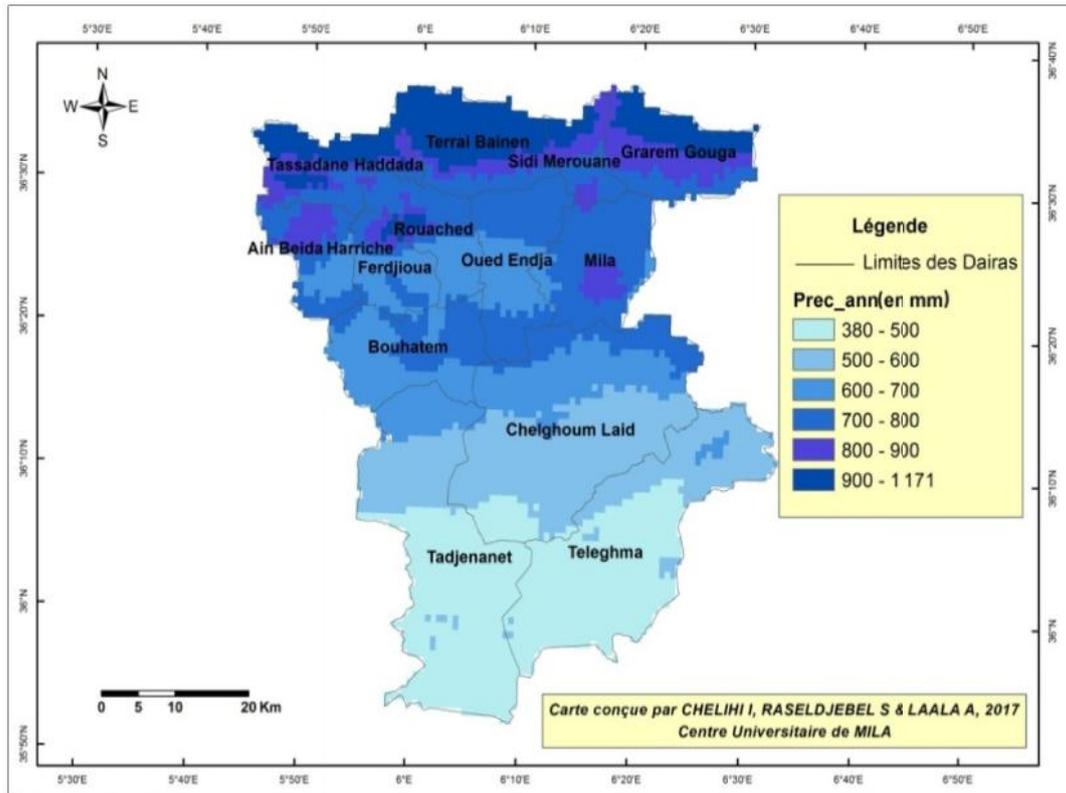


Figure 14 : Carte des hauteurs des précipitations annuelles (1950-2000)

### 1.2. La température moyenne annuelle :

L'analyse de la carte thermique n°15 montre que les températures moyennes annuelles les plus élevées caractérisent une vaste superficie des Daïras suivantes : Sidi Merouane, Oued Endja, Grarem Gouga avec des valeurs qui peuvent atteindre 17°C. Les valeurs minimales de ce paramètre climatique sont enregistrées dans le Nord de la daïra de Terai Bainen et Tassadane Haddada (Fig 15).

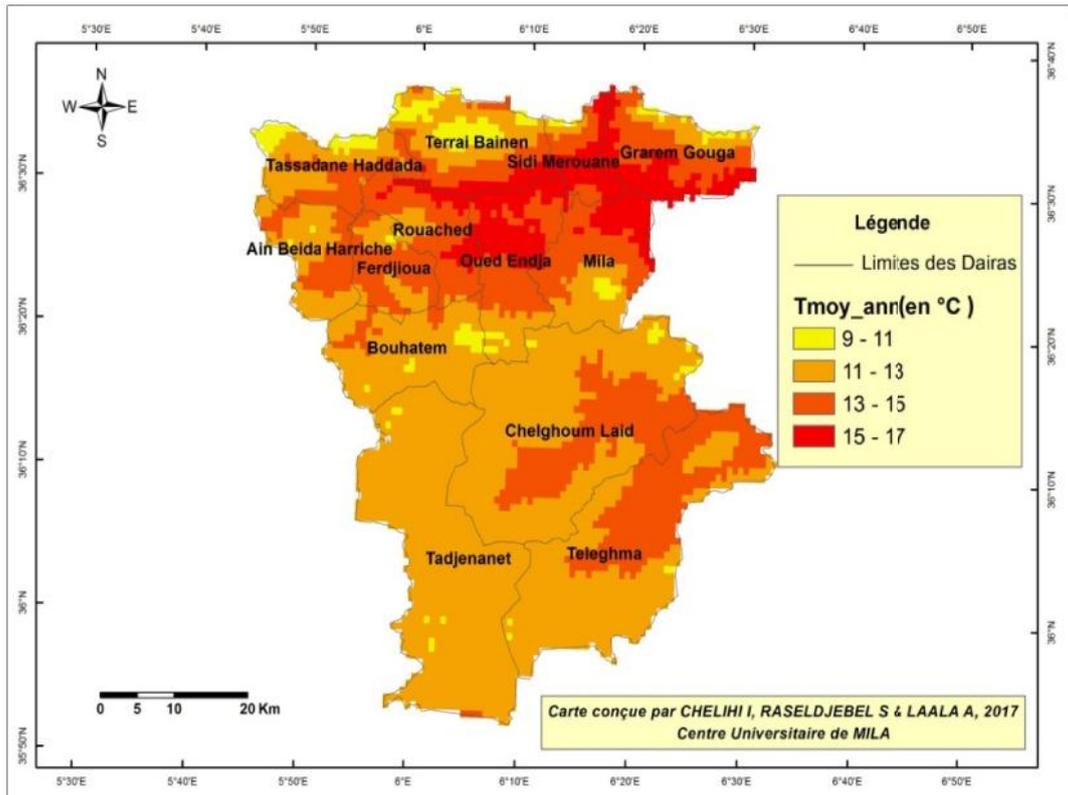


Figure 15 : Carte des températures moyennes annuelles (1950-2000)

### 2.1. Les étages bioclimatiques selon la classification d'Emberger :

La dérivation de la carte des étages bioclimatiques (Fig 16), en se basant de l'indice d'Emberger (Q2) montre l'existence de quatre étages bioclimatiques au niveau de la wilaya du Mila:

- Humide au Nord ;
- Sub-humide au centre ;
- Semi-aride au Sud ;
- Aride enregistré au niveau de quelques pixels situés à l'extrême Sud de la daïra de Tadjenanet.

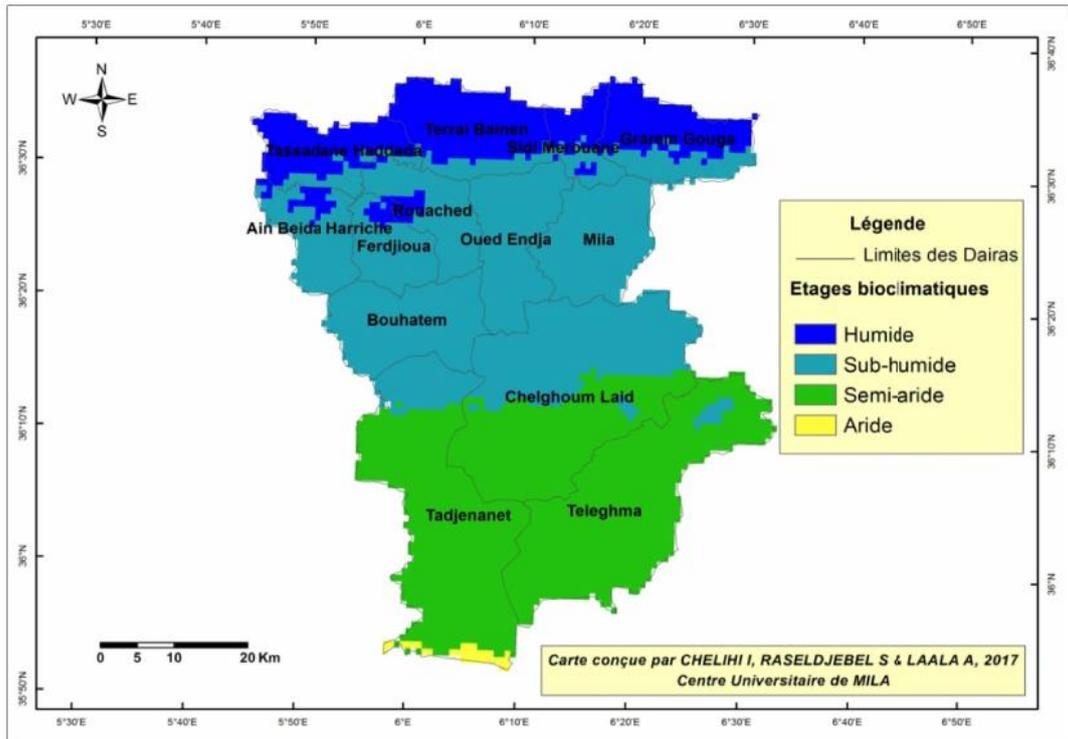


Figure 16 : Carte des bioclimats de la wilaya de Mila selon la classification d’Emberger

La figure 17 montre que l’étage bioclimatique dominant est celui de sub-humide, elle occupe 46% de la superficie totale de la wilaya. Alors que l’étage minoritaire est aride qu’il occupe 1% de la superficie total. Concernant l’étage humide et semi-aride, ils caractérisent respectivement 16% et 37% de la superficie total de la wilaya.

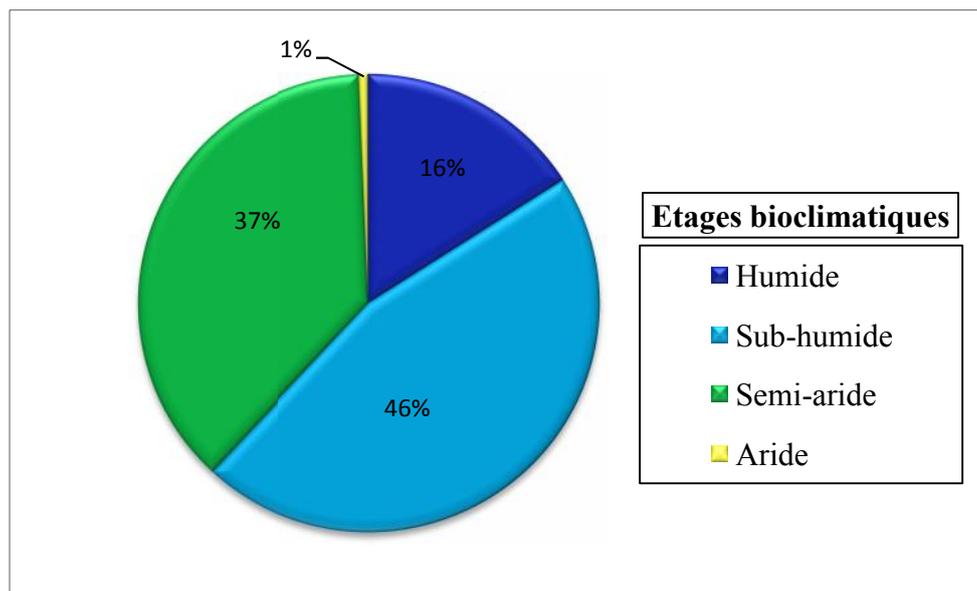


Figure 17 : Superficies (en pourcentage) des étages bioclimatiques de la wilaya de Mila

En terme des Daïras, on remarque que la totalité des superficies des daïras de Oued Endja, Mila, Bouhatem est caractérisée par un climat sub-humide, alors que la daïra de Teleghma est dominée par un climat semi-aride. D'autre part, la daïra de Tadjenanet est la seule touchée par l'aridité où cette dernière caractérise 5 % de la superficie de cette daïra (Fig 16-18).

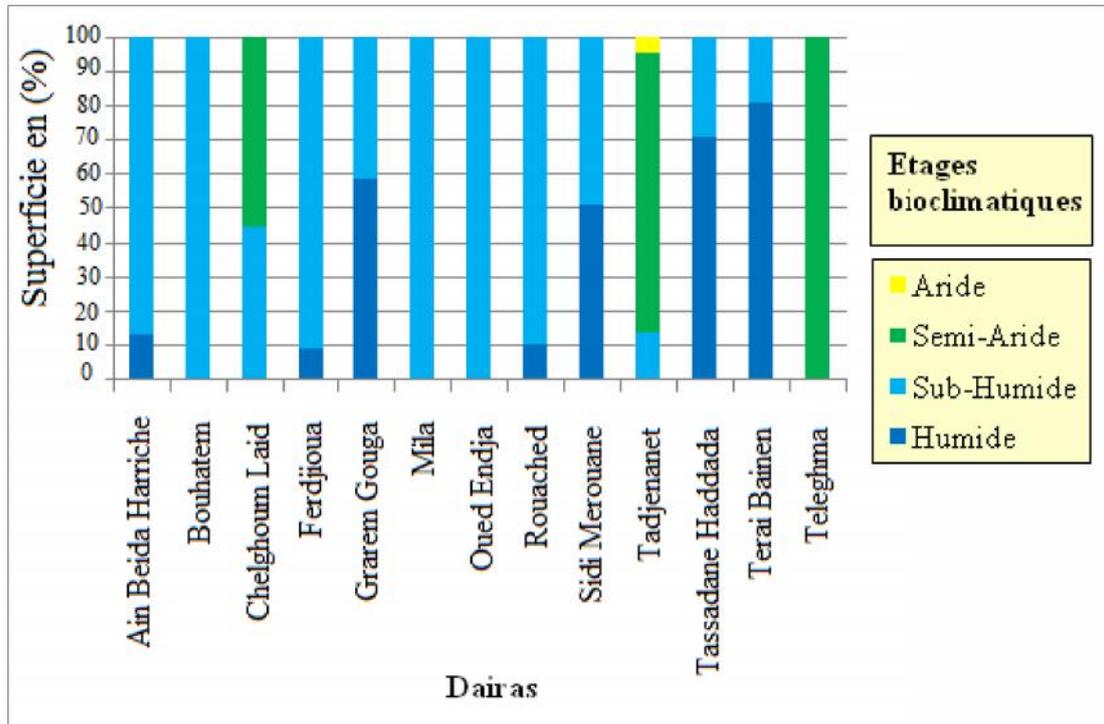


Figure 18: Superficie (en %) des étages bioclimatiques de chaque daïra de la wilaya de Mila (1950-2000)

2.1. Evolution future du bioclimat de la wilaya de Mila :

A) Scénario optimiste :

Selon ce scénario, les daïras qui seront caractérisées par un climat humide sont celles de Grarem Gouga, Ferdjioua et Ain Baida Harriche avec respectivement (159 pixels, 13 pixels, 16 pixels) (Fig 19-20). Donc, les conditions climatiques futures vont provoquer une régression de 5% des superficies à climat humides au niveau de ces régions.

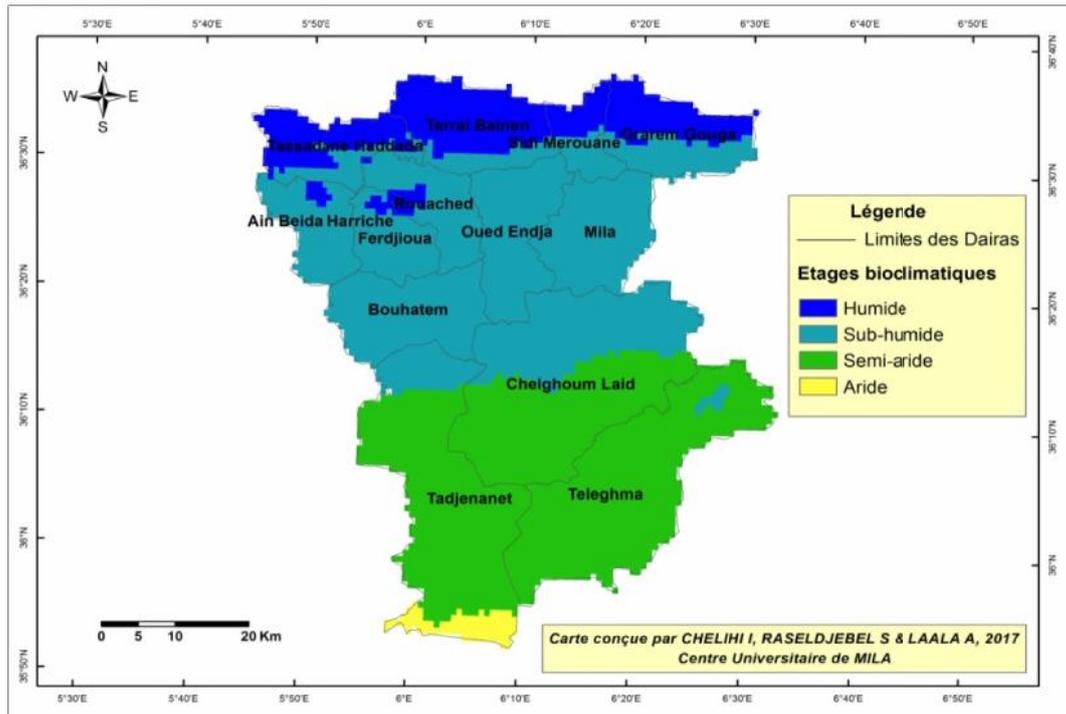


Figure 19 : Carte des bioclimats de la wilaya de Mila prévue par le scénario optimiste

Le climat aride sera observé selon le scénario optimiste au niveau de l'extrême Sud de la daïra de Tadjenanet, où il caractérise une superficie notable égale à 57,9 Km<sup>2</sup> (Fig19). Cette daïra sera caractérisée par une augmentation de 5% de sa superficie à climat aride (Fig20).

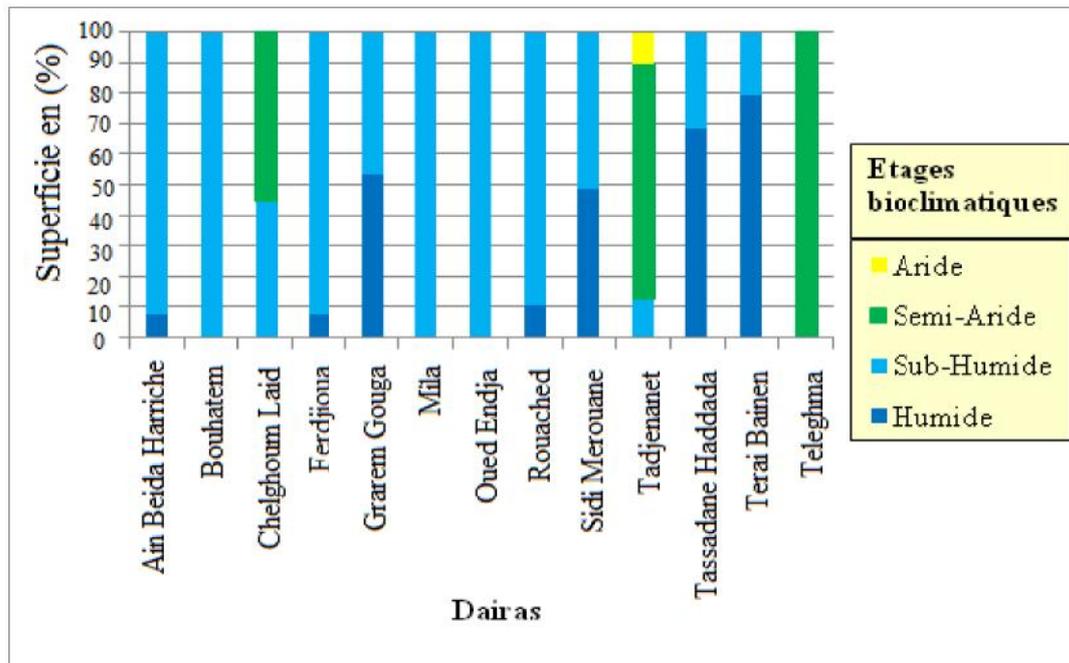
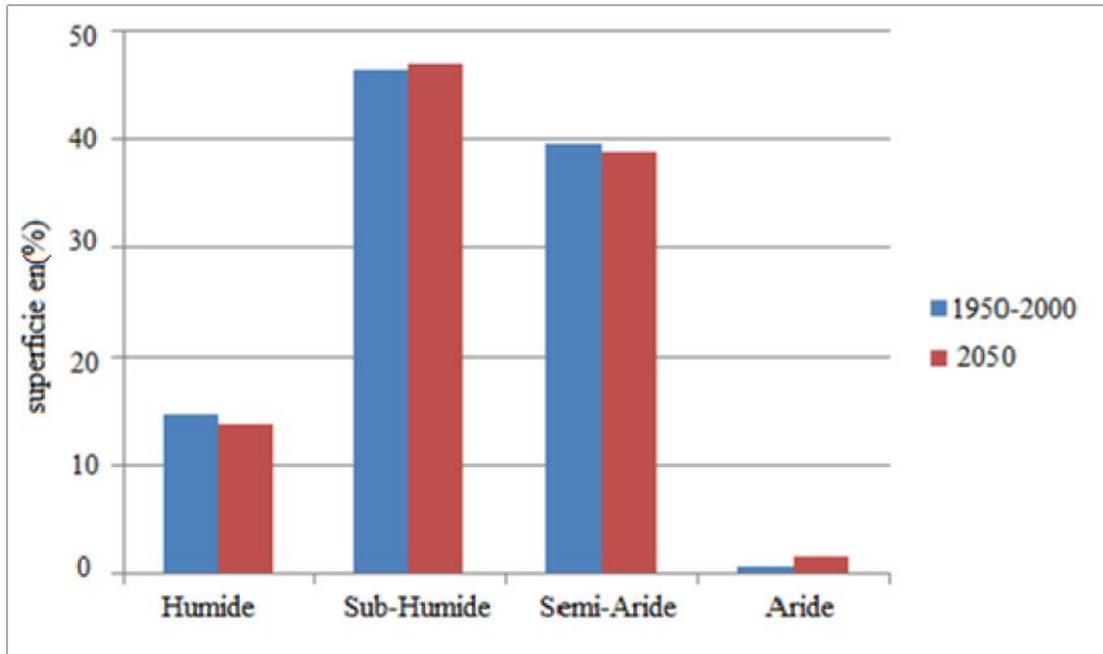


Figure 20 : Superficie (en %) des étages bioclimatiques de chaque daïra de la wilaya de Mila (pour le scénario optimiste)

L'analyse de la variation des étages bioclimatiques entre la période (1950-2000) et 2050 (Fig 21) montre que :

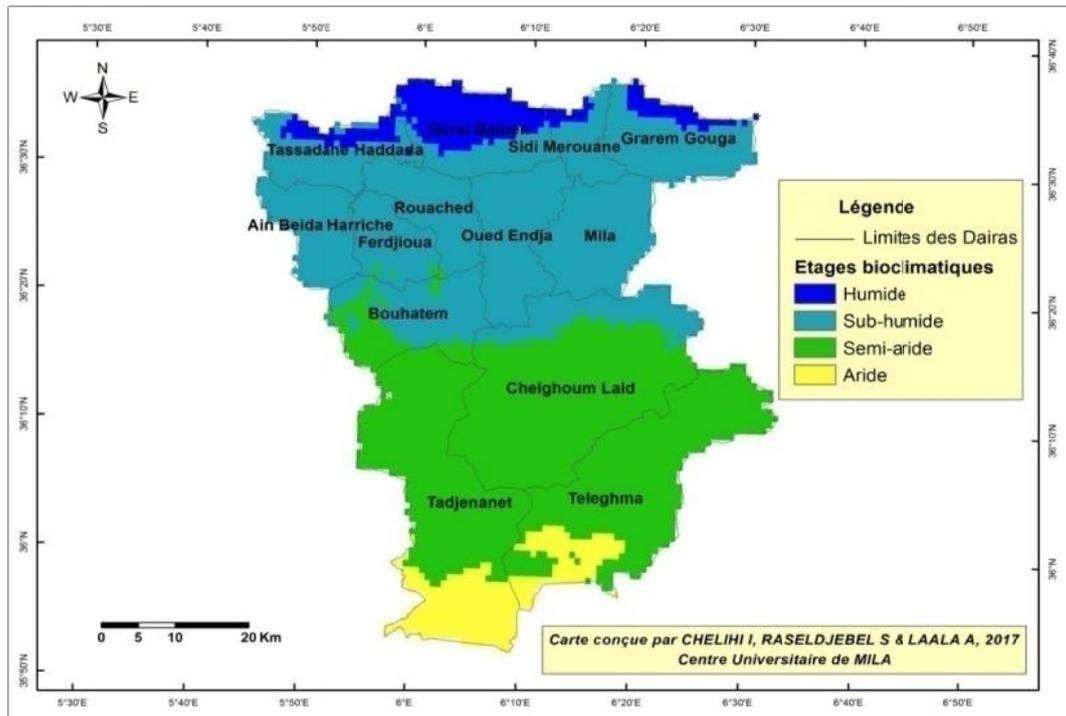
- Les superficies à climat humide et semi-aride seront diminuées avec des pertes de surface variant entre 1 et 6%.
- Les superficies à climat aride seront augmentées avec des gains qui peuvent atteindre 5%.



**Figure 21 : Superficies(en %) des différents étages bioclimatiques calculées pour la période (1950-2000) et pour le scénario optimiste**

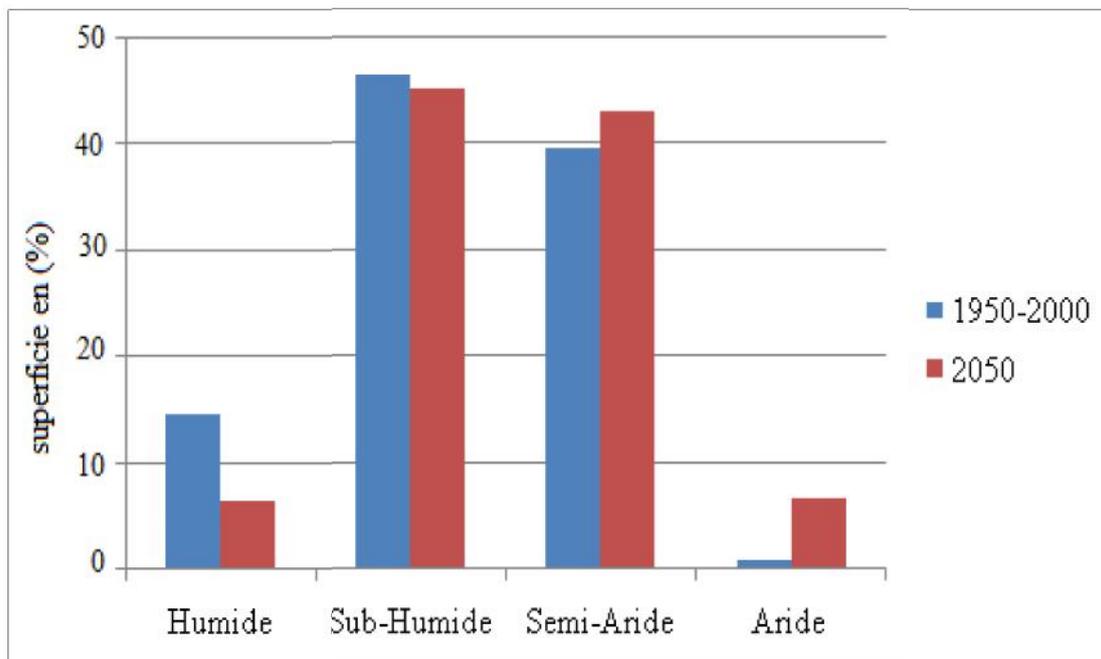
#### **B) Scénario pessimiste :**

Selon ce scénario sévère, l'analyse de la variation des étages bioclimatiques entre les deux séries d'observation (1950-2000) et 2050 montre l'extension, vers le Nord, des superficies à climat aride et la régression des superficies à climat humide et sub-humide.



**Figure 22 : Carte des étages bioclimatiques de la wilaya de Mila prévus pour le scénario pessimiste**

Les superficies à climat semi-aride seront augmentées de 4% et les superficies à climat aride de 6%.



**Figure 23 : Superficies des différents étages climatiques calculés pour la période de (1950-2000) et pour le scénario pessimiste**

Parmi les daïras étudiées, celles qui seront présentées le maximum des pixels où le climat est aride sont les daïras de Tadjenanet et Teleghma, avec respectivement 213 pixels et 221 pixels soit un pourcentage de 26% et 16% (Fig 24). Donc, ces daïras vont connaître, durant l'année 2050, une aridification du climat.

Pour les daïras suivantes : Terrai Bainen, Tassadane Haddada, Sidi Merouane, Grarem Gouga, on observe une diminution des superficies à climat humide qui peut atteindre 30%.

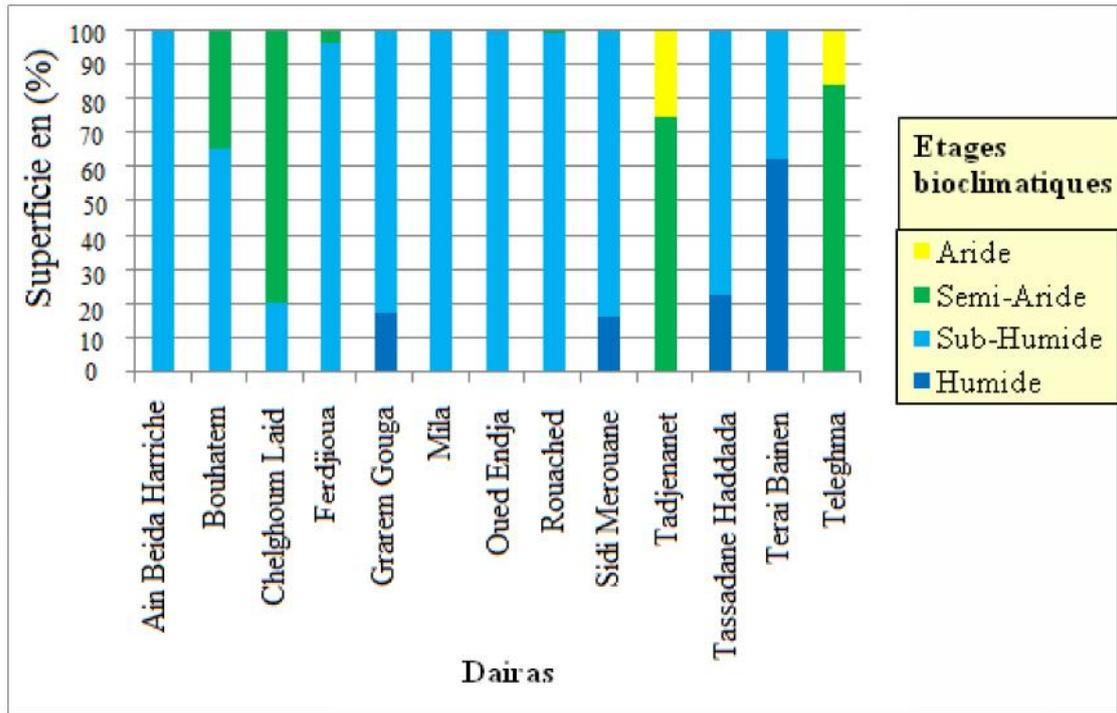


Figure 24 : Superficie des étages bioclimatique de chaque daïra de la wilaya de Mila (pour le scénario pessimiste)

### 3. Détermination de l'indice d'aridité de De Martonne :

Le calcul de l'indice de De Martonne montre la présence de trois classes climatiques au niveau de la wilaya de Mila (Fig 25) :

- un climat humide dans le Nord et le centre de la wilaya qui caractérise la quasi-totalité des superficies des daïras de Terrai Beinen, Tassadane Heddada, Mila ...
- un climat semi-humide qui caractérise les daïras de Chelghoum Laid, le Nord de Tadjenanet et Oued Endja.
- un climat semi-aride dans le Sud de la wilaya (daïras de Tadjenanet, Teleghma et quelques pixels de Chelghoum Laid).

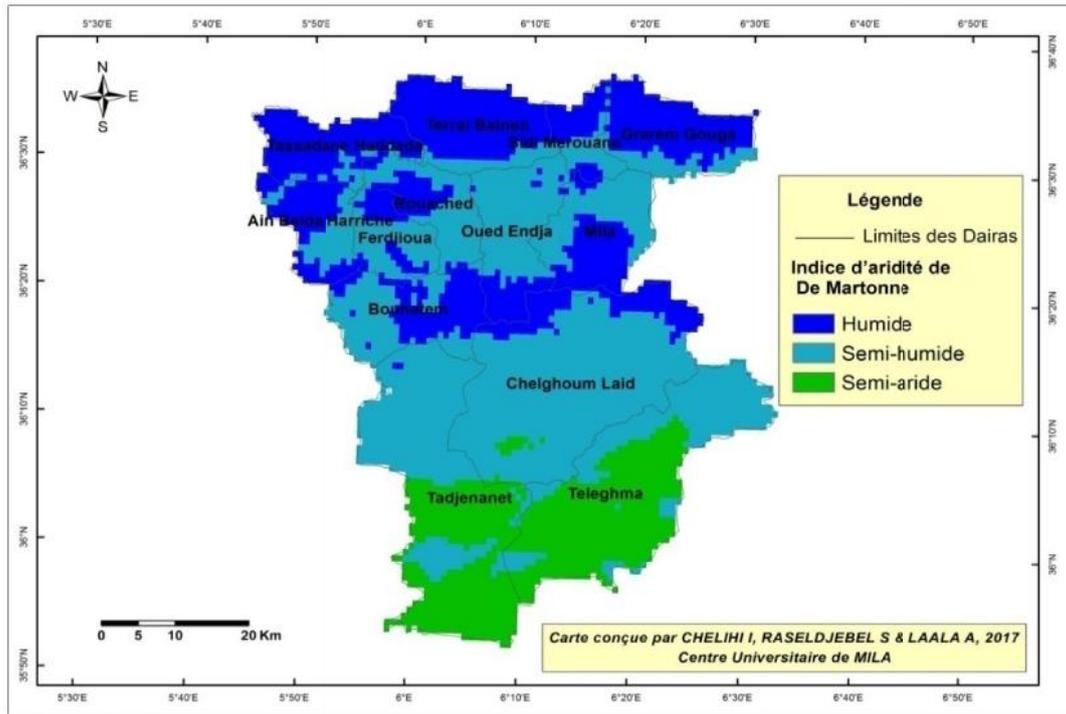


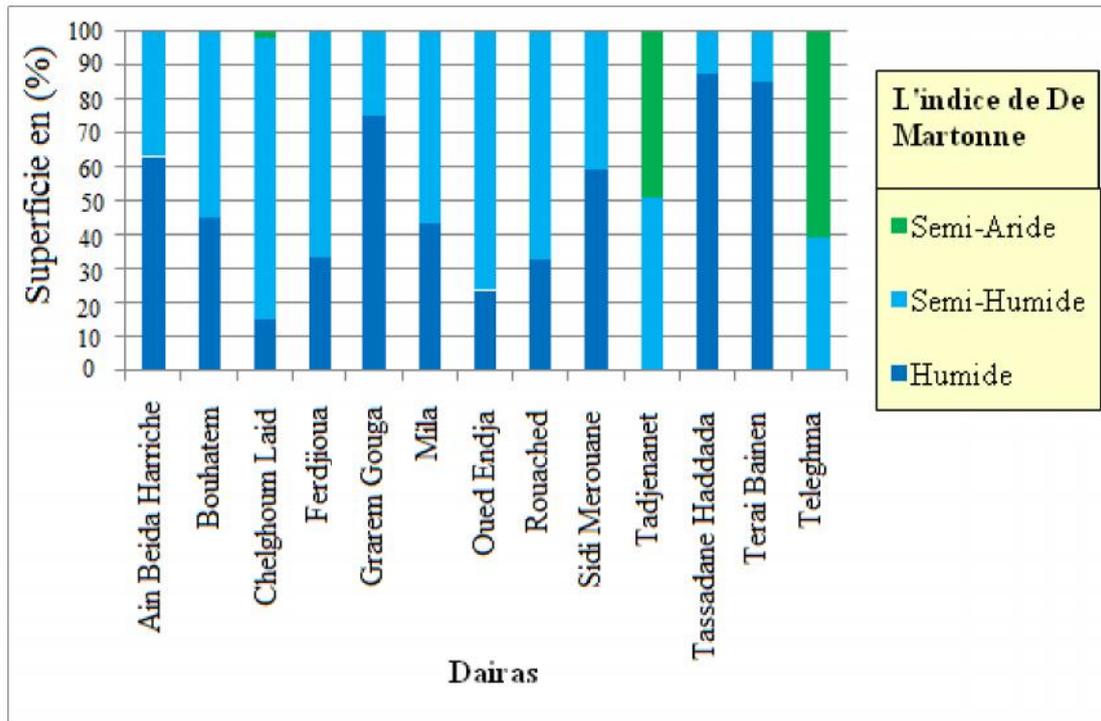
Figure 25 : Indice d’aridité de De Martonne (1950-2000)

Le dénombrement des pixels nous a permis de calculer la superficie relative de chaque climat (tab06).

Tableau 06: Importance des classes de climat selon l’indice de De Martonne

Classe	Types de climat	Superficie totale (en Km <sup>2</sup> )
10 < L < 20	Semi-aride	626,49
20 < L < 30	Semi-humide	1809
30 < L < 55	Humide	1045,04

Selon l’indice de De Martonne la wilaya de Mila est dominée par le climat semi-humide qui caractérise une superficie de 1809 km<sup>2</sup>, soit un pourcentage de 52% de la superficie totale de la wilaya de Mila. D’autre part, le climat semi-aride occupe une faible superficie égale à 30% de la surface totale. On remarque aussi que le climat humide occupe une superficie de 1045,04Km<sup>2</sup>, soit un pourcentage de 18% de la surface totale de la région d’étude (tab 06) (Fig 26 Annexe).



**Figure 27 : Superficie (en %) des types de climat (calculés selon l'indice de De Martonne) pour chaque daïra de la wilaya de Mila**

Parmi les daïras étudiées, celles qui présentent le maximum des pixels où le climat est semi-aride sont : les daïras de Teleghma et Tadjenanet, avec des pourcentages respectivement de 61% et 49% (Fig25-27).

### 3.1. Evolution future de l'indice d'aridité de De Martonne :

#### A) Scénario optimiste :

Selon le scénario optimiste, les daïras de Teleghma et Tadjenanet seront dominé par un climat semi-aride avec des superficies qui représentent respectivement 74% et 66% de la surface totale des daïras.

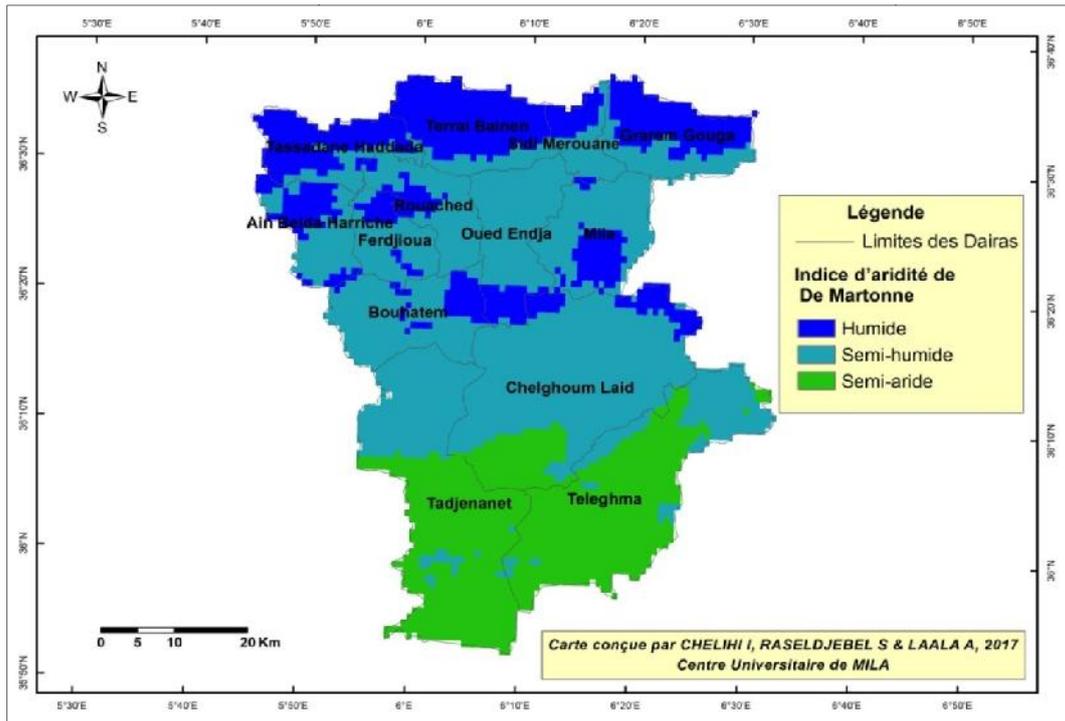


Figure 28 : La carte d'indice de De Martonne en 2050

D'autre part, le climat humide sera observé dans les daïras du Nord et au centre de la wilaya, cependant le climat semi-humide sera caractérisé 85% de la surface totale de la daïras d'Oued Endja, 82% de Bouhatem et 80% de Rouached (Fig 28-29).

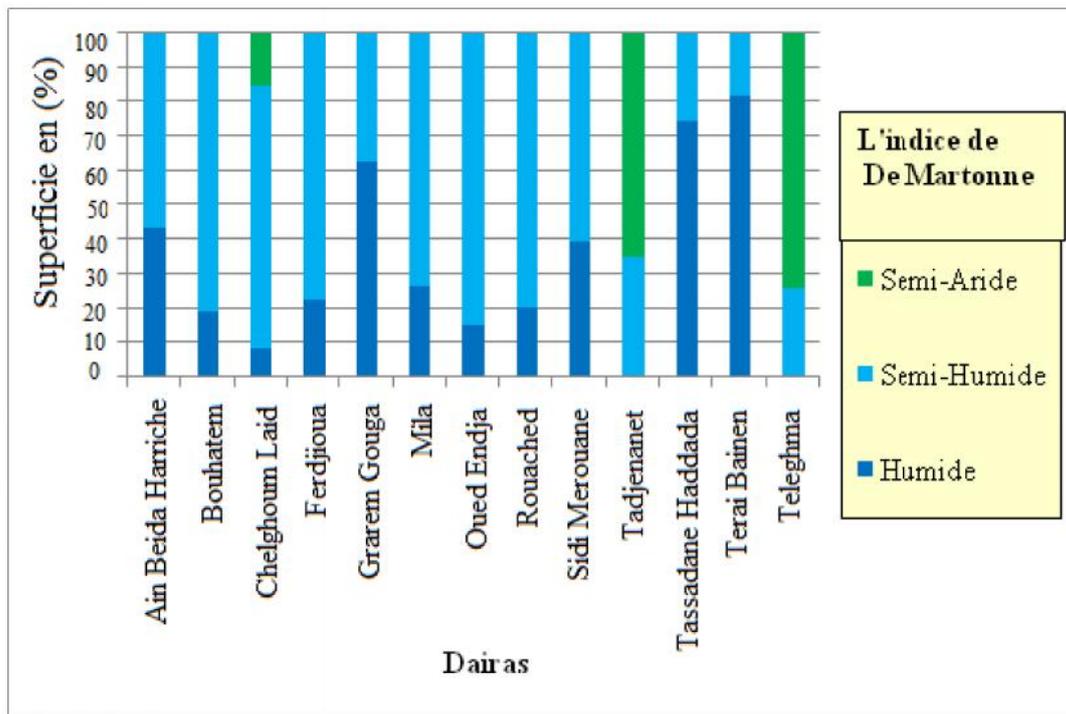
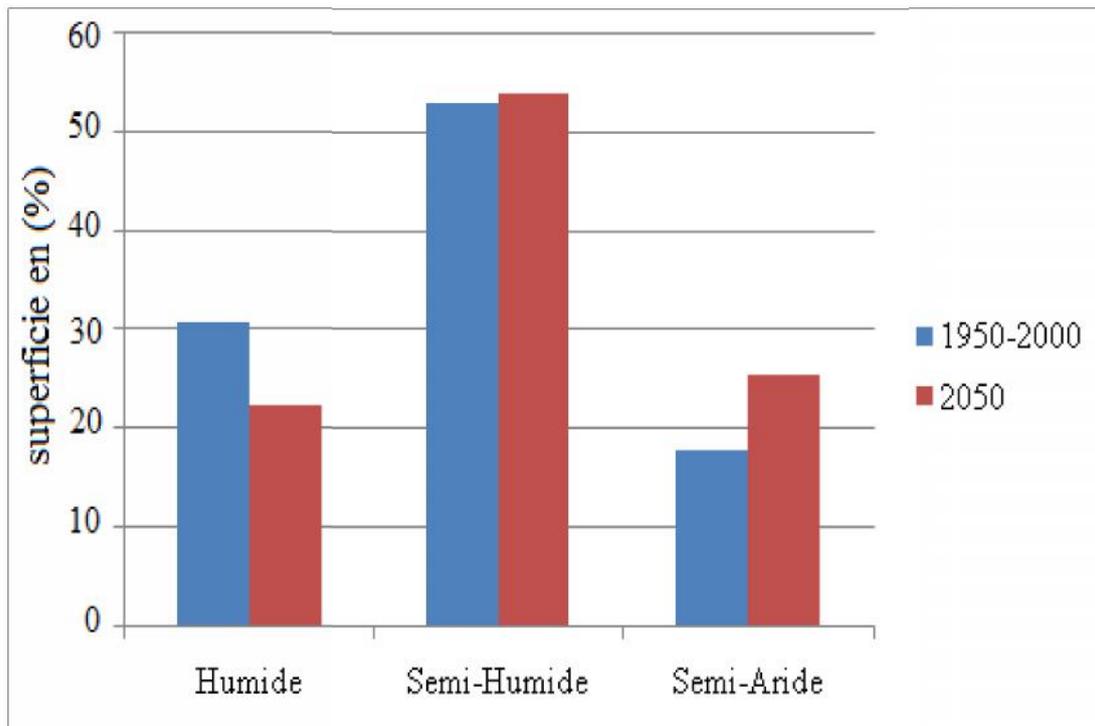


Figure 29 : Superficie des climats de chaque daïra de la wilaya de Mila

En se référant au graphique de la figure 30 présentant les types de climat selon l'indice de De Martonne de la période 1950-2000 et l'année 2050 on remarque que les superficies à climat humide au cours de la seconde période c'est-à-dire 2050 vont connaître une diminution de superficie par rapport à celle de la période (1950-2000).

Concernant les superficies à climat semi-humide et celle semi-aride l'on se rend compte au cours de l'année 2050 seront supérieures à celle de période 1950-2000 (semi-humide de 1% ; Semi-aride de 7%)



**Figure 30 : Superficies des différents types de climat selon l'indice de De Martonne pour la période 1950-2000 et pour le scénario optimiste**

#### **B) Scénario pessimiste :**

D'après les Fig 31 et 32, on remarque que le climat semi-aride sera observé au niveau des daïras suivantes : Teleghma, Tadjenanet et Chelghoum Laid, où elle caractérise une superficie variant entre 55% et 97% de la surface totale de ces daïras (Fig 32).

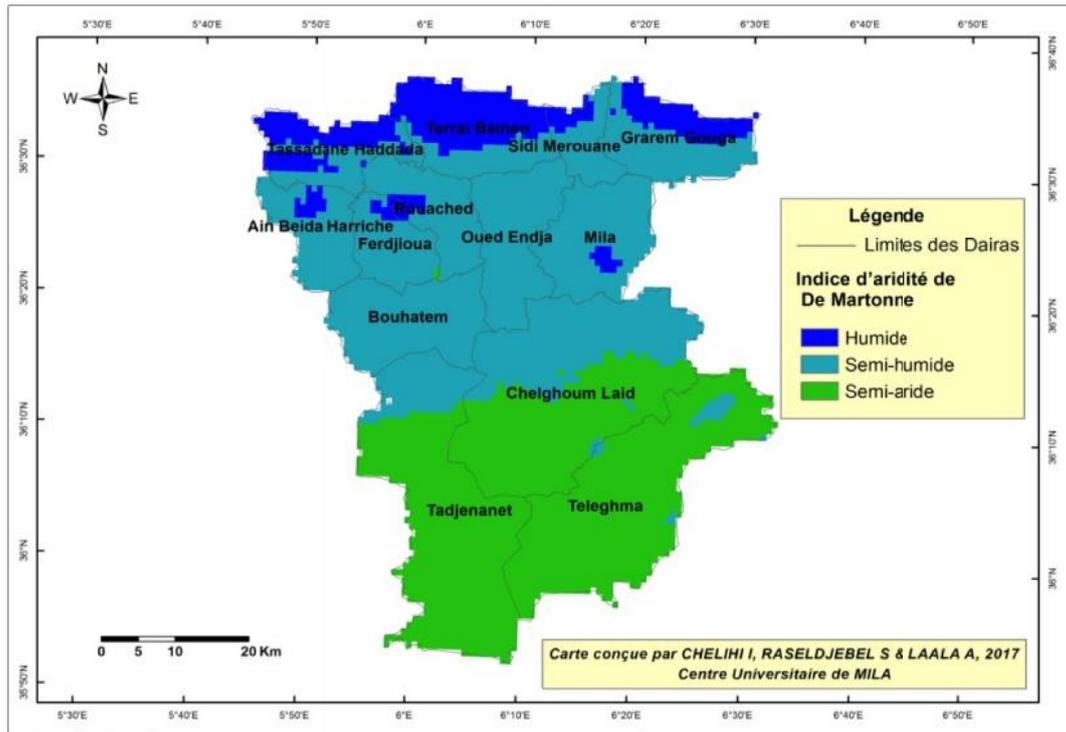


Figure 31 : Indice d’aridité de De Martonne prévu pour le scénario pessimiste

Selon les valeurs obtenus du calcul de l’indice de De Martonne pour le scénario pessimiste, on remarque que les superficies à climat semi-aride seront augmenté considérablement avec un gain égale à 21%.

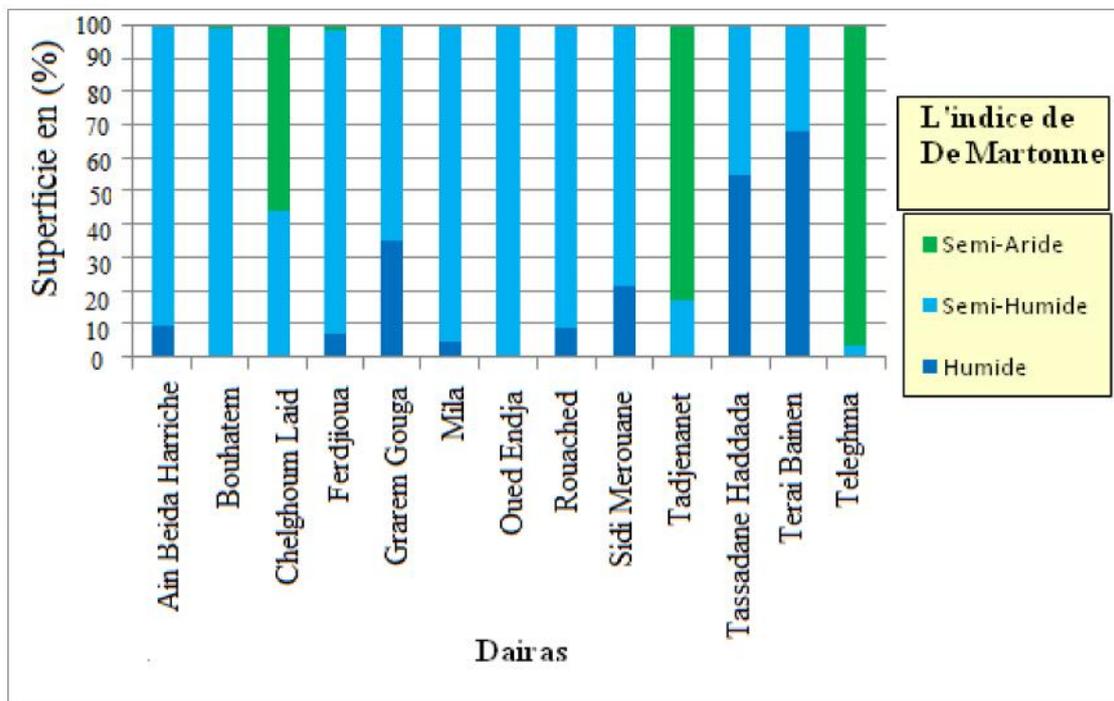
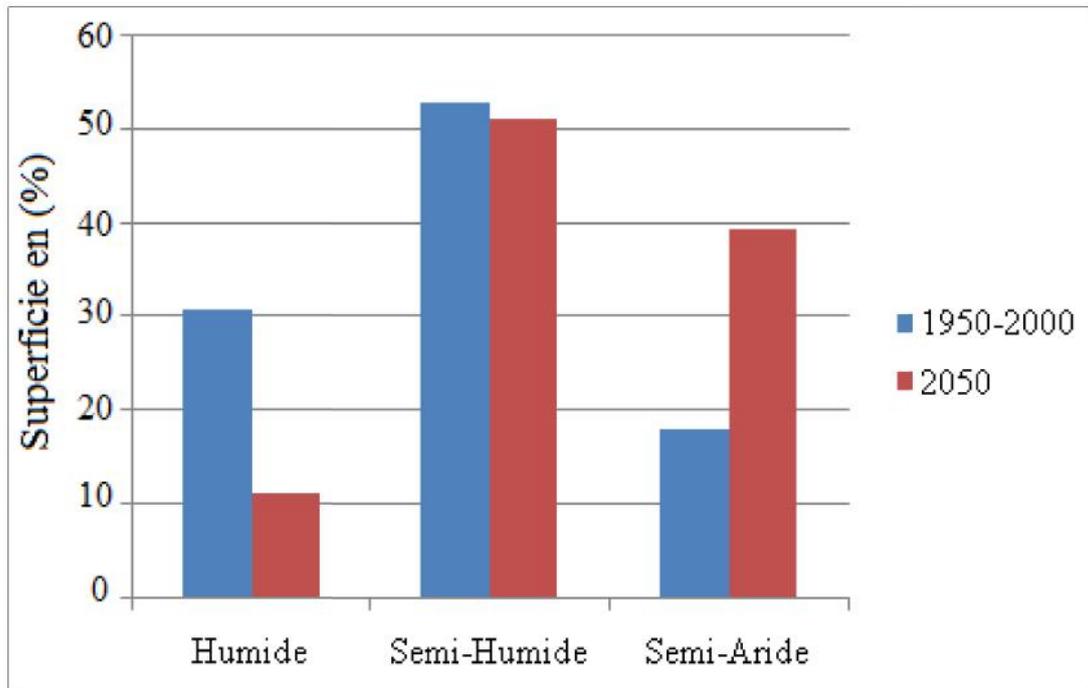


Figure 32 : Superficie (en %) des climats calculé selon l’indice de De Martonne de chaque daïra de la wilaya de Mila (scénario pessimiste)

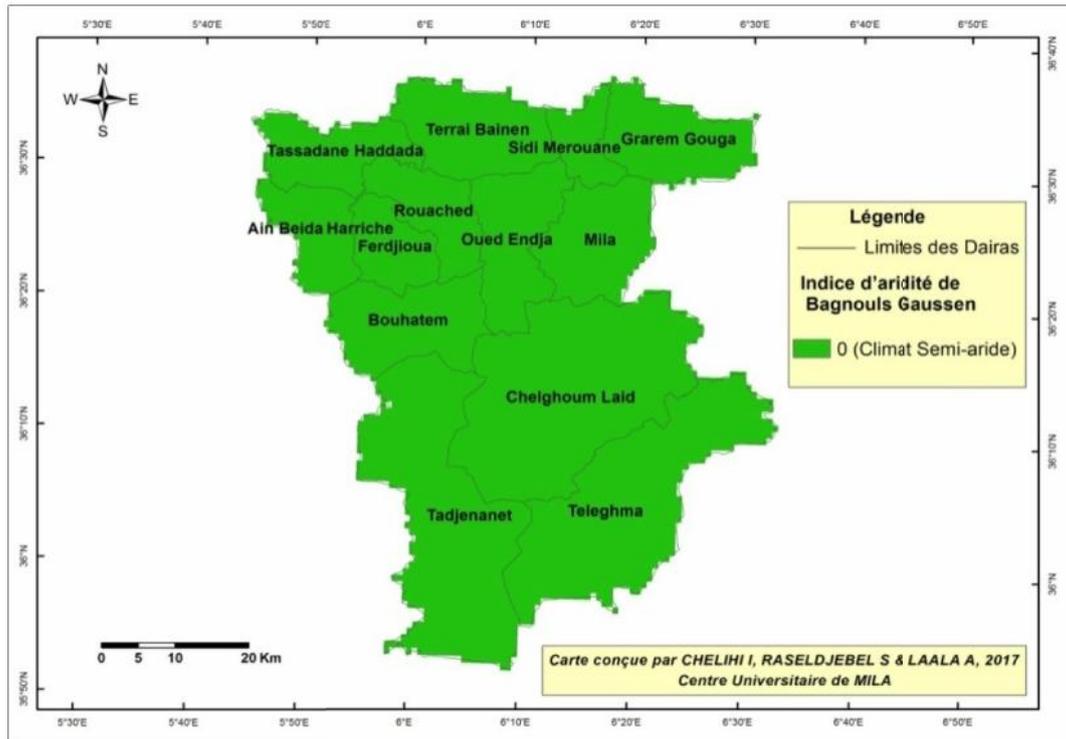
On remarque aussi une régression des superficies à climat humide et semi-humide avec respectivement des pourcentages de 19% et 2% par rapport à la surface totale de la wilaya de Mila (Fig 32-33).



**Figure 33 : Superficies des différents types de climat calculés selon l'indice de De Martonne pour la période (1950-2000) et pour le scénario pessimiste**

#### **4. Calcul de l'indice de Bangouls et Gausсен:**

Le calcul, sous le logiciel ArcGis, de l'indice d'aridité de Bangouls et Gausсен nous a permis de constater que toute la wilaya de Mila est dominé par le climat semi-aride (Fig 34).



**Figure 34 : Indice d’aridité de Bagnouls et Gausson calculé pour la wilaya de Mila**

Les figure 35 et 36 montrent que 81% de la superficie totale de la wilaya de Mila présente 4 mois secs durant l’année. Les pixels qui affichent 3 mois secs occupent une superficie de 661,30 km<sup>2</sup>, soit un pourcentage de 19% de la surface totale de la wilaya.

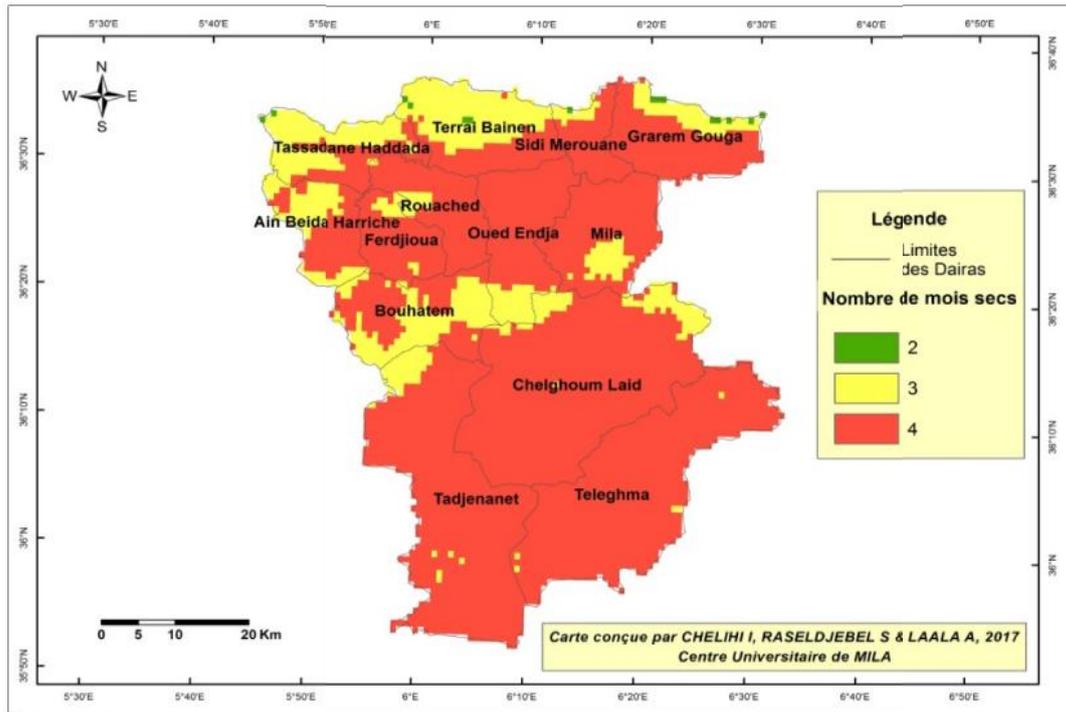


Figure 35 : Carte représente le nombre de mois secs enregistré dans la wilaya de Mila

Les pixels qui enregistrent deux mois secs durant l’année sont négligeables, ils représentent une faible superficie (0.1Km<sup>2</sup>) (tableau 07, Annexe).

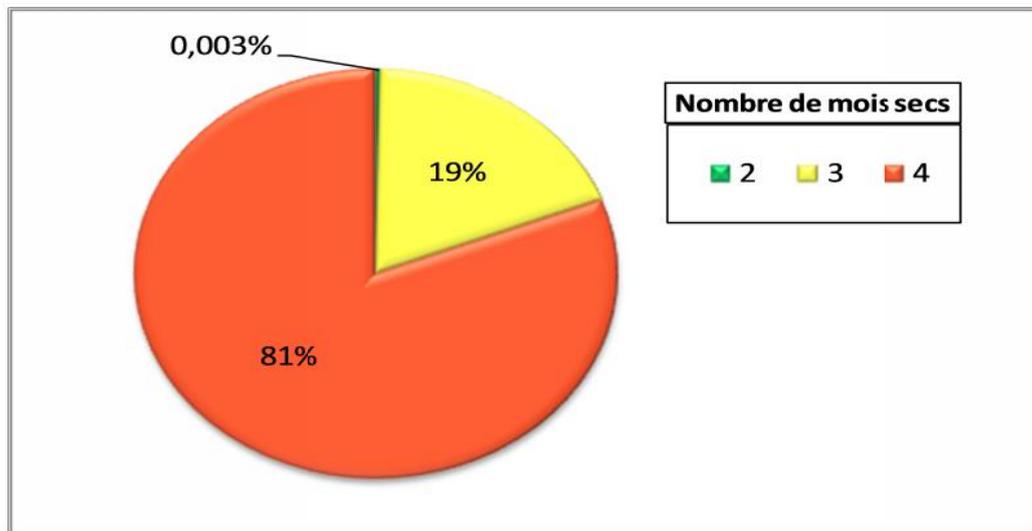


Figure 36 : Superficies (en %) caractérisées par un nombre de mois sec

Nous avons essayé aussi au cours de ce travail de calculer l’indice de Bangouls et Gaussen pour le scénario optimiste et pessimiste mais les résultats montrent que le climat semi-aride de la wilaya de Mila ne seront pas changé pour les deux scénarios.

**5. La corrélation entre les différents indices climatiques :**

L'analyse du tableau 08 montre une corrélation parfaite et négative entre le Quotient d'Emberger (Q2) et l'indice de De Martonne ainsi et l'absence des corrélations entre les autres indices (Indice de De Martonne et Indice de Gaussen), (le Quotient d'Emberger (Q2) et Indice de Gaussen).

**Tableau 08 : Matrice de corrélation entre les différents indices climatiques**

Indice	Quotient d'Emberger Q2	Indice de De Martonne	Indice de Bangouls et Gaussen
Quotient d'Emberger Q2	1		
Indice de De Martonne	-1	1	
Indice de Bangouls et Gaussen	0	0	1

# *Conclusion*

### **Conclusion :**

L'objectif principal de ce mémoire consistait à délimiter spatialement les différents étages bioclimatiques et les zones climatiquement arides dans la wilaya de Mila par le traitement des données pluviométriques issus de la base de données WorldClim et grâce aux logiciels correspondants.

Les cartes issues de cette étude montrent que cette wilaya est caractérisée par quatre étages bioclimatiques :

- Humide au Nord de la wilaya ;
- Sub-humide au centre ;
- Semi-aride au Sud ;
- Aride au niveau de quelques pixels situés à l'extrême Sud de la daïra de Tadjenanet.

L'analyse des indices d'aridités et la cartographie des étages bioclimatiques de la wilaya de Mila pour la période (1950-2000) et l'horizon 2050 montre une augmentation des superficies à climat aride et une diminution des superficies à climat humide.

L'indice pluviométrique d'Emberger et l'indice d'aridité de De Martonne montrent que le Sud de la wilaya de Mila tend vers l'aridification.

L'augmentation d'aridité prévue pour l'horizon 2050 peut résulter soit d'un changement climatique induit par l'homme, soit d'une variabilité climatique dont les causes sont naturelles, ainsi cette augmentation peut faire partie d'un cycle climatique naturel ; dans les deux cas l'évolution de régime pluviométrique dans le futur lointain restent incertaine.

La comparaison des différents indices d'aridité permet de conclure que l'indice de De Martonne, le plus facile à calculer, reste très satisfaisant pour des études de niveau national, sa corrélation est parfaite avec l'indice d'Emberger.

Nous concluons aussi que les SIG sont désormais indispensables pour mener à bien toute recherche et tout développement surtout dans le domaine de la bioclimatologie.

*Références  
Bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

---

### **Références bibliographiques :**

- ✓ ANIREF, (2011), Rubrique Monographie Wilaya, Wilaya de Mila. 5 pages. p3
- ✓ Azizou A et Madani H., (2015). Contribution à l'étude climatique et bioclimatique du barrage Ghrib dans la wilaya d'Ain defla.. Mémoire de master. Université de Djillali Bounaama Khemis Miliana., p6-9-10-11.
- ✓ Bakari Sankara T, (2010). Variabilité climatique et gestion des ressources naturelles. Cas de la forêt classée et réserve partielle de faune de Gonse au Burkina Faso. Mémoire de master. Université de Ouagadougou. p13 .
- ✓ Belattar H, Daffri, (2014). Inventaire de la faune acridienne (Orthoptera, Caelifera) dans la région de Mila et l'étude du régime alimentaire de l'espèce Pamphagus sp.
- ✓ Bouregbi I, (2014). Causes et conséquences des feux de forêts sur la production du liège dans les subéraies du Nord - Est algérien -Essai de valorisation et réhabilitation. Mémoire de magister. Université Constantine 1. p 72
- ✓ Daget P., (1977). Le bioclimat méditerranéen ; analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetation*, p 34, 2, 87, 103.
- ✓ DE Martonne E., (1927) *Traité de géographie physique, I. Notions générales, hydrographie.* Armand Colin, Paris. 429 p.
- ✓ Département des forêts, Foresterie en zones arides - Guide à l'intention des techniciens de terrain rapport, FAO 1992, Disponible en line <http://www.fao.org/docrep/t0122f/t0122f00.htm#Contents>
- ✓ Doula H, Ferhat R., (2014). Entomofaune de l'olivier dans la région de Mila. Mémoire mastère. Université Constantine 1. p 55 .
- ✓ El Khatri S, (2003). Manuel du cours de climatologie 1AS météo. Direction de la Météorologie Nationale Centre National de Recherches Météorologiques. P04-05-06.
- ✓ Emberger L, (1930). La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. gén. Bot.* 3. p 183-246.
- ✓ Emberger L. (1955). Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. 48p.
- ✓ Farah A, (2014). Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est Algérien. Mémoire magistère. Université constantine. 127p, p26.27.28. 100.

## *Références bibliographiques*

---

- ✓ Floret et Pontanier ,1984 : Aridité climatique, Aridité édaphique. *Pédologie à l'O.R.S.T.O.I.M., Paris, France* .p266
- ✓ Hadjadj M, (2011),Apport des SIG et des images satellites pour la cartographie numérique de la forêt du Chettabah (Wilaya de Constantine) (Modélisation climatique et classification). Mémoire magistère. Université Elhadj lakhdar Batna. p 41.
- ✓ Hijmans R. J., Cameron S., Parra J. L., Jones P. G. & Jarvis A., (2005)., Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, Vol. 25p
- ✓ Guerreiro F, (2012) Fiches d'aide a ArcGis 10.x Desktop. p1-2-3-4.
- ✓ Guyot G, (1999). *Climatologie et Environnement*. DUNOD ,2eme édition. p525
- ✓ Kaarouche A ,Boukhari K, (2016). Contribution à la Biodiversité de la faune des Orthoptères (Orthoptera \_ Insecta) dans quelques stations du Nord est algérien (Mila, Batna, et Sétif). Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.p16-17
- ✓ Kaboul A, (2016 ). Etude des croûtes biologiques des sols des zones arides(cas De la région d'Ouargla et la région de El'Oued). Mémoire master académique. Université de kasdi merbah- ourgla.67 p, p3. 4.
- ✓ Kosmas C., Gerontidis S.T., Detsis V., Zafiriou T. H. et Marathianou M. (1999). Application of the MEDALUS methodology for defining ESAs in the Lesvos island. *European Commision*
- ✓ Le Houerou H N et Claudin J et Pouget M, (1977). Etude bioclimatique des steppes algériennes. p 40
- ✓ Le Houerou H.N, (1969). La végétation de la Tunisie steppique (avec référence aux végétations aflalogues d'Algérie, de Libye et du Maroc), *Ann. lmt. Rech. agron. Tunisie*, 42 (5). 624 p. 1 carte.
- ✓ Le Houerou H.N, (1975). Le cadre bioclimatique des recherches sur les herbages méditerranéens. *l Géogofili*, 21, Ser. 7. p 57-67.
- ✓ Madani D, (2008). Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone a déficit hydrique. Mémoire magistère. Université de Batna. p5.

## *Références bibliographiques*

---

- ✓ Mokhtari N, Mrabet R, Lebailly P, Bock L., (2013). Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2014) 2 (1):50-66.* p50- 51-52.
- ✓ Nedjraoui D, Boughani A, (2009). Interaction changements climatiques désertification en Algérie: Vulnérabilité des écosystèmes à la sécheresse et principes d'adaptation et Hirche A. Université des Sciences et de la Technologie, Algérie. 36p, P 07.
- ✓ Nedjraoui D et Bedrani S, (2008). La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte.
- ✓ Nedjraoui D, (2012) profil fourrager Algérie Rapport FAO 2012 pp35, Disponible en ligne : <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/algeria/algerie.htm>
- ✓ Ouldbba A, (2000). Hommes terres et eaux. p8
- ✓ Prado G, Merot P, Clement P, Goubert E, Dufour S, Molinero L., (2012). le changement climatique dans le morbihan impacts, vulnérabilité et adaptation. p 2-3
- ✓ Piedallu C., Lebourgeois F., Gégout J.C., Seynave I., Vepierre R. LERFOB – AgroParisTech-ENGREF – Nancy Cluzeau C., Nédeltcheva T., Bruno E., IFN., (2007). Projet Développement, spatialisation et validation d'indices bioclimatiques, Rapport final.
- ✓ Kherief naceraddine S, (2006). Etude de la variabilité des températures extrêmes et pérennité des arbres urbains dans la région de Constantine. Mémoire de magistère. Université mentouri Constantine. p 13
- ✓ Tabet S, (2008). le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière. Mémoire de magistère. Université de mentouri Constantine. p 09-10 .
- ✓ Tir K, (2009). Climagramme d'Emberger Analyse Et Correction Dans Quelques Stations Meteorologiques De l' Est Algérienne. Mémoire de magistère. Université de mentouri Constantine. 113 p, p 04.
- ✓ Veltz I, Ifé-Ens de Lyon LTG Roosevelt., (2015), Les Climats du Futur, rev. p 01.
- ✓ Yahia cherif T, (2007), Sur l'environnement dans les zones arides Guide Educatif pour l'Enseignant. p 15.

## *Références bibliographiques*

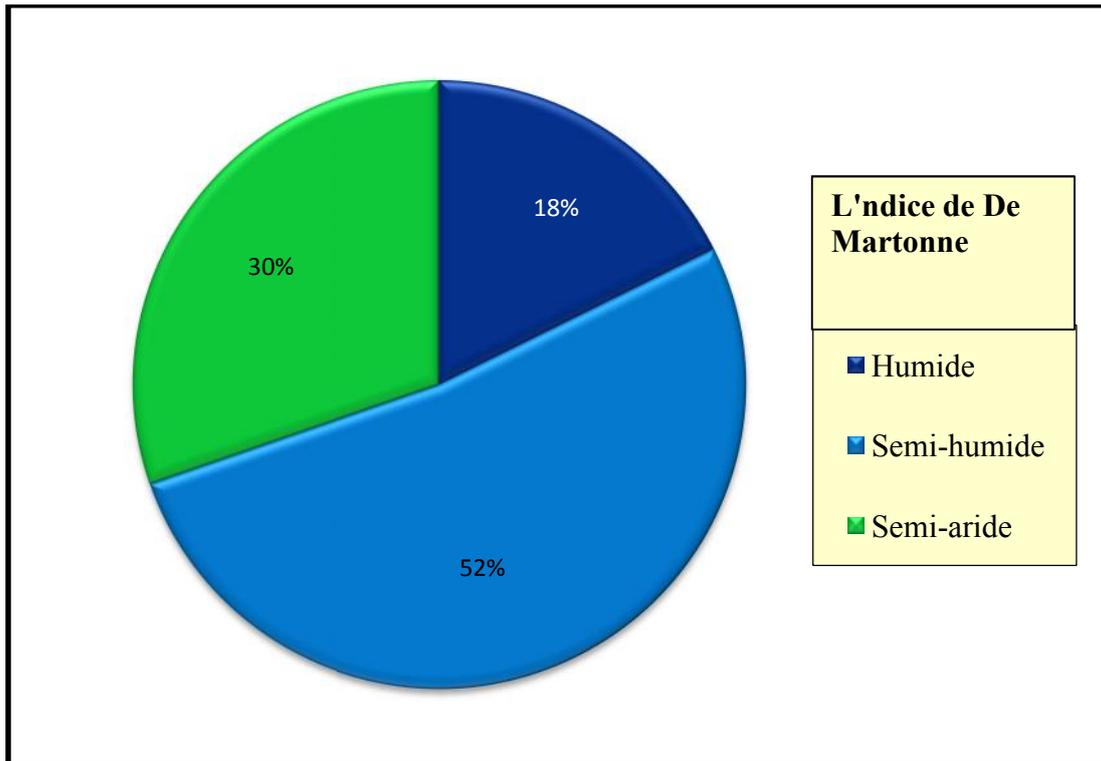
---

- ✓ Zouaidia H, (2006). Bilan des incendies de forets dans l'Est algérien cas de Mila, Constantine, Guelma, Souk-Ahras. Mémoire magistère. Université mentouri de constantine. p 3-5 .

# *Annexe*

**Tableau 07 : Importance spatiale du nombre de mois secs**

Nombre de mois secs	2	3	4
La superficie	0.1044Km <sup>2</sup>	661,3026Km <sup>2</sup>	2819.2374Km <sup>2</sup>



**Figure 26 : Répartition graphique de la superficie des étages climatique Selon l'indice de De Martonne**

# *Résumé*

### **Résumé :**

Dans le cadre de cette étude nous avons essayé de cartographier les étages bioclimatiques de la wilaya de Mila, leur extension et leur évolution future, tout en essayant de déterminer spatialement les zones climatiquement arides. L'analyse a été orientée vers l'utilisation des données pluviométriques, issues de la base de données WorldClim, qui sont soumises à une série de traitements effectués sous le logiciel SIG: ArcGIS.

La dérivation de la carte des étages bioclimatiques, en se basant sur le diagramme d'Emberger (Q2) montre l'existence de quatre bioclimats au niveau de la wilaya de Mila, allant de l'humide jusqu'à l'aride. Le dénombrement des pixels nous a permis de constater que l'étage bioclimatique dominant est celui de Sub-humide et que les zones arides sont presque négligeables (elles ne représentent que 1%). D'autre part, le calcul de l'indice de De Martonne montre que le climat aride est inexistant dans la wilaya de Mila. La répartition spatiale des pluies indique aussi que toute la wilaya reçoit plus de 380mm annuellement.

Ainsi, selon le scénario climatique optimiste, la superficie des zones à climat aride, dans la wilaya de Mila, sera augmentée de 26,0252 km<sup>2</sup> à 57,5295 km<sup>2</sup> (soit un gain de 31,5043 km<sup>2</sup>). Par contre, les zones à climat humide pourront connaître une régression de leurs surfaces avec une perte de 28.0799 km<sup>2</sup>. Pour le scénario le plus sévère (le scénario pessimiste), l'étage aride va connaître aussi une extension remarquable (gain de 202.7233 %) au détriment des étages bioclimatiques humide et subhumide qui vont connaître une chute importante de leurs superficies et une profonde redistribution spatiale. Enfin, on peut dire que l'étude du climat régional et de son évolution apparaît indispensable à l'appréhension des menaces qui pèsent sur la biodiversité régionale.

**Mots clés:** Bioclimat, aridité, scénario climatique, SIG, Mila.

### **Obstract :**

In the framework of this study, we tried to map the bioclimatic stages of Mila wilaya, their extension and their future evolution, while trying to spatially determine the arid climatic zones. The analysis was oriented towards the use of rainfall data from the WorldClim database, which is subjected to a series of treatments carried out under the GIS software: ArcGIS.

The derivation of the bioclimatic floor map, based on the Emberger diagram (Q2), shows the existence of four bioclimates in the Mila wilaya, ranging from humid to arid. The number of pixels allowed us to note that the dominant bioclimatic stage is that of Sub-humid and that the arid zones are almost negligible (they represent only 1%). On the other hand, the calculation of the De Martonne index shows that the arid climate is non-existent in the wilaya of Mila. The spatial distribution of rainfall also indicates that the entire wilaya receives more than 380 mm per year.

According to the optimistic climatic scenario, the area of the arid climatic zones in the Mila Wilaya will be increased by 26.0252 km<sup>2</sup> to 57.5295 km<sup>2</sup> (a gain of 31.5043 km<sup>2</sup>). On the other hand, zones with a humid climate can undergo a regression of their zones with a loss of 28.0799 km<sup>2</sup>. For the most severe scenario (the pessimistic scenario), the arid stage will also have a remarkable extension (gain of 202.7233%) to the detriment of the humid and subhumid bioclimatic stages which will see a significant fall of their zones and a deep spatial redistribution. Finally, it can be said that the study of the regional climate and its evolution appears essential to the apprehension of threats to regional biodiversity.

**Keywords:** Bioclimate, aridity, climate scenario, GIS, Mila.

### الملخص:

في إطار هذه الدراسة حاولنا انجاز الخريطة البيومناخية لولاية ميلة، امتدادها و تطورها مستقبلا ، من خلال تحديد المناطق الجافة بها، حيث تم استخدام بيانات الحرارة و التساقطات من قاعدة البيانات وورد كليم، التي تخضع لسلسلة من المعالجات و تقوم بها في إطار أنظمة المعلومات الجغرافية (برنامج ArcGis).

إن اشتقاق الخريطة البيومناخية، يستند إلى مؤشر (Emberger) الذي يبين وجود أربعة مناخات على مستوى ولاية ميلة ابتداء من الرطب الى الجاف.

حساب المساحات اظهر لنا سيادة المناخ شبه الرطب، و أن نسبة المناطق الجافة شبه منعدمة حيث لا تمثل سوى 1٪، في حين ان مؤشر De Martonne يدل على أن المناخ الجاف غير موجود في ولاية ميلة، و من ناحية أخرى فان توزيع الامطار يشير الى ان الولاية تتلقى أكثر من 380مم سنويا.

وبالتالي، وفقا لسيناريو المناخ المتفائل فان مساحة المناطق الجافة في ولاية ميلة، سترتفع من 26,0252 كلم<sup>2</sup> إلى 57,5295 كلم<sup>2</sup> (زيادة قدرها 31,5043 كلم<sup>2</sup>) ، بعكس المناطق الرطبة فإنها ستشهد تراجعا قدره 28.0799 كلم<sup>2</sup>، أما بالنسبة للسيناريو الأشد (السيناريو المتشائم)، فإن المناطق القاحلة سوف تعرف توسعا ملحوظا ( 202.7233٪) على حساب المناخ شبه الرطب والرطب والذي سيشهد تقلصا تدريجيا.

## *Résumé*

---

في الأخير، يمكننا القول أن دراسة مناخ منطقة ما وتطورها تبدو ضرورية لإبراز التهديدات التي يتعرض لها التنوع البيولوجي في الولاية.

**الكلمات المفتاحية:** المناخ الحيوي، ميله، أنظمة المعلومات الجغرافية، الجاف.