



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة



Université Ziane Achour de Djelfa
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم العلوم الفلاحية والبيطرية
Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Spécialité : Eau et Environnement.

Thème :

**Evaluation des changements
climatiques dans la steppe
Application sur Djelfa - M'sila - Laghouat**

Réalisé par :

- GUASSMI Bachir
- MAHMOUDI Mustapha Kamel

Promoteur : Dr. GUESMI BOUBAKEUR

Jury composé de:

<u>Nom et Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Qualité</u>
AZOUZI BLEL	Pr	PRÉSIDENT
GUESMI BOUBAKEUR	MCA	PROMOTEUR
BOUTHELDJAOUI FATEH	MCB	EXAMINATEUR
BOULEKHNAFET ZOHIR	MCB	EXAMINATEUR

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

*Tout d'abord, nous remercierons dieu,
Le tout puissant de nous avoir donné la
volonté et le courage afin d'arriver
à la finalité de ce modeste travail.*

Nous remercierons très sincèrement,

Mr GUESSMI B.

*pour leur précieux conseil et leur disponibilité
indéfectible sans lequel ce travail n'aurait pu être
accompli.*

Ainsi que tous mes professeurs de notre département.

*Nous tenons à remercier aussi toutes les personnes
qui m'ont aidé de près ou de loin surtout*

M. BEN HAMZA M.

Ingénieur d'état à BNEDER - Djelfa

Merci

Dédicace

Je dédie ce travail à

A ma très chère mère e père qui est la lumière de ma vie.

A ma chère femme qui m'a encouragée et soutenue tout au long de mes études.

A la lumière des yeux de mon fils TRYWA

A mes frères et mes sœurs

À tous chers amis, en particulier le propriétaire d'idées BEN HAMZA

A tous, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail.

GUASSMI Bachir

Dédicace

Je dédie ce travail à

A mon très cher père qui m'a éclairée mon chemin, Allah yarhmou.

A ma très chère mère qui est la lumière de ma vie.

A ma chère femme qui m'a encouragée et soutenue tout au long de mes études

A mes trésors de ma vie "mes enfants" Jad et Alicia.

A mes frères et mes sœurs

A mon binôme Bachir et le monsieur Ben Hamza

A mes amis et toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont apportée leurs aides.

A tous, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail.

Kamel

Sommaire

Liste des Figure

Liste des Tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale : 4

Chapitre I : Généralité Sur Le Climat

1. Définitions	8
1.1 Climat	8
1.2 Temps.....	8
1.3 Climatologie et météorologie	8
2. Les éléments du climat	9
2.1 Ensoleillement et insolation	9
2.1.1. La nébulosité	9
2.1.2. - Le rayonnement solaire	10
2.2 Température de l'air	10
2.3 Précipitations	10
2.4 Pression atmosphérique	11
2.5 Humidité absolue et relative	11
2.6 Evapotranspiration potentielle Evaporation	12
2.7 Vent.....	12
3. Changements climatiques et concepts liés	13
3.1 Changement climatique.....	13
3.2 Effet de serre	13
3.3 Pollution et gaz à effet de serre.....	13
3.4 Réchauffement climatique	14

Chapitre II : Le Climat En Algérie

1. Les différents climats en Algérie	16
1.1 La précipitation	16
1.2 La température	16
2. Les grandes zones climatiques	17
2.1 Littoral.....	17
2.2 L'Atlas tellien.....	17
2.3 Les hautes plaines.....	18
2.4 L'Atlas saharien.....	18
2.5 Le Sahara.....	19
3. Les étages bioclimatiques en Algérie	19

3.1 L'étage humide (900-1200 mm)	19
3.2 L'étage subhumide (800-900 mm)	19
3.3 L'étage semi-aride (300-600 mm)	19
3.4 L'étage subaride (200 à 300 mm)	20
3.5 L'étage aride (100-300 mm)	20
3.6 L'étage aride sub-désertique ou aride inferieur :	20

Chapitre III : Caractérisations De La Sècheresse

Introduction	23
1. Prévision du changement climatique :	23
1.1 Les causes des changements à l'échelle du globe :	23
1.1.1. Les causes naturelles susceptibles d'affecter le climat :	23
1.1.2. Les causes artificielles :	24
1.2 Les conséquences du réchauffement :	24
1.3 Impact du changement climatique sur l'agriculture :	25
1.4 Extrêmes climatiques :	25
1.5 Réduction de l'eau du sol disponible :	25
2. La sécheresse :	25
2.1 Définition de la sécheresse :	25
2.1.1 En agriculture :	26
2.1.2 En météorologie :	26
2.1.3 En hydrologie :	26
2.2 Indices de sécheresse :	26
2.2.1 Indice de l'écart à la moyenne (Em) :	27
2.2.2 Indice de pluviosité (Ip) :	27
2.2.3 Rapport à la normale des précipitations (RN) :	27
2.2.4 Indices de sévérité de la sécheresse :	28
2.2.5 Indice de sévérité de la sécheresse de Palmer :	28
2.2.6 Indice standardisé de précipitation :	28
2.2.7 Méthodes des quintiles et des terciles :	28
2.3 Sécheresse et aridité :	29
2.3.1 Les indices de l'aridité :	29
2.4 La désertification :	30
2.5 Les causes de la sécheresse :	30
2.6 L'impact de la sécheresse :	31
2.6.1 Problème d'approvisionnement en eau :	31
2.6.2 La surexploitation des aquifères :	31
2.6.3 Effets sur le sol :	31
2.6.4 Impact sur le secteur agricole et l'élevage :	31
2.6.5 Impact sur la santé humaine :	32
2.7 La sécheresse en Algérie :	32

Chapitre IV : Presentation De La Steppe

Introduction	35
1. Cadre géographique	35
1.1 Délimitation administrative	35
2. Le cadre physique :	36
3. Cadre climatique :	36
3.1 Analyse statistique des données	37
3.1.1 Données climatologiques utilisées :	37
3.1.2 Données climatiques disponibles et leurs moyennes annuelles et mensuelles :	39

Chapitre V : ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

1. Les caractéristiques climatiques :.....	42
1.1 La température :	42
2.1.1 Les températures moyennes-annuelles :.....	42
2.1.2 L'amplitude thermique :	47
2.2 La précipitation :	48
2.2.1. La variabilité intra- annuelle :	51
2.2.1 Le régime pluviométrique saisonnier :	52
2.3 Vent :.....	54

Chapitre VI : Résultats Et Interprétations

1. La température	57
2. La précipitation	58
3. Synthèse climatique :	60
3.3 Indice d'aridité de DeMartonne	60
3.4 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	61
3.5 Climagramme d'Emberger :	63
Conclusion générale	67
Références bibliographiques	70
Annexes	77

Liste des Figure

Figure 1 : Carte des étages bioclimatiques en Algérie	21
Figure 2 : Carte de délimitation de la steppe algérienne	36
Figure 3 : Situation géographique des stations météorologiques de la zone d'étude	38
Figure 4 : l'évolution des températures moyennes annuelles.....	43
Figure 5 : l'évolution des températures mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales).	46
Figure 6 : Distribution interannuelle des précipitations pour différentes stations	49
Figure 7 : Pourcentage des années sèches, humides et moyennes des stations steppiques	50
Figure 8 : Histogramme des précipitations mensuelles (mm)	51
Figure 9 : Les régimes saisonniers (précipitation en mm).....	53
Figure 10 : L'évolution des moyennes mensuelles de la vitesse de vents (1990-2019).....	55
Figure 11 : Evolution des températures moyennes annuelles (°C).....	57
Figure 12 : Evolution des précipitations moyennes annuelles (mm).....	59
Figure 13 : Diagrammes ombrothermiques	62
Figure 14 : Climagramme d'Emberger.....	64

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques et données disponibles des stations météorologiques de la zone d'étude.....	39
Tableau 2 : Données pluviométriques moyennes annuelles et mensuelles des stations climatiques (en mm).....	39
Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse de vents (km/h)	40
Tableau 4 : Données relatives aux T° moyens mensuelles (T) et annuelles, maximales (TM) et minimales (Tm) (en°C).	40
Tableau 5 : Classements types thermiques des stations d'étude en fonction des valeurs de la température moyenne annuelle (T °C).....	44
Tableau 6 : L'amplitude thermique annuelle moyenne (A) et extrême (A Max)des stations (°C).	47
Tableau 7 : Paramètres statistiques des séries pluviométriques de chaque station météorologique.	48
Tableau 8 : Précipitations saisonnières des différentes stations	52
Tableau 9 : Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse de vents (km/h)(1990-2019)	54
Tableau 10 : Comparatif des différents paramètres entre (1913-1938) et (1990-2020).....	57
Tableau 11 : précipitations moyennes annuelles (mm)	58
Tableau 12 : Valeurs de l'indice d'aridité (IDM) et bioclimats correspondants.	60
Tableau 13 : Valeurs du rapport ombrothermique P /T et typologie de l'arido-humidité mensuelle	61
Tableau 14 : les valeurs de « Q2 » de différentes stations	63

Liste des abréviations

CCNUCC : Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

GES : gaz à effet de serre

GIEC : le groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat

MCG : modèles de circulation générale

HCDS : Haute Commissariat De Développement De La Steppe

GES : Gaz à Effet de Serre

GGA : Gouvernement Général Algérien

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat

Cv (%) : coefficient de variation

Em : l'écart à la moyenne

I (heure) : L'insolation

Ip : indice de pluviosité

Ipm : l'écart proportionnel à la moyenne

ONM : Office National Météorologique

P (mm) : Précipitation moyenne

Pn (mm) : précipitation normale

Pp (mm) : Quantité de précipitation

RN (%) : rapport à la normale des précipitations

ISP : indice standardisé de précipitation

T (°C) : Température moyenne

TM (°C) : Température maximale

Tm (°C) : La température minimale

V (Km/h) : Vitesse de vent moyenne

Introduction Générale

Introduction Générale :

Comme de nombreux pays d'Afrique, l'Algérie n'a pas été épargnée par les effets des conditions climatiques extrêmes ou hors saison. Connue pour son climat aride et semi-aride, la région est très vulnérable aux changements climatiques. Au cours de ces dernières décennies, une augmentation des événements météorologiques extrêmes a été observée.

Selon **Demmak et al. (2001)**, l'Algérie a connu au cours des 25 dernières années (1975-1998), une sécheresse intense et persistante. Le déficit pluviométrique déterminé pour 16 postes représentatifs des régions Ouest, Centre et Est met en évidence un déficit de 26% à l'Ouest, 16% au centre et 11% à l'Est. Il apparaît donc que la sécheresse a touché l'ensemble du territoire.

Les derniers événements climatiques fantasmés et inexplicables vécus dans la région steppique, tel que les sécheresses, les inondations imprévues en l'occurrence celle d'Août 2007 à Djelfa, et les hivers devenus chaud et sec avec dominance des saisons estivales sèches..., ne peuvent jamais passer inaperçus sans être étudiés, ce qui nous a conduit à aborder le sujet du changement climatique dans la région steppique. (**Boubakeur, 2009**)

La zone steppique, qui s'occupe une part considérable des Hauts Plateaux algériens, joue un rôle important dans la défense de cette zone contre la désertification. Il existe une interaction étroite entre les principaux facteurs écologiques qui déterminent le fragile équilibre entre cet espace vital mais menacé et l'action anthropozoogénique. (**Laban et al, 2005**)

Les changements climatiques provoquent une baisse des réserves en eau du sol à cause de la baisse des précipitations et de l'augmentation de la transpiration au niveau du végétal et des sols dus à l'élévation de la température. L'augmentation de la température va réduire la durée du cycle végétal qui peut constituer un facteur défavorable en accentuant le stress hydrique.

Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat tant pour les habitants et les écosystèmes. Les zones arides sont particulièrement touchées par les sécheresses récurrentes et prolongées et la question de l'eau représente un véritable enjeu au cours de ce siècle.

L'étude de l'évolution du climat est essentielle pour collecter l'ensemble des données nécessaires à la caractérisation de l'état du milieu aride et semi-aride à un instant donné et suivre leurs évolutions au long terme pour établir un diagnostic général, notamment en termes d'aridification du milieu, notre principal objectif consiste à étudier l'évolution du

climat en focalisant sur les pluviosités pour démontrer si ces zones ont une tendance à l'assèchement. Depuis, plusieurs études ont été entamées à cet égard. L'analyse des précipitations et des températures sur de longues séries est devenue la préoccupation de plusieurs institutions et chercheurs scientifiques. Le bassin méditerranéen a été sujet de travaux très intéressants essentiellement sur la variabilité interannuelle des précipitations ainsi que sa relation avec la circulation atmosphérique générale.

Selon **Taibi, S. (2011)**, En Algérie, les travaux réalisés s'intéressent le plus souvent au suivi des précipitations annuelles surtout dans la partie Nord de l'Algérie. Plusieurs méthodes sont utilisées pour caractériser le régime climatique. L'analyse en composantes principales est une des méthodes classiques et souvent efficace dans l'analyse spatio-temporelle des précipitations en Algérie. Des tests statistiques sont aussi utilisés pour démontrer la stationnarité d'une série de données chronologiques (pluie, température). Par exemple, le test de Pettitt qui a été très utilisé dans l'analyse des séries pluviométriques, dans plusieurs pays du monde et qui a bien prouvé son efficacité. Les travaux effectués au cours de ces dernières années montrent un grand intérêt à un nouvel indice appelé « l'indice pluviométrique standardisé ». Cet indice permet de caractériser le degré de sévérité des périodes sèches et humides d'une région donnée, à plusieurs échelles de temps.

Suite aux différents travaux consacrés à l'étude du régime climatique et l'évaluation des changements climatiques dans la steppe, comme :

- L'étude de **Labani, (2005)** : Contribution à l'étude des processus de désertification de la steppe algérienne.
- L'étude de **Taibi, (2011)** : analyse du régime climatique au nord de l'Algérie. Mémoire magister,
- **Boubakeur G., 2009** - Contribution à l'étude des changements climatiques dans le milieu steppique, évaluation et impact cas de Djelfa, mémoire magister.

Notre travail entre dans les recherches qui essaient de compléter les résultats et conclusions déjà aboutis précédemment. Une question pertinente sera traitée au cours de ce travail : Quelle est l'évolution des paramètres climatiques (précipitations et températures) à la steppe Algérien de la période 1995 à 2019 ?

Pour atteindre une évaluation des résultats du changement climatique dans la steppe, nous avons divisé notre travail en 06 chapitre comme suit :

Le 1^{er} chapitre, généralité sur le climat et quelque définition sur les éléments climatique et les changements climatiques.

Le 2^{ème} chapitre ; Les différents climats en Algérie, les grandes zones climatiques et

Les étages bioclimatiques en Algérie

Le 3^{ème} chapitre ; Caractérisations De La Sècheresse, révision du changement climatique, Indices de sécheresse, et la sécheresse en Algérie.

Le 4^{ème} chapitre ; présentation de la steppe, cadre géographique, physique et le cadre climatique.

Le 5^{ème} chapitre ; une analyse statistique des données climatiques

Le 6^{ème} chapitre ; mettre en valeur la discussion et l'analyse des résultats concernant l'évolution des précipitations et des températures au cours de ces 29 dernières années. Et faire une comparaison entre les deux périodes d'étude, de Seltzer (1913-1938) et la période de (1990-2019).

Chapitre I : Généralité Sur Le Climat

1. Définitions

1.1 Climat

Le mot climat apparaît en français au douzième siècle, dérivant du mot grecque "klima" qui veut dire "inclinaison" en référence à l'inclinaison de l'axe de la Terre qui fait que le climat varie en fonction de la latitude (**Pailleux, 2012, Vandenplas, 1995**).

En 1910, Hann a défini le climat comme étant « l'ensemble des éléments métrologique qui caractéristique l'état moyen de l'atmosphère au-dessus d'un lieu », (**Helga-Jane & Isabelle, 2010**).

Ainsi au cours du 1987 Gibbs a proposé une définition plus dynamique « la probabilité d'occurrence de divers états de l'atmosphère dans un lieu ou une région, au cours d'une certaine période donnée » (**Christian, 2002**).

Autrement dit 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. (**Baghdadli, 2014**)

1.2 Temps

Le temps, c'est l'état de l'atmosphère défini par les éléments météorologiques : la température, les précipitations (la pluie, la neige, etc.), l'humidité, l'ensoleillement et le vent à un endroit précis.

Le temps, c'est l'état de l'atmosphère défini par les éléments météorologiques - la température, les précipitations (la pluie, la neige, etc.), l'humidité, l'ensoleillement et le vent - à un endroit précis. (**Emmanuel, 1967**)

1.3 Climatologie et météorologie

Selon **Jean Pailleux, (2012)**, Les mots « météorologie » (ou « météo »), « climat » et « climatologie » ont pour l'homme de la rue des définitions courantes qui sont plus restrictives que les définitions des scientifiques. Ce sont généralement ces définitions courantes qui apparaissent en premier dans les dictionnaires et encyclopédies. Les définitions scientifiques sont plus larges car l'étude des phénomènes atmosphériques amène à s'intéresser à beaucoup d'autres milieux que l'atmosphère.

« Météorologie » au sens le plus courant : « La météorologie est l'étude des phénomènes atmosphériques et de leurs lois, notamment en vue de la prévision du temps ». (**Petit Larousse**).

Un dictionnaire équivalent en langue anglaise donne une définition très proche : « *Meteorology : science of the weather ; study of the earth's atmosphere and its change* ».

Comme indiqué dans le « **Dictionnaire Culturel des Sciences** » (édition du Seuil), l'acception commune tend à confondre la météo avec la prévision du temps, plus spécialement du « temps sensible » qui gouverne nos impressions humaines. C'est une définition qui ne sort du milieu atmosphérique que pour étudier ses conséquences humaines les plus directes (sols gelés, inondations, etc....).

« Météorologie » au sens le plus scientifique : « La météorologie est la science de l'atmosphère ». Cette définition, la plus concise, est donnée par l'**Encyclopedia Universalis** qui ajoute : « Plus exactement elle étudie les processus physiques qui en déterminent l'évolution et rend compte des phénomènes essentiellement observés dans sa partie la plus basse ».

L'atmosphère étant un système ouvert, la météorologie (science de l'atmosphère) doit s'intéresser aux nombreux phénomènes interactifs avec les milieux connexes à l'atmosphère : océan, cryosphère, biosphère, surfaces continentales, espace... Pour étudier les processus physiques pertinents, la météorologie doit les analyser et les traiter à toutes les échelles de temps.

2. Les éléments du climat

2.1 Ensoleillement et insolation

Nombres d'heures de soleil qu'on aurait eues si le ciel avait été constamment clair.

La durée d'insolation pour un jour donnée est fonction de la latitude du lieu de mesure et du jour de l'année (**Seltzer, 1946**).

2.2. La nébulosité

La nébulosité est appréciée à vue par l'observateur : elle est ainsi le seul élément du climat dont l'observation même numérique n'existe de recours à aucun appareil.

La variation annuelle de la nébulosité n'est pas moins remarquable, mais cette variation change de sens selon les régions par exemple dans les pays extratropicaux, la nébulosité est plus forte l'hiver et plus faible l'été ; et dans les pays intertropicaux, la nébulosité est maximas pendant l'été (**Péguy, 1970**).

2.3. - Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est caractérisé par la durée d'insolation et l'intensité de la radiation globale. La durée d'insolation pour un jour donnée est fonction de la latitude du lieu de mesure et du jour de l'année. Elle peut être réduite par le relief, la nébulosité, la brume, le brouillard, la fumée dense, ... (El Khatri, 2003).

2.2 Température de l'air

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

La croissance des plantes ne peut se produire qu'entre certaines températures maximum et minimum. Des températures extrêmes, hautes ou basses, peuvent être nuisibles. Il se peut que des végétaux survivent aux fortes températures, du moment qu'ils peuvent les compenser par la transpiration, mais leur croissance en sera affectée. Des températures élevées sur la couche superficielle du sol se traduisent par une déperdition de l'humidité du sol en raison de l'importance de l'évaporation et de la transpiration. (Péguy, 1970).

2.3 Précipitations

Toutes les formes d'eau qui tombent de l'air sur la surface de la Terre sont appelées précipitations.

Donc rappelons la distinction fondamentale entre deux ordres de faits qu'il convient de distinguer : d'une part, la condensation est le fait pour de la valeur d'eau de passer à l'état liquide, sous forme de très fines gouttelettes qui restent en suspension dans l'air, ou encore à l'état solide sous forme de paillettes de glace également en suspension. La précipitation atmosphérique est le fait pour ces particules d'eau d'atteindre des tailles telles que leur chute dans l'air ambiant soit sensible et qu'elles atteignent en définitive le sol. L'observation des gouttes de pluie montre en effet que le rayon de celle-ci est rarement inférieur à 0.5 mm ; il

peut par contre atteindre 2.5 mm pour les grosses, c'est-à-dire un ordre de grandeur un million de fois plus grand que celui des gouttelettes des nuages **(Péguy, 1970)**.

Les précipitations soient de la neige, de la pluie, du verglas ou de la grêle dépend de la température de l'air à travers lequel l'eau tombe.

Les précipitations représentent la source principale d'eau pour la production agricole dans la plupart des régions du monde, elles sont caractérisées par trois principaux paramètres suivants : leurs volumes, leurs intensités, et leurs fréquences qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années. La connaissance exacte de ces trois caractéristiques est essentielle pour planifier l'utilisation des précipitations par l'agriculture et éventuellement prévoir l'utilisation dans l'irrigation sachant une précipitation de 1 mm correspond à un apport d'eau 1 L/ m². **(Péguy, 1970)**.

2.4 Pression atmosphérique

La pression est le poids de la colonne d'air qui surmonte l'unité de surface sur laquelle elle s'exerce. Sa variation temporelle est liée à celle de la température et son gradient génère le vent (force et direction) **(El Khatri, 2003)**.

La pression atmosphérique constitue un élément de climat, susceptible d'intervenir comme la température, les précipitations, les radiations sur les différentes réactions physiques, chimiques ou biologiques caractérisant le milieu géographique. En dehors de l'exception d'importance constituée par les climats d'altitude, la réponse doit être négative. Dans les limites de variations réellement observées ; au niveau de la mer, la pression doit être considérée comme une constante à l'échelle géographique, c'est-à-dire que ses variations dans le temps ou dans l'espace n'ont aucune signification observable **(Péguy, 1970)**.

2.5 Humidité absolue et relative

L'humidité absolue d'une masse d'air représente la quantité en grammes de vapeur d'eau [g vapeur/kg air sec] présente dans un volume d'air sec donné (1m³) et sa valeur reste constante même si la température de l'air varie en restant supérieure à la température du point de rosée.

La vapeur contenue dans une masse d'air est invisible, mais si on sature d'humidité de l'air sec au-delà d'une certaine limite on voit apparaître du brouillard et de la condensation, l'eau forme alors des gouttelettes en suspension dans l'air, on dit alors que l'air est saturé. La

température de rosée c'est la température ou la vapeur d'eau contenue dans l'air commence à se condenser dans l'air.

L'humidité relative (HR) s'exprime en pourcentage (%) et correspond au rapport, entre la quantité d'eau que contient l'air (humidité absolue) et la quantité maximale qu'il peut contenir pour une température donnée et ceci avant de se condenser.

Les variations de la température influencent directement l'humidité relative, de sorte que l'humidité relative baisse quand la température s'élève et augmente lorsque la température baisse. **(Anonyme 2)**

2.6 Evapotranspiration potentielle Evaporation

L'évaporation concerne aussi bien les précipitations qui arrivent au sol que l'eau contenu dans le sol. Elle a un rôle biologique puisqu'elle influence la respiration et la transpiration. Elle est liée à différents facteurs tel que : la température, humidité relative, pression, mouvement de l'air (vent, turbulence), forme et dimension de la surface d'évaporation, épaisseur de la lame d'eau. L'évaporation peut être estimée à partir de la vitesse du vent, la radiation solaire, la tension de vapeur d'eau, etc. **(El Khatri, 2003)**

Remarque :

- ✓ L'évaporation augmente si l'air est peu humide et plus agité.
- ✓ L'évaporation provoque la formation du brouillard et des nuages **(El Khatri, 2003)**.

2.7 Vent

Le vent est un élément du climat observé depuis fort longtemps, mais c'est aussi un élément à observer, d'abord parce qu'il ya deux ordres de données différentes devant être mesurées numériquement : la direction d'où le vent souffle et sa vitesse.

Ensuite parce que l'une et l'autre de ces données varient selon le temps à un rythme rapide défiant toute l'analyse. Or plus encore que pour les autres éléments du climat, ce sont les vitesses maximales qu'il convient de retenir : c'est le vent « en point », dont la vitesse pourra être soutenue que pendant quelques secondes, qui pourra faire chavirer la barque de pêche ou briser de gros arbres jusque dans les villes. Par contre, la connaissance de la vitesse moyenne du vent pour une longue période est le plus souvent d'un intérêt médiocre **(Péguy, 1970)**.

3. Changements climatiques et concepts liés

3.1 Changement climatique

Selon le GIEC (le groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat), les changements climatiques peuvent être définis comme étant « Une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (généralement des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à la persistance de variations anthropiques de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des sols ». (Farah, 2014)

Par contre, on notera que la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), dans son article premier, définit les changements climatiques comme « 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 ». La CCNUCC fait donc une distinction entre « les changements climatiques » attribuables à l'activité humaine altérant la composition de l'atmosphère et la « variabilité du climat » imputable à des causes naturelles. (Yidourega, 2009)

3.2 Effet de serre

C'est un phénomène naturel résultant de la réémission, sous forme d'un rayonnement thermique infrarouge, d'une partie du rayonnement solaire incident, par la surface terrestre. L'autre partie est absorbée par l'atmosphère ou par la surface de la Terre et donc transformés en chaleur.

Les gaz à effet de serre, que sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitrique, piègent ce rayonnement thermique dans l'atmosphère terrestre et augmentent ainsi la température au sol.

Si l'un des éléments régissant le système climatique subit des modifications considérables, l'équilibre peut être rompu, ce qui entraînerait un changement climatique planétaire qu'il soit temporaire ou permanent. (Saida, 2007)

3.3 Pollution et gaz à effet de serre

La majorité des gaz à effet de serre (GES) proviennent à la fois de processus naturels et d'activités anthropiques. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, les émissions provenant des activités anthropiques perturbent les processus naturels

qui se produisent dans l'atmosphère et sont fort probablement la cause principale du réchauffement observé qui se produit depuis le milieu du XXe siècle. À l'échelle mondiale, près de 80 % des émissions de GES de sources anthropiques proviennent de la combustion de combustibles fossiles et des procédés industriels. Parmi les activités particulières, l'on retrouve : la conduite de véhicules, la production d'électricité, le chauffage et la climatisation des bâtiments, l'opération d'appareils électroménagers et d'équipements, la production et le transport de biens et la prestation de services et de transport pour les collectivités. (Anonyme01, 2019).

3.4 Réchauffement climatique

Également appelé réchauffement planétaire ou parfois global, est un phénomène d'augmentation des températures sur la plus grande partie des océans et de l'atmosphère terrestre. Il traduit une augmentation de la quantité de chaleur retenue à la surface terrestre. Il est mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies. Dans son acception commune, ce terme est appliqué à une tendance au réchauffement global observé depuis le début du XXe siècle. (Ait Bennour & Bensidhoum, 2017)

Les conséquences du changement climatique sont nombreuses :

- Perturbation du régime des pluies : les précipitations risquent d'être plus abondantes sur l'hémisphère nord avec des inondations et des tempêtes (ouragans, tornades...).
- Des sécheresses plus fréquentes : notamment dans l'hémisphère sud. Les zones arides et semi-arides semblent être les plus vulnérables.
- Hausse du niveau de la mer par dilatation thermique et fonte des glaciers : cette élévation du niveau des océans pourrait atteindre 1 mètre par endroit. Des zones littorales, certains deltas de fleuves, des îles pourraient être purement et simplement recouverts. Rappelons que 50 % des humains vivent près de la mer.
- Modification des écosystèmes et de la végétation.

Les conséquences risquent d'être beaucoup plus importantes pour les pays pauvres que les pays industrialisés. Ces derniers mobiliseront plus facilement les moyens financiers, technologiques et matériels pour s'adapter aux changements climatiques annoncés. Les prévisions faites par GIEC (groupe intergouvernemental d'évaluation des changements climatiques) ont affirmé que l'Afrique, est sans doute le continent le plus vulnérable, notamment à cause de la pauvreté généralisée qui y règne, le déficit en eau persistant, et la désertification déjà très avancée. (Khaldi, 2005).

Chapitre II : Le Climat En Algérie

1. Les différents climats en Algérie

L'Algérie est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude. Le climat est de type méditerranéen extratropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines, et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien, en se référant aux données de 1913-1938 pour l'ensemble du pays (Seltzer, 1946), et celles de 1926-1950 pour les stations sahariennes (Dubief, 1959).

1.1 La précipitation

Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. (Djellouli, 1990) attribue cette variabilité à l'existence d'un gradient longitudinal et un gradient latitudinal. En effet, la pluviosité augmente d'ouest en Est en raison de deux phénomènes. À l'Ouest, la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain agissent comme un écran et éliminent ainsi l'influence de l'Océan Atlantique. À l'Est, les précipitations sont plus fortes à cause des perturbations pluvieuses au nord de la Tunisie.

Par ailleurs, la diminution de la pluviosité du littoral vers les régions sahariennes est due à la grande distance traversée par les dépressions, lesquelles doivent affronter sur leur parcours les deux chaînes atlasiques. En outre, il existe un gradient altitudinal universel qui varie en fonction de l'éloignement de la mer. De novembre à décembre, les pluies sont importantes et l'Atlas Tellien est plus arrosé que le littoral et les Hauts Plateaux. En été, les pluies sont rares et se produisent davantage sur le littoral que partout ailleurs. En automne, le régime des pluies est quasiment le même sur l'Atlas Tellien et les Hauts Plateaux.

1.2 La température

La moyenne des températures minimales (m) du mois le plus froid est comprise entre 0 et 9°C. Dans les régions littorales et entre - 2 et + 4 °C dans les régions semi-arides et arides. En hiver, les Hauts Plateaux steppiques sont plus froids que l'Atlas Tellien, le littoral et le Sahara. Le mois de janvier est le plus froid de l'année. Il est à noter la grande amplitude de variation de la température (8,7°C) en allant du nord au sud.

En été, les températures restent assez voisines. La moyenne des températures maximales (M) du mois le plus chaud varie avec la continentalité (Nedjraoui, 2003). Elle est de 28°C à 31°C sur le littoral, de 33°C à 38 °C dans les Hautes Plaines steppiques, et supérieure à 40°C dans les régions sahariennes. On peut dire qu'en été le climat de l'Atlas Tellien ne se différencie pas fortement de celui des Hauts Plateaux.

En été et en hiver, le littoral jouit de l'effet adoucissant de la mer, mais cet effet s'estompe dès que l'on pénètre de quelques kilomètres à l'intérieur des terres

2. Les grandes zones climatiques

2.1 Littoral

Ce ruban de terres de faible altitude, et dont la largeur n'atteint 50km. Que dans les plaines avoisinant la Sebkhia d'Oran et dans la plaine de la Seybouse, jouit d'un climat remarquablement tempéré, dû à l'action modératrice de la mer : en bordure immédiate de celle-ci, l'amplitude diurne est partout et en toute saison inférieure à 10°C ; les gelées et la neige y sont pratiquement inconnues. À mesure qu'on s'éloigne du rivage. L'écart de température entre le jour et la nuit devient plus sensible, surtout par suite de l'abaissement des minima d'hiver et du relèvement des maxima d'été. Entretienue par la proximité de la mer l'humidité relative est en moyenne élevée, et constante durant toute l'année, le jeu des brises de terre et de mer est un trait caractéristique du climat de tout le littoral.

Seule la hauteur de pluie varie le long du littoral : inférieure à 400 mm dans les basses plaines d'Oranie, elle atteint ou dépasse 1000mm sur le littoral constantinois, on est ainsi amené à distinguer un climat littoral occidental relativement aride ; et un climat littoral oriental, relativement pluvieux. La limite entre les deux zones peut être fixée au cours inférieure de l'Oued ISSER : à l'Ouest, la tranche annuelle de pluie est partout inférieure à 800mm à l'Est (à l'exception de la plaine de la Seybouse), elle est supérieure à cette valeur (Seltzer, 1946).

2.2 L'Atlas tellien

Agit avant tout comme un rempart, qui provoque la condensation et la précipitation d'une partie de la vapeur d'eau amenée par le vent soufflant de la mer : aussi est-il la région la plus arrosée de l'Algérie. Avec des maxima pluviométriques sur les massifs montagneux les plus élevés et les plus proches de la mer. Plus important d'ailleurs à l'Est qu'à l'Ouest, et des minima pluviométriques varient sous le vent de ces massifs le régime thermique variée lui aussi considérablement d'un point à l'autre : l'altitude entraîne un abaissement général de température, l'éloignement de la mer une augmentation des amplitudes diurne et annuelle, qui dépendent également de la situation orographique de la station.

Le climat de l'Atlas tellien est donc loin de présenter l'unité que nous avons observée sur le littoral : il présente tous les degrés intermédiaires entre le climat tellien de la montagne,

pluvieux, froid, a amplitude thermique relativement pouvoir chaud qui sépare les régions élevées (Seltzer, 1946).

2.3 Les hautes plaines

Au relief peu accidenté, ont un climat relativement homogène : seule la dépression du Chott El Hodna, ouverte aux influences sahariennes par le seuil de Biskra, à des températures de plusieurs degrés plus élevées qu'ailleurs. La faible nébulosité, la sécheresse de l'air et la faible épaisseur atmosphérique favorisent à la fois un fort réchauffement du sol, et un intense refroidissement par rayonnement, la nuit. Les écarts de température sont donc considérables, aussi les hautes plaines sont-elles la région où les gelées blanches sont les plus fréquentes, et les gelées elles mêmes sont un élément du climat qu'on ne peut négliger. Inversement le sirocco, qui n'épargne entièrement aucun point de l'Algérie, à son aire de fréquence maximum dans les hautes plaines constantinoises ; exception faite d'une partie de ces dernières, les hautes plaines se trouvent au sud de la courbe d'amplitude annuelle égale 20° ; leur climat comme celui de l'Atlas saharien et du Sahara.

La pluviométrie permet de préciser la distinction entre Hautes plaines telliennes et hautes plaines stampiennes, celles-ci recevant en moyenne moins de 400 mm Le caractère tellien se rencontre notamment dans la moitié occidentale du Sersou, sur laquelle aucun grand massif montagneux ne vient projeter son ombre pluviale, et dans le département de Constantine ;relativement pluvieux parce que plus élevé que la région centrale, et bénéficiant de l'accroissement général des pluies vers l'Est sur le chott El Hodna au contraire , situé à moins de 500m d'altitude, la tranche de pluies annuelle tombe à moins de 200mm.

Nous mentionnerons enfin la grande fréquence des orages sur les Hautes plaines, de mai à septembre ; elle détermine une répartition annuelle des pluies particulière à cette région ; saison assez uniformément pluvieuse de septembre à mai, et pluies d'été non négligeables ; d'ailleurs les maximas pluviométriques de juillet et d'aout assez faible à la vérité de placent sur les Hautes plaines constantinoises (Seltzer, 1946).

2.4 L'Atlas saharien

Se distingue de celui des Hautes plaines par un abaissement général des températures, et une augmentation de la pluviosité, celle-ci assez faible en réalité par suite de la grande distance à la mer. Seuls les sommets de l'Aurès reçoivent probablement une hauteur moyenne de près de 800mm.L'abaissement de la température a pour corolaire l'augmentation de la niviosité et de la fréquence des chutes de grêle. La transition de l'Atlas

saharien au Sahara, dont seule la bordure septentrionale nous intéresse ici- est rapide ; les isothermes sont les plus resserrées entre l'Aurès, bastion, froid avancé vers le Sahara, et le seuil de Biskra, l'amplitude diurne reste considérable, et les gelées sont plus fréquentes dans cette partie du Sahara que sur le littoral. La moyenne annuelle des pluies décroît vers le sud, et des longues périodes de sécheresse s'observent en toute saison (**Seltzer, 1946**).

2.5 Le Sahara

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (**Ozenda, 1991**). Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température.

3. Les étages bioclimatiques en Algérie

3.1 L'étage humide (900-1200 mm)

Le caractère le plus important de ce climat est sa grande pluviosité ; c'est le climat le plus humide de tout le climat méditerranéen. Ce climat et l'étage de végétation correspondant se superposent avec la zone de pluviosité maxima. Il y a lieu de croire que, dans les pays méditerranéens, les pluies ne croissent pas indéfiniment avec l'altitude, l'abondance des pluies s'y combine avec les températures relativement douces ; cela crée des conditions de vie extrêmement favorables aux plantes (**Emberger, 1971**).

3.2 L'étage subhumide (800-900 mm)

Le climat méditerranéen subhumide est le climat méditerranéen classique, Les températures ne sont pas trop froides durant l'hiver et l'été n'est pas insupportable.

Ce climat est en contact, à sa limite inférieure avec le climat méditerranéen semi-aride et, à sa limite supérieure, avec le climat méditerranéen humide ou des hautes montagnes (**Emberger, 1971**).

3.3 L'étage semi-aride (300-600 mm)

Le climat méditerranéen semi-aride est encore un climat très sec. Il est presque aussi chaud que le climat méditerranéen aride ; il en diffère par une pluviosité plus élevée (**Emberger, 1971**). Cet étage est compris entre les valeurs 30 et 70 de l'indice d'Emberger. Il y a 4 à 5 mois secs par an et une hygrométrie autour de 60%.

Ce domaine climatique englobe essentiellement la zone des montagnes de l'Atlas tellien (Monts du Hodna, massif des Belezma), et le bassin amont de l'oued Ksob situé sur les Hautes plaines sétifiennes ainsi que les Monts des Ouled Nail au sud-est de Bou Saâda.

Le climat méditerranéen semi-aride règne sur l'étage de végétation méditerranéen semi-aride. Cet étage est en contact, à sa limite inférieure, avec le climat méditerranéen aride, et à sa limite supérieure, avec le climat méditerranéen tempéré (Sebhi, 1987).

3.4 L'étage subaride (200 à 300 mm)

Il correspond à une grande partie de la cuvette hodnéenne qui couvre l'ensemble du piémont et la plaine au Nord de la sebkha. La tranche d'eau reçue varie de 200 à 300 mm par an avec un nombre de mois secs oscillant entre 5 et 9. La limite supérieure de cet étage suit le pied de versant sud de l'Atlas tellien. On peut distinguer au sein de cet étage deux sous-étages :

- ✓ Un sous étage subaride sévère caractérisé par une pluviométrie annuelle de 200 à 300 mm pour 40 à 50 jours de pluie, et 8 à 9 mois secs : c'est le domaine de la steppe pure ;
- ✓ Un sous étage subaride peu sévère marqué par une pluviométrie annuelle de 200 à 250 mm répartie sur 70 à 80 jours et seulement 5 à 6 mois secs : la végétation est toujours xérophile mais les cultures temporaires couvrent d'assez larges surfaces (Sebhi, 1987).

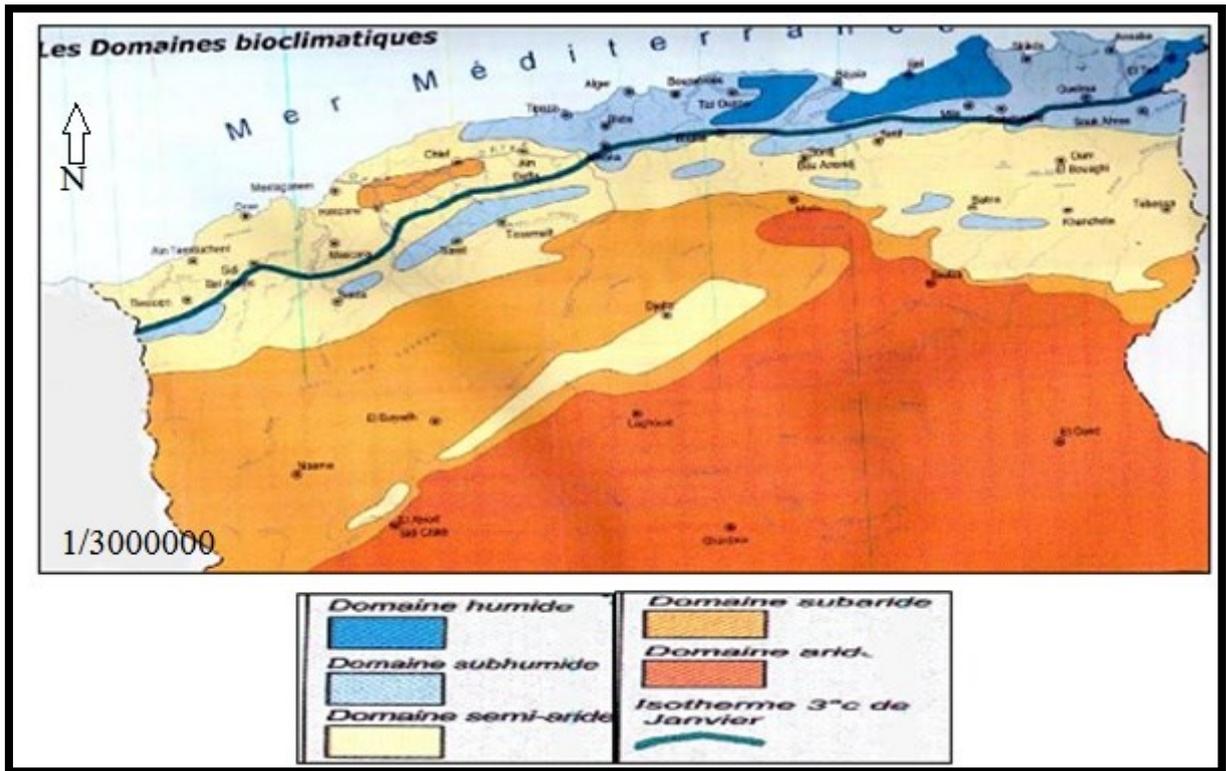
3.5 L'étage aride (100-300 mm)

Le climat méditerranéen aride est chaud et sec ; il est le climat méditerranéen sec extrême. Les températures peuvent pourtant être très douces sur les côtes, C'est donc bien la faiblesse des pluies qui crée le climat aride ; elle en est le caractère essentiel. A l'intérieur des continents (hauts plateaux nord-africains), le froid hivernal se joint à la faiblesse des pluies.

Le climat méditerranéen aride est en contact, à sa limite inférieure, avec le climat saharien, et à sa limite supérieure, avec le climat méditerranéen semi-aride (Emberger, 1971).

3.6 L'étage aride sub-désertique ou aride inférieur :

Ce climat est caractérisé par une sécheresse presque continue avec 11 à 12 mois secs, des précipitations inférieures à 150 mm par an, une hygrométrie dépassant rarement 50% et une température annuelle de 20 à 22°C (Sebhi, 1987).



(Source ANAT, 2004)

Figure 1 : Carte des étages bioclimatiques en Algérie

Chapitre III : Caractérisations De La Sècheresse

Introduction

Les changements climatiques sont décrits de façons différentes selon les auteurs. Souvent le changement du climat dénote une variation due à l'intervention humaine alors que le climat varie d'une façon naturelle sous l'influence de différents facteurs climatiques. On peut citer les facteurs astronomiques, les facteurs géographiques (relief, océan), les facteurs météorologiques (centre 10 d'action). Aujourd'hui, l'homme est devenu un facteur de climat non négligeable par ces actions industrielles.

1. Prévision du changement climatique :

Comment les scientifiques peuvent-ils prévoir les effets à long terme du changement climatique, alors qu'on a encore beaucoup de mal à prévoir quotidiennement le temps qu'il fera ? C'est à cause de la variabilité locale des conditions météorologiques que les prévisions du temps semblent imparfaites ; les modèles du changement climatique ne tentent pas d'effectuer de telles prévisions détaillées et axées sur un lieu donné.

Il existe deux grandes méthodes de prévision du changement climatique possibles ; la première est celle des analogues, qui consiste à comparer les conditions climatiques et hydrométriques passées et actuelles, et l'autre, beaucoup plus courante, fait appel à la simulation mathématique du climat (modèles climatiques) qui sont des modèles de circulation générale (*MCG*).

1.1 Les causes des changements à l'échelle du globe :

Ces modifications ne sont toutefois pas toutes causées par les êtres humains. Des phénomènes naturels comme les éruptions volcaniques peuvent provoquer des changements soudains dans les systèmes planétaires. Par contre, les bouleversements engendrés par l'espèce humaine peuvent être catastrophiques et avoir des impacts à l'échelle du globe (inondation, sécheresse).

Les changements à l'échelle du globe comprennent le réchauffement de la planète, l'affaiblissement de la couche d'ozone, la déforestation et le transport à grande distance de polluants atmosphérique. (**Khaldi, 2005**)

1.1.1. Les causes naturelles susceptibles d'affecter le climat :

Les variations de l'activité solaire, une cause directe de variation climatique, pourrait être expliquée par la variabilité de l'émission solaire. On a montré, il y'a quatre milliards et demi d'années, au moment où naissait le système planétaire, que l'énergie émise par le soleil était environ les 3/4 de sa valeur actuelle. (**Khaldi, 2005**).

En plus de ce facteur astronomique précité, le climat d'un lieu comme nous l'avons déjà mentionné, dépend également de facteurs géographiques comme la latitude, l'éloignement à la mer et l'altitude ; l'évolution de ces facteurs étant elle-même liée à la tectonique des plaques. **(Khaldi, 2005)**

On peut aussi citer le rôle important que joue la masse océanique dans les interactions océan atmosphère et qui explique certains phénomènes tel que ENSO, et ONA. Les éruptions volcaniques importantes sont capables d'injecter dans la base stratosphère d'énormes quantités de poussière, de cendre, de pierres et de vapeur d'eau qui peuvent séjourner pendant plusieurs années ; le voile de poussière ainsi formé peut provoquer une décroissance de la température moyenne au sol et une augmentation en altitude. En effet selon plusieurs spécialistes, le climat du quaternaire, ère des glaciers serait expliqué par une épaisse couche d'aérosols et de poussière qui a enveloppé le globe. **(Khaldi, 2005)**

1.1.2. Les causes artificielles :

Le facteur qui reste le plus préoccupant aujourd'hui est l'influence de l'homme sur le climat, qui tient sa place dans les débats continus sur l'actuel changement climatique survenu sur plusieurs points du globe.

1.2 Les conséquences du réchauffement :

Perturbation du régime des pluies : les précipitations risquent d'être plus abondantes sur l'hémisphère nord avec des inondations et des tempêtes (ouragans, tornades...).

Des sécheresses plus fréquentes : notamment dans l'hémisphère sud. Les zones arides et semi-arides semblent être les plus vulnérables.

➤ Hausse du niveau de la mer par dilatation thermique et fonte des glaciers : cette élévation du niveau des océans pourrait atteindre 1 mètre par endroit. Des zones littorales, certains deltas de fleuves, des îles pourraient être purement et simplement recouverts. Rappelons que 50 % des humains vivent près de la mer.

➤ Modification des écosystèmes et de la végétation.

Les conséquences risquent d'être beaucoup plus importantes pour les pays pauvres que les pays industrialisés. Ces derniers mobiliseront plus facilement les moyens financiers, technologiques et matériels pour s'adapter aux changements climatiques annoncés. Les prévisions faites par GIEC (groupe intergouvernemental d'évaluation des changements climatiques) ont affirmé que l'Afrique, est sans doute le continent le plus vulnérable,

notamment à cause de la pauvreté généralisée qui y règne, le déficit en eau persistant, et la désertification déjà très avancée. (Khaldi, 2005).

1.3 Impact du changement climatique sur l'agriculture :

Les évaluations des impacts du réchauffement global sur l'agriculture ont été établies à partir de scénarios climatiques fondés sur des simulations effectuées à l'aide de modèles de circulation générale (MCG)

On retrouve parmi les changements climatiques qui peuvent influencer le plus sur l'agriculture de nouveaux extrêmes climatiques, et la réduction de l'eau du sol disponible.

1.4 Extrêmes climatiques :

Une augmentation des températures moyennes mensuelles ou annuelles se traduirait par une augmentation du nombre de jours dont les températures dépasseraient certains seuils critiques. Il est moins sûr que les précipitations connaîtront une modification de leur fréquence ou de leur distribution, mais les températures élevées conjuguées à la sécheresse constituent le plus grand danger du changement climatique global pour l'agriculture dans de nombreuses régions.

1.5 Réduction de l'eau du sol disponible :

Les plus grands effets pour l'agriculture seraient probablement attribuables à l'accroissement possible de l'évapotranspiration causé en grande partie par l'élévation de la température de l'air et de la surface terrestre. A l'heure actuelle, on peut décrire avec certitude la tendance régionale des changements possibles dans l'eau du sol, en se basant sur les modèles de prédictions (MCG) qui indiquent tous une diminution de l'eau du sol. (Khaldi, 2005)

2. La sécheresse :

2.1 Définition de la sécheresse :

Il n'existe aucune définition universelle de la sécheresse. Elle pourrait être définie comme une période prolongée de précipitations insuffisantes sur une ou plusieurs saisons qui causent un déficit d'eau dans certains secteurs de l'économie d'un pays.

La sécheresse est aussi définie selon les différents secteurs qui interagissent avec ses effets. On définit donc une sécheresse du point de vue météorologique, hydrologique, agricole ou socio-économique.

2.1.1 En agriculture :

La sécheresse agricole est définie comme un déficit marqué et soutenu des précipitations qui réduit significativement les productions agricoles par rapport à la normale ou les valeurs attendues pour une région de grande étendue (**Mokssit.1996**)

2.1.2 En météorologie :

La sécheresse météorologique se caractérise par une absence prolongée, un déficit marqué ou une faible distribution des précipitations par rapport à la normale climatique.

2.1.3 En hydrologie :

La sécheresse survient suite à l'affaiblissement prolongé des apports pluviométriques au niveau des bassins versants. Un déficit d'écoulement en résulte systématiquement au niveau des cours d'eau. La recharge des nappes souterraines est réduite et les opérations d'irrigation sont compromises. [**Mokssit, 1996**].

On distingue schématiquement plusieurs types de sécheresse :

Les sécheresses dites exceptionnelles qui se traduisent par un déficit pluviométrique important, affectant une vaste région pendant un temps pouvant atteindre plusieurs années consécutives. C'était le cas des sécheresses des années 1913-1915 et 1940-1949 au Sahel. Il faut signaler que durant ces mêmes périodes, on a enregistré des sécheresses analogues en Algérie, durant le 19^{ème} siècle, à partir des données sur Oran Boudens qui ont débuté en 1870, nous avons remarqué qu'une sécheresse s'est produite au début des années 1890.

Les sécheresses que l'on pourrait appeler "méditerranéennes" sont liées aux irrégularités du climat méditerranéen. Elles peuvent compromettre les récoltes d'une saison sans qu'il y ait pour autant un déficit global annuel important. En effet pour les céréales, les pluies de printemps, qui correspondent à la phase maturité des céréales jouent un grand rôle dans la valeur du rendement.

2.2 Indices de sécheresse :

Vu la complexité du phénomène il est difficile de faire une analyse exhaustive de la sécheresse dans toutes ses composantes. Beaucoup d'auteurs se sont penchés sur la possibilité de mettre au point des indices permettant d'identifier la sécheresse et mettre en évidence les fluctuations temporelles des précipitations. On peut citer entre autres :

2.2.1 Indice de l'écart à la moyenne (Em) :

C'est l'indice le plus utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année. L'écart à la médiane est le plus utilisé par les agros météorologues. Bien évidemment, quand l'échantillon de données est dissymétrique, la différence entre la moyenne et la médiane est grande. L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (Pi) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (Pm).

$$E_m = P_i - P_m$$

L'écart est positif pour les années humides et négatives pour les années sèches. On parle d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. (BERGAOUI, 2002)

2.2.2 Indice de pluviosité (Ip) :

C'est le rapport de la hauteur de précipitation annuelle à la hauteur moyenne annuelle de précipitation.

$$I_p = P_i / P_m$$

Une année est qualifiée d'humide si ce rapport est supérieur à 1 et de sèche s'il est inférieur à 1. Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne (Ipm) qui diffère de l'indice de pluviosité en soustrayant 1 de cet indice.

$$I_{pm} = I_p - 1$$

Le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Quand la somme des indices croît, il s'agit d'une tendance humide. La tendance est de type « sèche », dans le cas contraire. Lorsque la hauteur moyenne annuelle présentée est calculée sur une période assez longue, et que la distribution n'est très loin de la loi normale on peut utiliser le rapport à la normale au lieu de la moyenne. (M. Bergaoui, A. Alouini, 2002)

2.2.3 Rapport à la normale des précipitations (RN) :

Cet indice, qui est exprimé en pourcentage, peut être obtenu en divisant la précipitation annuelle par la précipitation normale et en multipliant le résultat par 100 %. Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$RN (\%) = (Pi/Pn) * 100$$

Où :

RN : rapport à la normale des précipitations en pourcentage.

Pi : précipitation annuelle (en mm).

Pn : précipitation normale (en mm).

Le rapport à la normale en pourcentage permet d'estimer la variation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale.

2.2.4 Indices de sévérité de la sécheresse :

En plus de l'identification des séquences sèches et de leur caractérisation par le calcul de ces indices, il est possible de déterminer l'ampleur de la sécheresse en termes de sévérité. Nous présentons quelques méthodes à titre indicatif.

2.2.5 Indice de sévérité de la sécheresse de Palmer :

Palmer a développé l'indice PDSI (*Palmer Drought Severity Index*) afin d'évaluer le début, l'intensité et la fin des sécheresses passées et actuelles et d'effectuer la classification des sécheresses. Cet indice est en fonction de l'état du sol, des précipitations et de l'évapotranspiration. (McKee et al ;1995) pensent que l'indice de sévérité de Palmer est conçu pour l'agriculture et ne représente pas exactement les effets hydrologiques résultant des sécheresses de longue période.

2.2.6 Indice standardisé de précipitation :

L'indice standardisé de précipitation « SPI » (*Standardised Precipitation Index*) peut caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Cet indice est exprimé mathématiquement comme suit :

$$ISP = (Pi - Pm)/\sigma$$

2.2.7 Méthodes des quintiles et des terciles :

Ces deux méthodes sont basées sur l'ajustement des observations à une loi normale qui permet d'estimer plus correctement les différents quantiles et calculer leurs durées de retour. Pour les quintiles, le seuil d'années sèches est observée en moyenne tous les 2.5 ans et les très sèches tous les 5 ans ; par contre la méthode des terciles suppose qu'une année sèche a une durée de retour est égale à 3 ans.

2.3 Sécheresse et aridité :

Un climat aride est caractérisé par la faiblesse des précipitations moyennes annuelles et par le fort déficit de celles-ci par rapport à l'évapotranspiration potentielle, opposé à un climat humide.

L'aridité ne doit pas être confondue avec la sécheresse. L'aridité est un phénomène permanent alors que la sécheresse est un évènement temporaire.

L'aridité se manifeste surtout par ses conséquences : Edaphiques : extrême dénuement de la végétation, raréfaction des êtres vivants ; Hydrologiques : faiblesse et irrégularité extrême des écoulements, dégradation fonctionnelle des réseaux hydrographiques ; Géomorphologiques : processus d'érosion et pauvreté des sols...

2.3.1 Les indices de l'aridité :

Les climatologues et les géographes ont élaboré de très nombreux indices d'aridité. Les plus récents utilisent le bilan énergétique calculé à partir de l'insolation théorique (radiation théorique : 1100kj/cm²/an) qui varie selon la durée d'insolation et l'incidence des rayons solaires. L'énergie reçue au sol doit tenir compte des pertes par diffusion au niveau des nuages et par réflexion à partir du sol. On peut citer, entre autres, l'indice radiatif (radiation nette / précipitations, et l'indice de radiatif (radiation globale/évapotranspiration potentielle).

Le *dryness ratio* (rapport d'aridité) de Budyko-Lettau indique combien de fois la moyenne annuelle de la radiation nette est capable d'évaporer la moyenne annuelle de pluie. Il est de l'ordre de 2 à 7 en région semi-aride, de 7 en région aride et va jusqu'à 20 en régions hyper-aride.

D'autres indices tiennent compte de la valeur des éléments du climat prépondérant comme la pluie et la température parmi lesquels l'indice de Martonne. Emmanuel Martonne, proposa, en 1923, un indice d'aridité I ; cet indice est calculé par la formule ($I = P/T+10$), où P est la hauteur moyenne des précipitations annuelles, et T la moyenne des températures annuelles. Plus la valeur de I est faible, et plus la station climatique considérée est aride. En fonction de cet indice, il est possible de distinguer trois types de régions :

- Dans les régions hyperarides, l'indice d'aridité est inférieur à 5.
- Les régions arides sont celles où les valeurs de I sont comprises entre 5 et 10.
- Les régions semi-arides ont des valeurs de I oscillant entre 10 et 20, sont des espaces de transition entre les régions arides et les régions subhumides voisines. [Khaldi, 2005],

2.4 La désertification :

La désertification a connu de nombreuses définitions qui ont fait l'objet de controverses intellectuelles. Au-delà des compromis politiques, une définition consensuelle du processus a été proposée par la CCD : « la désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ».

La désertification concerne donc un processus de dégradation des terres lié à des facteurs naturels exacerbés par l'action de l'homme. La manifestation apparente du phénomène se traduit par une diminution de la couverture végétale et des potentialités des systèmes écologiques et une détérioration des sols et des ressources hydriques.

La désertification, en Algérie, concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi-arides qui ont toujours été l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante : surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures... Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). Cette dégradation des terres et la désertification qui en est le stade le plus avancé, se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio-économique (**Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1996 ; Bedrani, 1999**).

Depuis une quarantaine d'années, l'écosystème steppique a été complètement bouleversé, tant dans sa composition que dans son fonctionnement à travers sa productivité primaire (**Aidoud, 1989**). Le processus de désertification est, aujourd'hui, décelable par l'œil de l'observateur. On assiste à un ensablement progressif allant du léger voile éolien dans certaines zones à la formation de véritables dunes dans d'autres. Des villes comme Méchéria ou Naama sont victimes de vents de sables de plus en plus fréquents.

2.5 Les causes de la sécheresse :

Dans les régions arides et semi-arides, la sécheresse est représentée par l'absence ou l'insuffisance des pluies annuelles (100-400 mm), celles-ci sont présentes sous un caractère orageux. Ces précipitations présentent une grande variabilité interannuelle et inter mensuelle. Les précipitations sont relativement homogènes mais très contractées.

Ces phénomènes régionaux affectent la climatologie et la circulation générale des masses d'air, présentant ainsi des anomalies dans la production des systèmes pluvieux.

L'Homme est en grande partie responsable de cette détérioration, mais il en est également la victime, contraint de vivre dans des écosystèmes naturels fragiles.

2.6 L'impact de la sécheresse :

La sécheresse a de profonds retentissements. Elle affecte nos vies en exerçant des contraintes sur l'approvisionnement en eau en dégradant l'environnement et la santé humaine par la mauvaise qualité de l'eau, en intensifiant l'érosion du sol et en portant préjudice à l'économie du fait de la réduction de la capacité de production agricole.

2.6.1 Problème d'approvisionnement en eau :

En période de sécheresse, la demande en eau tend à augmenter. L'approvisionnement hydrique à usage domestique se pose en termes de quantité et de qualité.

D'après les statistiques de 1994-1995, la ressource en eau mobilisable en Algérie est de 14.43 Km³/an. Cette valeur est inférieure à la normale si on considère la capacité de mobilisation des ressources en eau pour la majorité des pays de la méditerranée qui ont une population légèrement supérieure, et même inférieure que celle de l'Algérie. Cette situation a entraîné des restrictions et des coupures dans l'approvisionnement en eau potable, dans de nombreux noyaux urbains surtout les grandes villes comme Oran et Alger. **(Khaldi, 2005).**

2.6.2 La surexploitation des aquifères :

En Algérie, la demande en eau et la sécheresse associées ont causé une diminution de la ressource en eau souterraine. La pénurie de ressources hydriques superficielles a entraîné, pendant les dernières années, une exploitation intensive des nappes souterraines surtout à usage agricole, ce qui a produit de fortes baisses de niveaux phréatiques. **(Khaldi, 2005).**

2.6.3 Effets sur le sol :

Une sécheresse prolongée a des répercussions néfastes sur les sols. Le dessèchement de la réserve hydrique donne lieu à l'accentuation de l'érosion éolienne qui engendre la perte de la fertilisation des sols.

Le dessèchement des sols s'accompagne aussi par des phénomènes de salinisation de la couche arable par effet de remontée capillaire. Les sels déposés détruisent la structure des sols. Ces aspects ne sont pas négligeables dans les sols algériens. **(Khaldi, 2005)**

2.6.4 Impact sur le secteur agricole et l'élevage :

L'agriculture est une activité humaine extrêmement sensible aux aléas du climat.

Des phénomènes climatiques extrêmes tels que les gels hâtifs et tardifs, les pluies excessives et les inondations représentent une sérieuse menace pour la production agricole. Cependant, aucun phénomène n'a été plus dévastateur à grande échelle que la sécheresse en Algérie, qui entraîne des pertes directes sur la production agricole.

Outre la réduction des rendements, les sécheresses prolongées entraînent une multitude d'autres effets comme, la réduction de la pâture et le tarissement des points d'eau d'abreuvement du cheptel. Les conditions de sous-alimentation du cheptel accentue sa mortalité surtout s'il est mal structuré. **(Khaldi, 2005)**

2.6.5 Impact sur la santé humaine :

En réduisant les productions agricoles et animales et donc le taux de couverture des besoins nutritionnels de l'homme, la sécheresse provoque une sous-alimentation qui est la cause d'une faible résistance aux maladies, et d'une mortalité importante notamment chez les enfants et les personnes âgées ; par exemple on estime qu'en Inde les famines dues à la sécheresse ont provoqué 1.5 millions de morts. En relation avec l'évolution de la population et la pénurie de la ressource en eau, les maladies à transmission hydriques deviennent un risque majeur. **(Khaldi, 2005)**

3. La sécheresse en Algérie :

Plusieurs travaux sur la pluviométrie de l'Algérie ont été menés depuis le dernier siècle, mais la plupart d'entre eux en font une analyse superficielle sur quelques stations en se basant sur le calcul de la moyenne. Ce n'est qu'en 1946 grâce aux travaux de Seltzer sur le climat de l'Algérie qu'une analyse détaillée sur la pluviométrie est établie.

En Algérie, en considérant les stations du nord Demmak et al, (1994) par une méthode comparative des moyennes (1974/1992 par rapport à celle de Chaumont 1913/1963) et à la moyenne de longue durée (1922/1992), ont constaté que l'ampleur du déficit pluviométrique de la dernière période 1974/1992 s'intensifie d'est en ouest. ils mettent en évidence la tendance à la sécheresse des vingt dernières années et font apparaître des sécheresses analogues durant les années 1913 et 1940.

Farmer et Wigly donnent l'évolution d'un indice de sévérité de la sécheresse sur la même région et relèvent l'occurrence de sécheresse sévères et généralisées durant des années très isolées : 1937, 1961, 1970. **(Khaldi, 2005)**

Matari et Douguédroit (1993) appliquent une analyse en composantes principales avec rotation Varimax sur deux réseaux et sur deux périodes différentes ; ils ont abouti à une division régionale de l'ouest Algérien pour une analyse spatio-temporelle de la pluviométrie. Les auteurs ont remarqué que la sécheresse des années 40 est principalement due à une baisse de pluie de printemps et que celles des années 80 à une baisse de pluie d'hiver. **(Khaldi, 2005)**

Meddi et Humbert (2000), à partir d'une étude sur la sécheresse ont constaté qu'un déficit pluviométrique apparaît à partir de 1970, et persiste encore actuellement. Ce déficit génère un grave problème d'ordre économique et social, compte tenu de la pression croissante qui exerce sur la ressource en eau (alimentation en eau potable, irrigation...), **(Khaldi, 2005)**.

Chapitre IV : Présentation De La Steppe

Introduction

La steppe est cet ensemble géographique dont les limites sont définies par le seul critère bioclimatique. D'une superficie estimée à environ 20 millions d'hectares, elle est cette

« Bande longitudinale dont la largeur va en diminuant d'Ouest en Est et située entre les isohyètes 100 et 400 mm » (**Bensouiah, 1999 in Boussaid, 2013**).

1. Cadre géographique.

La steppe algérienne forme une vaste région située au sud de l'Atlas tellien, elle s'étend sur 1 000 km de long et 300 km de large à l'ouest et au centre pour atteindre moins de 150 km à l'est. L'écosystème steppique est délimité au Nord par le tracé de l'isohyète 400 mm de précipitation moyenne annuelle au piémont sud de l'Atlas tellien et au sud par celle de 100 mm le long de l'Atlas saharien.

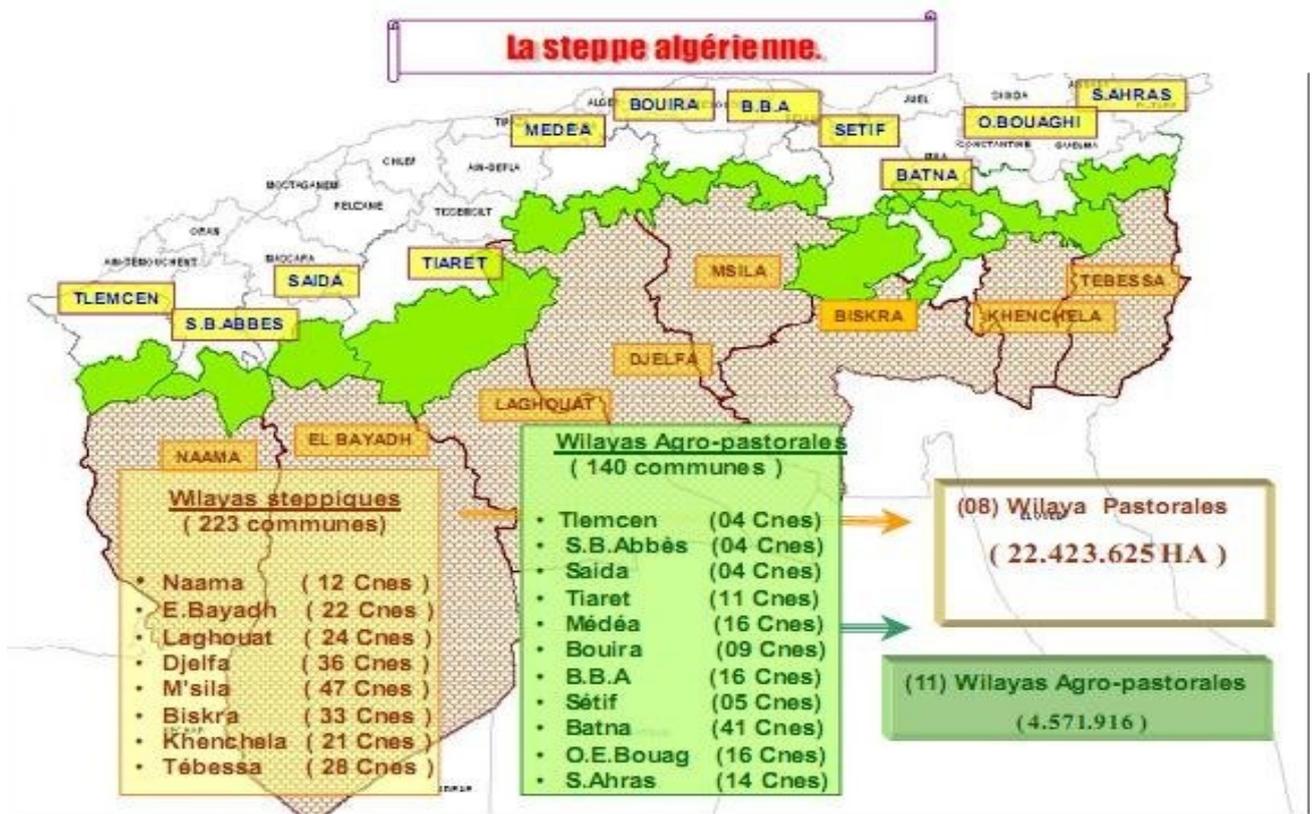
1.1 Délimitation administrative.

On distingue :

Les wilayas steppiques situées entre les isohyètes 400 et 100 mm : Nâama, El Bayadh, Laghouat, Djelfa, Msila, Biskra, Khenchla, et Tébessa.

Les wilayas agropastorales dont la partie sud de leur territoire est localisée dans les zones steppiques : Tlemcen, Sidi bel Abbés, Saïda, Tiaret, Médéa, Bouira, Bordj Bou Arreridj, Setif, Batna, Oum El Bouaghi et Souk Ahras.

Les wilayat présahariennes dont la partie nord de leur territoire est traversée par l'isohyète 100 mm. : Bechar, El Oued. Ghardaia



Source : HCDS, 2010

Figure 2 : Carte de délimitation de la steppe algérienne

2. Le cadre physique :

La steppe présente un aspect dominant caractérisé par de grands espaces pastoraux à relief plat et à altitude élevée supérieur à 600 m parcourus par des lits d'oueds, parsemés de dépressions plus ou moins vastes et de quelques îlots de chaînons montagneux isolés. Sur le plan écologique, les régions steppiques constituent un tampon entre l'Algérie tellienne et l'Algérie saharienne.

Les grandes unités morpho structurales de la steppe sont représentées dans la cadre suivante ou il est bien distingué du nord au sud : la chaîne tellienne, les hautes plaines, les sebkhas, la chaîne atlasique, les piémonts sud et les hamadas.

3. Cadre climatique :

Comme l'Algérie du Nord, les zones steppiques ont un climat méditerranéen avec une saison estivale de 6 mois environ, sèche et chaude, le semestre hivernal (oct. - avril) étant par contre pluvieux et froid. Il s'agit cependant, pour les steppes, d'une forme particulière de ce climat caractérisé essentiellement par

- Des faibles précipitations présentant une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle.

- Des régimes thermiques relativement homogènes mais très contrastés, de type continental. (LE HOUEROU, et al 1977)

3.1 Analyse statistique des données

3.1.1 Données climatologiques utilisées :

Nous choisissons de 03 stations steppiques pastorales de la région Centre : **Djelfa - Laghouat - M'sila.**

Les stations sont recueillies au niveau de l'ONM. Le choix des stations repose sur les critères de qualité des données et de longueur des séries pluviométriques et en fonction de la disponibilité des données La période de fonctionnement est différente d'une station à l'autre, pour cela nous avons choisi une période d'étude homogène de **1990 à 2019** (série de 30ans)

La caractérisation du climat est obtenue selon trois types d'approche (mode) à savoir.

1. Numérique,
2. Graphique
3. Calcul d'indices.

Dans un premier temps, l'exploitation des données a fait appel aux calculs de moyennes, médiane ; variabilité de l'élément (écarts types, coefficient de variation) et d'indices climatiques ; en suite s'en est suivi l'élaboration de tableaux, graphes, histogrammes, courbes et climagrammes comparatifs.

L'évolution des paramètres climatiques s'inspire du procédé de comparaison de l'évolution et des variations de la pluviosité, des régimes saisonniers et du calcul des coefficients de variation ainsi que l'évolution des températures et l'établissement de gradients altitudinaux thermiques.

Les quotients pluviométriques sont calculés alors que l'observation de leur évolution dans les étages et les sous étages bioclimatiques est faite à partir stations.

Des indices climatiques importants pour l'évolution du climat sont calculés, alors que l'intensité et la durée de la période sèche sont représentées.

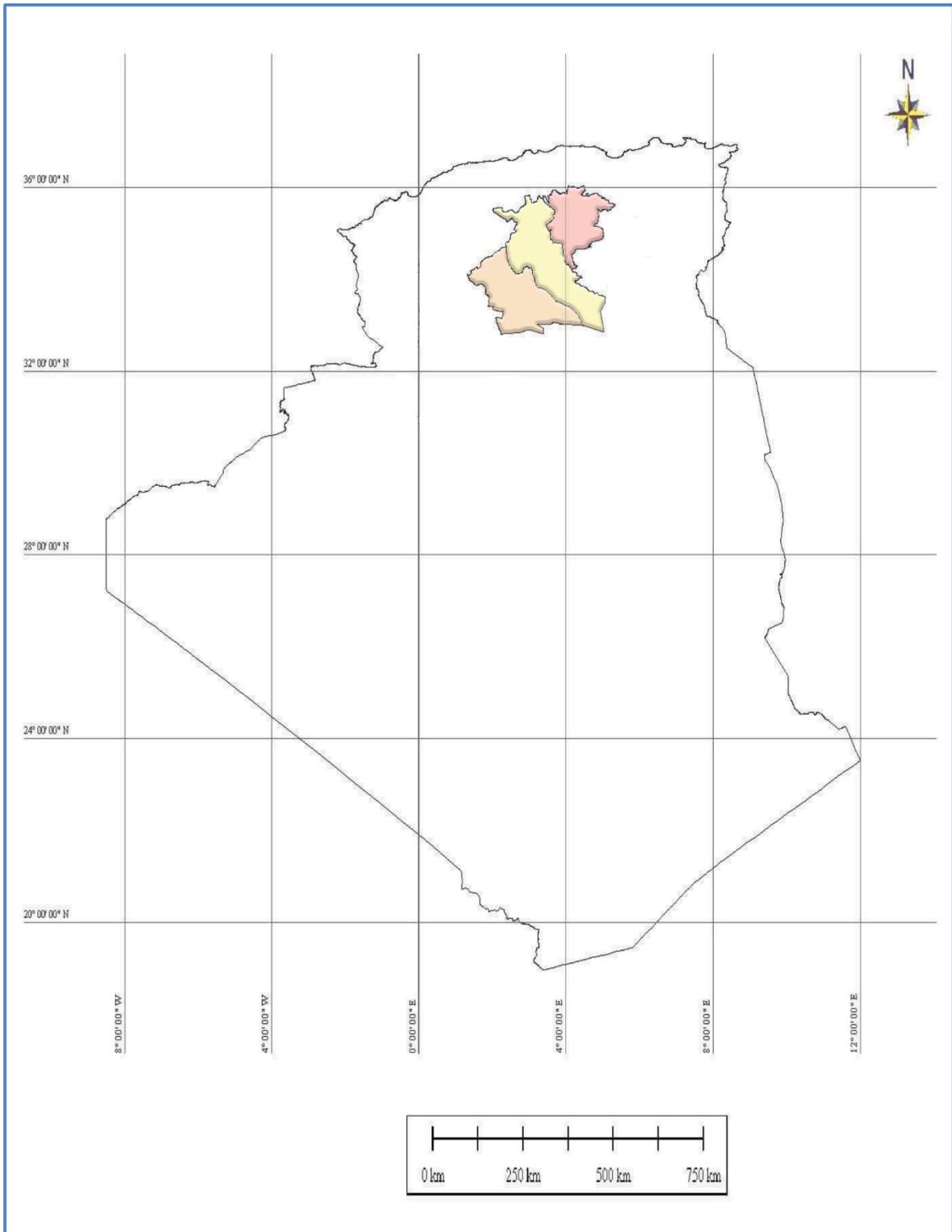


Figure 3 : Situation géographique des stations météorologiques de la zone d'étude

Les caractéristiques des 03 stations météorologiques sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques et données disponibles des stations météorologiques de la zone d'étude (source : ONM)

N°	Code	Station	Longitude	Latitude	Altitude	Données disponibles
1	605350	Djelfa	34,33 N	3,25 E	1144	1973-2019
8	604670	M'sila	35,66 N	4,5 E	442	1981-2019
9	605450	Laghouat	33.76 N	2.93 E	765	1957-2019

3.1.2 Données climatiques disponibles et leurs moyennes annuelles et mensuelles :

Les principaux facteurs climatiques retenus dans notre étude sont les précipitations et les températures auxquelles nous ajoute le facteur du vent. C'est à partir de données moyennes, en générale ombriques et thermiques que peut être abordée la caractérisation climatique et bioclimatique d'un territoire (Richard,1997 in Sedjar, 2012).

Tableau 2 : Données pluviométriques moyennes annuelles et mensuelles des stations climatiques (en mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total moy (mm)
Djelfa	22.4	21.1	23.9	27.8	27.7	13.9	8.9	14.5	31.8	33.9	21.8	23	268.5
M'sila	18.5	11.6	11.9	15.1	15.4	7.2	3.1	04	15.1	20.3	12.6	14.3	149
Laghouat	12.7	10.2	15.2	13.4	11.6	5.1	3.8	7.6	25.4	22.9	12.7	20.3	160.9

Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse de vents (km/h)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY
Djelfa	15.7	16.5	17.5	18.2	17.1	15.2	14.7	13.1	13.2	13.5	14.6	13.7	15.3
M'sila	14.4	16.4	17.4	18.2	17.1	16.2	15	13.7	13.7	13.1	13.8	14.1	15.3
Laghouat	12.8	16	16.8	17.5	16.7	15.7	13.9	12.6	12.1	9.9	11.4	10.9	13.8

Tableau 4 : Données relatives aux T° moyennes mensuelles (T) et annuelles, maximales (TM) et minimales (Tm) (en°C).

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY
Djelfa	T	5.9	7	10.6	14.1	19.1	25	29	27.9	22.4	17	10.8	6.8	16.3
	TM	9.8	11.3	15.1	18.6	23.7	30.1	34.2	33.2	27.4	21.5	14.8	10.6	20.9
	Tm	0.6	1.3	3.9	6.7	10.9	15.9	19.4	18.8	15	10.3	5.4	1.9	9.2
M'sila	T	9.8	11.4	14.9	19.2	24.3	29.4	32.8	32.6	26.9	21.5	14.5	10.3	20.6
	TM	14.4	16.4	19.8	24.1	29.1	34.5	38.2	38.4	32.1	26.3	19	14.8	25.6
	Tm	4.4	4.9	7.8	11.3	16.1	20.6	24.1	24.2	19.9	14.9	8.8	4.7	13.5
Laghouat	T	8.3	9.9	14	18.3	23	28.7	32.6	31.1	25.7	19.9	13.1	8.9	19.5
	TM	14.6	16	20.4	24.7	29.3	35	39.3	37.8	32.1	26.3	19.4	15	25.8
	Tm	2.3	3.8	7.1	11.2	15.6	20.7	24.6	23.5	19	13.9	7.3	3.4	12.7

Chapitre V :
ANALYSE STATISTIQUE DES
DONNEES

Les caractéristiques climatiques :

1. La température :

La température est un facteur très important dans la répartition du climat. Ce sont les températures extrêmes et leurs fréquences qui jouent les premiers rôles en particulier pour l'évapotranspiration élevée pour les hautes températures et pour le risque du gel avec des basses températures et pour caractériser ce paramètre, il faut définir plusieurs variables :

- ❖ La moyenne mensuelle des maxima (M)
- ❖ La moyenne mensuelle des minima (m)
- ❖ La moyenne mensuelle $(M+m/2)$
- ❖ L'amplitude thermique $(M-m)$

1.1 Les températures moyennes-annuelles :

Le but de l'étude est la comparaison des variations de températures moyennes annuelles, durant la période de 1990 à 2019 et la période 1913-1938 (SELTZER (1946))

La figure (7), représente l'évolution des températures moyennes annuelles par rapport à la température moyenne de la série d'observation (1990-2019).

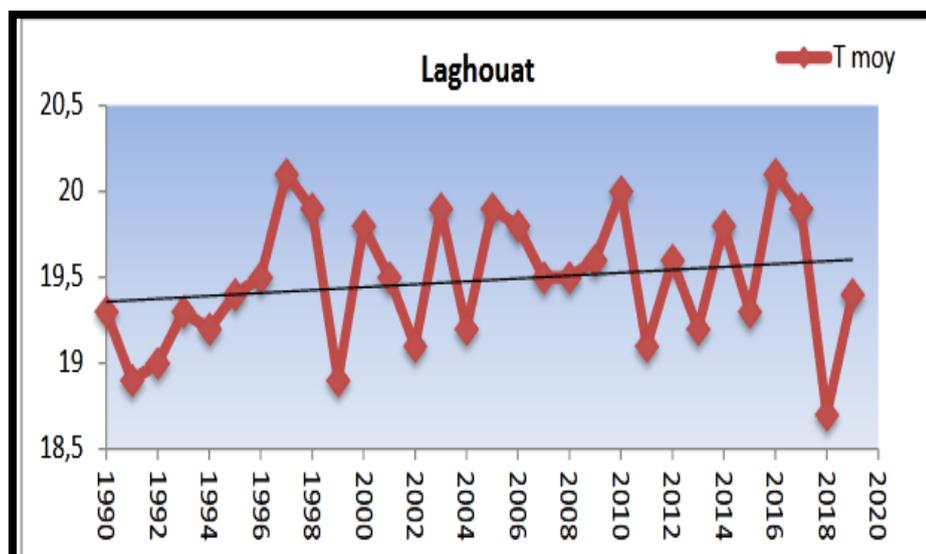
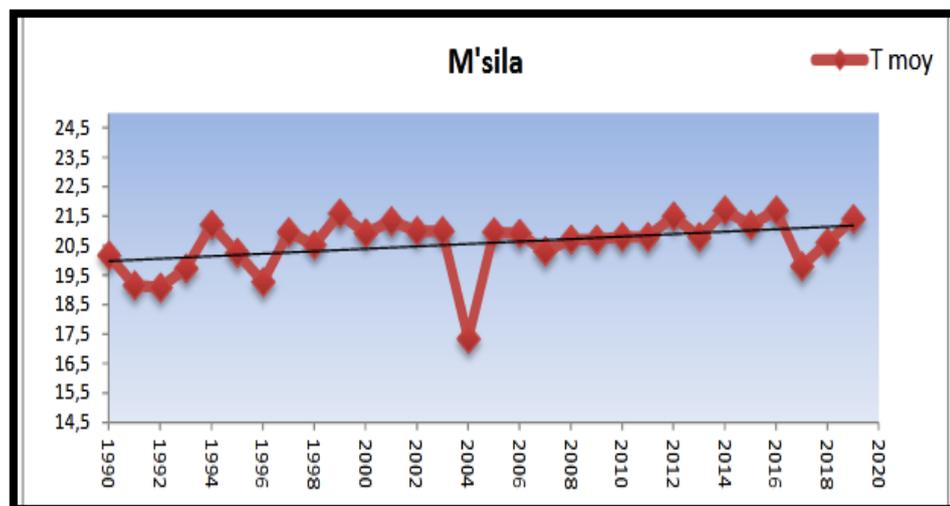
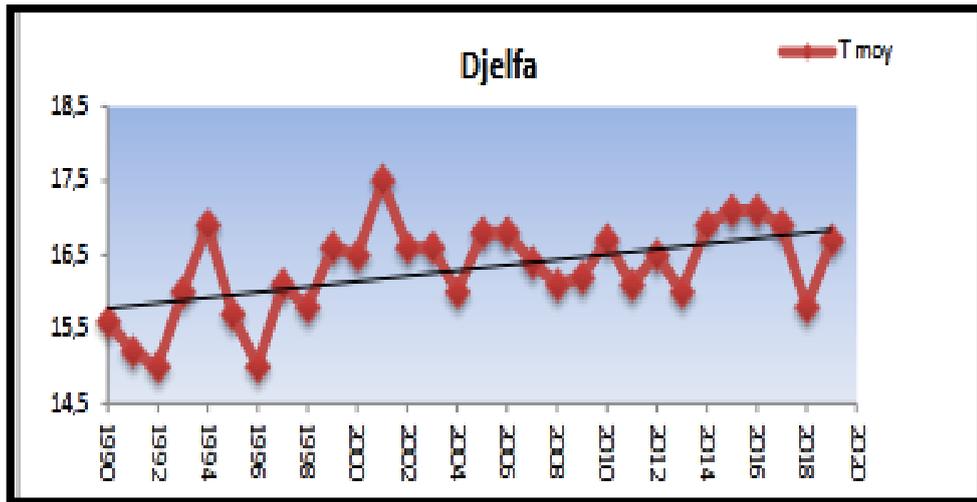


Figure 4 : l'évolution des températures moyennes annuelles

La température moyenne mensuelle est, de novembre à avril, inférieure à la moyenne annuelle ; elle lui est supérieure de mai à octobre, permettant ainsi de diviser l'année en un semestre froid et un semestre chaud.

- La station de Djelfa observe de moyenne 16.3°C.
- Pour les stations de Laghouat et M'sila ; la température moyenne de toute la série est respectivement de 19.5 – 20.6 –.

Pour le thermo climat, Rivas-Martinez (1996 in Meddour, 2010) reconnaît à l'échelle mondiale, 03 groupes thermiques subdivisés en 08 types thermiques, cette classification est basée sur les températures moyennes annuelles (T). Le classement et types thermiques des stations d'études sont présentés sur le tableau (4).

Selon les types thermiques de Rivas-Martinez (1996), nos stations sont classées dans thermo climat « tempéré-frais », et « tempéré- chaud », et « chaud – chaud ».

Tableau 5 : Classements types thermiques des stations d'étude en fonction des valeurs de la température moyenne annuelle (T °C).

Groupes thermiques	Types thermiques	Valeurs de T °C	Classement des stations
1- Chaud	Très chaud	>26	
	Chaud	21 – 26	
	Tempéré-chaud	16 – 21	M'sila- Laghouat
2- Tempérer	Tempéré- frais	10- 16	Djelfa
	Tempéré-froid	4 – 10	
	Froid	-2 à 4	
3- Froid	Très froid	-18 à -2	
	Extrêmement froid	<-18	

- ❖ La moyenne de températures minimales du mois le plus froid « **m** » relève que le mois de janvier est invariablement le mois le plus froid avec des valeurs de « **m** » assez basses, elles sont comprises entre les isothermes : 0.6°C à Djelfa, 2.3°C à Laghouat, 4.4°C à M'sila, 7.0°C.
 - ❖ La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « **M** » aussi important que « **m** » et facteur limitant pour certaines espèces végétales, elle diminue avec l'altitude, les différentes valeurs relèvent que le mois de juillet est invariablement le plus chaud, avec des moyennes dépassent 31°C.

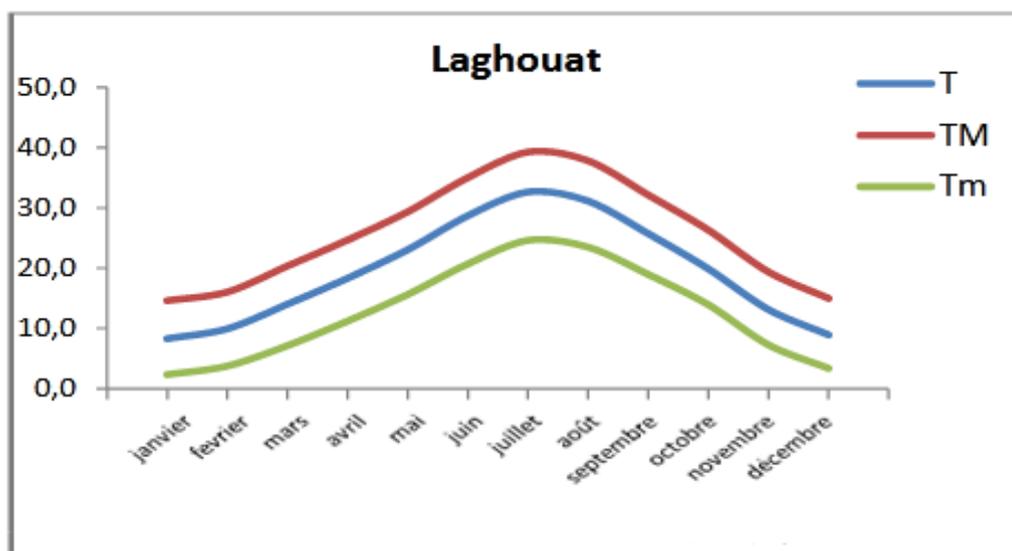
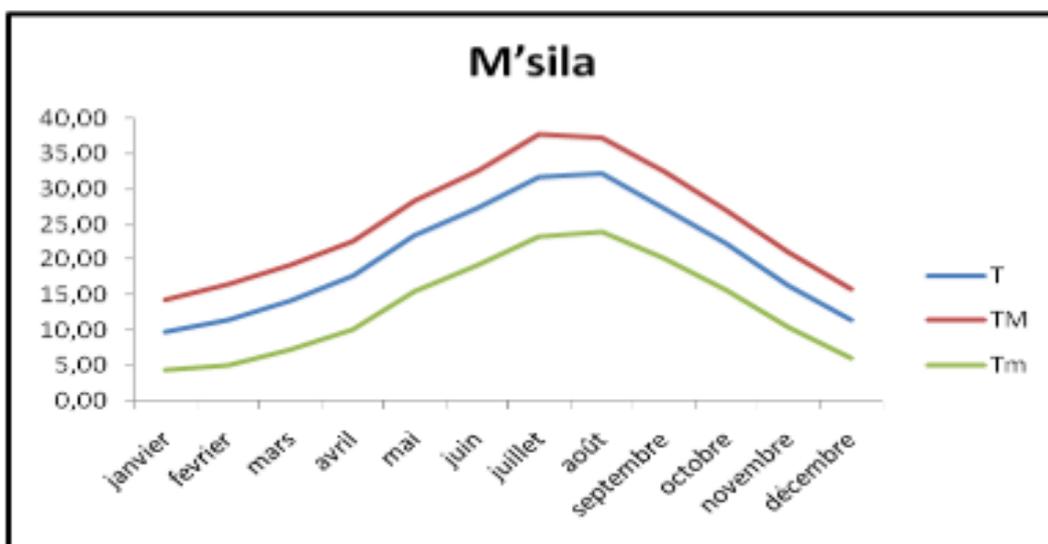
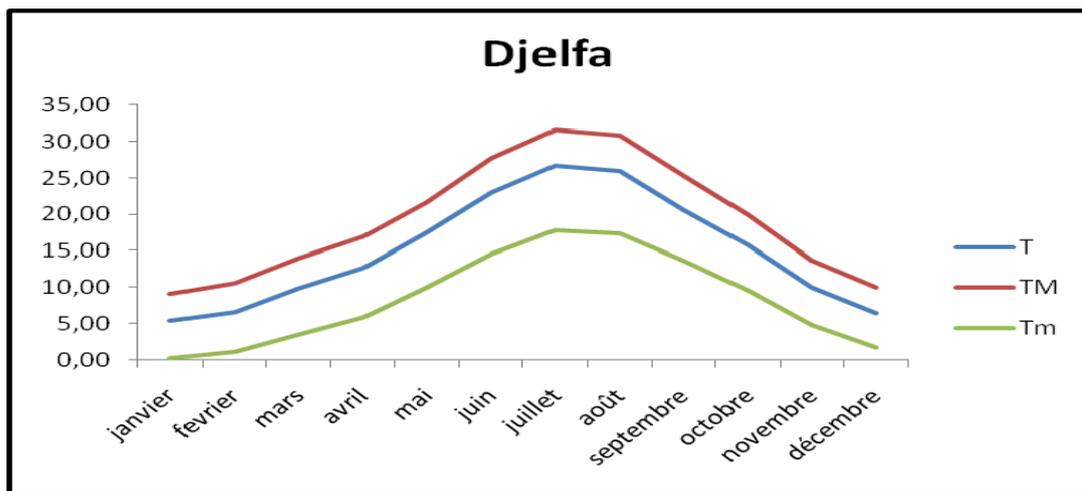


Figure 5 : l'évolution des températures mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales)

1.2 L'amplitude thermique :

Tableau 6 : L'amplitude thermique annuelle moyenne (A) et extrême (A Max) des stations (°C).

Station	Djelfa	Laghouat	M'sila
A max (M-m)	33.6	36.9	33.9
A (Tmax-Tmin)	23	24.3	23

– Amplitude thermique annuelle moyenne (A) :

L'amplitude annuelle moyenne de la température est définie comme étant « la différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et celles du mois le plus froid » ; elle caractérise le degré de continentalité thermique d'un climat (**Giacobbe, 1959 in Meddour, 2010**). Cette amplitude thermique subdivise l'Algérie en une « zone martine » où celle-ci est inférieure à 18 °C et une « zone continentale » avec une amplitude supérieure à 18 °C. Elle augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer. Concernant la zone d'étude,

L'amplitude annuelle de la thermique moyenne varie entre 22.8 °C et 24.3 °C, donc ces stations sont relativement continentales.

– Amplitude thermique annuelle extrême (A max):

L'amplitude thermique annuelle extrême est corrélative de la continentalité (**Emberger, 1955**). Or, un des caractères des climats continentaux est le grand écart thermique entre l'hiver et l'été (**Ozenda, 1991**).

Si l'on réfère à (**Debrech 1953, in Meddour, 2010**), qui a utilisé au Maroc cette amplitude comme critère de classification de la continentalité thermique, on constate que nos stations sont du type « climat-semi-continentale » ($25 < M-m < 35$ °C) et « climat continental » ($M-m < 35$ °C).

Ces résultats confirment la forte influence de la continentalité sur l'amplitude thermique et le fort contraste thermique.

2. La précipitation :

Tableau 7: Paramètres statistiques des séries pluviométriques de chaque station météorologique.

	Moyenne (mm/an)	Médiane (mm/an)	Ecart type	Min	Max	Cv %
Djelfa	268.5	257.6	76.75	139.45	442.1	28.6
M'sila	148.9	139.2	57	48.5	292.6	38.3
Laghouat	160.9	159.6	44.3	83.6	320.2	27.5

Les stations de hautes plaines steppiques, les moyennes sont respectivement :

268.5 mm à Djelfa, 148.9 mm à M'sila, et 160.9 mm à Laghouat. Les coefficients de variations de ses stations varient entre :

Djelfa 28.6%, Laghouat 27.5% et M'sila 38.3 % ; Cette dernière station présente une grande variabilité, ce qui la rapproche des stations présahariennes.

Pour illustrer de manière significative la variabilité interannuelle des précipitations dans les stations, le calcul de l'écart à la moyenne permet de mesurer la dispersion de la série autour de la moyenne pour chaque station. L'écart à la moyenne des précipitations est d'autant plus grand que la station est mieux arrosée.

La figure (6), illustre la distribution interannuelle des précipitations dans les stations steppiques.

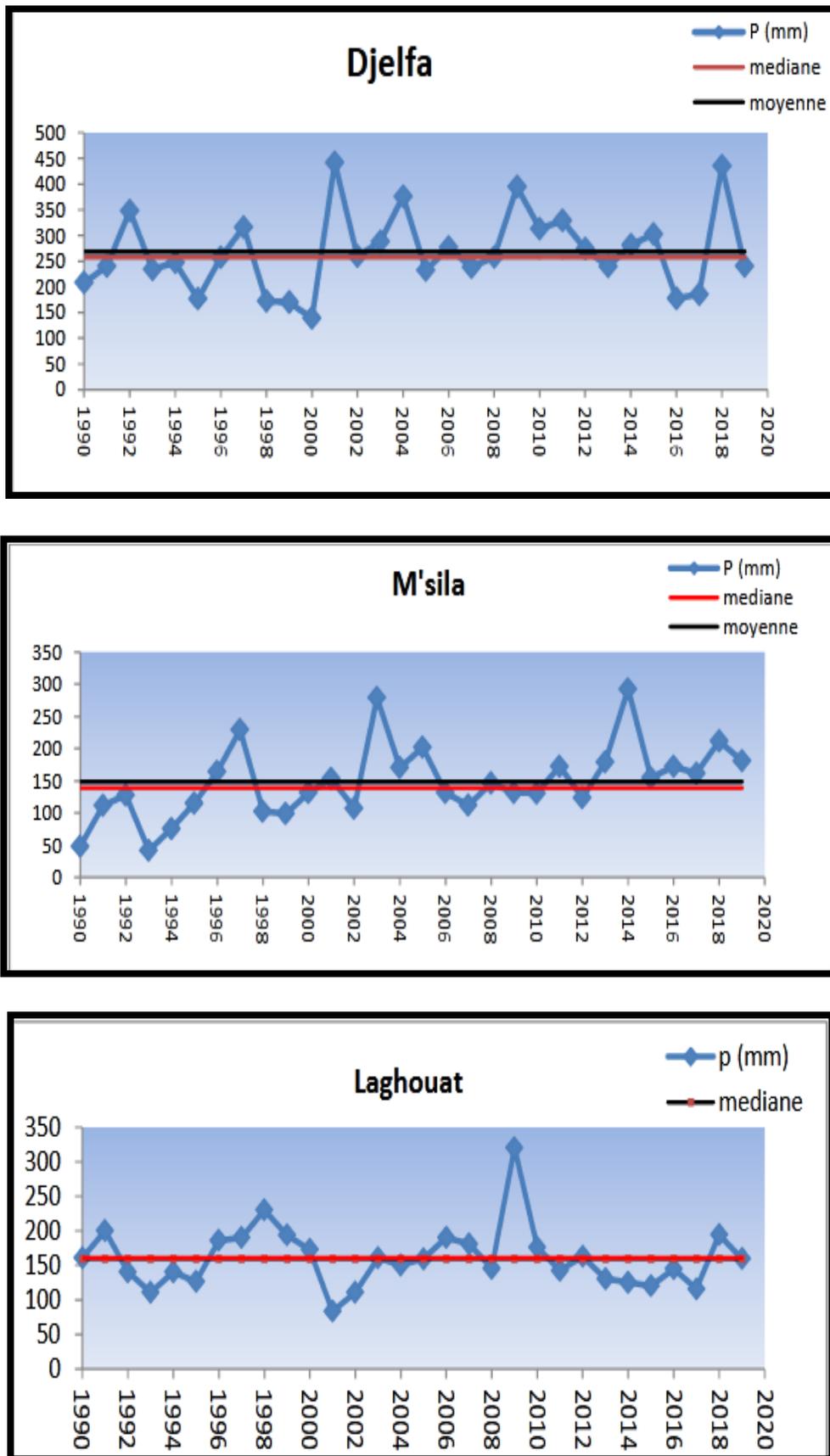


Figure 6 : Distribution interannuelle des précipitations pour différentes stations

Les courbes des précipitations annuelles traduisent une succession d'années sèches, humides et moyennes par rapport à la moyenne ou à la médiane.

Après le calcul de l'écart proportionnel à la moyenne (**Ipm**) qui est le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre ; on a trouvé que la somme de ces indices est décroît, donc une tendance de type sèche pour les toutes stations.

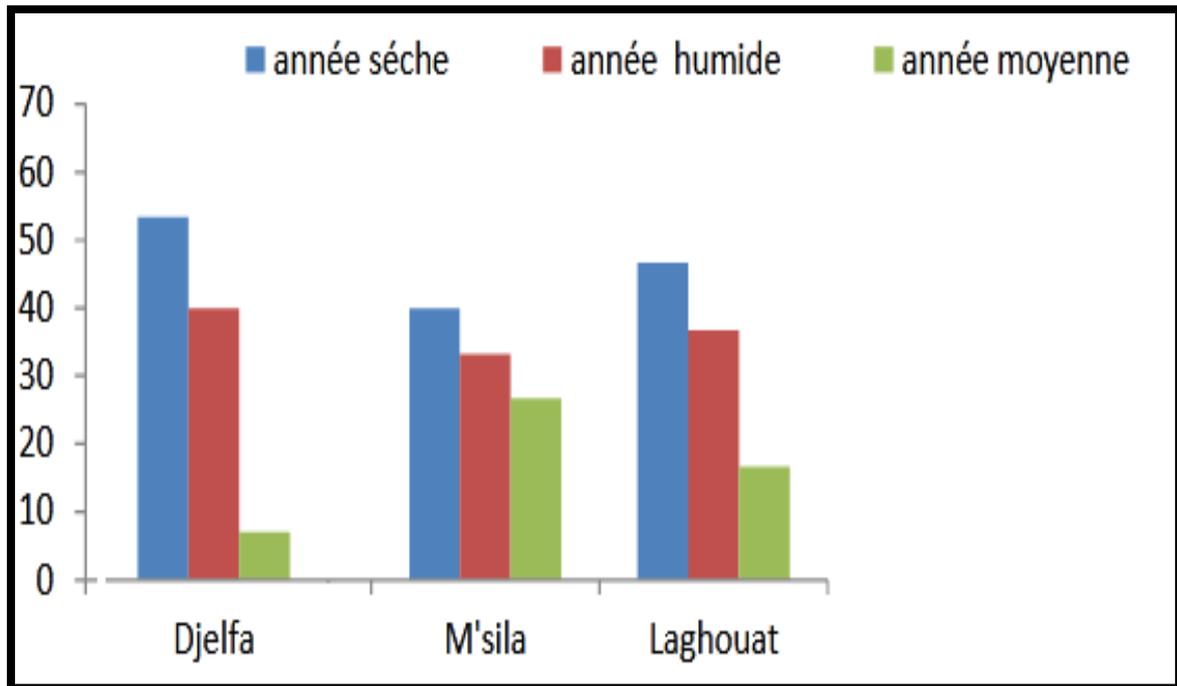


Figure 7 : Pourcentage des années sèches, humides et moyennes des stations steppiques

Après le calcul de l'indice de l'écart à la moyenne (E_m) qui est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (P_i) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (p_m) ; on a trouvé que le nombre des années sèches est plus grand par rapport des humides dans la plupart des stations Figure 7.

2.1. La variabilité intra- annuelle :

Les régimes des précipitations sont à l'origine de l'écoulement saisonnier des eaux de surface, des régimes des cours d'eau, de l'adaptation de la végétation et de l'agriculture...

-Les hauteurs des précipitations moyennes mensuelles calculées pour toutes les stations étudiées sont reprises dans la figure 8

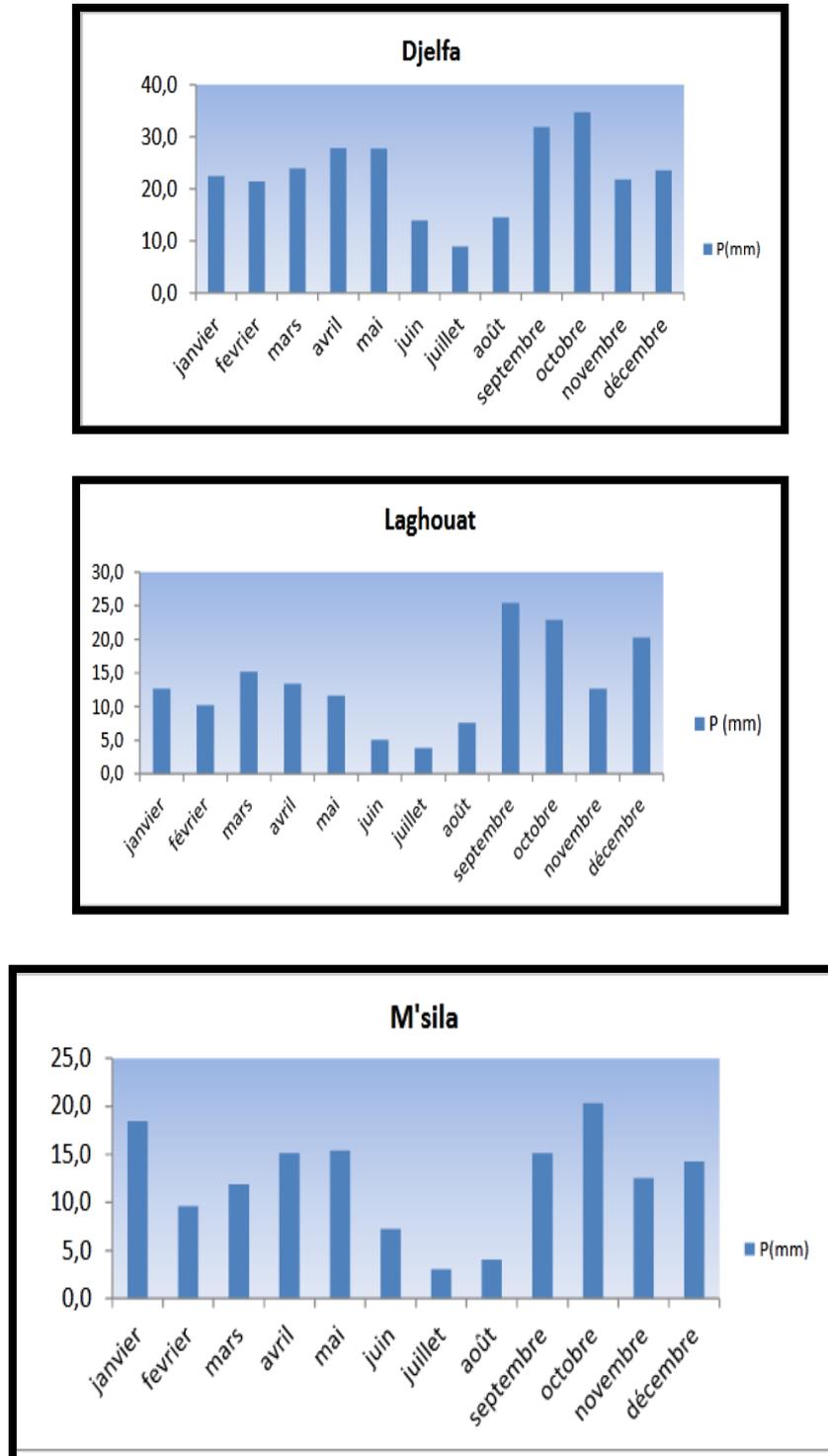


Figure 8 : Histogramme des précipitations mensuelles (mm)

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles durant la période (1990-2019), traduisent, clairement, les variations mensuelles des précipitations au cours d'une année.

La variation intra - annuelle est caractérisée par une répartition des pluies mensuelles très irrégulière au cours d'une année, sur l'ensemble des stations.

- La période pluvieuse s'étalant d'octobre à mai ou le maximum pluviométrique observé pendant les mois froids tel que le mois d'octobre : 34.7 mm à Djelfa, 20.3 mm à M'sila. Le mois de Septembre Laghouat avec 25.4mm.
- Les minimums s'observent durant la période estival, c'est la caractéristique essentielle du régime pluviométrique du climat méditerranéen. Le nombre de jours de pluie pendant cette saison est réduit pour certains mois tel celui de Juillet qui est invariablement le plus.

2.2. Le régime pluviométrique saisonnier :

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne, est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régional. Il est nécessaire de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies de l'année et de sa variation (Chaumont et Paquin, 1971).

Le tableau (9) et les histogrammes (Figure 9), montrent que, pour toutes les stations, la saison la plus sèche est l'été, ce qui est l'une des caractéristiques principales di climat méditerranéen (Daget, 1977). Le total des précipitations pour les trois mois juin, juillet et août est inférieur à 20 %. Pour les stations

Tableau 8 : Précipitations saisonnières des différentes station

Saison station	Automne		Hiver		Printemps		Eté	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Djelfa	88.2	32.9	67.3	25,1	79.4	29,6	37.2	13,8
M'sila	48	32.2	42.4	28.4	43	29	14.3	9.6
Laghouat	61	37.9	43.2	26.8	40.2	25.1	16.5	10.2

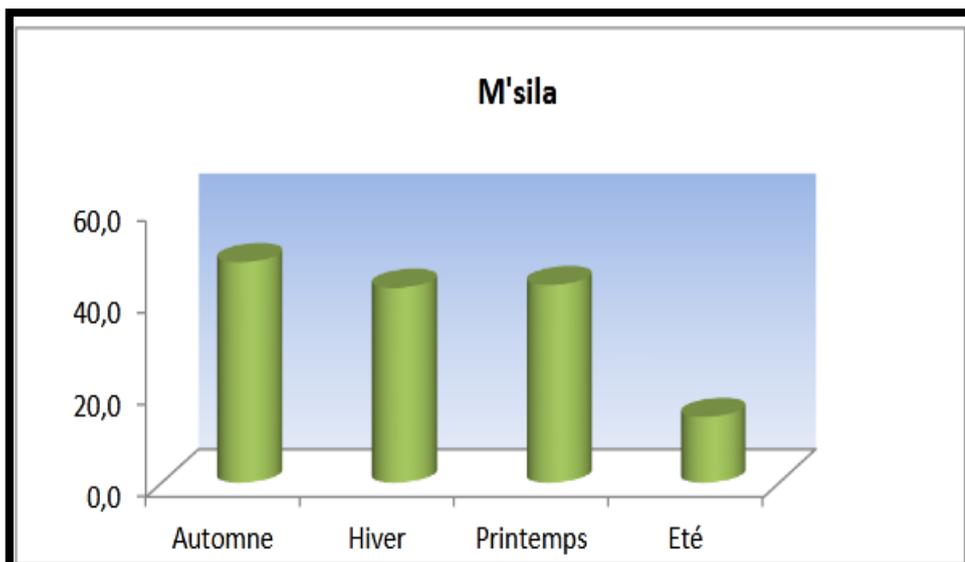
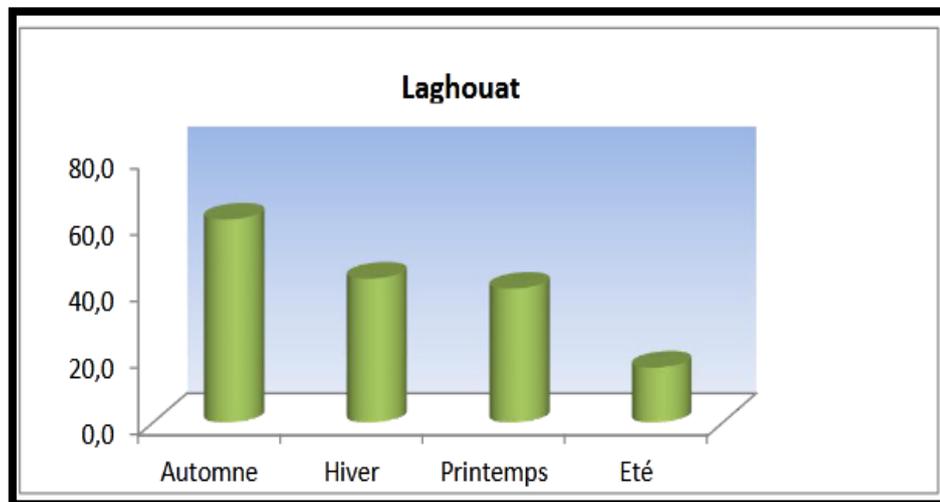
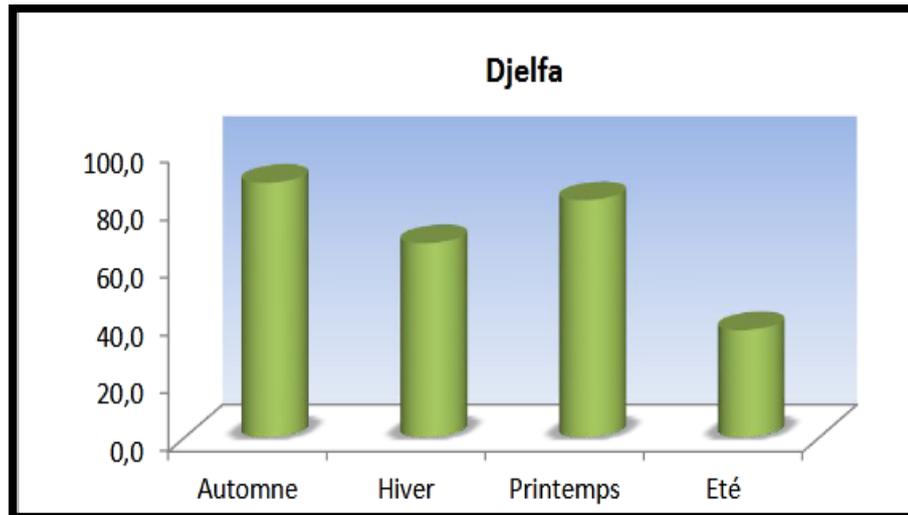


Figure 9 : Les régimes saisonniers (précipitation en mm)

3. Vent :

Le vent constitue un facteur important ; en hiver ils sont bénéfiques lorsqu'il apporte les nuages pluvieux et en été néfastes avec les sirocos chauds et secs qui augmentent l'évaporation et activent le dessèchement des sols. Il emprunte des couloirs préférentiels, facilités par l'étendue des hautes plaines, ils sont orientés Sud Est pour les sirocos qui entraînent les tempêtes de sable et parfois des orages en été (20 à 30 jours en moyenne) et Ouest-Nord, ou est en hiver souvent accompagnés de pluie.

Tableau 9 : Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse de vents (km/h)(1990-2019)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total moy (mm)
Djelfa	15.7	16.5	17.5	18.2	17.1	15.2	14.7	13.1	13.2	13.5	14.6	13.7	15.3
M'sila	14.4	16.4	17.4	18.2	17.1	16.2	15.0	13.7	13.7	13.1	13.8	14.1	15.3
Laghouat	12.8	16	16.8	17.5	16.7	15.7	13.9	12.6	12.1	9.9	11.4	10.9	13.8

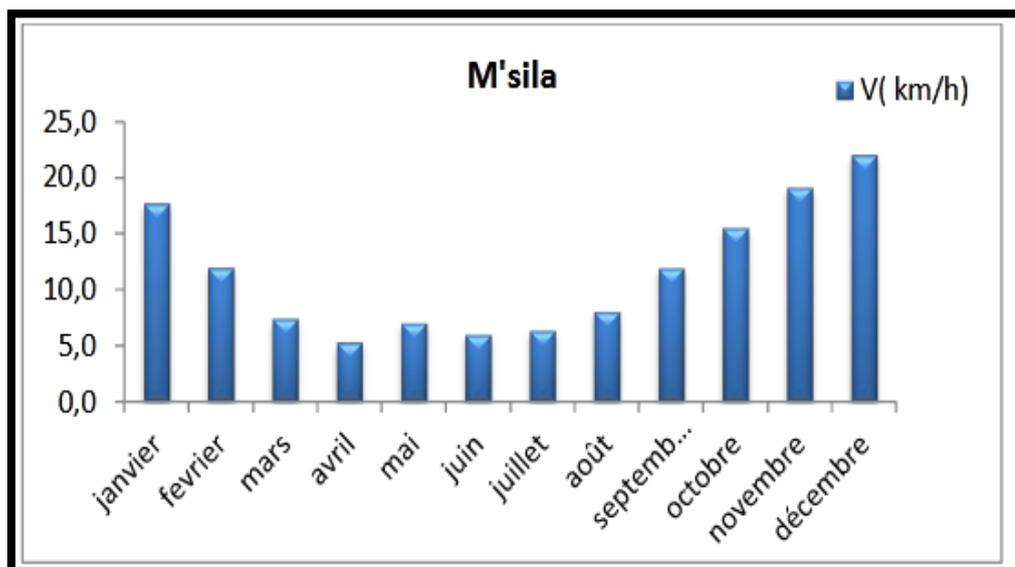
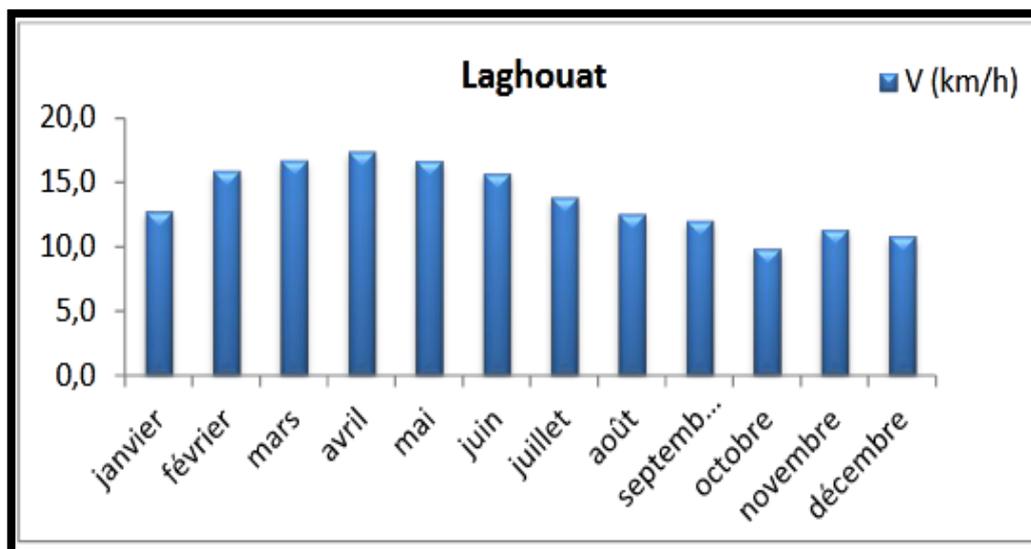
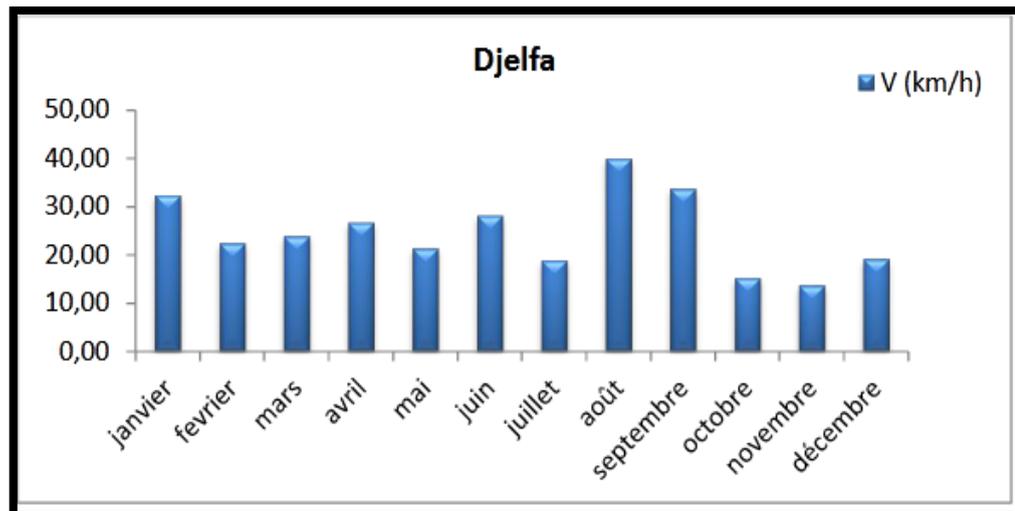


Figure 10 : L'évolution des moyennes mensuelles de la vitesse de vents (1990-2019)

Chapitre VI :

Résultats Et Interprétations

1. La température

Tableau 10 : Comparatif des différents paramètres entre (1913-1938) et (1990-2020)

Station	T°C moy Ann		M (°C)		m (°C)		Q ₂	
	1913 - 1938	1990 - 2019	1913 - 1938	1990 - 2019	1913 - 1938	1990 - 2019	1913 - 1938	1990 - 2019
Djelfa	13.4	16.3	36.3	34.2	-0.8	0.6	28.5	27.4
Laghouat	17.6	19.5	36	39.3	2.3	2.3	17	14.9
M'sila	18.6	20.6	37.1	38.4	3.7	4.4	23.2	15

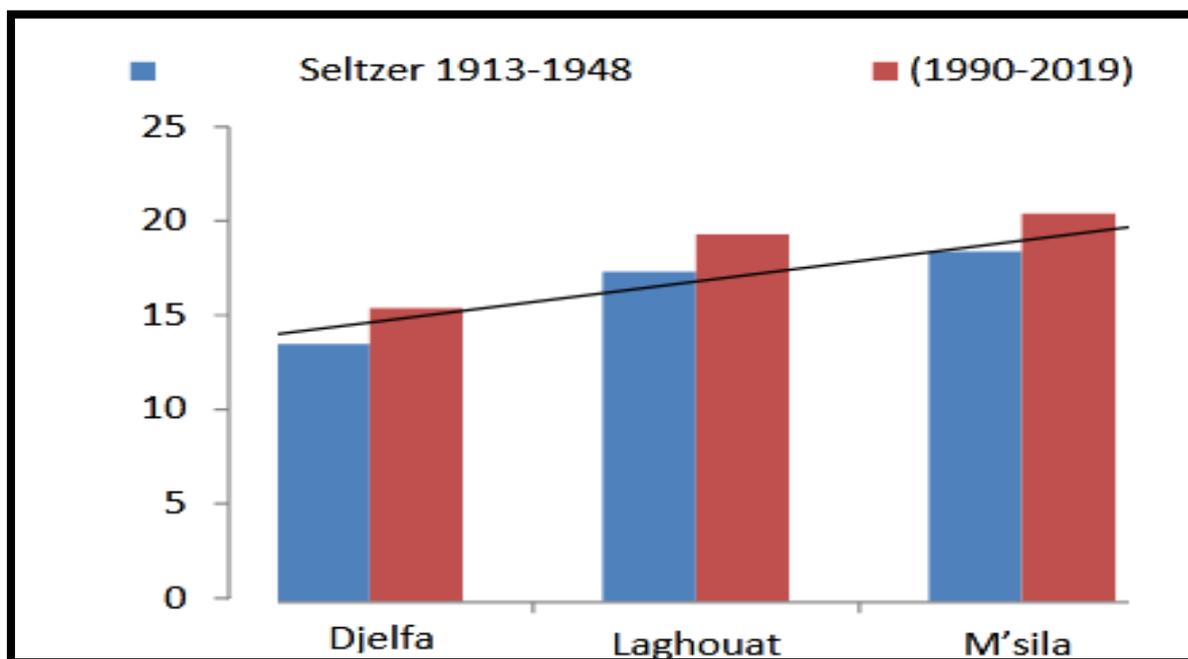


Figure 11 : Evolution des températures moyennes annuelles (°C)

Les températures moyennes mensuelles et annuelles montrent que les mois de juillet et août sont les plus chauds contrairement aux « M » où juillet est le plus chaud, et dévoilent que la valeur de la moyenne annuelle est en croissance permanente pour la période de 1990-2019 par rapport à la période de 1913-1938. L'altitude influe aussi sur les valeurs de la température moyenne annuelle, en la diminuant.

Selon les types thermiques de **Rivas-Martinez (1996)**, nos stations sont classées dans thermo climat :

-Tempéré-**chaud** : Djelfa- M'sila- Laghouat. Il y a un changement de classe de station de Djelfa de tempéré-frais au tempéré –chaud.

La moyenne de températures minimales du mois le plus froid « m » relève que le mois de janvier est invariablement le mois le plus froid avec des valeurs de « m » assez basses. Les moyennes de la période d'étude sont plus élevées par rapport celles de Seltzer (1913-1938) ; À l'exception la station de Laghouat qui reste la même 2.3°C.

La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M » aussi important que « m », elle diminue avec l'altitude, les différentes valeurs relèvent que le mois de juillet est invariablement le plus chaud, avec des moyennes dépassent 34°C. Contrairement au minima, les maximas sont restés plus ou moins constants avec une augmentation remarquable dans la plupart des stations, exception faite pour la région de Djelfa où il y a eu diminution des maximas, qui passe de 36.3°C à 34.2°C.

2. La précipitation

Tableau 11 : précipitations moyennes annuelles (mm)

Station	P (mm)	
	1913-1938	1990-2019
Djelfa	308	268.5
Laghouat	167	160.9
M'sila	226	148.9

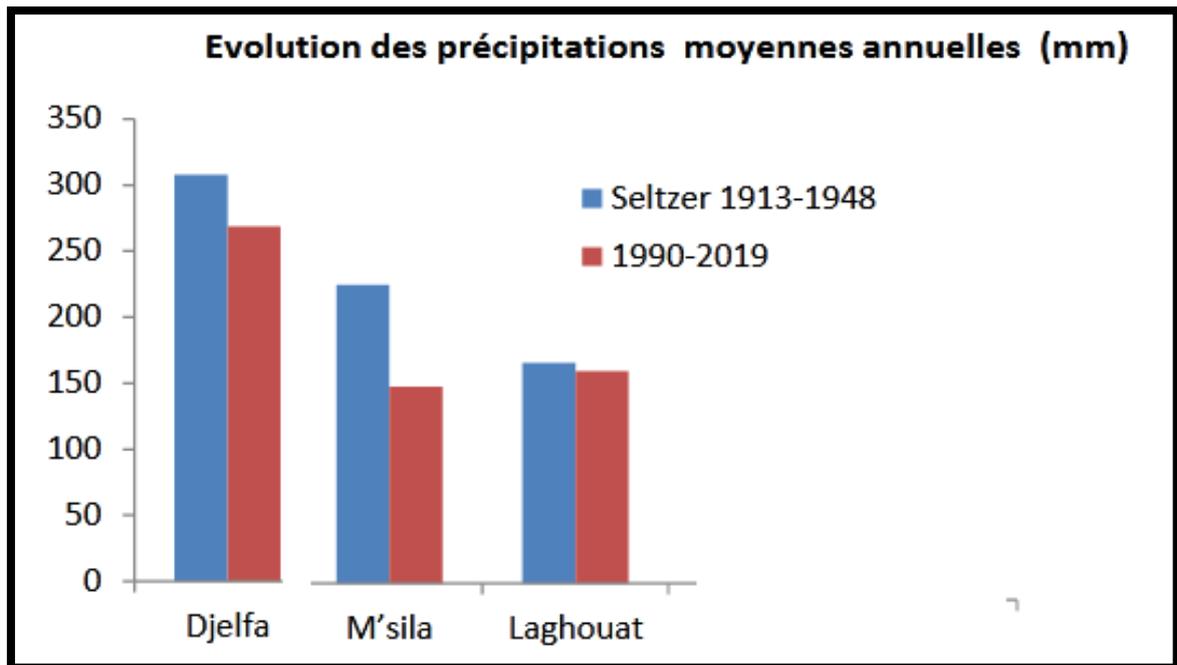


Figure 12 : Evolution des précipitations moyennes annuelles (mm)

La courbe au-dessus montre le constat d'une diminution notable des précipitations depuis le début de siècle et particulièrement ces dernières 30 années avec :

- De 07 à 39 mm au centre. (Laghouat et Djelfa).
- 70 mm à la station de l'Est (M'sila),

- Le régime pluviométrique saisonnier confirme une hétérogénéité de maximum saisonnier qui diffère suivant les stations et les périodes d'observations. On a trouvé que la saison la plus pluvieuse dans la station de Djelfa est l'hiver pour la période (1913-1938), avec 100 mm, et l'automne pour la période (1990-2019) avec 88.3 mm.

Mais les autres stations la saison la plus pluvieuse restent la même. Par contre le minimum saisonnier est toujours observé pendant l'été.

Les années sèches sont nettement plus accentuées que les années humides

- 53.3 % des années sont sèches.
- 38.7 % des années sont humides.
- 08 % des années sont moyennes.

Le gradient altitudinal pluviométrique qui varie d'une région à une autre en fonction de l'éloignement de la mer, de la pente et de l'exposition des versants aux vents pluvieux, représente pour toute la zone d'étude 13 mm pour une dénivellation de 100 m avec un coefficient de corrélation égale à 60%.

3. Synthèse climatique :

Les facteurs climatiques ne représentent qu'un des aspects du milieu, ils ne peuvent pas, à eux seuls, expliquer la zonation de la végétation. Cependant, l'approche bioclimatique offre l'avantage d'une vision globale et comparative à l'échelle d'un territoire phytogéographique ou d'une chaîne montagneuse (Meddour, 2010).

3.1 Indice d'aridité de DeMartonne

De Martonne (1929, in Chermat, 1998) a proposé un indice d'aridité annuel ($IDM = P / (T + 10)$) caractérisant la saison sèche, et pour caractériser le climat à l'échelle mensuelle, les précipitations du mois considéré sont multipliées par 12 ($IDM = 12P / (T + 10)$), afin d'aboutir à une valeur comparable à celle de l'indice annuelle.

L'indice (IDM) est d'autant plus élevé que le climat est moins aride. En fonction des valeurs de cet indice, applicables aussi bien à l'échelle mensuelle qu'annuelle, De Martonne distingue divers bioclimats (Tab10).

Tableau 12 : Valeurs de l'indice d'aridité (IDM) et bioclimats correspondants.

Valeur de l'indice	Type de bioclimat
$I < 5$	Hyperaride (HA) Aride (A)
$10 < I$	Semi-aride (SA) Subhumide (SH) Humide (H)
$20 < I$	Perhumide (PH)
$30 < I$	
> 55	

Les résultats obtenus par cette méthode pour les stations de la zone d'étude, sont présentées sur le tableau suivant :

Tableau 13 : Valeurs du rapport ombrothermique P /T et typologie de l'arido-humidité mensuelle

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	I dm
Djelfa	16.89	15.05	13.90	13.87	11,43	4,77	2,73	4,57	11,79	15,4	12,54	16,79	11,64
M'sila	11.2	5.4	5.7	6.2	5.4	2,2	0.9	1,1	4.9	7.7	6.1	8.5	5.4
Laghouat	8.3	6.1	7.6	5.7	4.2	1.6	1.1	2.2	8.5	9.2	6.6	12.9	6.2

Légende :

HA	A	SA	SH	H

3.2 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Les courbes des diagrammes ombrothermiques précisent que la longueur de l'été sec est chaude et ses variations varient selon les stations. Un mois est considéré comme sec lorsque la courbe des températures (T) est supérieure à celles des précipitations (P), et $P = 2T$.

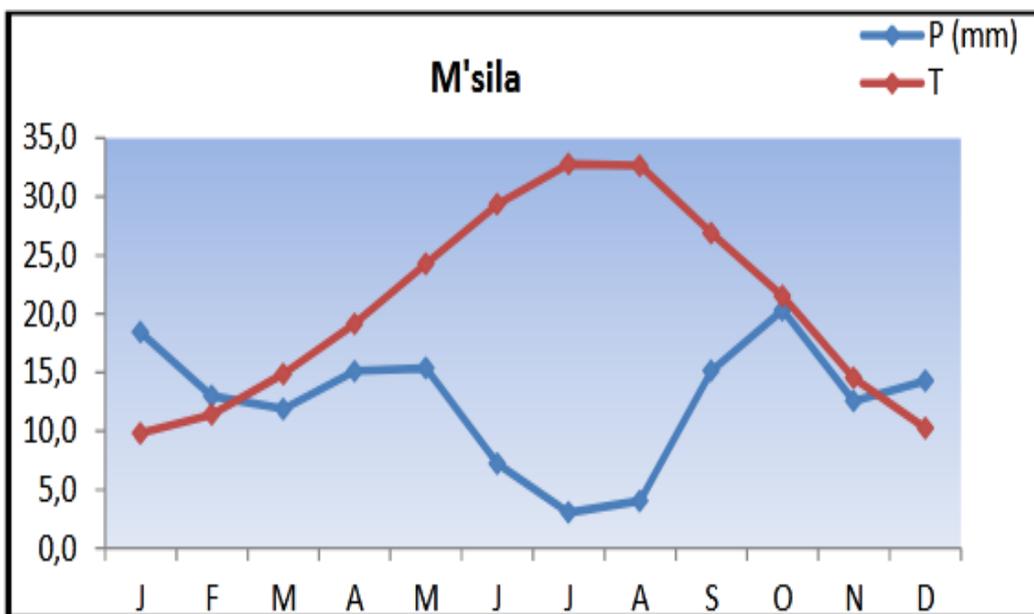
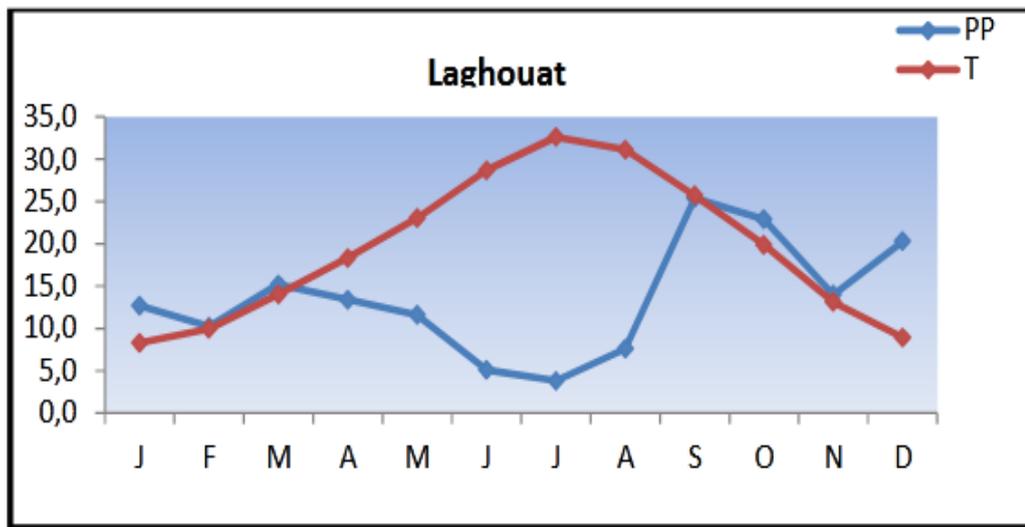
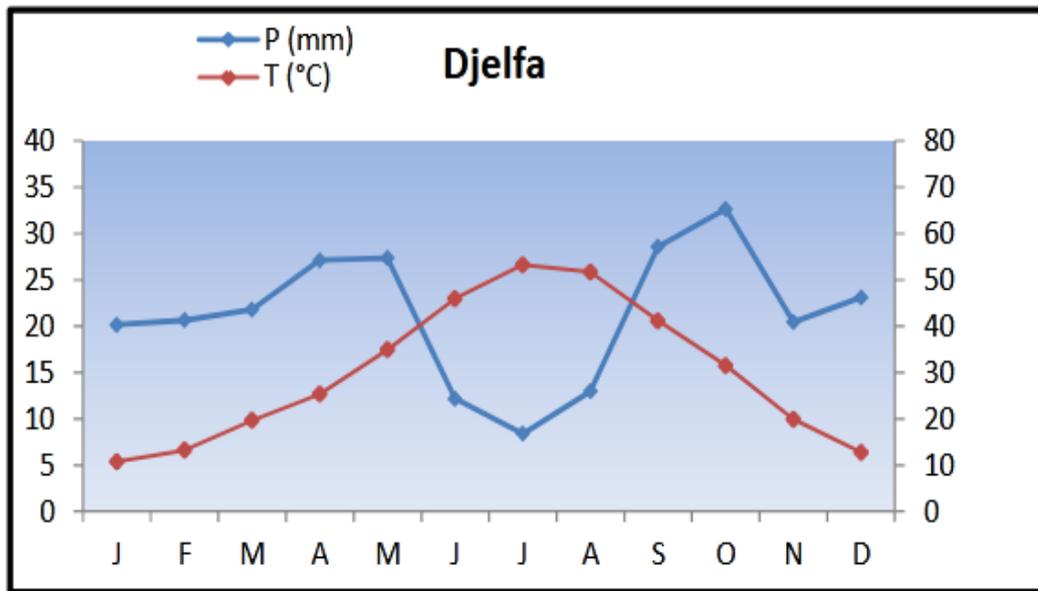


Figure 13 : Diagrammes ombrothermiques

Les diagrammes ombrothermiques des différentes stations sont résumés dans la figure

- Pour la station de Djelfa, enregistrent une période sèche de 3 mois, allant, de mois de Juin jusqu'à le mois de Septembre.
- Pour la station de Laghouat enregistre une période sèche de 6 mois, allant de mois d'Avril jusqu'à le début de mois d'octobre.
- La station de M'sila, la période sèche est 8 mois ;

Comme nous venons de le voir, le diagramme de Gaussen est très important dans la détermination de la période sèche, car celle-ci est fondamentale en agriculture et dans la détermination des périodes d'irrigation.

3.3 Climagramme d'Emberger :

Les étages bioclimatiques (zone ou ambiance bioclimatique) sont reconnus par référence au climagramme créer par **Emberger (1930, 1936)**, celui-ci consiste en un système de coordonnées (m en abscisse et Q₂ en ordonnées).

Le tableau (17) regroupe les principales valeurs de Q₂ qui nous permet de déterminer les zones bioclimatiques des stations d'études. Ainsi que les valeurs des moyens annuels des précipitations et de températures obtenues de différentes stations.

Tableau 14 : les valeurs de « Q₂ » de différentes stations

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂
Djelfa	268.5	34.2	0.58	27.4
Laghouat	160.9	39.3	2.3	14.9
M'sila	148.9	38.4	4.4	15

A l'aide des valeurs de « Q₂ ou P » et « m » nous avons représenté l'aire correspondant à la zone d'étude sur le climagramme (**Figure 14**).

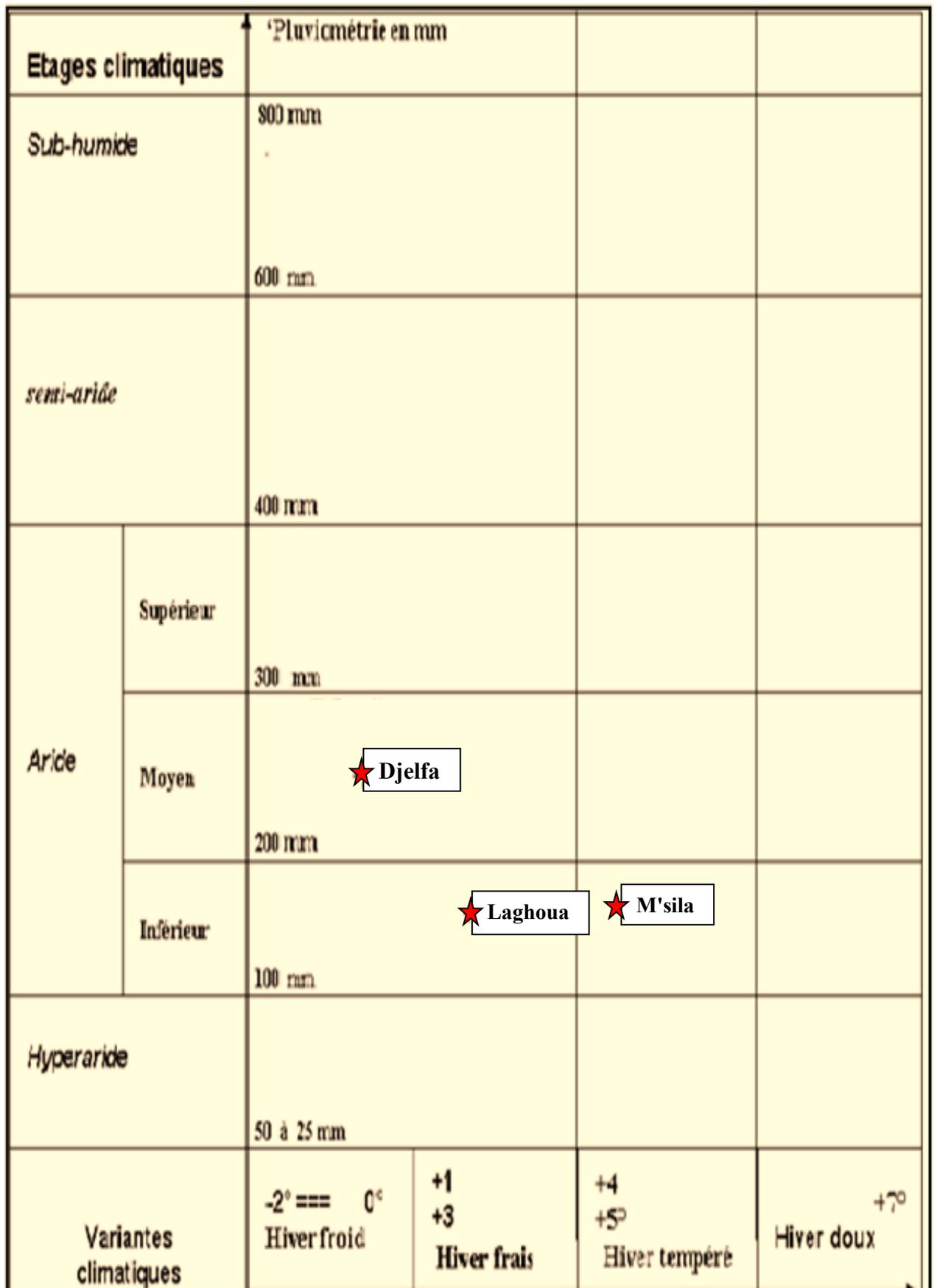


Figure 14 : Climagramme d'Emberger

Cependant, il ressort de l'emplacement de cet indice sur le climagramme d'Emberger, que les régions étudiées sont situées dans les étages bioclimatiques suivants :

- Djelfa : l'aride moyen à hiver froid.
- Laghouat l'aride inférieur à hiver frais.
- M'sila : l'aride inférieur à hiver tempéré.

On a observé :

L'étude des climagrammes d'emberger que les changements importants se sont opérés dans les étages, sous étages et de la variante thermique :

- Djelfa passe du l'étage aride supérieur à hiver froid à l'aride moyen à hiver froid.
- M'sila passe du l'aride moyen à hiver tempéré à l'aride inférieur à hiver tempéré.
- Laghouat reste au même étage aride moyen à hiver tempéré.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'étude évolutive du climat et du bioclimat des régions steppiques indique que la région d'étude est marquée par une grande variabilité interannuelle des précipitations et ont connu une diminution notable des précipitations avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse est de l'ordre de 14% pour Djelfa ; M'sila 20%, Laghouat 17%. Ces deux dernières décennies montrent un assèchement des régions steppiques avec une augmentation des températures, une nette accentuation de la sécheresse traduisant en grande partie une évolution des territoires vers l'aridité.

L'étude de bioclimat montre que des changements importants se sont opérés dans les étages, sous étages et de la variante thermique : Djelfa passe du l'étage aride supérieur à hiver froid à l'aride moyen froid ; et M'sila change leur étage de l'aride moyen à hiver tempéré à l'aride inférieur à hiver tempéré mais Laghouat reste au même étage aride moyen à hiver tempéré.

Ces perturbations climatiques ont contribué en grande partie à la dégradation de ces milieux déjà très sensibles (régression des ressources végétales), d'où la nécessité à l'avenir de recourir à des séries d'observation assez longues que possible et surtout de multiplier le réseau météorologique par la création des nouvelles stations.

L'utilisation des indices climatiques, mis en évidence par des critères arithmétiques et statistiques, a permis de caractériser les différents phénomènes climatiques et de mieux apprécier leur évolution dans le temps et dans l'espace.

L'indice d'ombrothermique, comme cite précédemment, a permis de comparer facilement les climats de différents endroits.

L'orientation majeure de cette étude pour l'avenir sera de :

- Etendre la série des données climatologiques sur une période d'au moins 50 ans, pour une meilleure évaluation des fluctuations de précipitations et de températures et la mise en place de cartes pluviométriques et thermiques pour toute l'Algérie.

- Eliminer toutes les irrégularités des valeurs enregistrées dans les différentes stations pour faciliter l'appréciation des facteurs secondaires et locaux de la zone d'étude.

- Faire une comparaison entre la série de Seltzer et de l'ONM pour déterminer une éventuelle périodicité des phénomènes climatologiques et de déterminer leurs fréquences.

- Mener une étude statistique approfondie pour déterminer un indice climatique ou bioclimatique spécifique à l'Algérie précisément à la steppe algérienne, et mieux adapté aux conditions climatiques qui y règnent.

Références bibliographiques

Les données

ONM : office nationale météorologique

HCDS : haut-commissariat de développement de la steppe

ANAT : (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) 2004.- Carte bioclimatique de l'Algérie

Références bibliographiques

Aidoud A., 1989 – Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des haute plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse doctorat, USTHB, Alger, 240 p.

Aidoud A., 1996 – La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7, 187-93p.

Aliouche Y., 2016 – Impact du changement climatique sur la fluctuation piézométrique de la nappe de la Mitidja. 03 pages. Mémoire master. Ecole Nationale Supérieure D'hydraulique -Arbaoui Abdellah. Année de soutenance 2016.

Bedrani S., 1996 – Foncier et gestion des ressources naturelles en Afrique du Nord. Cas de l'Algérie. Act. Atel. Le foncier et la gestion des ressources naturelles dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord. OSS., 3-32p.

Boubakeur G., 2009 - Contribution à l'étude des changements climatiques dans le milieu steppique, évaluation et impact cas de Djelfa, mémoire magister, Univ Djelfa. Disponible sur : <http://dspace.univ-djelfa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/1334>, consulté le 08-04-2021

Péguy C.P., 1970 – Précis de Climatologie. Paris,. Masson, 2^{ème} édition, 468 p.

Chaumont M. Et Paquin C., 1971 – Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie au 1/ 50 000. Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord, Alger, 24 p.

Chermat S., 1998 – Les étages de végétations en Algérie Nord orientale, approche phytosociologique. Thèse de Magister. Univ. F. Abbas, Sétif, 114p.

Daget P., 1977 – Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetation*, vol. 34, n° 2 : 87-103p.

Demmak A., Ould Amara A., 2001 – La sécheresse en Algérie des années 1970/1990 et son impact sur les ressources en eau. Table ronde sécheresse-changement climatique-désertification, 10p.

Djellouli Y., 1981 – Étude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du Sud oranais (Wilaya de Saida). Thèse de doctorat de 3e cycle, université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène, Alger.

Djellouli Y., 1990 – Flores et climats en Algérie septentrionale : Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doctorat, USTHB, Alger, 210 p.

Dubief J., 1959 – Le climat du Sahara. Institut de Recherche Saharien, Alger, Tome I. 307p

El Khatri S., 2003 – Manuel du cours de climatologie. Centre National de recherches météorologiques, Maroc, 43 p.

Emberger L ; 1971 : Travaux de botanique et d'écologie. Masson et Cie, Paris, 520 p

Emberger L., 1955 – Une Classification biogéographique des climats. *Rev. Trav.Lab. Bot. Géo. Zool. Fac. Scien. Série Bot.*, 7 : 3-43p.

Emmanuel. Le Roy Ladurie, 1967 – Histoire du climat depuis l'an mil, || Nouv. Bibl. Sci. Fr. Fre.,.

Khaldi A. 2005 – Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida", thèse doc. Université d'Oran, 10p.

Le Houerou H.N., Claudin J. et Pouget M., 1977 – Etude bioclimatique des steppes Algériennes. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord Alger.* t. 68, fasc. J et 4: 33-74p.

Le Houerou H.N., 1985 – la régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger, ronéotypé.

Meddour r., 2010 – Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie : exemple des groupements forestiers et préforestier de la Kabylie Djurdjurenne. Thèse de Doct., Univ. Mouloud Mammeri, TiziOuezou, 397 p + annexes.

Mokssit A., 1996 – La sécheresse dans le climat marocain. Atelier sur la prévention et la gestion des situations de sécheresse dans les pays du Maghreb, juin 1996, 107-124p.

Nedjraoui D., 2003 – Country pasture, forage resource profiles. Ed. FAO, Grassland and pasture crops, Algeria, 1-29p.

Ozenda P., 1991 – Flore et végétation du Sahara. 3e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp : 39-96p.

Sebhi S., 1987 – *Mutations du Monde Rural Algérien*. Le Hodna. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 252 p.

Seltzer, P. 1946 Le Climat de l'Algérie, Vol. 1, Carbonel, Alger.

Tabeaud, M., 2008 – La climatologie générale. 3ème édition. Paris : Armand Colin., 126p.

Vandenplas, A., 1995 – Note sur l'origine et la définition du mot « climat », Ciel et Terre, Vol.71, 7-9 p.

Ait Bennour H., Bensidhoum.Z. 2017 – Impact de changement climatique sur la production des agrumes dans la wilaya de Bejaia (1983 à 2016). *Mem. Master en Sciences Economiques Univ Bejaia*. 84 p, :< dspace.univ-bejaia.dz> Consulté le 07/10/2021

Baghdadli, I., 2014 – L'influence du changement climatique sur les ressources en eaux du Meffrouch. 74pages. Mémoire master. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEM, FACULTE DE TECHNOLOGIE. DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE. Année de soutenance 2014. Disponible sur :< dspace.univ-tlemcen.dz>. Consulter le 01/10/2021.

Boussaid M., 2013 – Diversité des populations naturelles de *Stipa tenacissima* L en Algérie: Approches Phénotypique, Caryologique et Moléculaire. Thème Doctorat, Univ-Oran 2012-2013, p7 , Disponible sur: http://www.univ-usto.dz/theses_en_ligne/doc_num.php?explnum_id=1621 , Consulté le 18/10/2021

Farah, A. K., 2014 – Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. Mémoire magister. UNIVERSITE CONSTANTINE 1, FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE, DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE. Année de soutenance 2014. Disponible sur < bu.umc.edu.dz>. Consulté le 07/10/2021.

Saida N., 2007 – Evaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral de Tétouan (Méditerranée occidentale du Maroc) : Vulnérabilité et Adaptation. Thèse doctorat. UNIVERSITÉ MOHAMMED V – AGDAL . FACULTÉ DES SCIENCES. Année de soutenance 2007. Disponible sur < toubkal.imist.m>. Consulté le : 05/10/2021

Sedjar A., 2012 – Biodiversité et dynamique de la végétation dans un écosystème forestier - Cas de djebel Boutaleb-, Memoire Magister, Univ-Oran 2012-2013, p7, Disponible sur : <https://mmagister.univ-setif.dz/images/facultes/SNV/2012/SEDJAR%20Amina.pdf>, Consulté le 19/10/2021

Taibi, S., (2011) – Analyse du régime climatique au nord de l'Algérie. Mémoire magister, Ecole Nationale Supérieur D'agronomie El Harrache, Alger, Disponible sur : http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/984/1/taibi_s.pdf Consulté le 19/10/2021.

Yidourega, Di. B., 2009 – Changements climatiques et cultures maraichères. Mémoire Master. Université d'Ouagadougou. Année de soutenance 2009. Disponible sur < memoireonline.com>.

Yidourega, Dieudonné B., 2009 – Changements climatiques et cultures maraichères. Mémoire Master. Université d'Ouagadougou. Année de soutenance 2009. Disponible sur < memoireonline.com>. Consulté le 18/10/2021.

Sites d'internet

Labani A, Bouchtata T., Benabdeli K., Adda-Hanifi N.N., Terras M., 2005- Contribution à l'étude des processus de désertification de la steppe algérienne : le cas de la région de Nâama (Algérie), *Ecosistemas* 14 (3) : 67-81. Septembre 2005. Disponible sur : <https://core.ac.uk/download/pdf/16361266.pdf>, consulté le 08-04-2021

Anonyme 1, 2019 – Émissions de gaz à effet de serre : facteurs et incidences, Environnement et Changement climatique Canada, Site de Gouvernement du Canada, Disponible sur < <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/emissions-gaz-effet-serre-facteurs-incidences.html>>. Consulté le 09/10/2021.

Anonyme 2, Notions d'humidité relative et absolue ! Disponible sur: <https://www.abcclim.net/humidite-absolue-relative.html>, >. Consulté le 18/10/2021.

Christian, G., 2002 – La totalité, Volume 5. Editions Champ Vallon, - 954 pages. Disponible sur : < books.google.fr>. Consulter le 18/10/2021.

Helga-Jane Scarwell, Isabelle Roussel. Le Changement climatique : Quand le climat nous pousse à changer d'ère. Presses Univ. Septentrion, France. 2010 - 358 pages. Disponible sur : < books.google.fr>. Consulter le 18/10/2021.

Bergaoui M., Alouini A., 2002 – Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique : cas du bassin versant de Siliana en Tunisie, <https://www.semanticscholar.org/paper/Caract%C3%A9risation-de-la-s%C3%A9cheresse-m%C3%A9t%C3%A9orologique-et-Bergaoui-Alouini/07a2ae999748dc24cbac01af3af63dac1ae2972b#related-papers;> Consulté le 18/10/2021

Pailleux J., 2012 – Quelle est la différence entre « météorologie » et « climatologie » FAQ Climat, club des argonautes, (2012) <http://www.clubdesargonautes.org/faq/pdf/climatetmeteo.pdf> , Consulté le 10/10/2021.

Rivas-Martinez S., 2004 – Global bioclimats (Classificacion Bioclimática De La Teirra). Phytosociological Research Center. www.globalbioclimats.org.

<http://www.ncdc.noaa.gov/> Consulté le 18/10/2021.

<http://www.eurometeo.com/english/city/id-dz> Consulté le 18/10/2021.

<http://www.fallingrain.com/word/AG/>, Consulté le 18/10/2021.

<http://www.tutiempo.net/en/climate/Algeria/DZ.html>, Consulté le 18/10/2021.

<http://www.weatherbase.com/> Consulté le 18/10/2021.

<http://www.changement-climatique.fr/blog-acces>, Consulté le 18/10/2021.

<http://www.iisd.org>, Consulté le 18/10/2021.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : les Moyennes mensuelles des données climatiques des stations métrologiques (1990-2019)**Tab.01 : Les Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Djelfa.**

	Précipitations											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1990	12,44	39,38	2,03	29,45	1,02	14,2	8,14	11,95	14,74	4,31	9,92	101,86
1991	16,78	41,67	57,15	0,51	33	16,3	5,59	1,27	11,94	198,13	19,56	18,53
1992	59,45	9,9	34,8	49,53	122	7,36	10,42	0	11,44	2,04	23,86	17,03
1993	8,13	31,23	49,02	11,18	38,9	11,9	16,26	21,08	12,96	4,06	16,52	12,7
1994	17,27	7,87	18,29	5,08	9,4	1,02	4,07	8,13	71,87	73,41	23,12	8,13
1995	46,24	4,06	34,04	0,51	7,11	42,4	0	4,06	5,59	15,25	6,09	11,43
1996	20,83	27,43	21,34	57,15	51,6	21,6	4,07	27,94	15,25	2,03	0	8,38
1997	39,38	2,03	0,25	69,85	32	9,66	0	36,33	66,04	4,83	43,44	12,19
1998	6,61	26,16	0	33,53	38,1	2,03	0	19,06	29,72	4,32	3,81	9,14
1999	11,17	36,32	7,87	10,41	0	0	0	0	38,6	24,38	20,32	21,09
2000	0	0	7,87	10,41	15,8	1,53	0	0	64,01	8,38	13,72	17,78
2001	44,95	9,14	0	3,56	1,53	0	0,51	24,64	67,47	128	71,12	20,05
2002	12,19	5,33	2,8	40,63	6,35	7,36	20,8	36,07	7,87	14,98	28,7	35,56
2003	51,06	42,17	16	18,78	17,3	2,03	6,6	0,25	6,35	45,73	36,84	44,95
2004	7,12	0,51	29,2	29,97	102	3,05	6,61	55,37	38,6	19,81	40,89	43,2
2005	1,77	18,04	14,99	7,36	1,02	35,8	13,47	0	64	48	0	27,94
2006	21,08	59,93	3,56	48,01	35,6	1,77	19,56	9,9	16,51	0,76	18,55	41,65
2007	4,06	10,67	29,21	29,47	32	17	12,95	18,03	31,76	36,59	14,73	1,53
2008	7,87	2,79	10,93	8,12	34,5	21,3	28,7	0	39,88	69,1	11,19	23,88
2009	73,41	22,09	70,6	55,12	13,5	11,2	16	1,02	67,06	8,13	21,33	35,31
2010	16	63,26	18,8	35,55	43,2	27,7	6,1	19,56	9,39	45,96	17,53	10,17
2011	11,17	36,32	35,05	55,37	29,7	29,7	30,99	21,09	9,39	29,73	20,33	20,06
2012	0,25	8,9	37,07	53,08	5,09	32,5	1,52	1,02	35,3	64,27	24,39	10,41
2013	27,7	20,33	13,71	32,27	29	0	13,21	4,58	16	12,19	19,04	51,55
2014	23,12	18,54	73,7	0,25	45	45,5	0	11,2	12,2	2,79	30,24	18,81
2015	6,86	50,55	12,45	0,51	5,09	20,6	0	34,29	70,61	51,04	51,04	0
2016	5,83	9,15	34,28	36,07	6,6	0,51	6,6	2,79	16,25	13,71	22,34	23,13
2017	82,8	2,03	0,25	1,53	20,3	14	4,31	0	1,01	29,21	2,55	27,69
2018	10,92	21,59	59,69	68,33	52,1	19,8	1,02	53,35	70,36	49,53	18,04	10,17
2019	25,4	14,2	21,34	32,77	2,28	0	27,94	10,41	32,02	29,72	23,37	21,06

Tab.02 : Les Moyennes mensuelles des températures de la station de Djelfa

	Température (Tmoy+TM+Tm)																																			
	Janv			Fev			Mar			Avr			Mai			Juin			Juil			Aou			Spt			Oct			Nov			Dec		
1990	4,9	6,8	2,8	6,3	9,7	2,1	9,4	15	1,8	13	17	7,7	16,1	21	9,7	26	31,6	18	28	32	18	26,2	31,8	17	25	31	18	18,1	23,1	11	10,9	15	5,5	5,4	8,9	0,9
1991	6,1	10	0,5	5,8	9,4	1,4	10,3	14	5	11,7	15,3	6,8	15,3	19,8	8,1	24	29,5	15	29	34	18	28,5	33,4	19,2	23	28	15	13,8	17,4	9,1	9,8	14	3,7	5,3	8,5	0,8
1992	4,9	9,1	-1	7,1	12	-0,8	8,3	12	2,8	12,5	16,5	5,9	17,5	21,6	10,4	20	26	12	25	31	17	26,6	33,4	16,5	23,3	29	14	16,5	21,1	9,6	10,9	16	4,6	7,3	11,5	2,1
1993	5,5	11	-2	5,2	8,7	0,7	10,4	15	4,2	13,2	17,8	4,9	18,7	23,6	10,9	26	31,5	18	29	34	20	28,9	34,3	20,3	19,7	26	14	17,4	22,1	11	10,4	14	5,8	7,1	12,1	1,4
1994	7	10	2,7	10	16	3,6	12,4	18	4,8	12,3	17	5	22,5	24,7	12	27	31,8	17	30	36	20	29,1	35,6	19,7	20,7	27	14	15,2	19,5	11	11	16	5,6	6,5	11,7	1,1
1995	5,1	9,3	1,4	9,5	16	2,7	9,1	15	3	11,7	18,1	3,3	19,4	25,4	10,7	23	29,4	15	28	34	20	25,7	31,7	17,4	20,5	26	14	15,9	21	8,9	11,8	16	5,6	8,9	12	4,8
1996	8,5	12	4,1	5,3	8,2	0,8	9,2	13	3,8	12,2	16,1	6,2	16,8	20,6	9,7	21	25,6	14	26	31	17	27,1	32,6	18,4	20	26	12	14,7	20	6,9	11,2	16	4,6	8,2	12,1	3
1997	6,3	9,7	2,1	9,4	15	1,8	10,7	16	1,3	12,9	16,6	6,9	19,3	23,7	11,3	26	30,8	16	28	34	20	25,6	31,1	17	20,9	26	14	15,8	19,7	10	10,8	15	6	7	10,7	2,6
1998	5,4	9,4	1,2	8,1	13	1,3	10,2	16	1,8	14,1	19,2	6	17	21,1	10,3	25	29,8	16	29	35	19	27,1	32,7	17,9	23,5	29	16	14	18,8	6,6	10,1	14	3,9	5,5	10	-1
1999	5,4	9,2	0,9	4,7	7,8	0,4	10	14	4,1	15,5	20,2	6,6	21,7	26,7	13	27	32,7	18	28	34	19	30,1	35,8	21,3	23,2	28	16	18,8	23,7	12	8,5	12	3,4	5,9	9,4	1,3
2000	3,5	9	-3	8,7	14	0,3	12	17	3,6	14,8	20,3	6,5	21,2	26,4	12	25	30,1	15	29	34	20	27,6	32,9	16,9	22,1	28	14	14,4	18,7	8,5	11,2	15	5,7	8,5	12,9	2,6
2001	6,6	10	1,3	6,9	12	0,5	14,8	20	7,3	14,3	19,6	5,4	19,7	24,7	10,7	27	32,4	17	30	35	20	28,9	33,9	19,8	23,1	28	16	21,3	25,6	13	9,6	13	4,3	6,9	11	0,5
2002	6,6	11	-5	9,7	15	1	12,4	17	4,3	14,2	18,5	6,7	18,1	22,9	10	26	30,9	16	28	33	18	26	31,1	18,1	21,8	27	14	17,7	22,8	9,6	11	15	6,2	8,3	12,1	3,5
2003	5,2	8,5	1,4	5,3	8,6	0,9	11,2	16	4,5	14,5	18,9	7,1	19,8	24,6	11,3	27	31,6	17	30	36	21	28,3	33,3	19,5	23,1	28	15	18,1	22	12	10,2	14	5,3	5,7	8,7	1,5
2004	6,4	11	1,4	9,3	15	2	11,6	16	4,4	12,8	17,1	5,6	14,7	19	8,1	25	29,3	15	28	33	18	28,4	33,9	19,6	22,5	27	15	18,9	23,5	12	8,8	13	3,4	5,5	8,3	2
2005	3,6	8,7	-3	3,9	8	-1,7	11,7	16	5	15	20	6,9	23	28,1	12,6	25	30,5	16	31	36	21	28,3	33,1	18,9	21,4	26	14	17,6	21,8	11	15,9	20	9,9	5,5	8,7	1,2
2006	3,2	6,2	-5	5,5	9,1	0,8	12	17	4	16,9	21,4	8,8	21,6	25,9	13,6	26	30,6	17	29	34	19	27,9	33	18,2	21	26	13	19,9	24,7	11	11,9	16	5,2	6,4	9	3,1
2007	8,1	13	1,3	9,1	12	4,9	8,5	12	2,6	13,2	16,7	7,8	18,8	23,3	9,9	26	31,3	16	29	34	19	28,3	33,5	19,1	23,2	28	16	16,6	20,3	11	9,8	14	3,6	5,8	9,6	0,6
2008	7,3	12	0,2	9,1	14	2,3	11	15	3,9	15,8	21	6,8	18,4	23,6	11,5	23	27,7	15	30	35	20	29,3	34,8	19,4	22	26	16	15,1	18,7	11	8,2	12	3,4	4,8	8,1	0,9
2009	4,8	7,9	1,3	6,1	10	0,6	10,3	15	3,6	10,3	14,8	3,8	19,6	24,6	10,5	26	31,5	16	30	36	20	28,8	34,2	19,6	19,7	24	14	16,9	21,7	8,7	12	17	5,1	9,1	13,8	3,5
2010	7,4	11	3	9,1	13	3,6	11,5	16	5,1	15,1	19,9	7,7	16,8	21,5	9,3	24	29,9	15	30	35	20	28,7	34	19,4	22,3	27	15	16,5	21,2	9,7	10,5	14	5,7	8,5	13	2,2
2011	7,2	12	1,6	5,7	10	0,4	9,2	13	3,7	16,2	20,9	8,7	18,3	22,5	11	23	27,7	15	28	34	19	28,2	34,1	18,9	24,5	30	16	15,5	20,3	8,2	10,1	14	5,2	6,3	10,1	1,5
2012	5,2	9,8	-1	3,1	6,9	-2,5	10,2	15	3,4	12,6	17	6,4	20,6	25,8	10,8	28	32,9	18	31	36	21	29,9	35,1	19,9	22,8	28	16	17,1	21,6	11	11,4	15	6,4	6,9	10,7	2,2
2013	6	9,7	1,5	5,6	9,9	0,6	10,8	15	5,2	14,6	19,5	6,6	17,1	22,1	9,7	24	29	14	28	34	19	26,7	32,4	16,8	22,9	28	15	21,1	26,1	13	9,1	13	4,5	5,7	9,6	0,9
2014	6,8	10	2,4	8,4	13	3	8,3	12	3	16,1	21	7,5	20,1	25,3	11,1	24	28	15	29	34	19	28,9	34,1	20,2	24,6	29	17	19,1	24,4	11	12,2	16	7,6	5,6	8,9	1,6
2015	5,4	9,5	0,4	4,1	6,9	0,5	10,3	15	3,6	17,4	22,3	8,9	22	27,1	12,1	24	28,7	14	29	35	19	28	33,2	20,2	22,7	27	16	16,9	21,1	11	16,9	21	11	8,3	13,8	0,7
2016	9,1	14	3,4	8,9	13	3,3	9,5	14	3,6	16	20,7	8,6	20,3	25,4	11,8	26	30,7	16	29	34	19	27,4	32,6	18,6	22,2	27	15	19,5	24,6	12	10,6	14	5,3	7	10,3	2,5
2017	3,6	6,4	-1	9,3	13	3	12,2	17	4,4	15,6	19,8	7,2	22,4	26,5	14,1	26	30,6	17	30	34	20	29	33,3	20,4	22,8	27	14	16,6	21	8,7	10,4	15	3,7	5,4	8,4	1,2
2018	7,4	11	2,3	5,6	9	1	10,3	14	5,4	13,6	17,2	7,5	16,7	20,4	10,1	24	28,1	15	31	36	22	24,7	28,8	16,9	23,2	27	16	14,8	18,3	9,2	9,9	13	5,4	8,3	12,5	2,3
2019	4,8	7,8	0,3	6,5	11	-0,2	10,6	15	3,5	14	17,8	6,8	19	23,1	10,1	28	32,2	19	30	34	21	28,7	33,2	20,2	23,7	28	16	17,1	21	10	9,5	12	5,3	8,6	12,1	3,8

Tab.07 : Les Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Laghouat

	Précipitations											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1990	21,2	6,4	1,69	25,3	9,2	41,39	0	21,6	10,3	10,32	1,6	11,9
1991	25,9	10,9	3,65	25,3	13,1	7,35	30	41,5	10,3	16,1	1,8	14,2
1992	7,89	19,74	32,5	11,01	17,56	3,69	20,26	5,6	11,2	9,1	3,3	2,65
1993	7	15,6	25,01	5,7	13,77	15,12	18	0	0,38	0	8,16	2,74
1994	1,05	38,2	21,2	5,09	10,9	6,25	4,2	2,6	9,8	5,92	19,2	15,8
1995	12	21,5	7,2	14,23	4,83	7,87	0	20,76	16	0	12,01	10,41
1996	11	15,76	2,53	37,5	17,27	11,94	45	12	8,03	3,55	9,81	11,5
1997	31,2	11,6	3,05	10,16	16,5	20	12	7,5	25,01	15,64	11,07	26,6
1998	7,25	15,08	29,15	51,63	7,98	17,87	21,4	18,95	10,6	13,21	18,95	18,03
1999	18,3	4,31	22,3	39,65	9,91	2,54	8,12	0,51	25,4	1,02	59,4	2,54
2000	2,03	14,99	47,24	2,28	15,08	31,02	0	2,54	16	27	4,06	10,68
2001	14,61	1,02	0	9,9	29,21	10,16	0	0	2,7	6,85	5,1	4,06
2002	5,33	0,76	3,85	26,41	3,06	2,8	5,08	31,5	7,12	15,75	8,63	0,51
2003	11,24	6,61	1,53	12,03	25,6	10,25	22,28	6,1	21	14,6	13,97	15,6
2004	7,1	30,4	32,01	4,3	16,09	10,6	6,3	0	10,1	14,2	9,3	10,2
2005	3,62	39,01	29,7	6,3	20,3	26,09	20,9	1,09	5,8	2,09	0	4,5
2006	12,6	45,3	29,1	9,89	30,91	11,02	0	0,6	24,36	13,2	6,9	6,22
2007	8,9	19,8	28,1	18,4	24,15	22,42	0	0	19,87	18,65	9,9	10,81
2008	14,52	8,45	3,95	10,5	5,78	16,21	20,94	0	14,2	2,31	6,95	42,1
2009	15,6	32,64	35,74	12,36	10,8	85,98	35,81	24,1	15,25	12,3	28,1	11,54
2010	24,36	21,84	16,28	7,1	13,6	1,01	31,2	0	25,13	14,1	19,21	2,2
2011	4,64	11,78	19,98	5,1	2,4	20,9	11,01	2,21	14,15	12,32	18,97	19,25
2012	10,87	17,14	4,7	7,14	26,54	10	0	0	27,8	18,19	18,54	21,9
2013	2,81	11,98	14,95	28,77	20,25	20,3	20,9	0	4,02	0	1,65	4,98
2014	14,6	20	15,14	18,1	7,01	3	12,5	19,23	3,5	4	0	8,26
2015	5,3	8,4	5,63	22,3	1,01	15	20,6	12,2	10,1	3,12	2,25	14,5
2016	15,33	10,76	13,19	26,41	13,06	12,8	5,08	31,5	0	7,75	8,63	0,51
2017	54,61	1,02	0	9,9	29,21	10,16	0	0	0	6,87	0	4,06
2018	7,87	15,99	1,27	15,75	42,16	0,25	0	80	0,76	25,66	4,83	0
2019	2,03	0	15,74	39,64	21,78	0	26,17	11,43	18,59	9,91	6,34	8,13

Tab.08 : Les Moyennes mensuelles des températures de la station de Laghouat

	Température (Tmoy+TM+Tm)																																			
	Janv			Fev			Mar			Avr			Mai			Juin			Juil			Aou			Spt			Oct			Nov			Dec		
1990	19,3	16,0	2,9	10,9	17,0	4,6	14,6	20,8	7,5	19,9	26	11,6	23,4	28,9	16,1	27,7	33,0	20,3	33,8	40,1	24,8	32,3	38,8	24,1	25,8	31,7	19,9	17,8	22,3	13,5	10,7	16,2	5,0	7,5	12,4	2,1
1991	18,9	12,9	2,2	9,4	15,4	2,8	14,1	20,2	7,1	15	20,8	7,9	23,4	29,6	15,2	30,0	36	21,5	33,6	40,1	25,0	32,1	38,5	24,1	23,1	28,7	17,2	19,9	26,7	12,2	14,1	21,6	6,8	11,4	18,8	4,3
1992	19,0	13,1	0,9	12,4	18,3	6,5	14,9	21,0	7,6	19,2	25,7	11,7	21,4	27,4	13,8	29	35,3	20,2	33,0	39,5	24,2	31,7	38,5	24,1	25,2	31,5	18,6	18,9	25,7	12,3	13,2	19,4	7,8	10,3	17,1	4,2
1993	19,3	15,6	4,1	7,9	17,7	2,8	12,5	17,8	6,6	19,4	25,8	12,7	22	27,5	15,3	26,3	32,1	19,0	31,9	38,5	24,4	31,7	38,3	24,2	27,5	34,3	20,3	18,1	23,6	12,0	12,6	18,2	7,0	8,6	14,2	3
1994	19,2	10,2	3,6	8,2	17,0	6,5	12,9	18,9	6,1	16,9	22,9	10,1	24,3	31,0	16,4	31,1	38,2	23,1	33,4	40,2	26,2	32,6	39,6	24,6	25,7	32,4	18,4	20,4	26,7	23,8	13,5	19,0	8,3	9,5	16	3,3
1995	19,4	13,6	2,2	8,9	15,4	2,7	14,6	20,9	8,2	18,2	24,3	11,2	21,6	28,3	14,3	27,1	33,8	19,0	31,5	38,4	24,2	29,4	36,2	21,7	26,0	32,4	19,2	22,3	29,5	15,3	12,6	18,1	7,4	7,6	13	2,4
1996	19,5	16	1	9,5	18,3	0,3	12,4	18,1	6,6	19,7	26,4	12,2	23,4	30,3	16,3	26,8	33,2	19,3	31,7	38,4	24,4	32,2	39,1	25	27,6	33,8	21,0	20,7	28,0	13,2	13,9	19,7	8,9	8,4	13,9	3,4
1997	20,1	12,8	-0,5	11,9	15,3	3,1	13,4	20,0	6,6	20	26,8	12,8	25,1	31,7	17,2	27,1	33,7	19,7	31,6	38,2	23,7	30,2	37	23,4	26,0	32,3	19,4	19,6	25,8	13,9	12,8	18,9	7,0	8,3	16,5	1,5
1998	19,9	16,1	3,2	12,2	12,1	4,7	13,1	20,1	5,9	19,8	26,8	12,7	24,2	30,5	16,5	29,3	35,9	21,6	32,1	38,6	24,1	30,4	36,8	23,4	25,6	32,2	19,1	21,5	28,2	15,0	13,2	19,9	7,4	9,6	14,7	5
1999	18,9	14,2	2,8	11,2	15,6	3,9	15,6	22,7	7,9	18,6	25,2	11,3	26,2	32,5	19,1	28,9	35,3	21,3	32,0	38,6	24,1	31,7	38,3	24,3	25,3	32,2	18,4	19,1	25,6	12,2	12,4	20,3	5,2	8,1	14,3	2,3
2000	19,8	13,9	2,6	9,9	15,9	3,1	14,2	20,2	8,6	17,2	23,8	10,2	20,6	26,9	14	27,7	34,2	19,8	34,9	42,0	26,5	27,9	34,3	21,1	26,7	33,1	20,5	16,8	23,6	11,9	11,2	18,6	6,5	8,7	18,2	2,5
2001	19,5	14,8	0,9	10,8	17,0	5,6	13,4	20,8	7,7	20,7	26,2	11,2	25,8	31	18	30,5	37,2	22,4	32,9	40,5	24,9	31,5	38,8	24	26,1	33,1	19,7	22,9	30,1	15,8	11,8	17,6	6,4	8,3	15,2	1,9
2002	7,4	14,9	0,8	12,0	19,3	3,2	15,0	22,2	6,9	17,4	23,6	10,7	21,6	28,3	14,3	28,7	35,6	20,4	30,7	37,6	24,1	29,5	36,6	22,9	25,1	32,1	18,2	19,2	27,2	11,9	13,7	19,7	8,1	10,3	16,9	4,9
2003	8,4	13,6	3,8	8,9	14,6	3,7	14,2	20,5	7,2	18,7	25	10,6	23,7	30,4	15,5	30,1	35,9	20,9	34,1	40,9	25,1	31,5	37,8	22,6	26,1	32,8	18,4	20,9	26,5	15,0	12,9	18,7	7,2	8,6	14,1	3,3
2004	9,0	15,4	2,6	11,6	18,7	4,3	14,9	21,2	7,8	16,8	22,4	10,7	18,9	23,9	13,1	28,2	33,8	21,1	31,8	37,6	23,9	31,5	38,6	24,1	25,8	31,9	18,6	21,1	27,4	14,3	11,3	16,9	5,8	8,2	12,1	4
2005	5,6	12,3	-0,7	7,2	12,8	1,0	14,8	20,8	8,1	18,1	25,1	11,2	25,9	32,7	17	28,9	35,2	21,2	34,1	40,9	26,2	31,4	38,1	23,4	25,5	31,5	18,3	20,0	26,0	14,0	19,2	25,5	12,5	7,6	13,5	2,2
2006	5,5	9,9	1,4	9,4	14,4	4,2	15,4	22,4	7,9	20,7	26,9	13	24,5	30,2	17,9	28,9	34,9	20,3	32,6	38,6	24,3	31,3	37,5	22,5	23,6	29,3	17,2	21,7	28,4	13,9	14,0	20,0	7,4	9,2	13,0	5,5
2007	8,8	16,5	1,6	12,2	17,7	6,7	12,4	18,5	5,7	17,0	22,1	11,0	22,6	28,9	14,9	30,2	36,3	21,3	32,3	38,6	23,7	31,2	37,5	22,9	26,5	32,9	19,4	20,4	25,9	14,0	12,3	19,1	5,2	8,4	13,8	2,3
2008	9,1	16,1	1,7	10,9	17,0	4,6	14,6	20,8	7,5	19,9	26	11,6	23,4	28,9	16,1	27,7	33,0	20,3	33,8	40,1	24,8	32,3	38,8	24,1	25,8	31,7	19,9	17,8	22,3	13,5	10,7	16,2	5,0	7,5	12,4	2,1
2009	8,4	12,8	3,7	9,4	15,4	2,8	14,1	20,2	7,1	15	20,8	7,9	23,4	29,6	15,2	30,0	36	21,5	33,6	40,1	25,0	32,1	38,5	24,1	23,1	28,7	17,2	19,9	26,7	12,2	14,1	21,6	6,8	11,4	18,8	4,3
2010	10,4	15,9	4,7	12,4	18,3	6,5	14,9	21,0	7,6	19,2	25,7	11,7	21,4	27,4	13,8	29	35,3	20,2	33,0	39,5	24,2	31,7	38,5	24,1	25,2	31,5	18,6	18,9	25,7	12,3	13,2	19,4	7,8	10,3	17,1	4,2
2011	8,8	16,0	2,5	9,2	15,3	2,7	12,5	17,8	6,6	19,4	25,8	12,7	22	27,5	15,3	26,3	32,1	19,0	31,9	38,5	24,4	31,7	38,3	24,2	27,5	34,3	20,3	18,1	23,6	12,0	12,6	18,2	7,0	8,6	14,2	3
2012	7,8	14,0	1,3	6,5	12,1	0,3	12,9	18,9	6,1	16,9	22,9	10,1	24,3	31,0	16,4	31,1	38,2	23,1	33,4	40,2	26,2	32,6	39,6	24,6	25,7	32,4	18,4	20,4	26,7	23,8	13,5	19,0	8,3	9,5	16	3,3
2013	9,4	15,2	3,6	8,9	14,9	3,1	14,6	20,9	8,2	18,2	24,3	11,2	21,6	28,3	14,3	27,1	33,8	19,0	31,5	38,4	24,2	29,4	36,2	21,7	26,0	32,4	19,2	22,3	29,5	15,3	12,6	18,1	7,4	7,6	13	2,4
2014	9,2	14,9	4,0	10,9	17,4	4,7	12,4	18,1	6,6	19,7	26,4	12,2	23,4	30,3	16,3	26,8	33,2	19,3	31,7	38,4	24,4	32,2	39,1	25	27,6	33,8	21,0	20,7	28,0	13,2	13,9	19,7	8,9	8,4	13,9	3,4
2015	7,6	14,0	1,7	8,3	12,9	3,9	13,4	20,0	6,6	20	26,8	12,8	25,1	31,7	17,2	27,1	33,7	19,7	31,6	38,2	23,7	30,2	37	23,4	26,0	32,3	19,4	19,6	25,8	13,9	12,8	18,9	7,0	8,3	16,5	1,5
2016	10,5	17,9	3,6	11,3	17,9	5,2	13,1	20,1	5,9	19,8	26,8	12,7	24,2	30,5	16,5	29,3	35,9	21,6	32,1	38,6	24,1	30,4	36,8	23,4	25,6	32,2	19,1	21,5	28,2	15,0	13,2	19,9	7,4	9,6	14,7	5
2017	6,6	12,7	1,1	11,9	18,7	5,7	15,6	22,7	7,9	18,6	25,2	11,3	26,2	32,5	19,1	28,9	35,3	21,3	32,0	38,6	24,1	31,7	38,3	24,3	25,3	32,2	18,4	19,1	25,6	12,2	12,4	20,3	5,2	8,1	14,3	2,3
2018	9,5	16,4	3,4	8,6	14,9	3,1	14,2	20,2	8,6	17,2	23,8	10,2	20,6	26,9	14	27,7	34,2	19,8	34,9	42,0	26,5	27,9	34,3	21,1	26,7	33,1	20,5	16,8	23,6	11,9	11,2	18,6	6,5	8,7	18,2	2,5
2019	7,4	15	1,4	9,2	16	1,9	13,4	20	6,3	17,2	24,2	10,2	22	29,1	14,3	30,5	37,6	22,4	32,3	39,7	24,1	31,7	39,1	24,4	26,0	33,3	19,2	19,6	26,7	13	12,6	18,8	7,3	10,6	17,3	4,7

Tab.09 : Les Moyennes mensuelles des précipitations de la station de M'sila

	Précipitations											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
1990	5,08	0	0,51	0	13,97	9,91	3,05	0	0	0	14,99	1,02
1991	1,02	9,15	5,59	3,05	3,05	0	2,03	7,87	16	44,21	13,97	6,1
1992	11,94	1,02	6,11	0,51	42,94	7,87	11,18	0	0	3,05	34,04	9,15
1993	0	19,06	7,11	1,53	5,08	0	0	0	0	0	7,12	2,04
1994	3,05	11,94	20,07	1,02	0	0	0	1,02	1,02	30,24	3,56	4,07
1995	11,43	0	40,9	0	0	6,35	0	0	1,02	8,13	12,2	35,32
1996	27,69	43,43	6,36	25,66	41,15	3,05	1,02	0	0	0	3,05	12,96
1997	19,05	11,17	4,31	43,44	25,14	9,14	0	16,26	47,24	28,95	12,7	12,19
1998	0	0	8,89	20,32	30,74	1,02	0	1,02	1,02	30,24	3,56	6,1
1999	8,89	7,11	1,27	0	0	0	0	0	0	33,02	18,3	30,48
2000	0	0	5,08	3,56	16	2,03	0	1,53	50,8	17,53	4,83	30,24
2001	20,57	1,02	2,03	11,94	23,88	0	0	5,08	44,46	12,96	11,69	19,81
2002	8,89	7,11	1,27	2,79	5,08	0	6,36	16,01	8,13	15,23	21,85	14,74
2003	64,26	12,71	1,78	22,35	22,36	1,02	7,12	4,07	44,7	60,95	13,98	23,88
2004	3,56	1,02	0	2,54	6,61	7,62	0	7,08	40,46	12,26	11,59	19,51
2005	17	10,17	4,31	40	21,14	9,14	0	10,26	40,24	25,95	11,7	12,19
2006	4,56	6,63	12,19	18,11	12,69	28,82	2,03	2,04	11,73	13,2	10,92	8,93
2007	3,56	7,63	12,19	22,11	12,07	33,85	2,03	2,04	2,54	6,61	7,62	0
2008	2,28	3,05	3,3	3,05	15,25	2,54	6,09	1,02	10,17	55,13	18,28	26,41
2009	33,27	10,41	12,95	20,06	0	8,13	0,51	3,05	18,29	8,13	5,08	11,95
2010	7,12	35,05	22,1	20,31	3,56	3,3	3,05	6,1	6,11	9,4	11,43	3,31
2011	3,56	7,63	12,19	22,11	12,69	37,85	2,03	2,04	14,73	16,2	10,92	10,93
2012	0	3,3	29,98	21,34	3,05	1,02	0	0	4,57	22,09	26,41	11,94
2013	15,26	9,16	49,8	27,18	10,67	0	5,08	7,62	7,12	37,58	7,62	28,45
2014	154,44	6,85	18,8	0	48,01	11,95	6,1	0	11,43	1,02	24,38	9,66
2015	12,19	26,15	14,22	6,09	5,08	5,08	0	10,15	24,12	51,83	0	0
2016	5,08	7,62	12,96	46,74	18,28	2,03	14,22	0	5,33	6,61	16,01	37,33
2017	71,36	1,02	2,03	7,37	12,19	18,53	5,7	8,6	18,8	8,89	4,06	3,29
2018	11,43	21,84	25,41	19,81	32,51	5,08	0	8,38	18,8	43,69	18,8	6,09
2019	27,12	7,62	12,96	40,74	18,28	2,03	14,22	0	5,33	6,61	16,01	30,33

Tab.10 : Les Moyennes mensuelles des températures de la station de M'sila

	Température (Tmoy+TM+Tm)																																			
	Janv			Fev			Mar			Avr			Ma i			Juin			Juil			Aou			Spt			Oct			Nov			De c		
1990	10,1	13,1	6,8	14,0	19,8	7,3	16,6	20,1	11,8	16,5	21,2	9,7	21	24,2	16,7	29,8	35,3	22,2	30,1	35,8	21,6	30,2	35,2	22,7	28,9	34,0	21,0	21,5	27,0	14,0	14,8	18,9	9,8	8,6	11,9	3,6
1991	9,7	12,9	5,0	8,0	12,1	2,6	14,8	19,4	8,2	14,3	18,9	6,9	20,5	25,6	11,9	28,0	33	18,8	33,2	38,1	24,6	32,2	37,6	23,5	27,4	32,6	19,9	19,5	23,1	14,6	13,1	17,5	7,3	9,1	12,8	4,1
1992	7,8	11,9	2,5	10,2	15,5	3,4	12,6	16,9	6,8	18,3	23,2	11,5	22,6	27,1	14,8	26	30,9	18,5	29,5	35,9	21,9	30,1	37,1	20,8	27,0	33,9	19,7	19,9	24,8	13,2	14,6	20,2	8,7	10,1	14,4	4,7
1993	8,2	14,1	0,9	9,7	13,6	4,2	13,3	17,7	5,9	18	23,9	9,5	26	31,1	17,5	31,0	36,1	24,0	32,5	37,7	24,5	32,2	38,8	24,4	20,4	25,1	17,8	21,8	27,6	14,5	13,7	17,5	9,0	9,9	14,5	3,9
1994	10,5	14,9	5,1	12,3	17,8	5,6	16,8	21,4	10,1	16,7	21	9,4	27,2	32,9	17,9	30,6	35,6	21,8	34,2	39,6	25,6	34	40,7	26,3	26,7	31,6	21,4	20,4	24,4	15,1	15,3	19,9	9,1	9,9	15,5	3,6
1995	9,4	13,8	4,1	14,2	19,6	7,0	13,7	17,9	6,9	17,3	22,2	9,2	23,9	28,7	15,3	28,6	33,8	20,2	33,9	40,1	26,3	30,1	36,3	22,4	23,6	29,4	17,7	21,4	25,8	14,2	15,2	19,7	9,7	11,9	15,5	7,5
1996	11,7	14,9	8,1	9,8	12,9	5,9	13,7	17,7	8,3	17,4	21,5	10,4	22,4	26,7	14,5	26,6	31,2	19,4	29,7	35,8	22,6	29	36,8	21	24,7	31,7	17,5	19,1	24,8	11,2	15,4	21,0	8,8	11,7	15,9	6,7
1997	10,9	14,6	6,5	14,2	19,9	6,9	15,1	21,0	6,7	18,1	22,6	11,2	24,9	29,8	16,9	31,2	36,9	21,9	33,6	39,0	25,4	31,9	37,2	24	26,2	31,3	19,6	20,5	25,2	14,4	14,8	18,5	10,0	10,2	14,6	5,5
1998	9,9	14,3	4,1	12,0	17,2	5,6	14,9	20,3	7,7	18,3	22,8	11,4	21,7	25,7	14,9	28,9	33,6	21,0	34,2	39,6	25,6	34	40,7	26,3	26,7	31,6	21,4	20,4	24,4	15,1	15,3	19,9	9,1	10,1	15,4	3,7
1999	10,2	14,1	6,1	11,0	15,3	5,4	15,6	20,9	8,2	20,5	25,8	12,6	27,6	33	19,5	32,5	37,7	24,4	33,0	38,1	25,1	35	40,7	26,4	27,5	32,1	20,7	23,3	27,6	17,4	13,0	17,0	8,3	10	13,2	6,2
2000	6,8	12,0	1,2	12,1	17,7	4,9	16,1	21,4	9,0	19	24,2	11,6	26,9	31,8	19,1	29,7	34,4	21,5	34,0	38,8	26,5	32,6	38,3	24,1	27,4	32,2	20,4	19,6	23,8	14,0	15,5	19,7	10,1	11,4	16,3	6,1
2001	9,7	13,8	5,3	11,5	16,6	4,7	19,0	24,8	11,7	19,2	24,6	11,8	23,6	27,9	16,5	31,3	36,3	22,0	34,0	39,0	25,2	33,5	38,3	26,2	27,0	31,8	20,4	24,9	29,7	18,3	13,2	17,2	8,3	9	13,5	3,7
2002	9,2	14,3	3,4	13,0	18,8	5,3	17,0	22,5	9,3	19,8	24,6	12,6	24,4	29,3	15,7	30,9	35,4	22,4	32,0	36,9	24,8	30,6	35,5	24,4	26,5	31,2	19,8	21,9	26,8	15,3	15,0	19,2	10,2	11,8	15,6	7,5
2003	9,6	13,3	5,6	9,2	13,0	4,8	15,1	19,6	8,3	19,4	23,9	12,4	25,4	30,1	17,8	32,2	36,5	24,8	35,4	40,4	26,9	33,6	38,6	26	27,2	32,1	20,4	21,1	25,0	16,4	14,3	18,0	9,6	9,4	13,2	4,8
2004	9,8	14,8	3,7	12,8	18,4	5,5	9,1	13,2	4,4	24,4	28,8	17,2	21,3	25,5	15,3	12,9	18	6,5	10,1	15,2	4,0	33,5	38,3	26,2	27,0	31,8	20,4	24,9	29,7	18,3	13,2	17,2	8,3	9	13,5	3,7
2005	10,9	14,6	6,5	14,2	19,9	6,9	15,1	21,0	6,7	18,1	22,6	11,2	24,9	29,8	16,9	31,2	36,9	21,9	33,6	39,0	25,4	31,9	37,2	24	26,2	31,3	19,6	20,5	25,2	14,4	14,8	18,5	10,0	10,2	14,6	5,5
2006	10,2	15,8	3,9	10,6	16,1	3,6	14,1	18,9	7,4	20,6	25,9	12,4	23,9	28,8	16	28,4	33,5	19,9	33,7	39,3	24,6	33,6	39,7	24,4	29,1	34,6	20,9	20,9	25,9	14,1	15,0	19,6	9,4	10,8	15,6	3,8
2007	10,2	15,8	3,9	10,6	16,1	3,6	14,1	18,9	7,4	20,6	25,9	12,4	23,9	28,8	16	28,4	33,5	19,9	33,7	39,3	24,6	33,6	39,7	24,4	24,4	28,8	17,2	21,3	25,5	15,3	12,9	18,0	6,5	10,1	15,2	4
2008	10,5	16,0	3,7	12,9	17,8	6,6	15,1	20,7	6,6	20,3	26,1	10,5	24,5	29,3	16,5	29,1	34,2	20,8	34,6	40,4	24,6	33,5	39,1	24,3	27,0	32,2	20,0	19,8	24,1	14,1	12,7	17,3	6,8	8,5	12,6	3,3
2009	9,3	13,0	5,2	9,6	14,9	2,2	14,2	19,4	6,6	15,1	20,3	6,5	25,3	30,3	16,6	31,3	37,1	21,0	35,8	41,4	26,3	33,6	39,4	24,5	25,7	30,5	19,0	21,3	26,8	13,6	15,4	21,2	8,0	11,5	16,6	6
2010	10,6	15,5	5,2	12,2	16,8	6,6	15,4	20,1	9,1	19,5	24,6	12	22,1	26,9	14,1	30	35,3	20,4	34,5	40,4	24,8	33,5	39,3	24,7	27,3	32,6	19,4	20,3	25,6	13,5	14,3	18,7	8,9	10,3	15,3	4,3
2011	10,2	15,8	3,9	10,6	16,1	3,6	14,1	18,9	7,4	20,6	25,9	12,4	23,9	28,8	16	28,4	33,5	19,9	33,7	39,3	24,6	33,6	39,7	24,4	29,1	34,6	20,9	20,9	25,9	14,1	15,0	19,6	9,4	10,8	15,6	3,8
2012	9,4	15,2	2,0	8,1	13,4	0,6	15,4	20,3	7,6	17,9	23	9,8	25,9	31,3	15,6	33,5	39,1	23,3	35,7	41,6	25,9	35,7	41,6	25,9	28,6	34,1	20,8	22,0	27,1	14,9	15,7	20,2	9,9	10,2	15,5	4
2013	10,0	15,5	3,8	9,2	14,5	2,3	15,4	20,4	8,1	20	25,7	11,8	22,7	28,5	13,9	28,8	34	19,0	34,0	39,5	24,4	31,9	37,3	22,8	27,9	32,9	20,3	25,1	30,3	18,1	14,0	19,0	8,1	9,8	14,7	3,7
2014	10,7	15,0	5,6	12,9	17,9	6,0	14,1	18,7	6,8	21,5	27	11,5	24,8	30,4	15,6	29,1	34,3	19,5	33,4	38,8	24,2	34,2	39,7	25,1	29,6	35,1	21,0	23,8	29,8	15,3	16,6	21,3	10,6	10	14,6	4,4
2015	9,4	14,6	3,1	9,4	13,8	3,7	15,0	20,4	7,1	21,9	27,4	13	27	32,6	17,7	29,7	35	20,3	34,5	40,0	25,0	33,2	38,8	24,6	27,5	32,3	20,8	20,8	25,3	14,6	15,2	20,5	8,2	10,4	16,5	2,9
2016	11,5	17,0	4,4	12,8	17,8	6,5	14,6	19,9	6,7	20,7	25,7	13,2	24,6	29,9	15,6	30,6	36	20,4	33,9	39,2	23,8	32,5	37,9	23,3	27,5	32,4	19,3	23,6	29,0	15,7	14,9	19,3	8,4	11,5	15,3	6,5
2017	8,5	11,9	3,3	13,2	17,3	6,8	16,9	22,0	8,0	20,7	25,2	11,6	27,9	32,5	18,5	31,9	36,5	22,0	34,8	39,8	24,7	30,9	35,7	22,1	28,8	33,7	20,5	21,2	26,2	12,6	13,7	18,5	6,4	9,4	13,3	3,7
2018	11,1	15,5	5,2	9,8	14,0	3,8	14,5	18,4	8,4	19,3	23,8	11,3	22,7	26,6	14,6	29,7	35	20,3	34,5	40,0	25,0	30,9	35,7	22,1	28,8	33,7	20,5	20,0	24,0	13,5	14,4	18,4	8,7	11,2	16,1	4,4
2019	9	13	3	13	18	6,5	14,6	20	6,7	20,7	25,7	13,2	24,6	29,9	15,6	30,6	36	20,4	33,9	39,2	23,8	32,5	37,9	23,3	27,5	32,4	19,3	23,6	29	16	14,9	19,3	8,4	11,5	15,3	6,5

Annexe 02 :

Tab 01: Indice de l'écart à la moyenne (Em) (1990-2019) des 03 stations.

$$Em = Pi - Pm$$

	Laghouat	Djelfa	M'sila
1990	-0,034	-19,36	23,2
1991	39,166	144,73	-7,82
1992	-20,434	72,57	8,22
1993	-50,934	-41,74	-23,64
1994	-20,934	-28,02	-29,51
1995	-34,134	-98,89	-28,21
1996	24,966	-18,09	2,77
1997	29,366	40,33	45,41
1998	69,166	-75,49	-21,59
1999	33,066	-91,81	-83,87
2000	11,966	-88,74	-6,78
2001	-77,334	111,29	-1,49
2002	-50,134	-57,04	-33,67
2003	-0,134	12,36	95
2004	-10,334	100,5	7,8
2005	-1,534	-28,54	-12,05
2006	29,166	1,16	81,2
2007	20,066	-37,65	7,67
2008	-15,034	-17,36	2,39
2009	159,266	119,02	-11,67
2010	15,066	37,52	-24,7
2011	-18,234	53,25	10,94
2012	1,866	-1,87	-10,62
2013	-30,334	-36,13	-1,34
2014	-35,634	12,7	143,8
2015	-40,534	34,5	6
2016	-15,934	-91,2	23,4
2017	-45,134	-82,8	13
2018	33,606	166,4	63
2019	-1,134	-28	32,4

Tab 02 : l'écart proportionnel à la moyenne (I_{pm}) (1990-2019) des 03 stations

$$I_{pm} = I_p - 1$$

	Djelfa	Laghouat	M'sila
1990	-0,23	0	-0,67
1991	-0,1	0,24	-0,25
1992	0,3	-0,13	-0,14
1993	-0,13	-0,31	-0,72
1994	-0,08	-0,13	-0,49
1995	-0,34	-0,21	-0,23
1996	-0,04	0,16	0,1
1997	0,18	0,18	0,54
1998	-0,36	0,43	-0,31
1999	-0,37	0,21	-0,33
2000	-0,48	0,07	-0,12
2001	0,65	-0,48	0,03
2002	-0,03	-0,31	-0,28
2003	0,07	0	0,87
2004	0,4	-0,06	0,15
2005	-0,13	-0,01	0,36
2006	0,03	0,18	-0,11
2007	-0,11	0,12	-0,25
2008	-0,04	-0,09	-0,02
2009	0,47	0,99	-0,11
2010	0,17	0,09	-0,12
2011	0,23	-0,11	0,16
2012	0,02	0,01	-0,17
2013	-0,11	-0,19	0,2
2014	0,05	-0,22	0,97
2015	0,13	-0,25	0,04
2016	-0,34	-0,1	0,16
2017	-0,31	-0,28	0,09
2018	0,62	0,21	0,42
2019	-0,1	-0,01	0,22

Résumé :

La steppe algérienne n'a cessé de se dégrader depuis longtemps, spécialement à partir de la fin des années soixante-dix. L'un des facteurs majeurs impliquant cette dégradation est le climat et notamment la pluviosité. Notre travail consiste à étudier l'évolution de cette dernière et à démontrer si celle-ci a subi une régression, c'est à dire une tendance à l'assèchement.

03 stations représentatives des régions steppiques ; agropastorales et présahariennes ; présentant des séries de données pluviométriques complètes à première vue.

Après l'étude des variations climatiques de la steppe dans la période de (1990-2019). Les données climatologiques montrent des précipitations irrégulières inter et intra -annuelles. Les hauteurs de pluies enregistrées montrent une baisse des quantités de pluie par l'augmentation des séquences sèches. Une augmentation notable des températures. Les indices bioclimatiques calculés à partir des précipitations et des températures montrent dans la plupart des stations météorologiques une sécheresse plus importante pour la période récente. La région est remplacée avec une nette régression verticale sur le climagramme pluviothermique d'Emberger.

Mots clés : la steppe – précipitation – température - sécheresse – climagramme d'emberger

Summary :

The Algerian steppe has been deteriorating for a long time, especially from the end of the 1970s. One of the major factors implying this degradation is the climate and in particular the rainfall. Our job is to study the evolution of the latter and to demonstrate whether it has undergone a regression, that is to say a tendency to dry out.

03 stations representative of the steppe regions; agro-pastoral and pre-Saharan; showing complete rainfall data sets at first glance.

After the study of the climatic variations of the steppe in the period of (1990-2019). The climatological data show irregular inter- and intra-annual precipitation. The rainfall amounts recorded show a decrease in the amounts of rain due to the increase in dry sequences. A noticeable increase in temperatures. The bioclimatic indices calculated from precipitation and temperatures show in most meteorological stations a greater drought for the recent period. The region is replaced with a clear vertical regression on the pluviothermal climagram of Emberger.

Keywords: steppe - precipitation - temperature - drought - Emberger climagram

ملخص

استمرت السهوب الجزائرية في التدهور لفترة طويلة ، خاصة منذ نهاية السبعينيات. أحد العوامل الرئيسية التي تنطوي على هذا التدهور هو المناخ وخاصة هطول الأمطار. مهمتنا هي دراسة تطور الأخير وإثبات ما إذا كان قد تعرض لانحدار ، أي ميل للجفاف.

03 محطات ممثلة لمناطق السهوب. الرعوية وما قبل الصحراء ؛ تظهر مجموعات بيانات هطول الأمطار الكاملة للوهلة الأولى.

بعد دراسة التغيرات المناخية للسهوب في الفترة (1990-2019). تظهر البيانات المناخية عدم انتظام هطول الأمطار بين السنوية وداخلها. تظهر كميات هطول الأمطار المسجلة انخفاضاً في كميات الأمطار بسبب زيادة التسلسلات الجافة. زيادة ملحوظة في درجات الحرارة. تُظهر مؤشرات المناخ الحيوي المحسوبة من هطول الأمطار ودرجات الحرارة في معظم محطات الأرصاد الجوية جفافاً أكبر في الفترة الأخيرة. تم استبدال المنطقة بانحدار رأسي واضح على المخطط المناخ لامبارجار.

الكلمات المفتاحية: السهوب - هطول الأمطار - درجة الحرارة - الجفاف - المخطط المناخ لامبارجار.