

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان-
Université ABOU BEKR BELKAID



Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique

MEMOIRE

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en **Hydraulique**
Option : **EAU SOL ET AMENAGEMENT**

Thème

Variations et tendances des températures et des précipitations journalières en Algérie

Soutenue publiquement le : .../.../2017

Présenté par :

BENYETTOU Mohamed Abdelkader
BOUKLIKHA Abdellah

Devant le jury :

M^r BOUCHELKIA HAMID

Président

M^r BOUANANI ABDERREZAK

Examineur

M^{me} FANDI WASSILA

Examineur

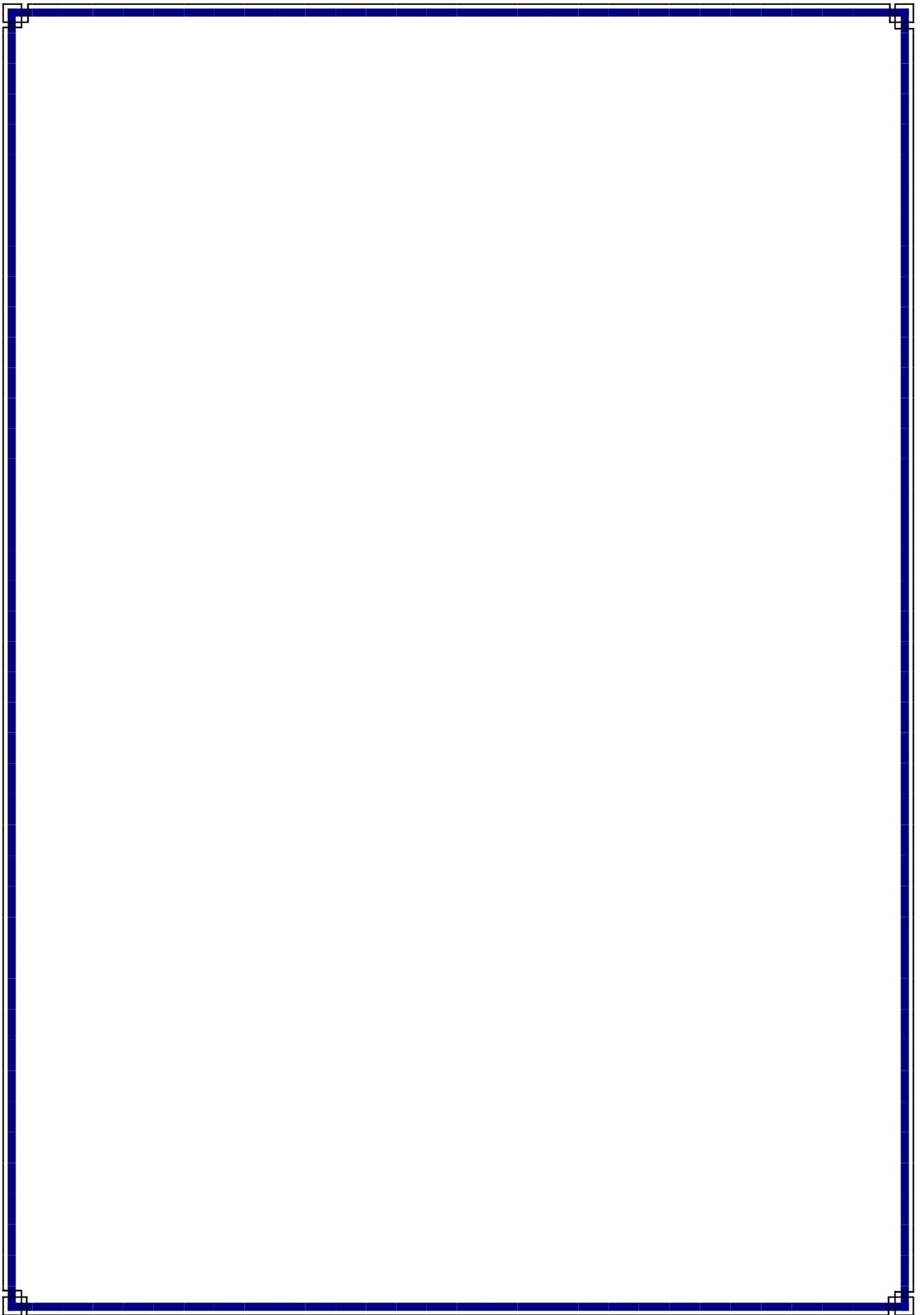
M^r GHENIM ABDERRAHMANE NEKKACHE

Encadreur

M^r MEGNOUNIF ABDESSELAM

Encadreur

Promotion 2016/2017



Remerciements

A l'occasion de la rédaction de ce mémoire de fin d'étude, nous tenons particulièrement, à remercier en premier lieu Dieu tout puissant de nous voir donner la possibilité d'étudier et de pouvoir terminer ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à M^r **ABDERRAHMANE NEKKACHE CHENIM** et M^r **ABDESSELAM MEGNOUNIF** pour avoir accepté de nous encadrer à travers ce sujet. Nous les remercions aussi pour leurs orientations, leurs judicieux conseils et de leur disponibilité durant toute la période de notre projet.

Nos profonds remerciements vont à :

Le président du jury M^e **BOUCHELKIA HAMID** pour avoir accepté de présider ce Jury

Monsieur **BOUANANI ABDERRESAK** et Mademoiselle **FANDI WASSILA** pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner ce modeste travail.

Que tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire trouvent ici l'expression de nos vifs remerciements.

Nous voudrions aussi exprimer notre vive reconnaissance envers tous les enseignants du département d'hydraulique ainsi que tous ceux qui ont participé à notre formation.

Dédicaces

*Avec l'aide de dieu tout puissant, on a pu
achever ce modeste travail que je dédie,*

*A mon père HADJ et ma mère NACERA le
grand cœur sur la terre de m'avoir aidé avec
leurs conseils et leur soutien moral, en espérant
que dieu leur donne la santé.*

A mon meilleur frère ZAKARIA

A mes sœurs

*A tous ceux qui portent le nom BENYETTOU et
BEKHOUCHA*

A ma promotion 2016 - 2017

A mes amis et tous ceux qui m'aiment

M. BENYETTOU Mohammed Abdelkader

Dédicaces

*Avec l'aide de dieu tout puissant, on a pu
achever ce modeste travail que je dédie*

*A mon père MOHAMED et ma mère SALIMA le
grand cœur sur la terre de m'avoir aidé avec
leurs conseils et leurs soutien moral, en espérant
que dieu leur donne la santé.*

A mon meilleur frère GHOUTI

A mes sœurs

*A tous ceux qui portent le nom BOUKLIKHA et
BOUGIMA*

A ma promotion 2016 - 2017

A mes amis et tous ceux qui m'aiment

M. BOUKLIKHA Abdellah

Liste des figures

- Figure .01. Indice d'exploitation de différents pays méditerranéen
- Figure. 2. Situation géographique de l'Algérie
- Figure. 3. Principaux relief d'Algérie
- Figure. 4. Coupe topographique de l'Algérie
- La figure .5. La pluviométrie dans le nord algérien
- Figure .6. Les principaux domaines bioclimatiques de l'Algérie
- Figure .7. Répartition de la superficie totale de l'Algérie
- Figure .8. Zonage écologique de l'Algérie
- Figure .9. Occupation des terres agricoles
- Figure .10. Principales formations géologies
- Figure .11. Carte des sols dominants de l'Algérie
- Figure .12. Découpage de l'Algérie en région hydrographiques
- Figure .13. Bassins versants su nord de l'Algérie
- Figure .14. Répartitions des stations pluviométriques utilisées
- Figure.15. Le contrôle des totaux annuels des précipitations par la méthode des doubles cumuls
- Figure.16. la variation mensuelle des températures moyennes. Période (1982-2016)
- Figure .17. Les Températures moyennes annuelles des certain station (1982-2016)
- Figure .18 . Variations interannuelles des Température (mm) au cours de la période 1982-2016
- Figure .19. Variations interannuelles des précipitations (mm) au cours de la période 1982-2016
- Figure .20. Précipitation annuelle en Algérie (1982 – 2016)
- Figure.21. Diagramme ombrothermique de la station Sétif
- Figure .22. Précipitation Saisonnier en Algérie (1982-2016)

Figure23 : Evolution de l'indice pluviométrique de certaine station

Figure 24 : Evolution du climat selon l'Indice d'aridité de De Martonne pour la période (1982-2016)

Figure 25 : Diagramme ombrothermique de certaine station

Liste des tableaux

Tableau .1. Coordonnées des stations pluviométriques utilisées

Tableau.2. Coefficients de corrélation des températures moyennes mensuelles (1982-2016)

Tableau.3. les amplitudes thermiques de certaine station dans la zone d'étude

Tableau.4. Etat de sécheresse hydrologique définie par le SPI (Guttman N.B.1998)

Tableau .5. Classification des climats selon l'indice de De Martonne

Tableau.6.tableau d'analyse

Tableau.7.clé de détermination des principaux types de climat

Résumé :

Les variations et les tendances des températures et des précipitations journalières en Algérie ont été établies sur une période de trente-quatre ans (1982-2016), en utilisant la méthode graphique, les tests statistiques, l'indice pluviométrique standardisé, l'indice d'aridité et l'analyse en composantes principales. Une baisse des précipitations est observée dans la région d'étude surtout à l'ouest de l'Algérie avec des années déficitaires.

L'analyse en composantes principales a mis en évidence quatre grandes régions. La région centre littorale est caractérisée par une légère baisse des précipitations annuelles. La région Est littorale et les hauts plateaux Est connaissent une stabilité du régime pluviométrique. La région Ouest littorale subit un déficit pluviométrique annuel important à partir de (1982-2004). La région des hauts plateaux Ouest et Centre sont caractérisées quant à elles par des déficits pluviométriques. La région Sud où le climat est sec. Le Sahara est une région très ventée et aride.

Les températures ont connu une augmentation de plus de 0.5°C à partir des années 1980. La tendance à la baisse des précipitations et l'augmentation des températures s'explique principalement par le renforcement de l'anticyclone des Açores (Il empêche l'arrivée de l'air froid polaire). L'année 2013 pourrait être le début d'une période prolongée de sécheresse et de faible pluviométrie.

Mot clé : précipitation, température, tendance, méthode statistique

المخلص

التغيرات و اتجاهات لكل من درجة الحرارة و الامطار اليومية قد تم دراسته في مدة 34 سنة (1982-2016), و ذلك باستخدام الاساليب البيانية, الاختبارات الاحصائية مؤشر موحد هطول الامطار و تحليل المكونات الرئيسية. إنلوحظ وجود انخفاض في سقوط الامطار خاصة في المنطقة الغربية للبحر.

لقد كشف تحليل المكونات الرئيسية عن اربعة مناطق رئيسية. منطقة الساحلية الوسطى, و التي تتميز بانخفاض طفيف في المعدل تساقط الامطار السنوي. المنطقة الشرقية الساحلية تتميز باستقرار في نضام تساقط الامطار. المنطقة الغربية الساحلية المعروفة بعجز سنوي كبير في هطول الامطار من (1982-2004).منطقة الهضاب العليا الشرقية المتميزة باستقرار في نضام التساقط الأمطار اخيرا منطقة الهضاب العليا الغربية و الوسطى التي تعرضت لأكبر عجز في هطول الامطار في شمال الجزائر. اما بنسبة لدرجات الحرارة فقد ارتفعت ب 0.5 درجة مئوية ابتداء من الثمانينات. أن انخفاض نسبة سقوط الامطار و ارتفاع درجات الحرارة راجع الي الاحتماس الحراري من المقررات تكون سنة 2013 بداية لمرحلة جفاف .

الكلمات المفتاحية : الامطار, الحرارة, الاتجاهات, الاساليب الاحصائية

Abstract:

Variations and trends of temperatures and precipitation in Algeria were determined over a period of 34 years (1982-2016), using the graphical method, statistical tests, standardized rainfall index, Aridity and principal component analysis. A Decreased in rainfall is observed in the study region mainly in western Algeria with deficit years.

The Principal component analysis revealed four major regions. The coastal region is characterized by a slight decrease in annual precipitation. The eastern littoral region and the eastern highlands have a stable rainfall regime. The coastal western region undergoes extensive annual rainfall deficit from (1982-2004). The region of West high plateaus and Center are characterized for their part by rainfall deficits. The southern region where the climate is dry. The Sahara is a very windy and arid region.

Temperatures have risen more than 0.5°C from the 80's. The downward trend in rainfall and higher temperatures is mainly due to the strengthening of the Azores (It prevents the arrival of polar cold air). The year 2013 could be the beginning of an extended period of drought and low rainfall.

Keywords: Rain, Temperature, Trends, statistical Methods

SOMMAIRE

I.	CHAPITRE I : EVOLUTION DES PRECIPITATIONS ET DES TEMPERATURES	5
A.	Evolution des précipitations et de températures dans le monde selon le GIEC (GIEC, 2001 ; GEIC, 2007 ; GEIC ,2014)	5
1.	Changement observés du système climatique	5
2.	Conclusions robustes et incertitudes clés concernant les changements climatiques, leurs effets et leurs causes	8
B.	Evolution du climat méditerranéen	9
1.	Tendance de la précipitation et de la température dans la région Méditerranéenne	11
2.	Influence de la circulation atmosphérique générale sur le climat méditerranéen	14
3.	Le changement climatique en Algérie	16
II.	CHAPITRE II : ZONE D'ETUDE.....	18
A.	Présentation générale de l'Algérie	18
1.	Géographies de l'Algérie	18
2.	Climat de l'Algérie	20
3.	L'Algérie bioclimatique	22
4.	Géomorphologie de l'Algérie	31
5.	Le réseau météorologique.....	37
III.	CHAPITRE III : LES PARAMETRES D'ANALYSE ET LES INDICES CLIMATIQUES	41
A.	Les Températures	41
1.	Traitement des données thermiques.....	41
2.	Estimation des températures moyennes (\bar{T}_M , \bar{T}_X , \bar{T}_N).....	41
3.	Correction des températures.....	41
4.	Correlations des températures.....	42
5.	Exemple :	44
B.	Analyse des Températures.....	44
1.	Les températures moyennes mensuelles	45
2.	Les Températures Moyennes Annuelles.....	46
3.	L'amplitude quotidienne	50
A.	Précipitation.....	51
1.	Traitement des données pluviométriques	51
2.	Estimation des données manquantes et correction des précipitations	52
3.	La méthode des rapports	52
4.	Contrôle de totaux annuels des précipitations	53
B.	Analyse des Précipitation.....	54
1.	Matériels et méthodes	54
2.	Variation spatiale des pluies annuelles	57
3.	Étude de la variabilité temporelle des pluies.....	58
4.	Les indices climatiques	61
5.	Les principaux indices climatiques.....	61

IV.	CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	66
A.	Les régimes saisonniers des précipitations	66
B.	Indice pluviométrique standardisé.....	68
C.	Indice d'aridité de De Martonne.....	70
D.	L'indice Ombrothermique de Gaussen.....	73
V.	CONCLUSION.....	86
VI.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	88

Introduction générale

Durant cette dernière décennie, la communauté internationale est de plus en plus préoccupée par l'évolution du climat et ses conséquences socio-économiques et environnementales. Depuis le milieu du 20^{ème} Siècle une tendance à la diminution des précipitations et une augmentation de la température, qui se poursuivent en ce début du 21^{ème} siècle, sont mises en évidences par plusieurs études (Matari et al. 2007 ; GIEC, 2007 ; Xoplaki E., 2004... etc.).

En Afrique du Nord, le Maghreb est soumis au climat de type méditerranéen ou dominant les étage bioclimatiques semi-aride, aride et hyper aride. Les données climatiques relevées dans la région durant le 20^{ème} siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estime à plus de 1°C une tendance accentuées pour les 30 dernières années et une baisse de la pluviométrie depuis la moitié des années 1970 (djelloul Y., 2003).

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.

Selon Demmak et al. (2001) l'Algérie a connu des années de sécheresse intense et persistante. Le déficit pluviométrique déterminé pour les 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 apparait donc que la sécheresse a touché l'ensemble du territoire, et a sévit particulièrement dans les régions d'ouest du pays.

Depuis plusieurs études ont été entrainées 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

En Algérie, les travaux réalisés s'intéressent le plus souvent au suivi des précipitations annuelles surtout dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie. L'analyse des températures n'a pas connu un grand nombre de recherches.

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

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

Une question pertinente sera traitée au cours de ce travail :

Quelle est la variation des précipitations et des températures en Algérie au cours de la période 1982-2016.

Cette question sous-entend en premier lieu ; l'analyse temporelle et spatial des précipitations et des températures, et en deuxième lieu ; l'indentification des principaux facteurs liés à cette évolution.

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

Nous divisons notre travail en quatre grandes parties :

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

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

La troisième partie, la méthodologie adoptée pour l'analyse des deux paramètres climatiques pluie et températures ; une présentation des différents tests et méthodes utilisés dans la détermination du régime climatique et leurs applications.

La quatrième partie, mettra en valeur la discussion et l'analyse des résultats concernant l'évolution des précipitations et des températures au cours de ces 34 dernières années.

I. Chapitre I : Evolution des précipitations et des températures

Introduction

Le climat n'a cessé de fluctuer à toutes les échelles de temps. Cependant la variation qu'a connu le climat à l'échelle du globe ces dernières années semblent plusieurs chercheurs en particulier ceux du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Nous exposons dans ce chapitre les variations climatiques observées à l'échelle planétaire ainsi qu'à l'échelle régionale. Nous prendrons comme exemple climat méditerranéen. Puisque notre zone d'étude (est soumise à ce type de climat) appartient à la région méditerranéenne.

A. Evolution des précipitations et de températures dans le monde selon le GIEC (GIEC, 2001 ; GEIC, 2007 ; GEIC ,2014)

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GEIC) a été établie en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale(OMM) et le programme des Nations Unies pour l'Environnement(PNUE). Ce groupe d'experts est composé d'une centaine de scientifiques issus de toutes les régions du monde.

Depuis 1990, le GIEC a présenté une série de rapports d'évaluation, rapports spéciaux, notes techniques, méthodologies et autres documents devenus des ouvrages de référence largement utilisés par les gouvernements, les scientifiques et d'autres experts.

Jusqu'à maintenant, le GEIC a présenté cinq rapports concernant les changements climatiques, à savoir le rapport 1 en 1992, le rapport 2 en 1995, le rapport 3 en 2001, le rapport 4 en 2007 et le rapport 5 en 2014.

Chaque nouveau rapport apporte soit une confirmation soit un complément de ce qui a été déjà fait où observé auparavant.

1. Changement observés du système climatique

Grace au nombre croissant de mesures discrètes une série de changements climatiques sont maintenant bien documentés. Les indicateurs de température et les indicateurs hydrologiques contribuent à la certitude des changements.

a) La température

La température moyenne à la surface du globe a augmenté de $0.6^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ depuis la fin du 20^{ème} siècle. Les années 90 ont été la décennie la plus chaude et 1998 l'année la

plus chaude jamais enregistrée .période (1995-2006),figure parmi les douze années les plus chaude depuis 1850.date à laquelle ont débuté les relèves instrumentaux de la température à la surface du globe.la majeure partie de la hausse de la température mondiale observée durant le 20eme siècle s'est produite pendant deux période distinctes :de 1910 à 1945,et depuis 1976.Quant au rythme de cette hausse ,il s'est établi à 0.15 °C environ par décennie pendant ces deux périodes.

Les analyse de l'évolution des températures depuis 1958 pour les huit premiers kilomètres de l'atmosphère et à la surface sont assez concordantes et indiquent un réchauffement d'environ 0.1°C par décennie .Par contre, depuis l'apparition des relèves de satellite en 1979, les températures transmises tant par satellite, que par ballon météorologique indiquent un réchauffement de la troposphère d'environ 0.10+-0.05°C par décennie.

Quant à la température moyenne à la surface du globe, elle a augmenté de façon notable, a raison de 0.15+-0.05°C par contre ,durant la période 1958-1978 ,l'élévation de la température à la surface était presque nulle ,alors qu'elle s'établissait a près de 0.2°C par décennie pour les huit premières kilomètres de l'atmosphère .cette différence de température est due principalement aux fluctuations du rythme du réchauffement dans les régions tropicales et subtropicales. A été particulièrement rapides dans les huit premiers kilomètres de l'atmosphère avant 1979, mais ralentie depuis.

Il n'y a pas de variation notable du taux de réchauffement au-dessus des régions continentales de latitudes moyenne de l'hémisphère Nord. Dans la haute troposphère, aucune évolution appréciable de température à l'échelle du globe n'a été détectée depuis le début des années 60.Pour ce qui de la stratosphère, les observations par satellite aussi bien que par ballon mettent en évidence un an ou deux, causés par des éruptions volcanique.

Le nouveau relève détaillée des températures dans l'hémisphère Nord montre, après reconstitution des années 1000 a 1980 qu'une période relativement chaude, allant du 11eme au 14eme siècle, a précédés une période relativement froide, allant du 15eme au 19eme siècle. Par ces période connues respectivement sous les noms de « période de planétaire de réchauffement médiévale »et « petit âge glaciaire ».le réchauffement de l'hémisphère Nord au 20eme siècle ,tant par son ampleur que par durée ,semble avoir

été sans précédent depuis mille ans et ne peut donc être considéré comme un simple retour à la normale après le « petit âge glaciaire ». Ces analyses sont confirmées par l'analyse de sensibilité de la représentativité spatiale des données paléo-climatiques disponibles, qui indiquent que le réchauffement observé ces dix dernières années dépasse l'intervalle de confiance de 95 lié à l'incertitude en matière de température, même pour les périodes les plus chaudes du dernier millénaire. Par ailleurs, plusieurs analyses récentes semblent montrer que les températures observées dans l'hémisphère Nord durant la dernière décennie ont été les plus élevées des six à dix derniers siècles.

b) Les précipitations et l'humidité atmosphérique

Entre 1900 et 2005, les précipitations ont fortement augmenté dans l'est de l'Amérique du Nord et du Sud, dans le nord de l'Europe et dans le nord et le centre de l'Asie, tandis qu'elles diminuent au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du sud. Il apparaît que la sécheresse a progressé à l'échelle du globe depuis les années 1970.

Les journées froides, les nuits froides et le gel ont été moins fréquents sur la plus grande partie des terres émergées 50 ans et que le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a au contraire augmenté : vagues de chaleur sur la majeure partie des terres émergées, fortes précipitations dans la plupart des régions et ; depuis 1975, élévations extrêmes du niveau de la mer dans le monde entier.

La hauteur annuelle de précipitation pour les terres émergées a continué d'augmenter aux latitudes moyennes et élevées de l'hémisphère Nord (très probablement à un rythme de 0.5 à 1 par décennie), sauf en Asie orientale. Dans les zones subtropicales (de 10° à 30° de latitude nord), les pluies à la surface des terres émergées ont en moyenne diminué (probablement 0.3 par décennie), bien qu'on ait noté des signes d'inversion de cette tendance ces dernières années.

Les mesures de la hauteur de précipitation à la surface du sol en zone tropicale indiquent une augmentation probable d'environ 0.2 à 0.3 par décennie au 20^{ème} siècle. Les mesures directes de la hauteur de précipitation et de nouvelles analyses par modèle des précipitations présumées mettent en évidence une augmentation correspondante des pluies sur de grandes parties des océans tropicaux. Il existe une forte corrélation entre l'augmentation des précipitations sur les terres émergées aux latitudes moyennes à élevées de l'hémisphère Nord et l'augmentation à

long terme de la nébulosité totale. Contrairement à ce qui a été observé dans l'hémisphère Nord, aucune variation systématique comparable de la hauteur de précipitation moyenne selon la latitude n'a été détectée dans l'hémisphère Sud.

Il est probable que la quantité totale de précipitation d'eau atmosphérique a augmenté de plusieurs points de pourcentage par décennie dans nombreuse régions de l'hémisphère Nord. Les variations de la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère durant les quelques 25 dernières années ont fait l'objet, dans certaines régions, d'analyse fondées sur des observations en surface in situ et sur des mesures concernant la basse troposphère effectuées par satellite et ballon météorologique. Malgré l'existence probable de biais en fonction du temps et de variations régionales des tendances, les séries en vapeur d'eau atmosphérique à la surface du globe et dans la basse troposphère au cours de dernières décennies. De même, la concentration de vapeur d'eau dans la basse des observations (1980). [15]

2. Conclusions robustes et incertitudes clés concernant les changements climatiques, leurs effets et leurs causes

Dans son dernier rapport (2007), le GIEC a défini certaines conclusions ainsi que les incertitudes liées aux changements climatiques observés et les projections sur l'évolution future du climat. On entend par conclusion robuste en matière de changements climatiques toute conclusion qui reste valable pour un large éventail de démarches, de méthodes ; de modèles et d'hypothèses et qui devrait généralement le rester malgré les incertitudes, les incertitudes clés, ce sont des incertitudes qui, une fois levées, peuvent donner lieu à de nouvelles conclusions robustes.

a) Conclusions

L'essentiel du réchauffement global moyen constaté depuis 50 ans est pratiquement attribuable à l'augmentation de concentration des gaz à effet de serre anthropique, qui ont connu une hausse de 70% entre 1970 et 2004. Il est en outre probable qu'en moyenne tous les continents, à l'exception de l'Antarctique, ont subi les effets d'un réchauffement anthropique marqué. Ce réchauffement anthropique observe de nombreux systèmes physiques et biologiques.

b) Incertitude

Les données relatives aux climats restent insuffisantes dans certaines régions. Les données et les études concernant les changements observés dans les systèmes naturels et aménagés

sont très inégalement réparties d'une région à l'autre et sont particulièrement peu abondantes dans les pays en développement.

La variabilité des phénomènes extrêmes, comme la sécheresse, les cyclones tropicaux, les températures extrêmes ou la fréquence et l'intensité des précipitations est plus difficile à analyser et à surveiller que les moyennes climatiques, car cela nécessite de longues séries chronologiques de données à haute résolution spatiale et temporelle. [15]

B. Evolution du climat méditerranéen

Le climat méditerranéen, transition entre le climat aride des régions du Nord de l'Afrique et le climat tempéré des régions d'Europe se distingue essentiellement par des étés chauds et secs et une forte irrégularité des pluies.

Une pluviométrie annuelle, comprise entre 600 mm et 1000 mm pour les pays du Nord et proche de 400 mm pour certains pays du Sud, et une évapotranspiration potentielle annuelle, souvent supérieure à 1200 mm, impliquent un déficit hydrique souvent important.

Si l'on excepte le haut bassin du Nil, les bassins versants par la Méditerranée représentent globalement environ 1.9 million de km². Ils dépassent rarement 10000 km².

Les régimes hydrologiques sont très irréguliers marqués par une forte irrégularité inter saisonnière.

La ressource mobilisable en eau douce est souvent difficile d'accès, fragile et mal répartie. Il en naît, d'une part, des conflits d'intérêt, d'autre part, des difficultés à préserver durablement leur environnement. De ce fait, les pays du bassin Méditerranéen connaissent des situations très contrastées selon la disponibilité de leurs ressources en eau et selon l'ampleur de leurs besoins, fortement accrus par l'irrigation, par le développement du tourisme et par l'amélioration des modes de vie.

Concernant le partage de la ressource entre les différents utilisateurs d'une même région, on constate que c'est en saison sèche, caractérisée par une diminution de ressources en eau atmosphérique, de surface et souterraine, qu'augmentent simultanément les demandes en eau agricole et touristique. Au cours de ces périodes, la faiblesse voire l'absence d'écoulements, amplifie les impacts des déversements d'eau usée et de polluants divers, ce qui tend à diminuer encore les ressources mobilisables.

La place réservée à l'irrigation est liée à la volonté des pays d'atteindre un niveau d'autosuffisance alimentaire. Le recours à une irrigation de complément devient alors indispensable dans un contexte climatique caractérisé par une forte variabilité temporelle et notamment par des sécheresses prolongées. Ainsi si au niveau mondial, on estime que 70% des ressources en eau sont mobilisées pour l'irrigation. Le ratio de certains pays du sud et de l'Est du bassin Méditerranéen atteint déjà 90%. [15]

L'indice d'exploitation, rapport du volume d'eau prélevé au volume d'eau renouvelable en moyenne est un indicateur de pression exercée sur les ressources en eau mobilisable. Un indice d'exploitation dépassant 20% est considéré comme révélateur de tension déjà forte. Un indice supérieure à 50% rend nécessaire et urgente une gestion volontariste et rigoureuse. A cet égard les pays du bassin méditerranéen se caractérisent par des écarts extrêmement importants de cet indice. Il varie de quelques pourcents pour les pays de Nord à près de 100% pour Israël et la Libye. Il dépasse 20% dans les 2/3 des pays.

Le graphique ci-joint présente la valeur de l'indice d'exploitation en pourcent pour les pays pourtour de la méditerranée.

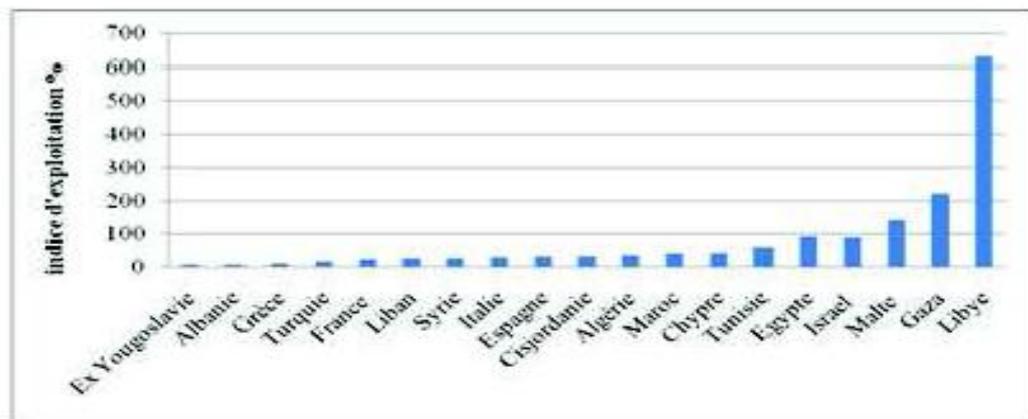


Figure 01 : Indice d'exploitation de différents pays méditerranéen [6]

Ce graphique montre que cinq pays, ou territoires, ont un indice qui rapproche ou dépasse largement 100% : Egypte, Israël, Malte, Gaza et Libye. Cela traduit le recours à des ressources non renouvelables, à des techniques de désalinisation et/ou la réutilisation d'eaux usées. Les problèmes et les tensions actuelles, ou à venir, dépendent de l'évolution de la quantité d'eau disponible par habitant. 2000m³/an/habitant est le seuil en dessous duquel se développent des situations préoccupantes. L'état de

pénurie absolue se situe en dessous de 1000 m³/an/habitant. Or, plusieurs pays du Sud se trouvent déjà dans cette dernière catégorie, tels que Malt, la Libye, Israël, la Tunisie et l'Algérie. Chypre, le Liban, la Syrie, l'Égypte et le Maroc les rejoindraient en 2025 (Morell M.,1998).One of the most critical aspects of the Mediterranean.[15]

1. Tendances de la précipitation et de la température dans la région Méditerranéenne

L'un des aspects les plus critiques de la région Méditerranéenne est le cycle hydrologique et sa variabilité par rapport à la variation planétaire du climat. La topographie du bassin méditerranéen est complexe avec un forçage thermique et orographique influençant la structure des systèmes météorologiques et les circulations régionales oscillation (Fernandez et al 2003).La Méditerranée c'est l'équilibre entre les précipitations l'évaporation influence sur la circulation de la qualité des eaux de la Mer Méditerranée.

La variabilité des précipitations des saisons humides de la région méditerranéenne influence sur le bilan hydrologique de la zone et joue un rôle essentiel dans la gestion régionale de l'agricultures ressources en eau les écosystèmes, l'environnement ; l'économie ainsi que le développement social.

L'analyse des tendances des précipitations pour la période 1950 à 1999, révèle que les précipitations de la saison humide ont augmenté en Méditerranée depuis le milieu du 20^{ème} siècle avec un maximum enregistré dans les années 1960 puis ont diminué des lors. A l'exception de quelques périodes humides survenues dans les années soixante-dix, début des années vingt et des années quatre-vingt-dix, la seconde moitié du 20^{ème} siècle montre une tendance générale à la baisse de 2.2mm/mois/décade. En particulier, la période fin quatre-vingt-début quatre-vingt-dix connu une sécheresse générale sur de larges parties de la Méditerranée (Xoplaki E. et al, 2000).

Xoplaki et al (2004) ont constaté que les plus grandes de précipitations durant la saison humide de la Méditerranée sont observées au mois d'Octobre à Mars mai avec de fortes variabilité. Malgré la grande variabilité spatio-temporelle des précipitations, une fraction importante de ses variations peut être expliquée par les changements de circulation à grande échelle et à différentes altitudes. Les variations de la précipitation peuvent être liées aux fluctuations de circulation atmosphérique générale que le courant

jet. La trajectoire des tempêtes et mousson avec des changements dans la thermodynamique de l'atmosphère.

L'Jacobbeit(2000) et Giorgi (2002a).-L'analyse de la variabilité saisonnière des précipitations et son évolution tout au long de la Méditerranée sur la période 1901-1998 indique une tendance négative de précipitation pour l'hiverne accord avec la conclusion du IPCC (Folland et al.2001).GIEC (jacobeit(2000) et Giorgi(2002) in Xoplaki E.2004). [15]

L'analyse des températures au sud de la Méditerranée par Aesawy A.M.et al (1998) met en évidence un changement brutal pour les stations de Marrakech, Alger, Tripoli, Alexandrie, Amman et Beyrouth. Une tendance à l'augmentation est observée en 1992 et 1978 à Marrakech, en 1865 et 1967 à Alger et en 1910 à Beyrouth. Alors qu'à Alexandrie et Amman ce changement se traduit par une baisse de la température (refroidissement) et ceux respectivement en 1962 et 1965. Pour toutes les saisons, la plupart des stations indiquent un changement brutal au sein des séries de température. L'étude de la persistance montre que cette persistance est significative à Marrakech, Alger et Tripoli.

Le Grand Maghreb situé au sud du bassin méditerranéen a connu des variations pluviométriques importantes. Au Maroc, les études réalisées par la direction de météorologie nationale (Benassi M.2001), ont mis en évidence les changements que le climat du pays a connus durant les dernières décennies, notamment le phénomène de la sécheresse. La période trentenaire 1971-2000 a enregistré une diminution de la pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 15%. Depuis 1961, 1982-1983, 1983-1984 et 1994-1995 ont été les années hydrologiques de sécheresses les plus sévères que le Maroc ait connus. En outre, le régime pluviométrique interannuel a connu une tendance à la baisse avec une légère augmentation depuis le début de la saison et un déclin de celles du reste des saisons surtout le printemps.

En Mauritanie, l'analyse de la pluviométrie depuis plus de cinquante ans (1942-2005) a révélé d'une manière très significative les deux périodes caractéristiques de la région sahélienne, une période largement excédentaire de 1942 à 1969 et une période de sécheresse pendant les années 70 et 80. En plus de ces phases, la dernière décennie (1994-2005) est caractérisée par une situation très particulière où oscillent de courtes périodes d'excès pluviométriques.

L'examen des température pour les périodes 1931-1960 et 1961-1990 par l'Office Nationale Météorologique(ONM) met en évidence une hausse des températures moyennes sur l'ensemble du pays au cours des saisons d'hiver et d'automne ,et une hausse nette des température minimales et maximales sur l'ensemble des stations de l'Algérie du Nord depuis la décennie 70 et se prolongeant jusqu'à nos jours .L'examen des précipitations pour les mêmes périodes (1931-1960 et1961-1990) montrent une diminution des pluies en automne et en hiver sur le Nord, alors qu'au printemps , la pluviométrie est plus importante à l'Ouest, au centre et au Sud du pays et il y'a diminution des précipitation à l'Est . [15]

L'analyse des données de températures sur plus de 40 stations du réseau de l'Office Nationale de la Météorologie effectuée sur la période 1950-2005 met en évidence une augmentation des températures maximales annuelles de 1.2°C (0.6 à 2.3°C) et saisonnières de 1.6°C en été (0.9 à 2.2°C ; maximum en Aout). [15]

Un comparatif des normales de température sur des deux périodes standards : 1931-1960 et 1961-1990 effectuée pour plusieurs stations météorologique maghrébines(1931-1960) et 1961-1990 effectuée pour plusieurs stations météorologiques maghrébines (Alger ,Oran ,Annaba, Casablanca, Agadir, Ouarzazate, Tunis, Gabès) a montré que la tendance à la hausse de température est nette pendant la saison d'hiver sur l'ensemble des stations analysées et que l'augmentation de la température annuelles moyenne est perceptible pour la grande majorité des station du Maghreb (Hassani M.I.2008). Cette température semble rester en constante augmentation comme le cas de station d'Oran. L'examen de l'évolution des pluies pour la comparaison des normales de pluies saisonnières des deux périodes standards des mêmes stations indique des évolutions assez contrastées d'une région à une autre. En termes de ruissellements, il est relevé une tendance négative des apports chronologique au cours des deux dernières décennies dans la majorité des bassins hydrographiques du Maghreb. A l'exemple du bassin de l'Oum Er Rebia(Maroc).

La décennie 1970 marque une rupture climatique significative sur le plan thermique. En Afrique du Nord-Ouest (entre le Maroc et la Mauritanie) (Amraoui L.2009). L'étude de l'évolution et détection des ruptures des séries chronologiques des températures hivernales de 1950a 2008, permet de mettre en évidence le tournant climatique des années 70 dans cette région. Le mois de décembre affiche une forte

tendance à la hausse des températures sur la totalité du Maroc et Sahara Occidental en plus de la partie saharienne de la Mauritanie. La tendance à la hausse s'amenuise des que l'on pénètre la partie sahélienne de la Mauritanie. L'extrême sud de la Mauritanie enregistriez une faible tendance au refroidissement entre (-0.2°C et -0.4°C).Le mois de janvier se distingue par une tendance majoritaire au refroidissement. En effet, à l'exception du Sahara Occidental et la bande côtière de toute la zone d'étude, la tendance des températures entre 1950 et 2008 pendant le mois de janvier est négative .Le refroidissement est plus marque vers le sud-est de la Mauritanie avec un maximum de -1°C. Cette tendance au refroidissement est confirmée en février au Sud-est de la Mauritanie mais elle ne concerne significativement que l'extrême sud-est avec un maximum de -1.25°C. En dehors de cette zone, la tendance au réchauffement s'impose sur la totalité de l'Afrique du Nord-Ouest avec un maximum de 1.4°C localise au niveau du Sahara Occidental.

De nombreuse études ont lie les variations du régime pluviométrique de la Méditerranée a la circulation atmosphérique générale (Salameh T.2008 ; Xoplaki E, 2000.Lopez J. et al ; 2010). De ce fait, il est crucial de comprendre les processus et les mécanismes différentes échelles régionales ainsi que leur lien avec le climat a grandes échelle qui sont responsable de la variabilité et des tendances des précipitations de la région Méditerranéenne. [15]

2. Influence de la circulation atmosphérique générale sur le climat méditerranéen

Du point de vue climatique ,la région méditerranéenne constitue une zone de transition entre les climats semi-arides (le sud du bassin) et les climats tempères (le nord du bassin),sous l'influence des circulation synoptique des latitudes moyennes et de la variabilités climatique tropicale ,particulièrement durant la période hivernale(en été ,du fait de la progression vers le nord de l'anticyclone des Açores, la région méditerranéenne est plus isolée et largement sous l'influence de circulation atmosphérique locales).Au nord une grande partie de la variabilité atmosphérique est sous l'influence de flux atmosphérique d'ouest contrôles par les position respective de l'anticyclone des Açores et de la dépression d'Island et modulée par l'intensité et la phases de l'Oscillation Nord Atlantique (NAO) (Hurrell and Van Loon,1997 ;Plaut et al.2001,Xoplaki ;2002 ;Hurell et al.2003 ;D'unkeloh and Jacobeit.2003 ;Trigo et al.2004 :in Salameh T,2008)

Se situant au sud du « couloir » des tempêtes de l'Atlantique Nord, le bassin ouest de la Méditerranée est sous l'influence des dépressions des moyennes latitudes qui contrôlent le taux de précipitations, surtout pendant l'hiver quand l'influence de la NAO est la plus importante. Le sud du bassin est sous l'influence de la partie descendante de la cellule de Hadley associée à l'anticyclone des Açores et l'est du bassin est sous l'influence de tel connections avec l'oscillation sud d'El Ninon (El Ninon Souther Oscillation, ENSO) et la mousson asiatique (Rodwell et Hoskins 1996 ; Rodo et al ,1998 ; Reale et al ,2001 ; Mariotti et al ,2002) : In (Salameh T, 2008). [15]

Selon le GIEC (GEIC ,2007), les climats de l'Afrique du Nord dépendent de l'oscillation nord atlantique (l'Afrique orientale et australe sont sous l'influence forte de ENSO, et ceux de l'Afrique de l'ouest de température de surface de l'océan atlantique, de la dynamique de l'atmosphérique et d'effets de surface).

L'indice NAO a connu au cours du 20eme siècle une très grande variabilité. du début du 20eme siècle jusqu'en 1930 environ(à l'exception des hivers 1916 à 1919) ,L'indice NAO était élève : ainsi, des vents plus forts qu'à l'accoutumée ont apporté une influence martine au-dessus.de l'Europe, ce qui contribua aux température européennes plus élevées que la normale durant cette période .Du début des années 40 jusqu'au début des années 7,l'indice NAO a eu tendance à diminuer ,ce qui correspondit a une période où les température hivernales étaient fréquemment inferieures à la normale. Une forte hausse de l'indice NAO s'est produite au cours des 25 deniers années. Depuis 1980, l'indice NAO est reste dans une phase frottement positive et a tendance à augmenter. Jamais depuis les débuts du 20^{eme} siècle. Des hivers n'ont montré des indices positifs aussi prononces. Cette situation a beaucoup contribue au réchauffement observe des températures de surface de l'hémisphère nord au couardes deux dernières décennies. Une stabilisation de la température a été constatée depuis 2008(Szalai S.2003).

Des études ont montré que la diminution des précipitations surtout hivernales dans la région méditerranéenne durant les dernières années sont liées à la phase positive et persistante de l'oscillation nord atlantique (NAO) (Xoplaki E. et al.2000).Un indice caractérise de l'oscillation : les valeurs positive de l'indice correspondent à une pluviométrie en dessous de la normale, alors que les valeurs négatives correspondent à une pluviométrie excédentaire.

L'analyse des corrélations entre les précipitations et l'oscillation nord atlantique, montre que la NAO plus d'influence pendant les mois d'hiver : décembre, janvier et février. [15]

Les valeurs de température et de précipitation, montrent que de nombreux épisodes secs sont intervenus au cours des derniers 50000 ans, et en particulier pendant le dernier glaciaire. Une configuration atmosphérique d'une NAO positive, aurait prédomine pendant ces périodes d'aridité, impliquant une stabilité anticyclonique sur le bassin Sud-ouest méditerranéen et favorisant le transport atmosphérique en provenance d'Afrique (Combourieu Nebout N.et al 2009)

Plusieurs études mettent en évidence l'absence d'une corrélation significative d'El Nino sur le bassin méditerranéen (Ricard J.L.2000).Les chercheurs qui-ont déterminé les zones sous influence direct d'El Nino n'ont pas inclus l'Afrique du Nord et l'Europe. [15]

Conclusion

Le climat et plus exactement les précipitations et les températures ont connu des variations importantes. Un réchauffement et une baisse des précipitations sont observés depuis la moitié des années 1970 à l'échelle du globe et à l'échelle régionale « Méditerrané ».La circulation atmosphérique générale joue un rôle déterminant dans la variation du climat méditerranéen qui se trouve plus influence l'Oscillation Nord Atlantique. [15]

3. Le changement climatique en Algérie

Le Maghreb a été identifié comme une zone particulièrement vulnérable face aux risques liés au changement climatique. L'exode rural conjugué à l'urbanisation intense sur la côte méditerranéenne durant les dernières décennies ont augmenté la vulnérabilité des populations concernées tout en accentuant les facteurs qui contribuent aux changements climatiques.

En Algérie, pays dont la plus grande partie est désertique, les changements climatiques constituent une préoccupation majeure. En effet, de par sa position géographique, l'Algérie est exposée aux effets négatifs des changements climatiques et des émissions des gaz à effet de serre, notamment les inondations, la sécheresse et les températures élevées.

D'après des études réalisées par l'ONM sur l'évolution des températures, elles ont révélé que celles-ci sont en hausse depuis 1990, date du début des émissions à effet de serre.

Concernant la pluviométrie en Algérie, l'étude fait ressortir un recul de 12% pour la période 1990-2005 en comparaison avec 1961-1990, causant une sécheresse à grande échelle au moment même où d'autres régions enregistrent des inondations dont celle de Bâb El Oued en 2001 et dans la ville d'El Taref en 2012. L'évolution des températures en Algérie montre une hausse sur l'ensemble du territoire au cours des saisons d'hiver et d'automne et une hausse nette des températures minimales et maximales dans toutes les stations de l'Algérie du Nord et se prolonge jusqu'à nos jours. Durant ces 20 dernières années, les températures maximales ont augmenté plus que les minimales.

Quant aux précipitations, pour les mêmes périodes l'examen montre qu'en automne et en hiver, il y a diminution des pluies sur le Nord, et en printemps dans l'Est du pays.

On peut donc conclure qu'entre les périodes 1931-1960 et 1961-1990 :

- la hausse de température a été de l'ordre de 0,5°C ;
- la pluviométrie a baissé en moyenne de 10% ;
- le déficit hydrique sera plus important à l'Ouest qu'au Centre et qu'à l'Est du pays.

[16]

II. CHAPITRE II : Zone d'étude

A. Présentation générale de l'Algérie

L'Algérie est située au centre du continent Nord-africain, avec une superficie de 2.381.741

km², elle est le plus grand pays en Afrique.

Avec près de 1200 Km de côte sur la mer Méditerranée, elle est bordée à l'Est par la Tunisie, au Sud Est par la Libye, au Sud par le Niger et le Mali, au Sud-Ouest par la Mauritanie et à l'Ouest par le Sahara Occidental et le Maroc (voir figure 1).

La figure ci-dessous, présente la position géographique de l'Algérie dans l'Afrique du nord.

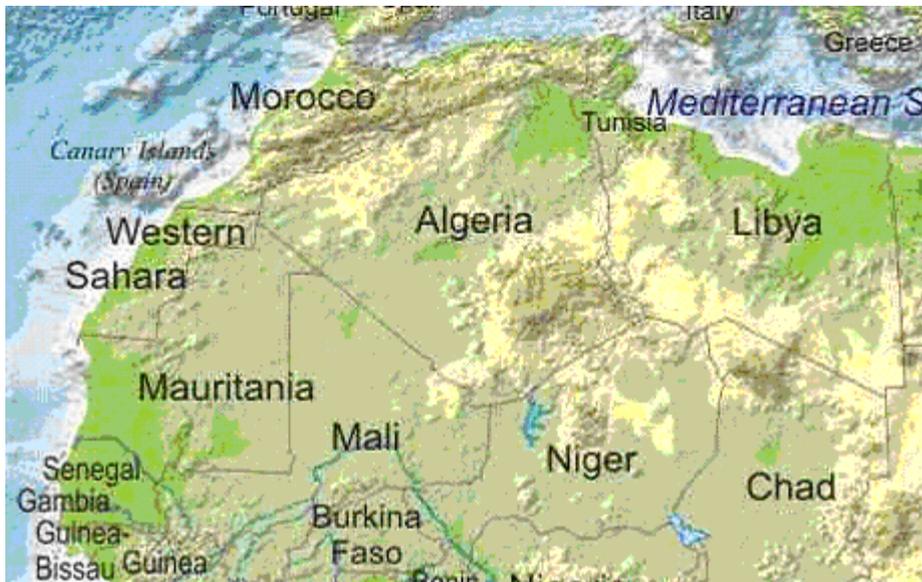


Figure 2. Situation géographique de l'Algérie. [14]

1. Géographies de l'Algérie

Le relief algérien se compose de deux principales chaînes montagneuses : l'Atlas tellien et l'Atlas saharien : ce sont deux ensembles parallèles qui parcourent le pays d'Ouest en Est, elles se rapprochent au centre du pays jusqu'à presque se confondre à l'extrême Est (Aurès) vers la Tunisie. Ces deux chaînes constituent des frontières naturelles entre lesquelles s'intercalent de vastes plaines et hauts plateaux (voir figure 3).

Les figures ci-après, présentent : pour la première, les principales formations géographiques en Algérie et pour la seconde, une coupe topographique du Nord au Sud de l'Algérie. [14]

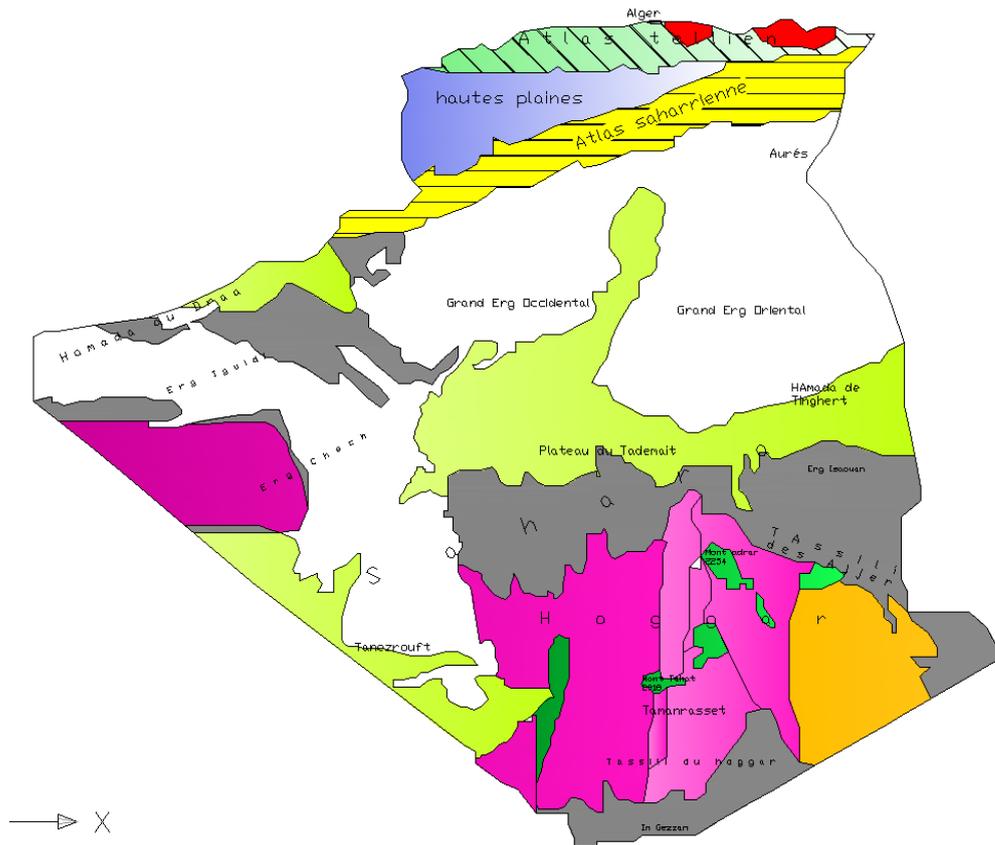


Figure 3: Principaux relief d'Algérie. [14]

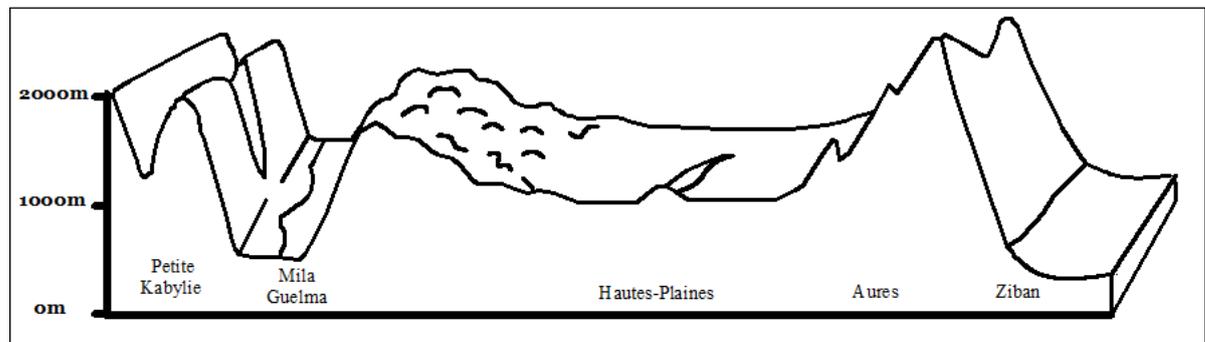


Figure 4. Coupe topographique de l'Algérie [4].

- Au Nord, au pied de l'Atlas Tellien, se trouvent les plaines côtières qui donnent directement sur la mer méditerranée. La bande du Tell, large de 80 à 190 km, s'étend sur près de 1200 km de côtes. Elle est formée par une chaîne de montagnes (l'Ouarsenis, le

Djurdjura, les Babors, les Bibans...) qui longe le littoral. Ces montagnes sont, souvent, séparées par des vallées parcourues de cours d'eau. Ce caractère confère à la région une richesse floristique et faunistique importante. Les plaines et les vallées du Tell abritent une grande partie des terres fertiles du pays

- Entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien, on trouve un ensemble de plaines et hauts plateaux semi-arides parsemés de nombreuses dépressions appelées « Chotts », lesquels se transforment en lacs salés à la saison des pluies.

Le point le plus bas d'Algérie se trouve au Chott Melrhir (-40m).

L'ensemble s'étend des frontières marocaines à l'Ouest à la vallée du Hodna à l'Est du pays. Ces steppes se caractérisent par une végétation pauvre et clairsemée ; ces étendues sont colonisées par des associations d'herbacées et des touffes d'alfa.

- L'Atlas saharien, relie le Haut Atlas marocain à la frontière tunisienne où l'on y rencontre le massif des Ksour, le Djebel Amour, les Ziban et les monts Hodna qui rejoignent la bande du Tell à l'Est et continue pour finir dans les Aurès. Il est limité au sud par plusieurs oasis qui constituent ce qui est souvent appelé «La porte du désert».

- Au sud, avec environ 2 millions de km², le Sahara est l'un des plus grands déserts du monde. Il représente plus de 80% de la superficie de l'Algérie. Il se compose d'immenses dunes, de plaines de sable (ergs), de plaines de pierres (regs), d'oasis et de montagnes volcaniques (massif du Tassili et du Hoggar) où culmine le plus haut mont d'Algérie à 2900 mètres d'altitude. Au nord du Sahara, le grand Erg Occidental et Oriental, sont séparés par des plateaux rocheux, telle la région des M'Zab, ils sont bordés au sud par le plateau de Tademaït. Ce sont d'immenses mers de sable ponctuées d'oasis. Au cœur du Sahara, on y trouve le massif du Hoggar, constitué de roches volcaniques formant des pics, des « aiguilles volcaniques » et de hauts plateaux désertiques. [14]

2. Climat de l'Algérie

L'Algérie se situe sous un climat de transition, entre la zone tempérée et la zone tropicale, cette position la met sous l'influence directe du climat méditerranéen au Nord et du climat désertique au Sud.

Le rythme saisonnier est simple :

- En été, l'Algérie est soumise à l'influence des hautes pressions subtropicales qui, eu égard à sa latitude, donne des temps très chauds, très secs et tempérés, mais seulement, aux bords de mer.

- En hiver, le retrait des hautes pressions vers des latitudes plus basses livre la région à la circulation zonale d'Ouest : le temps est plus frais et plus humide.

Cette circulation d'Ouest envahit le bassin méditerranéen, mais, en réalité, seules quelques perturbations atlantiques arrivent jusqu'au bassin méditerranéen, à cause des reliefs qui entravent l'écoulement de l'air. Les deux tiers des perturbations activant dans la région sont d'origine locale.

Elles sont dues à des circulations d'air polaire froid qui atteignent la Méditerranée et y provoquent, au contact de ses eaux chaudes, une cyclogenèse active. Cet air froid qui touche le bassin méditerranéen progresse lentement vers le sud en saison froide. Ainsi, s'expliquent la diminution progressive des pluies vers le sud et l'allongement de la saison sèche [3].

Le régime des vents est peu uniforme, il varie d'une région à une autre et contribue à accroître l'évaporation, déjà, très vive. Si l'hiver, saison humide, le nord de l'Algérie a un bilan hydrique, généralement, favorable. En été, le déficit est total, il est, souvent, nécessaire de recourir à l'irrigation pour les cultures de printemps et d'été [3].

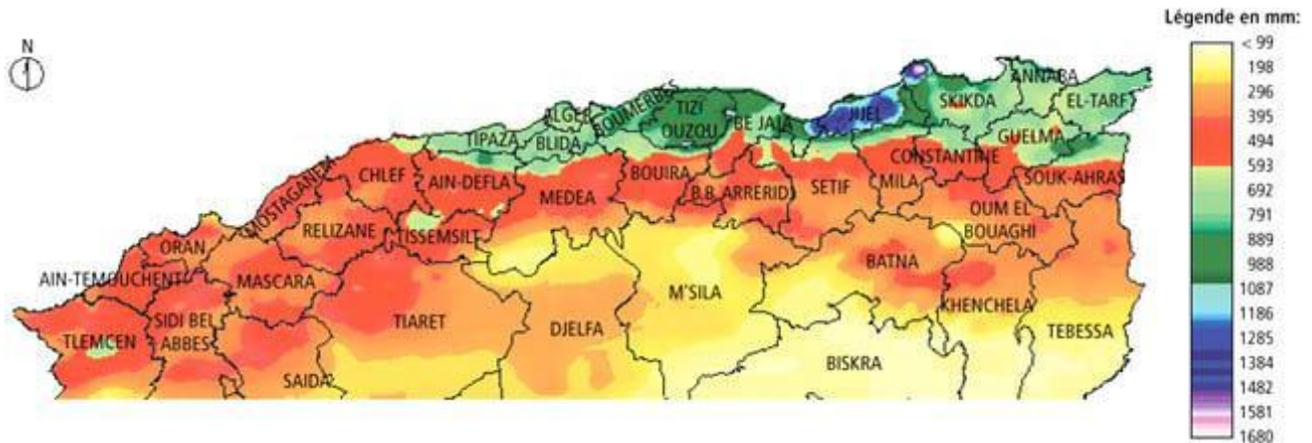
Comme nous le voyons, la région du nord-est algérien subit, directement, l'influence du climat méditerranéen :

- Au nord, les précipitations diminuent du nord au sud et d'est en ouest. Sur la bande littorale, le climat est tempéré, avec des hivers pluvieux ou très pluvieux, avec des moyennes pluviométriques annuelles pouvant atteindre plus de 1500 mm dans la région de Jijel et Bejaia . Cette variation dans le nord dépend de la latitude, de l'altitude, de la continentalité et du relief. En outre, une dissymétrie très nette existe entre les versants, ceux qui sont exposés au nord sont les mieux arrosés et ceux qui le sont au sud sont les plus secs.

La moyenne des températures varie entre 8°C et 15°C en hiver et, en moyenne, 25°C en juillet et août (26,5°C à Annaba, 26°C à Bejaia). En été, le sirocco, vent sec et chaud (baptisé le Chehili localement), souffle du Sahara en direction du nord durant la saison estivale, amenant des nuages de poussières et de sable vers les régions côtières.[17]

- Le climat dans la région de l'Atlas tellien est aussi tempéré, mais plus froid à cause de l'altitude. Il est caractérisé par des précipitations plus importantes.[3]

La figure 5 : suivante, résume la pluviométrie dans le nord algérien



- Le climat des Hauts Plateaux est semi-aride. La température avoisine les 5°C voire -7°C en hiver et les chutes de neige y sont fréquentes. La température estivale varie de 30°C à 38°C

(Constantine 36°C) avec des précipitations faibles et irrégulières, de 200 à 400 mm par an.

- Le Désert du Sahara est aride, avec des précipitations annuelles extrêmement faibles (moins de 100 mm par an). Les températures varient de 15 à 28°C en hiver, pour atteindre 40 à 45°C, voire plus en été.[14]

3. L'Algérie bioclimatique

La classification bioclimatique d'Emberger et de Sauvage est largement adoptée dans la région méditerranéenne. Sur la base du Q2, cinq étages bioclimatiques sont définis pour l'Algérie: humide, subhumide semi-aride, aride et saharien. Ils sont subdivisés en variantes sur la base des seuils thermiques de la température du mois le plus froid (min) [14].

Ces variantes intéressantes pour la production végétale sont les suivantes:

- Hiver froid à gelées durant de longues périodes, $-3 < m < 0^{\circ}\text{C}$.
- Hiver frais à gelées très fréquentes, $0 < m < 3^{\circ}\text{C}$.
- Hiver doux à gelées rares, $3 < m < 7^{\circ}\text{C}$.
- Hiver chaud à gelées absentes, $7 < m < 10^{\circ}\text{C}$.

Outre les températures basses en hiver, les fortes températures de l'été et la sécheresse estivale sont des facteurs limitants pour la production végétale en Algérie.

Les grandes régions écologiques se distinguent relativement bien.

Au nord, se trouvent les zones de cultures (littoral, plaines intérieures, hautes plaines etc...), au centre, les zones steppiques et de parcours et au sud le Sahara avec ses Oasis.

a) Les domaines bioclimatiques

La combinaison des données climatiques fondamentales (température et précipitations) permet de définir des domaines bioclimatiques.

La figure 6, indique les différentes zones bioclimatiques de l'Algérie.

(1) Le domaine humide et subhumide

Cette région reçoit, en général, plus de 600 mm de précipitations, le nombre de mois secs ne dépasse pas 3 à 4 mois. Ce domaine comprend toute la zone côtière (surtout celle de l'Est) ainsi que l'ensemble montagneux de l'Algérie septentrionale. Dans cette région, les cultures sont partout possibles. La forêt méditerranéenne y trouve son terrain d'élection avec des arbres toujours verts: les chênes (chêne-liège sur les basses pentes, chêne vert plus haut), les résineux comme le pin d'Alep sur les versants chauds, le pin maritime, le pin pignon, les sapins... Le couvert forestier reste parfois important, mais le plus souvent, il est dégradé en *matorral*.

L'écoulement des oueds se prolonge durant une grande partie de l'année. Le milieu physique, compartimenté et morcelé, est une mosaïque de plaines, de bassins et de versants de montagnes [14].

(2) Le domaine semi-aride

Dans cette région, les précipitations se raréfient et deviennent plus irrégulières: 400 à 600 mm (le plus souvent réparties entre 50 et 70 jours/an). La saison sèche peut se prolonger jusqu'à 5 et 6 mois. Cette région est, très largement, représentée par les hautes plaines et les hauts plateaux de l'Algérie septentrionale. Partout dominant les glacis façonnés au cours des épisodes du Quaternaire et les encroûtements calcaires sont une contrainte à la mise en valeur agricole.

La végétation naturelle est en dégradation continue. Il subsiste quelques thuyas, pins d'Alep, pistachiers, amandiers... Mais, à ce niveau, les formes buissonnantes l'emportent, où se mêle le chêne kermès, l'olivier sauvage, le lentisque, le genévrier, le palmier nain...

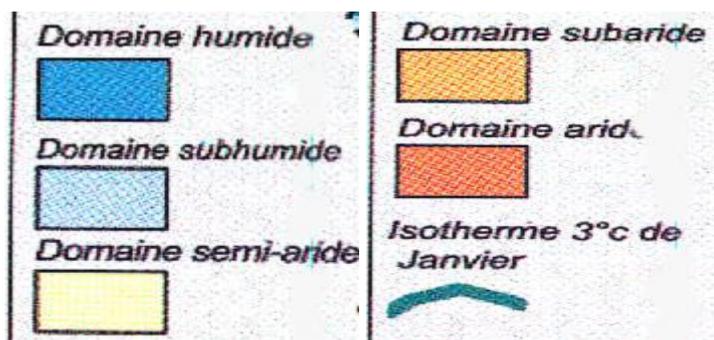
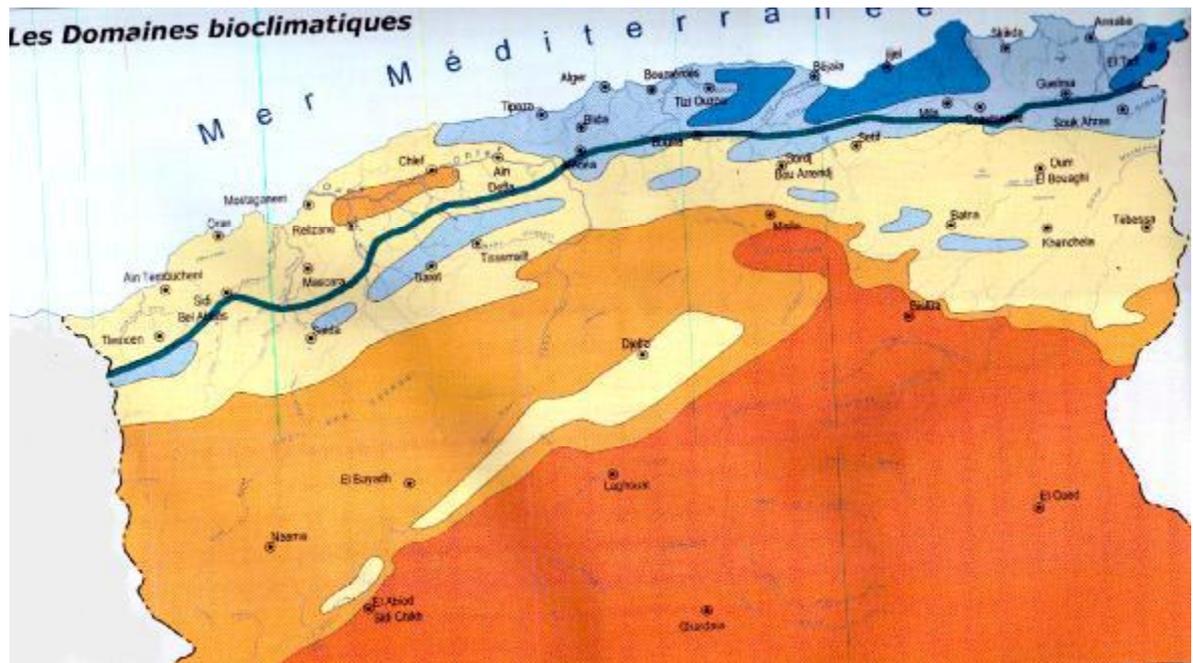


Figure 6. Les principaux domaines bioclimatiques de l'Algérie [14].

(3) Le domaine aride ou steppique

Cette région reçoit moins de 400 millimètres de précipitations par an. Le nombre de jours de pluies est compris entre 20 et 40. En réalité, les données moyennes, dans cette région, n'ont guère de significations, car le caractère marquant est la succession d'irrégularités saisonnières et interannuelles, jalonnée par de sévères sécheresses cycliques.

Le caractère continental entraîne des écarts de température considérables. La steppe occupe de vastes étendues des Hautes Plaines algériennes. Au-dessus de 200 mm, elle peut être une formation secondaire qui résulte de la dégradation d'une couverture végétale plus abondante. Au-dessous de 200 mm, c'est une formation de base qui est composée de graminées (alfa) et de buissons ligneux xérophiles (armoïse). Dans les fonds d'oueds plus humides ou dans les zones d'épandage des crues,

apparaissent les buissons de tamarix, de jujubier et de laurier rose. L'élevage est la vocation naturelle du milieu steppique sous la forme traditionnelle du nomadisme ou du semi-nomadisme [14].

(4) Le domaine désertique

Cette région reçoit moins de 100 mm de pluies par an, il arrive qu'il ne pleuve pas pendant

12 mois consécutifs, les conditions climatiques y sont extrêmes. Les températures sont de plus en plus marquées par la continentalité et l'amplitude très forte. Dans la partie nord des déserts, les précipitations sont souvent des précipitations d'hiver ou de printemps, mais l'irrégularité saisonnière y domine. Près des basses latitudes (22° et en altitude), les pluies peuvent être d'été, traduisant ainsi la proximité avec la zone tropicale [14].

Le désert n'est pas, complètement, dépourvu de végétation. Les lits d'oued et les zones d'épandage de piémont peuvent receler une nappe phréatique. Ils peuvent porter une steppe très ouverte et des fourrés discontinus de buissons ou d'arbustes comme : les acacias et les jujubiers, les tamarix jalonnent les fonds d'oued les plus humides [14].

b) L'occupation des terres

Les terres en Algérie sont réparties de la façon suivante:

- Les terres improductives estimées à 191 millions d'hectares.
- Les terres forestières couvrant une superficie d'environ 4,3 millions d'hectares.
- Les parcours et la steppe couvrent environ 34,3 millions d'hectares.
- La superficie agricole totale (SAT) couvre 8,2 millions d'hectares, dont environ 880 000 hectares de terres non productives (bâtiments, chemins, infrastructures etc..).

C'est ce que représente la figure ci-dessous.

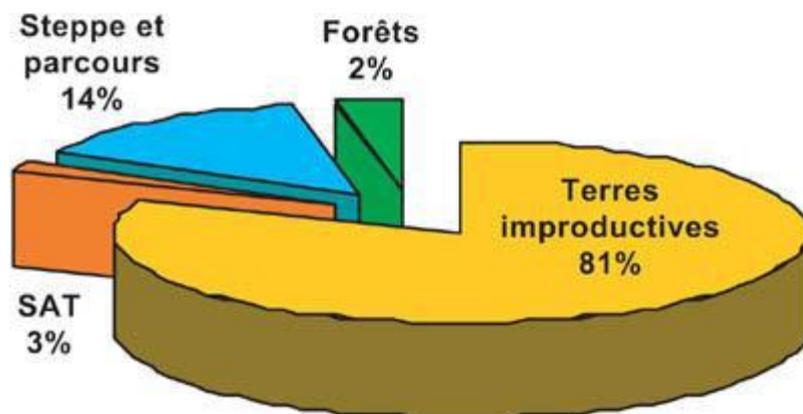


Figure 7. Répartition de la superficie totale de l'Algérie [14].

(1) La végétation naturelle en Algérie

C'est un fait bien établi que la répartition de la végétation forestière est fonction de certaines actions climatiques et que les forêts ont elles-mêmes une influence primordiale sur les caractéristiques des microclimats et même des climats régionaux.

Les formations forestières couvrent environ 4,3 millions d'hectares (maquis compris). Ces formations jouent un rôle important en matière de stabilisation des terres dans les périmètres des bassins versants et de rétention des eaux de ruissellement. En outre, elles constituent un support non négligeable dans le développement économique du pays [14].

Les formations forestières sont représentées par :

- Les forêts naturelles, 1 329 000 ha (32,4%).
- Les maquis et les broussailles, 1 844 400 ha (44%).
- Les pelouses, 2 800 ha (0,1%).
- Les reboisements 972 800 ha (23,5%).

En partant du Nord au Sud de l'Algérie, on traverse différents paysages en passant des forêts, maquis et matorrals vers les steppes semi arides et arides, puis vers les écosystèmes désertiques. On distingue suivant les tranches pluviométriques :

- 1200 - 1800 mm, correspond à l'étage hyper-humide représenté par des zones très restreintes, leurs superficies ne dépassant pas 300 ha (entre 800 et 2000m d'altitude sur l'Atlas tellien et la région de Jijel) où se développent des espèces endémiques très rares comme le sapin de Numidie

(*Abies numidica*), le peuplier tremble (*Populus tremula*) et les forêts de cèdres (*Cedrus atlantica*) et chêne liège (*Quercus suber*).

- 900 - 1200 mm, c'est l'étage humide qu'on trouve dans les régions Nord-Est, dominé en altitude par les forêts à cèdres et diverses chênaies (*Quercus faginea*, *Quercus suber* et *Q. afares*).

- 600 - 900 mm, correspond à l'étage subhumide qui couvre la partie septentrionale d'Ouest en Est de l'Atlas tellien sur lesquelles se développent les forêts à chênes *rotundifolia* et Pin d'Alep.

- 400 - 600 mm, c'est la zone semi-aride supérieure qui correspond aux forêts, maquis et matorrals, plus ou moins dégradés, des sommets et des versants Nord de l'Atlas saharien. Le chêne rotundifolia, le thuya et l'olivier-lentisque sont les plus représentés.

- 300 - 400 mm, correspond à la zone sub-steppe du semi-aride, caractérisée par la disparition des espèces forestières et l'apparition des espèces steppiques telles que l'armoïse (*Artemisia herba alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*) et le sparte (*Lygeum spartum*). Ces terrains considérés comme de bons parcours sont situés au Nord des Hautes Plaines oranaises et sur le versant Sud des Aurès, des Monts des Ouleds Naïls et des Nememchas. Dans cet étage bioclimatique, les parcours sont en compétition avec la céréaliculture au niveau des dépressions

- 100 - 300 mm, cette tranche pluviométrique correspond à la région des steppes méridionales arides et présahariennes qui se caractérisent par une réduction importante du couvert végétal donnant lieu à des parcours médiocres sur des sols squelettiques et ayant atteint un seuil de dégradation très avancé.[2]

- Moins de 100 mm, correspond à la zone Sud de l'Atlas saharien. La végétation est contractée et localisée dans les lits d'oueds. C'est une végétation hygrophile fortement adaptée aux conditions xériques et qui présente un très fort taux d'endémisme. On retrouve des pâturages à base d'espèces graminéennes à *Aristida pungens*, à *Panicum turgidum* et d'arbustes fourragers tels que les nombreux acacias [2].

La figure suivante, représente les principales zones écologiques en Algérie septentrionale.

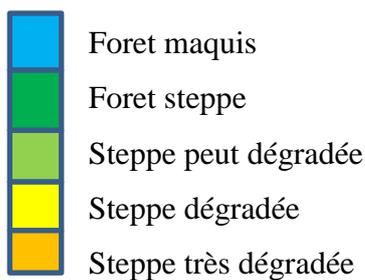
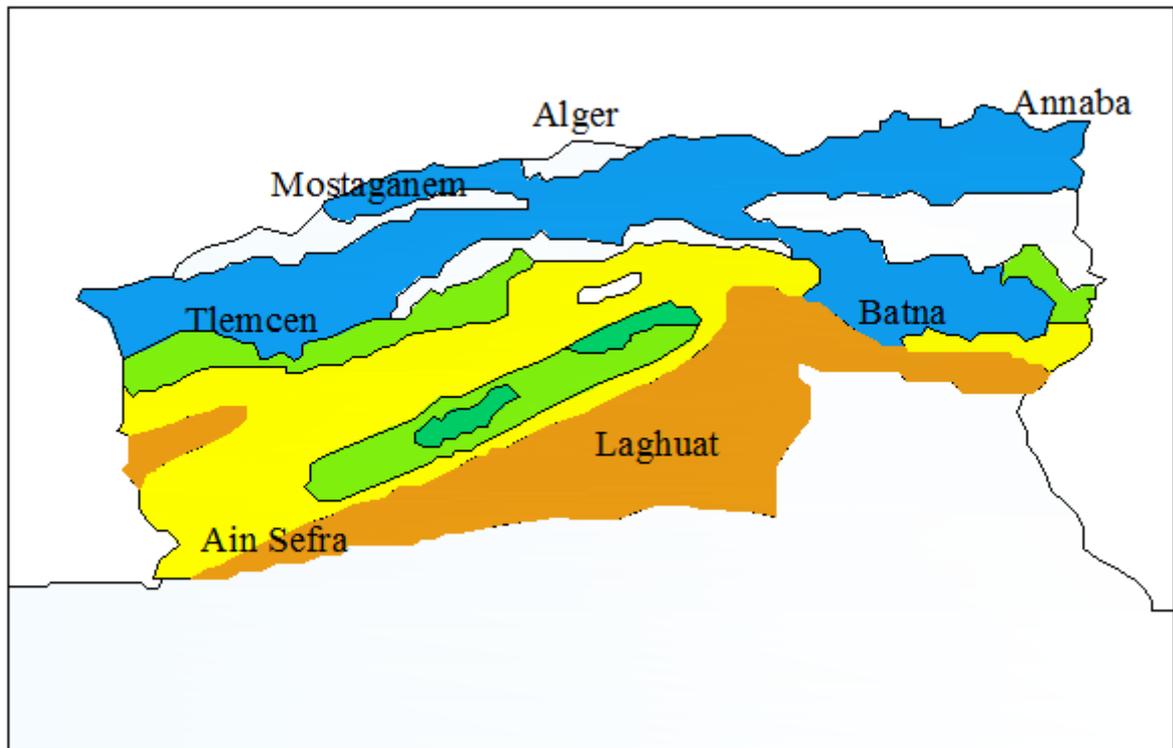


Figure 8. Zonage écologique de l'Algérie [14]

(2) L'agriculture en Algérie

La superficie agricole totale, représentant 3% de la superficie totale de l'Algérie, Elle comprend principalement :

- Les cultures herbacées: 3,8 millions ha.
- Les terres au repos (jachères): 3,7 millions ha.
- Les plantations fruitières: 576 990 ha.
- Les vignobles: 81 550 ha.
- Les prairies naturelles: 23 640 ha [14].

La figure suivante, reprend les différentes occupations des terres agricoles en Algérie.

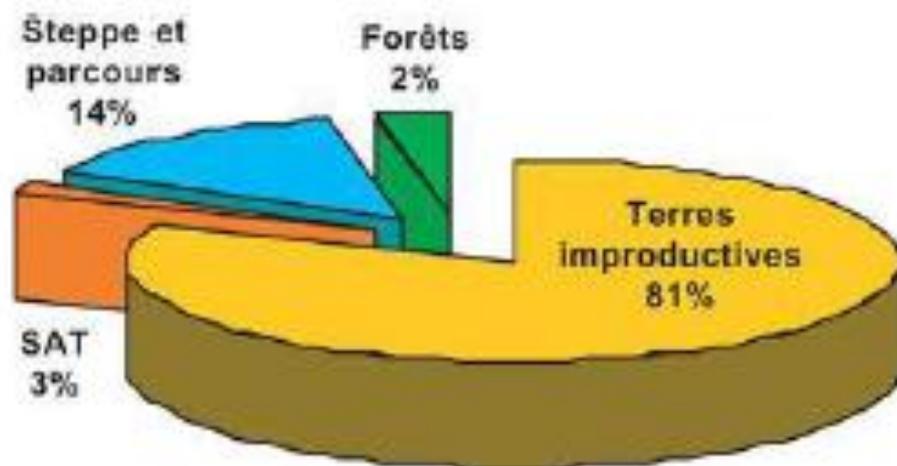


Figure 9. Occupation des terres agricoles [14].

L'agriculture en Algérie est caractérisée par une polyculture (activités agricoles diversifiées), elle est concentrée dans la zone nord du pays. Les cultures dominantes sont les cultures annuelles et, particulièrement, les grandes cultures (céréales, fourrages et légumineuses alimentaires). Les grands ensembles écologiques, naturellement délimités, orientent les activités agricoles et les systèmes de production pratiqués.

De manière détaillée, on distingue, du Nord au Sud, les zones agro-écologiques suivantes:

- La zone pluvieuse du nord reste le principal fournisseur de produits agricoles diversifiés: céréales, légumes et fruits ainsi que ceux de l'élevage semi - intensif (surtout lait et viande).
- Le Sahel et les zones littorales, grâce à des conditions climatiques très favorables (hiver généralement doux), sont occupés par les cultures maraîchères et, particulièrement, par la plasticulture (culture sous serre). Au niveau de cette zone agro écologique, toutes les cultures maraîchères sont pratiquées. Le système de production est, généralement, intensif, l'assolement est triennal, quadriennal et parfois quinquennal.
- Les plaines sublittorales constituent des zones agro écologiques assez particulières, compte tenu du fait que les sols sont généralement lourds, mais le climat reste relativement favorable.[14]

Dans ces plaines, la polyculture et l'élevage bovin constituent les principales activités. Les cultures maraîchères, les cultures fourragères, les céréales et l'arboriculture fruitière se côtoient en fonction des disponibilités en eau, des besoins de la région et de l'adaptation des cultures pratiquées. Dans ces plaines sublittorales, l'assolement est

généralement triennal, parfois biennal et rarement quadriennal. L'eau d'irrigation provient des barrages mais, surtout, des puits (Existence de nappes phréatiques).

L'ensemble des plaines sublittorales est menacé par l'urbanisme et les infrastructures (routières, ferroviaires, industrielles..), cela réduit de plus en plus les surfaces disponibles pour l'agriculture.[14]

Les plaines intérieures, certains hauts plateaux et les hautes plaines céréalières ont des microclimats, généralement, contraignants (hiver froid à très froid, été chaud à très chaud et sec).

La pluviosité est généralement limitée et l'eau constitue l'élément clé des systèmes de cultures mis en place. Au niveau des plaines où l'eau d'irrigation est disponible, on rencontre les cultures maraîchères de plein champ (saison et arrière-saison), les cultures fourragères, les céréales et l'arboriculture fruitière (en irrigué). Là où l'eau est absente, l'assolement est généralement biennal (céréale- jachère), rarement triennal avec une rotation céréale-fourrage-jachère. L'arboriculture fruitière rustique est, relativement, importante dans ces régions. La céréaliculture dans les hautes plaines et certains hauts plateaux est, généralement, associée à l'élevage. Plus la pluviosité diminue, moins les systèmes de cultures sont diversifiés (orge, rarement blé) [14].

La zone intermédiaire sert de parc aux ovins, de par ses espaces étendus de parcours (steppe et pâturages extensifs). La steppe constitue une zone agro écologique particulière. Elle s'étend de l'est à l'ouest du pays. Elle est limitée par l'isohyète 400 mm au nord et 100 mm au sud. Elle constitue une zone intermédiaire entre le Nord du pays (climat humide, subhumide ou semi-aride) et le sud du pays (climat aride et saharien). La principale vocation de la steppe est l'élevage ovin, caprin et camelin. Les cultures céréalières (principalement l'orge) ne sont cultivées que dans les zones d'épandage des crues [14].

Le troisième ensemble écologique, improductif, représente le désert saharien où les seules activités agricoles reposent sur l'agriculture oasienne et l'exploitation du palmier dattier. Le système de cultures oasien est basé sur les cultures en étages. Il est

très intensif (palmier, arboriculture fruitière, maraîchage, céréales, fourrages). Les surfaces sont réduites et l'eau et le sel (salinisation des sols) constituent les facteurs limitant de la production [14].

4. Géomorphologie de l'Algérie

a) Formations géologiques.

Les formations géologiques algériennes datent, essentiellement des ères secondaire et tertiaire. Par contre les formations superficielles qui se sont formées dans les vallées et les cordons dunaires sont du quaternaire (voir figure 10).

Le Tell Oriental est la partie la plus montagneuse de l'Algérie. Il se compose de chaînes parallèles où on y distingue, du Nord au Sud :

Les chaînes telliennes littorales, constituées de gneiss et de granit, prolongent celles du Djurdjura : ce sont les massifs de Collo, Skikda et l'Edough bordant la basse plaine d'Annaba où se trouvent les deux plus grandes zones humides d'eau douce (lac Tonga et Oubeïra à El Kala).[18]

Les chaînes telliennes externes, constituées par les monts des Babors et les massifs de la Petite Kabylie, reposent sur des socles du Jurassique et de l'Eocène,

Les chaînes telliennes internes sont dominées par les monts du Hodna, le massif des Aurès (2328 m) et les monts des Néménchas. Cet ensemble appartient au domaine atlasique (figure 10).

Les steppes orientales à l'Est du Hodna sont formées par les Hautes Plaines du Sud Constantinois où domine le Crétacé, de nature calcaire et dolomitique. Ces Hautes Plaines sont bordées par le Massif des Aurès et des Néménchas.

Les Hamadas et le Tassili sont d'immenses plateaux rocheux calcaires, de forme tabulaire à sols squelettiques, dominant les vallées des oueds. La région est caractérisée par des regs, surfaces planes de cailloux et de graviers, qui résultent d'une importante érosion éolienne sur les horizons superficiels de sol.

La figure suivante, illustre les principales formations géologiques du nord algérien.[14]

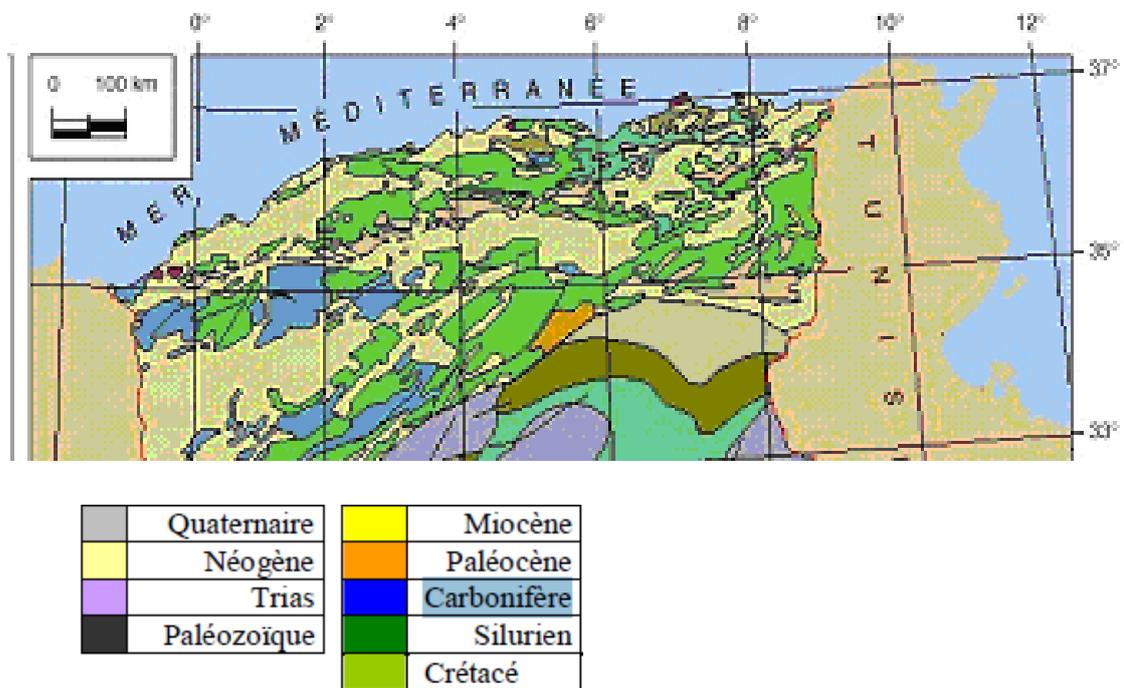


Figure 10: Principaux formations géologies [14]

b) Les principaux lacs et cours d'eau

Hormis quelques cours d'eau côtiers, le réseau hydrologique de l'Algérie n'est pas très développé et se limite à quelques principaux oueds tels :

- Oued Chélif : D'une longueur de 725 Km, Il prend sa source au Nord-Ouest de l'Atlas tellien et se jette en Méditerranée. Il se caractérise par une vallée très fertile qui a permis le développement, autour d'elle, de la ville du même nom.
- Oued Rhumel : Le plus important cours d'eau du Constantinois. Il prend sa source dans les monts de Ferdjoua (Mila), pénètre les plateaux de Constantine où son tracé décrit une série de sinuosités, puis se resserre très sensiblement et forme alors une boucle presque fermée avant de s'infiltrer entre les tables calcaires du Djebel El Hadja, en conservant une direction générale Sud-Ouest Nord-Est. Le Rhumel termine sa course en se jetant dans la mer à l'ouest du golf de Jijel.
- La Seybouse : C'est une rivière du nord-est de l'Algérie. Elle prend sa source près de Guelma et est formée par oued Cheref et oued Zenati, son bassin est le plus étendu

d'Algérie, et ses terres sont très fertiles. Elle termine son parcours en se jetant dans la Méditerranée près d'Annaba. [18]

Il n'existe pas de cours d'eau permanents au sud de la région du Tell. Les nombreux lacs qui parsèment les régions désertiques sont, pour la plupart, temporaires et salés (ex: Chott el Hodna). [18]

c) Les formations des sols

La répartition des sols en Algérie présente une zonalité qui reflète, rigoureusement, celle des climats. Cependant, elle est largement modifiée par la nature des roches mères, du relief, des cours d'eau, de la végétation, ainsi que des facteurs biotiques et anthropiques.

On rencontre différents types de sols:

- Les sols bruns lessivés et sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et subhumides

(Luvisols, Calcisols) (Voir figure 11).

- Les sols châtaîns et bruns isohumiques, souvent, avec des accumulations calcaires en profondeur, dans les bioclimats semi arides et arides (Kastanozems, Calcisols).

- Les sols gris subdésertiques, minéraux bruts d'érosion ou d'apport, ainsi que des sols salins aux bioclimats arides et désertiques (Regosols, Solonchaks).

La figure ci-après, représente les différents types de sols en Algérie. [16]

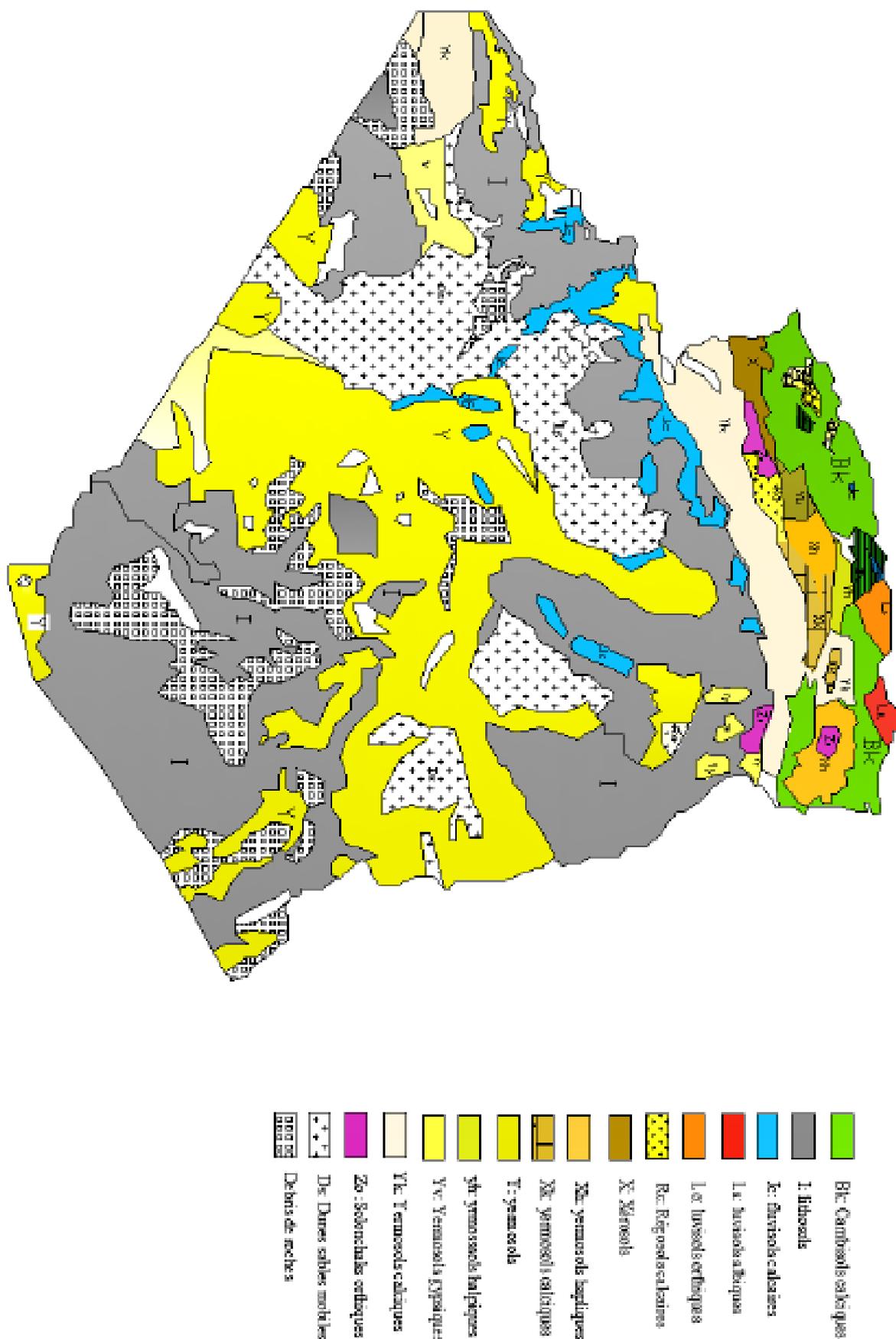


Figure 11. Carte des sols dominants de l'Algérie[1]

d) Hydrographie de l'Algérie

Au Nord de la ligne de crête de l'Atlas, le Nord Algérien, couvre d'Ouest en Est, 4 grandes régions (bassins) hydrographiques :

Région 1 : côtiers-Oranais, Tafna, Macta et Hautes plateaux Oranais ;

Région 2 : zibries-Algérois, Isser, Soummam, chott Hodna et Zaher ;

Région 3 : côtiers-Constantinois, Seybouse, Kébir-Rhummel, Medjerda et hautes plateaux constantinois ;

Ces 3 régions hydrographiques sont divisées en 16 bassins hydrographiques repartis en 2 catégories :

Les bassins tributaires de la Méditerranée, au nombre de 11, des oueds drainant l'Atlas Tellien (les côtiers Algérois, côtiers-Constantinois, et côtiers-Oranais, le Tafna, la Macta-, l'Isser, la Soummam, le Kebir Rhummel, le Seybouse et la Medjerda)

Les bassins endoréiques, au nombre de 4, des oueds dont les écoulements se font vers les chotts (chott Chergui, chott Zaher, chott Hodna, les hauts plateaux Constantinois).

Le flanc Sud de l'Atlas fait partie de la région 4 : le bassin du Chott Melrhir et le bassin du Sahara.[15]

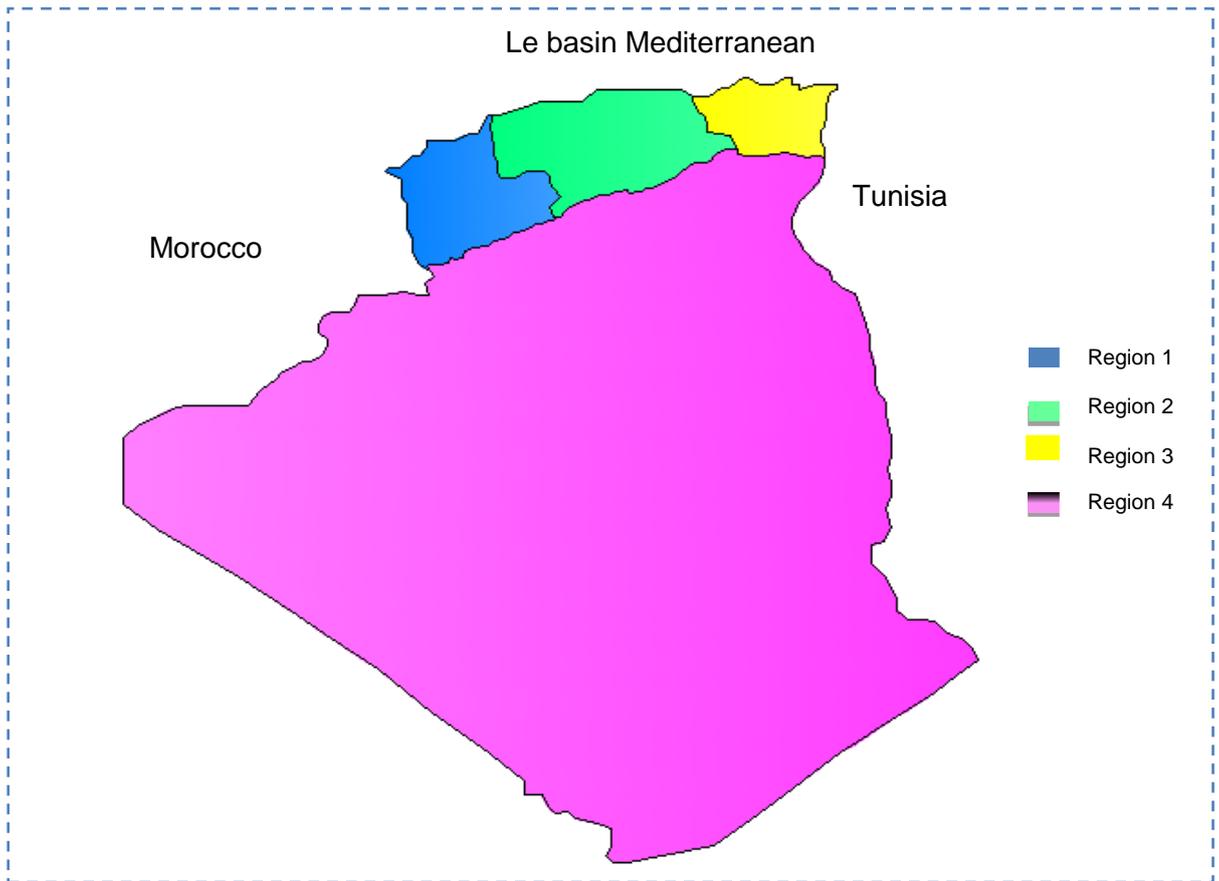


Figure 12. Découpage de l'Algérie en région hydrographiques [15]

Au total l'Algérie couvre 17 grands bassins hydrographiques. Ces découpage fut initié lors de l'étude générale intitulée Plan National de l'Eau (PNE) lancée en 1993. Les superficies de ces bassins sont approximativement comme suit :

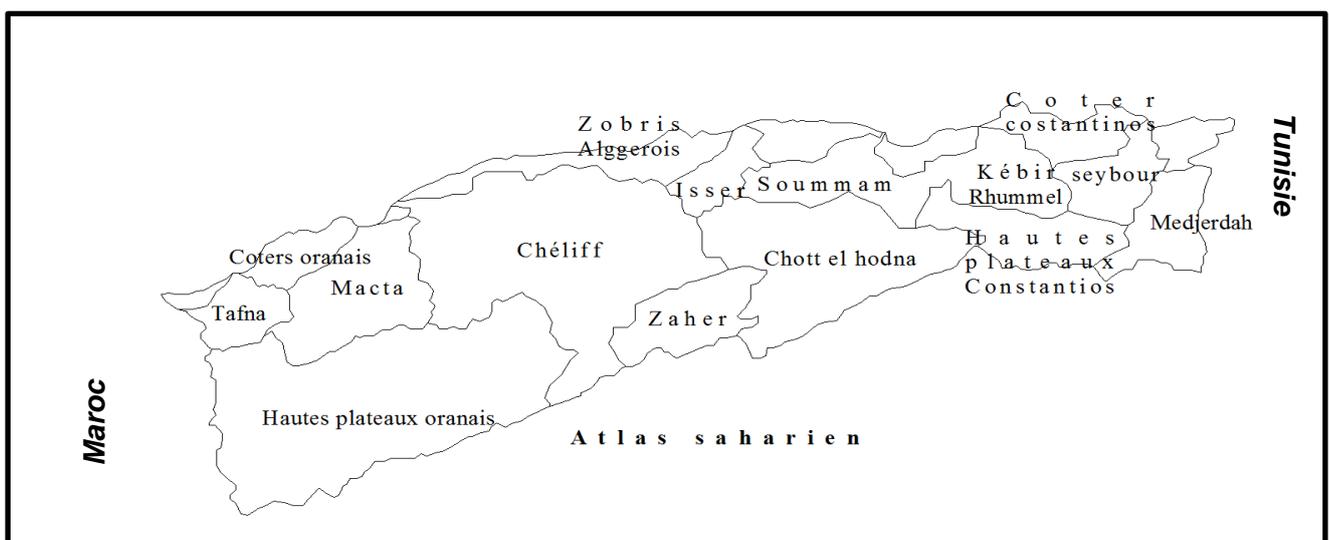


Figure 13 : Bassins versants su nord de l'Algérie (source : ANRH)[17]

5. Le réseau météorologique

Des données d'observation couvrant une courte période, n'ont généralement aucune valeur significative (sauf dans les régions équatoriales et dans certains déserts). La variabilité des paramètres du temps, d'une saison ou d'une année à une autre, est telle qu'il est nécessaire de disposer de séries d'observations longues pour pouvoir en tirer des indications climatiques valables. Il faut un minimum de 30 ans, pour qu'une étude climatique soit caractéristique d'une région (recommandations de l'OMM). Cela est indispensable, non seulement pour connaître les caractères du climat, mais aussi pour apprécier les cycles de renouvellement d'une situation donnée, par exemple : risque de gelées printanières, longues périodes de sécheresse, etc... [20]

Dans notre cas, les séries sont relativement homogènes et couvrent une période de 34 ans pour toutes les stations (de 1982 à 2016), à l'exception de Saida, Maghnia et Ouargla qui ont respectivement : 15 ans (1987-2001), 10 ans (1987-1995) et 10 ans (1987-1995).

Les critères de choix des stations sont basés sur trois critères essentiels :

- Données d'observations complètes ou quasi complètes.
- station professionnelles.
- Répartition spatiale uniforme.

Les postes climatologiques mesurant tous les paramètres utiles à l'étude :

- les précipitations mensuelles en mm
- les températures moyennes mensuelles en °C
- les températures moyennes mensuelles des minima en °C
- Les températures moyennes mensuelles des maxima en °C.

Ces stations climatologiques et leurs méthodes d'observations sont régies par les normes de la Commission des Instruments et des Méthodes d'Observations (C.I.M.O.) [11].

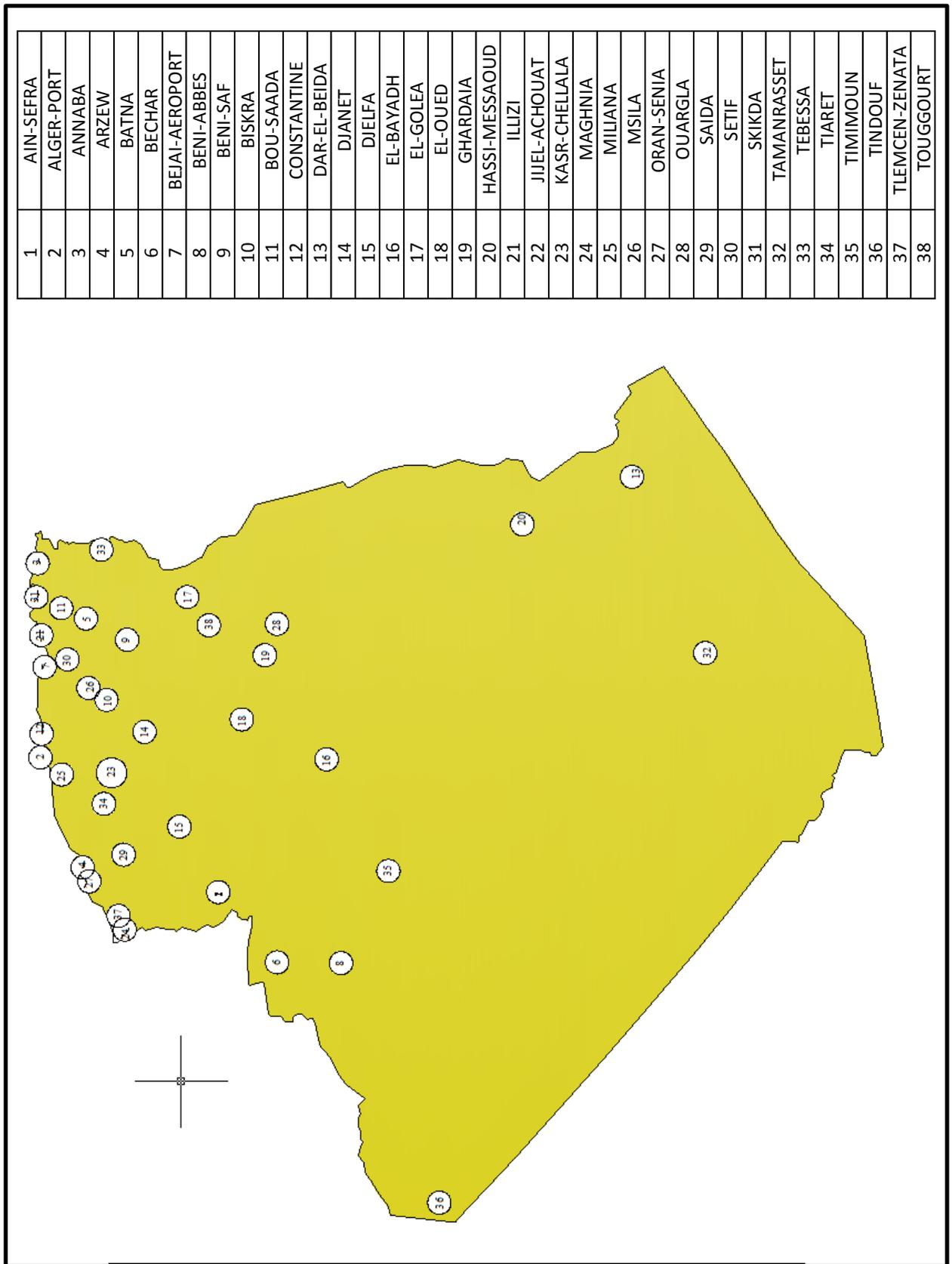


Figure 14: Répartitions des stations pluviométriques utilisées[10]

STATION	LATITUDE	LONGITUDE	HAUTEUR
AIN-SEFRA	32.76	-0.6	1059
ALGER-PORT	36.76	3.1	12
ANNABA	36.83	7.81	4
ARZEW	35.81	-0.26	4
BATNA	35.75	6.31	826
BECHAR	31.5	-2.25	816
BEJAIA-AEROPORT	36.71	5.06	3
BENI-ABBES	30.13	-2.16	505
BISKRA	34.8	5.73	89
BOU-SAADA	35.33	4.2	461
CONSTANTINE	36.28	6.61	694
DAR-EL-BEIDA	36.68	3.21	29
DJANET	24.26	9.46	970
DJELFA	34.33	3.38	1185
EL-BAYADH	33.66	1	1347
EL-GOLEA	30.56	2.86	403
EL-OUED	33.5	-6.78	69
GHARDAIA	32.4	3.8	469
HASSI-MESSAOUD	31.66	6.15	144
ILLIZI	26.5	8.41	544
JIJEL-ACHOUAT	36.8	5.88	10
KSAR-CHELLALA	35.16	2.31	801
MAGHNA	34.81	-1.78	426
MILIANA	36.3	2.23	721
MSILA	35.66	4.5	422
ORAN-SENIA	35.63	-0.6	91
OUARGLA	31.93	5.4	148
SAIDA	34.86	0.15	752
SETIF	36.18	5.25	1040
SIKIKDA	36.88	6.9	3
TAMANRASSET	22.8	5.43	1364

TEBESSA	35.41	8.11	823
TIARET	35.35	1.46	978
TIMIMOUNE	29.25	0.2	317
TINDOUF	27.7	-8.16	439
TLEMCEN-ZENATA	35.01	-1.46	247
TOUGGOURT	33.11	6.13	92

Tableau 1: coordonnées des stations pluviométriques utilisées [9]

III. CHAPITRE III : Les paramètres d'analyse et les indices Climatiques

A. Les Températures

1. Traitement des données thermiques

Pour les besoins de notre étude, il est important d'avoir en notre disposition plusieurs variables concernant la température : la moyenne des maxima (TX), la moyenne des minima

(TN), la moyenne mensuelle ($TM = (TX+TN)/2$) et l'amplitude thermique (TX-TN).

2. Estimation des températures moyennes ($\bar{T} M, \bar{T} X, \bar{T} N$)

Il existe plusieurs méthodes pour le calcul de ces moyennes, pour les besoins de notre étude, la méthode jugée la plus adéquate est celle préconisée par l'OMM (Organisation mondiale de la météorologie) (WMO, 1989), cette méthode consiste à calculer la température moyenne mensuelle à partir des températures moyennes journalières obtenues de la sommation des extrêmes journalières (maxima (TX) + minima (TN)) divisées par 2.[16]

$$TM = \frac{\sum([TX + TN]/ 2)}{N}$$

N : nombre des jours du mois.

3. Correction des températures

L'estimation de données manquantes ou erronées peut se faire selon plusieurs méthodes, la plus répandue est la régression linéaire ; pour que cette méthode soit utilisable, il faut l'existence d'au moins une station voisine qui soit dotée d'un coefficient de corrélation élevé avec la station lacunaire donc il faut que la régression soit linéaire.

On estime la variable Y à partir de la variable X par l'équation de la droite suivante :

$$Y = aX + b$$

X : la valeur estimée ;

Y : la valeur à estimer ; a : la pente de la droite ; b : une constante.

En pratique les calculs sont faits à partir de l'équation suivante :

$$Y = Y' + \left(r \cdot \frac{S_y}{S_x} \right) \cdot (X - X')$$

Y : donnée manquante à estimer ;

Y' : moyenne observée de la série homogène de la station incomplète ;

r : coefficient de corrélation entre X et Y estimé à partir des séries d'observations communes ;

S_y : l'écart type de Y estimé d'après la série d'observation de Y' ;

S_x : l'écart type de X estimé d'après la même série d'observation ;

X : variable explicative connue d'après laquelle nous estimons la variable erronée ou inconnue

(Y) de la série d'observation incomplète ;

X' : moyenne de X de la station complète estimée à partir de la même période observée simultanément dans la station incomplète.[16]

4. Correlations des temperatures

Le comblement des lacunes dans les séries d'observations est impératif et doit être conforme à la méthode précitée. Le degré de corrélation, le profil et la distance entre la station homogène et la station à homogénéiser doivent être pris en considération.[16]

Le tableau suivant résume les coefficients de corrélation entre les différentes stations.

Ain sefra	batna	Biskra	Bou saada	El bayadh	El oued	H.Messaoud	Ksar chellala	Maghnia	Miliana	Oran	Saïda	Setif	Tebessa	tiaret	tindouf	tougourt	
0,9981	0,9928	0,9991	0,9977	0,9959	0,9997	0,9997	0,9893	0,9896	0,9890	0,9862	0,9882	0,9909	0,9947	0,9858	0,9911	1,0000	tougourt
0,9931	0,9930	0,9925	0,9945	0,9956	0,9924	0,9892	0,9930	0,9921	0,9932	0,9893	0,9918	0,9927	0,9907	0,9913	1,0000	0,9911	tindouf
0,9897	0,9985	0,9904	0,9934	0,9958	0,9888	0,9831	0,9997	0,9987	0,9993	0,9959	0,9995	0,9992	0,9963	1,0000	0,9913	0,9858	tiaret
0,9954	0,9993	0,9971	0,9976	0,9979	0,9965	0,9933	0,9976	0,9975	0,9975	0,9944	0,9977	0,9987	1,0000	0,9963	0,9907	0,9947	Tebessa
0,9936	0,9997	0,9947	0,9968	0,9982	0,9933	0,9887	0,9998	0,9987	0,9993	0,9953	0,9995	1,0000	0,9987	0,9992	0,9927	0,9909	Setif
0,9913	0,9991	0,9922	0,9947	0,9967	0,9911	0,9861	0,9995	0,9989	0,9993	0,9960	1,0000	0,9995	0,9977	0,9995	0,9918	0,9882	Saïda
0,9861	0,9957	0,9879	0,9897	0,9915	0,9894	0,9846	0,9954	0,9987	0,9979	1,0000	0,9960	0,9953	0,9944	0,9959	0,9893	0,9862	Oran
0,9914	0,9991	0,9924	0,9947	0,9966	0,9920	0,9869	0,9993	0,9997	1,0000	0,9979	0,9993	0,9993	0,9975	0,9993	0,9932	0,9890	Miliana
0,9913	0,9988	0,9924	0,9944	0,9962	0,9925	0,9878	0,9988	1,0000	0,9997	0,9987	0,9989	0,9987	0,9975	0,9987	0,9921	0,9896	Maghnia
0,9928	0,9994	0,9934	0,9959	0,9978	0,9918	0,9868	1,0000	0,9988	0,9993	0,9954	0,9995	0,9998	0,9976	0,9997	0,9930	0,9893	Ksar chellala
0,9973	0,9909	0,9983	0,9963	0,9943	0,9994	1,0000	0,9868	0,9878	0,9869	0,9846	0,9861	0,9887	0,9933	0,9831	0,9892	0,9997	Hassi Messaoud
0,9983	0,9949	0,9993	0,9984	0,9971	1,0000	0,9994	0,9918	0,9925	0,9920	0,9894	0,9911	0,9933	0,9965	0,9888	0,9924	0,9997	El oued
0,9984	0,9985	0,9984	0,9996	1,0000	0,9971	0,9943	0,9978	0,9962	0,9966	0,9915	0,9967	0,9982	0,9979	0,9958	0,9956	0,9959	El bayadh
0,9989	0,9973	0,9995	1,0000	0,9996	0,9984	0,9963	0,9959	0,9944	0,9947	0,9897	0,9947	0,9968	0,9976	0,9934	0,9945	0,9977	Bou saada
0,9992	0,9959	1,0000	0,9995	0,9984	0,9993	0,9983	0,9934	0,9924	0,9924	0,9879	0,9922	0,9947	0,9971	0,9904	0,9925	0,9991	Biskra
0,9950	1,0000	0,9959	0,9973	0,9985	0,9949	0,9909	0,9994	0,9988	0,9991	0,9957	0,9991	0,9997	0,9993	0,9985	0,9930	0,9928	batna
1,0000	0,9950	0,9992	0,9989	0,9984	0,9983	0,9973	0,9928	0,9913	0,9914	0,9861	0,9913	0,9936	0,9954	0,9897	0,9931	0,9981	Ain sefra

Tableau 2: Coefficients de corrélation des températures moyennes mensuelles (1982-2016).

5. Exemple :

La série d'observation de la station de Batna a été contrôlée à partir de la station de Tébessa. En effet, les deux stations dont l'altitude est la même présente un coefficient de corrélation très élevé et significatif.

Le mois de Juillet de l'année 1993 présente des lacunes à Batna, le calcul de la valeur recherchée de ce mois de 1993 s'écrit :

$X = 26.77^{\circ}\text{C}$: la moyenne de la température des mois de Juillet pour toute la période (1982-2016) à la station de Tébessa.

$X' = 27.22^{\circ}\text{C}$: la moyenne de la série homogène commune entre les deux stations (1993-2016) à la station de Tébessa.

$S_x = 0.66$: écart-type pour la station de Tébessa.

$Y' = 26.8$: moyenne de la série homogène (1993-2016) à Batna.

$S_y = 0.68$: écart-type pour la station de Batna.

$r = 0,99$: coefficient de corrélation entre les deux stations

$$Y = 26.8 + \frac{0.99 * 0.68}{0.66} * (26.77 - 27.22) = 26.341^{\circ}\text{C}$$

L'estimation des valeurs inconnues à partir de la méthode de la régression linéaire est très satisfaisante pour les variables continues comme les températures, car celles-ci suivent une distribution normale. Cependant, pour les variables discontinues, comme les précipitations et les jours de pluies, la régression linéaire exprime des valeurs moins pertinentes.

B. Analyse des Températures

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

La température représente donc un facteur limitant vue son implication dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques et par ce fait le conditionnement total de la répartition de tous les êtres vivants.

1. Les températures moyennes mensuelles

Figure (16), montre que les valeurs les plus faibles sont enregistrées au mois de décembre et janvier au niveau de toutes les stations. Les stations du littoral et la station de Tindouf présentent des valeurs qui fluctuent entre 16,5 °C et 15,84 °C, alors qu'au niveau des autres stations, cette variation est entre 5,1 °C et 6,8 °C; la station de Msila quant à elle, enregistre une moyenne de 10.86 °C.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au mois d'août pour toutes les stations du littoral où la température moyenne fluctue entre 25,1 °C et 30 °C, de même pour la station de

Miliana (28,78 °C) et celle d'Oran (25,64 °C). En juillet, les autres stations des hauts plateaux enregistrent une variation entre 25,2 °C et 35 °C. Le maxima est enregistré à la station de Hassi Messaoud au mois de juillet (35,09 °C). Pendant, ces deux mois, on constate l'aplatissement du sommet de la courbe de toutes les stations sauf celle de Hassi Messaoud et Tindouf, où la variation de la température moyenne de juillet à août ne dépasse pas en général 1° C.

On peut constater, que pendant l'été les températures au niveau des stations littorales ne se différencient pas fortement de celles de l'Atlas Tellien et des hautes plaines (figure 15).

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.

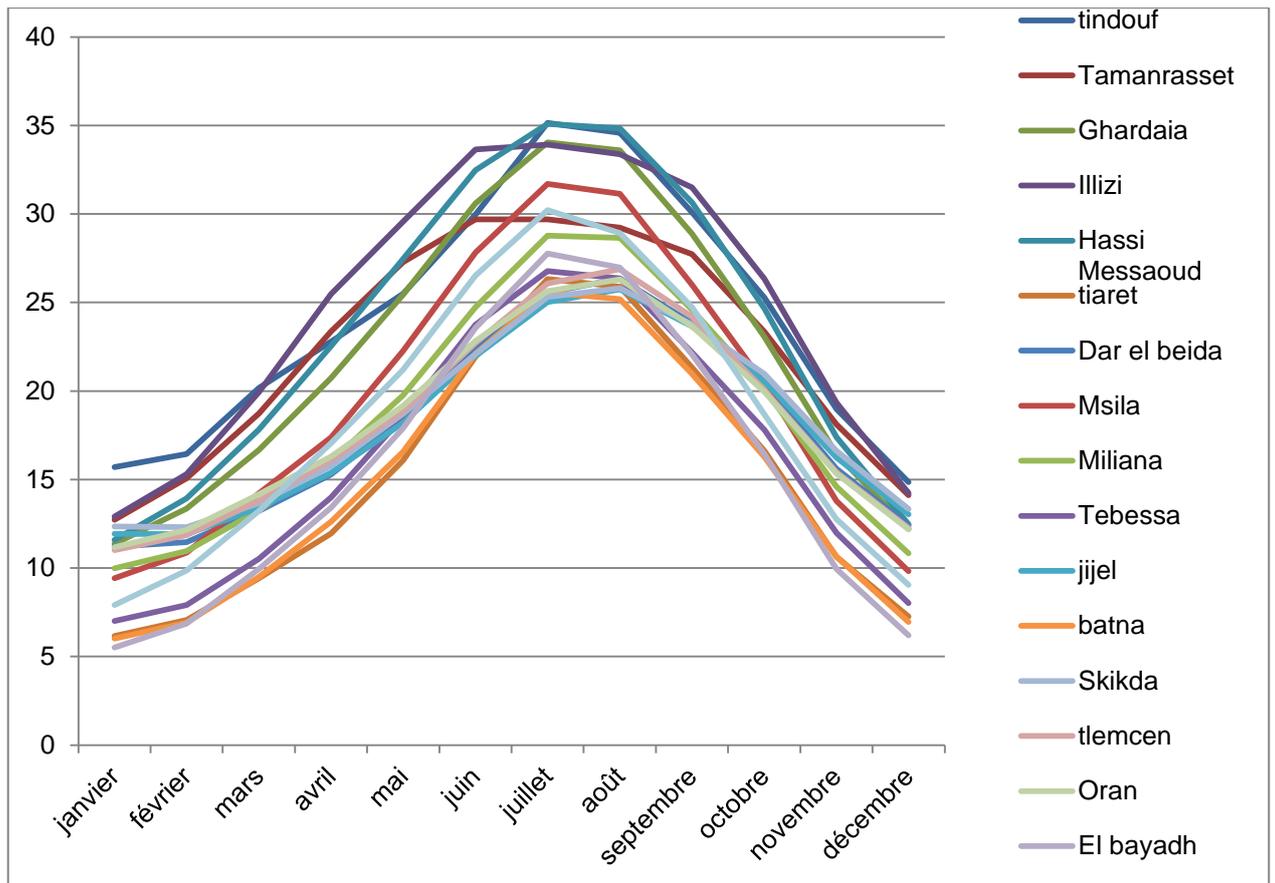


Figure 15 : La variation mensuelle des températures moyennes. Période (1982-2016)

2. Les Températures Moyennes Annuelles

Le but de l'étude des variations de températures moyennes annuelles, de 1982 à 2016 est de caractériser l'évolution générale du climat durant cette période dans la région de notre étude.

a) Zone 1

Pour les stations de l'Ouest de pays: la température moyenne de toute la série est respectivement de, 18,23° ; 18,30° ; 15,47° et 18,34° C pour Oran, Tlemcen, El bayadh et Ain Safra.

Ces températures diffèrent légèrement d'une station à une autre, la station de Ain Safra représentant la moyenne la plus élevée (2,87 °C entre Ain Safra et El bayadh et 0,11°C entre Ain Safra et Oran). L'évolution générale des températures moyennes annuelles, durant la période 1982-2016, est quasiment identique pour les 4 stations.

Nous pouvons diviser la période en deux : 1982-1993 et 1994-2016.

Dans le premier intervalle, les températures des 3 stations (Oran, Tlemcen et Ain Safra) sont caractérisées par des fluctuations; une année sur deux, la moyenne annuelle dépasse la moyenne de la série avec un rythme cyclique (deux à trois années inférieures deux à trois années supérieures...). Le deuxième intervalle caractérise une entrée dans une période relativement chaude pour les 3 stations (Oran, Tlemcen et Ain Safra) où toutes les moyennes annuelles dépassent les moyennes des séries avec des pics respectifs de 18.93° ; 20.11° et 22.26°C pour Oran, Tlemcen et Ain Safra

- Pour la station d'El Bayadh : Les variations interannuelles de la température montrent que la température connaît une hausse régulière sur toute la période 1982-2016. Au niveau de la station d'El Bayadh (Figure 16), la température est restée inférieure à $15,55^{\circ}\text{C}$ avant 2000 et supérieure à $15,6^{\circ}\text{C}$ après 2000.

b) Zone 2

- Dans le centre du pays: on observe les moyennes suivantes : $15,03^{\circ}$; $19,74^{\circ}$; $18,43^{\circ}$; 16°C respectivement pour les stations de Tiaret, Ksar Chellala, Miliana et Bou-Saadâ. Les deux premières stations présentent, quasiment, la même évolution : avant l'année 2000, les moyennes annuelles ne dépassent pas la moyenne des séries contrairement à Bou-Saada ; Pour Miliana on remarque des fluctuations (environ deux années à trois inférieurs à la moyenne de la série jusqu'à 2000).

De l'année 2000 à 2016 (Ksar Chellala, Miliana et Bou-Saadâ) ont des températures supérieures à la moyenne des séries.

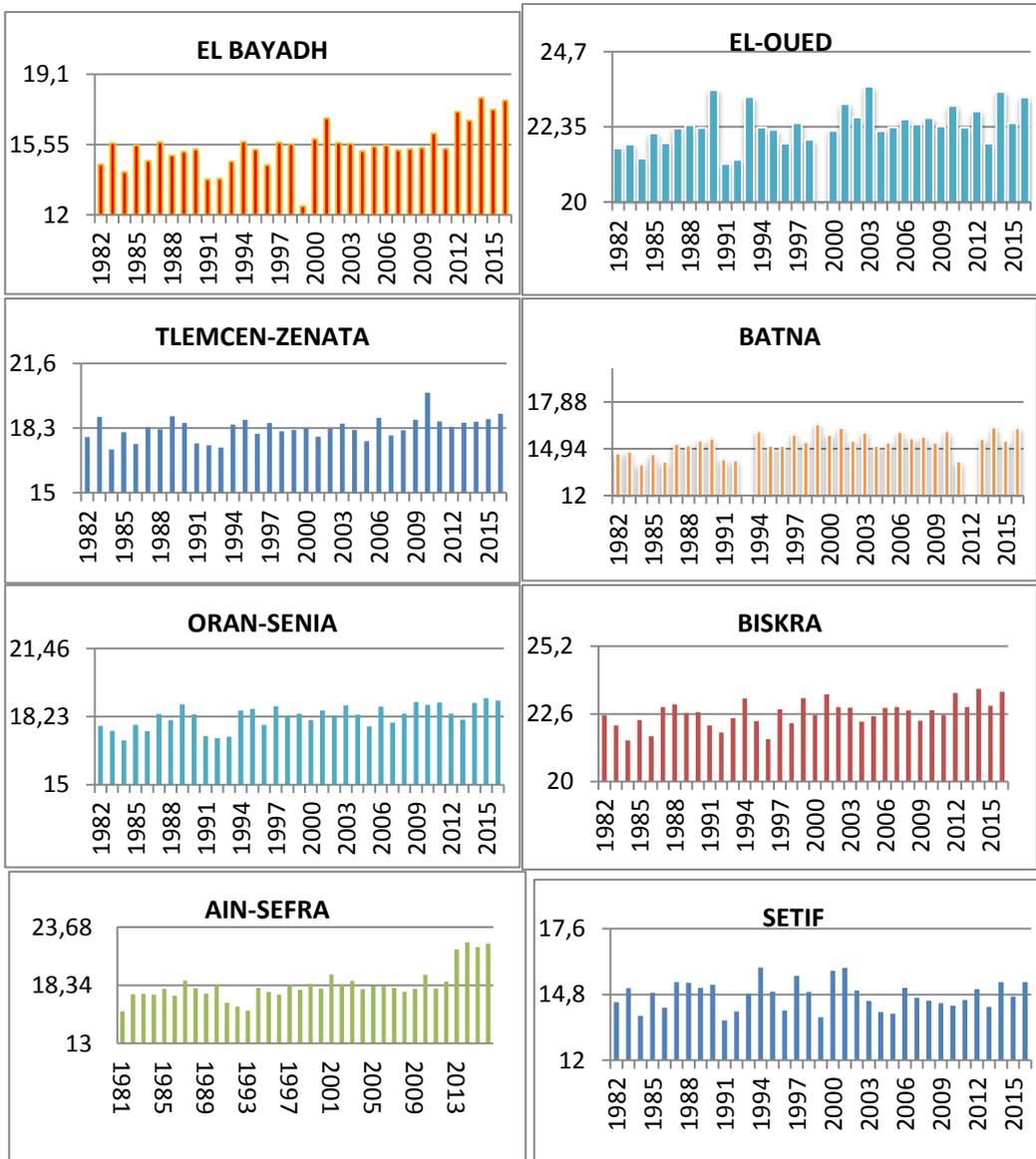
c) Zone 3

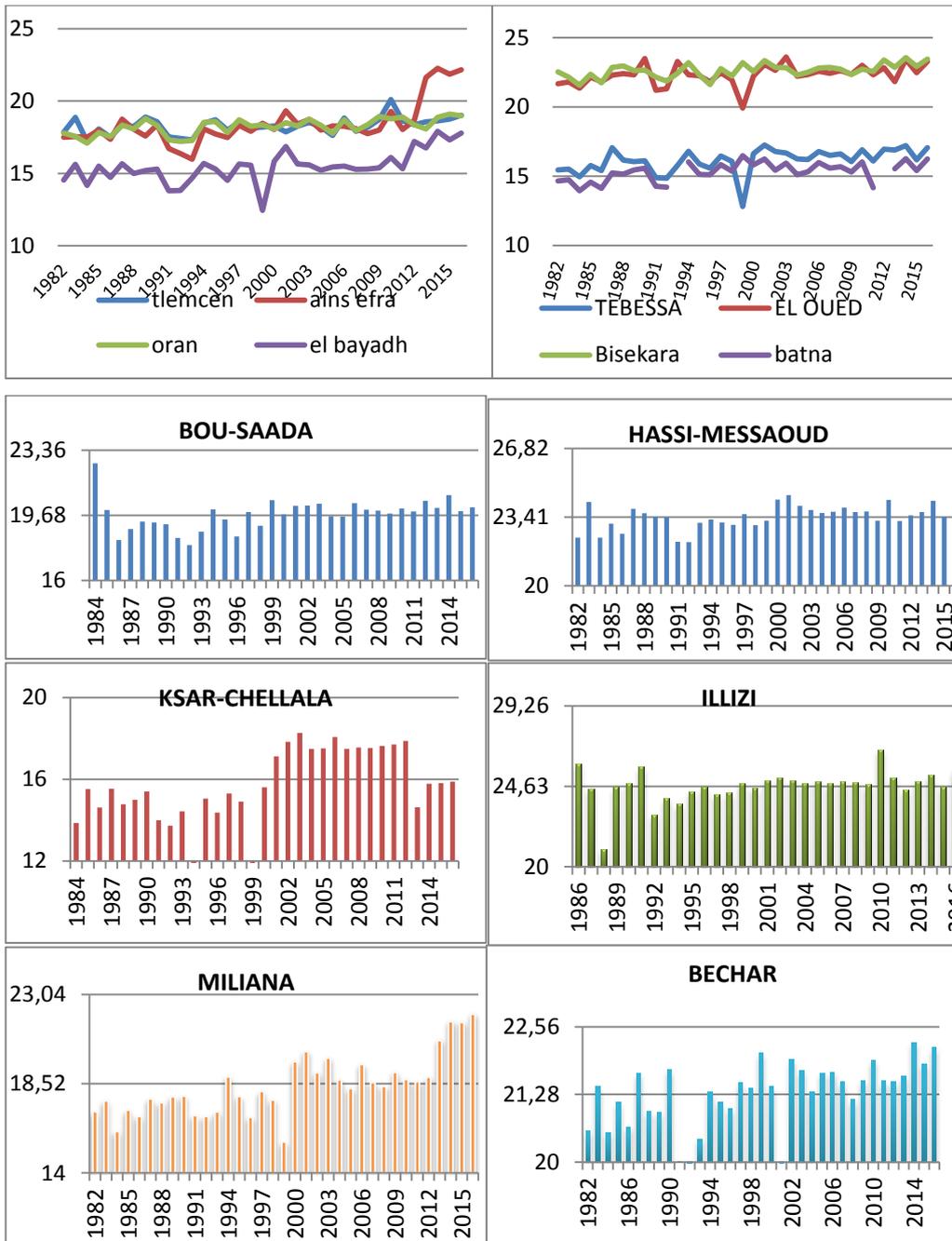
- Pour les stations de l'Est de pays : la température moyenne de toute la série pour Tébessa, Batna, Biskra et L'Oued est respectivement de 16.13° ; 14.94° ; 22.63° et 22.32°C . Nous remarquons que ces dernières sont sensiblement supérieures à celles de l'Ouest. L'évolution des températures moyennes annuelles durant la période 1982-2016 est quasiment identique à Tébessa et Batna. Pour les stations de Biskra et l'Oued, la courbe suit la même tendance mais avec une température moyenne supérieure à celles des deux autres stations (7.69°C entre Biskra et Batna et 6.5°C entre Biskra et Tébessa), cette valeur peut être expliquée par l'altitude de la station qui se situe à 89 m contre 826 et 823 m pour Batna et Tébessa, donc, une forte influence du gradient thermique altitudinal dans la région.

Nous remarquons pour les quatre stations que la moyenne annuelle dépasse la moyenne de la série avec un rythme cyclique (deux à trois années inférieures deux à trois années supérieures...).

d) Zone 4

-Dans le sud de pays , L'évolution des températures moyennes annuelles durant la période 1982-2016 est quasiment identique à Touggourt, hassi Messaoud, Illizi et Bechar avec des températures de plus en plus marquées à cause de la continentalité et de l'amplitude qui est très forte.





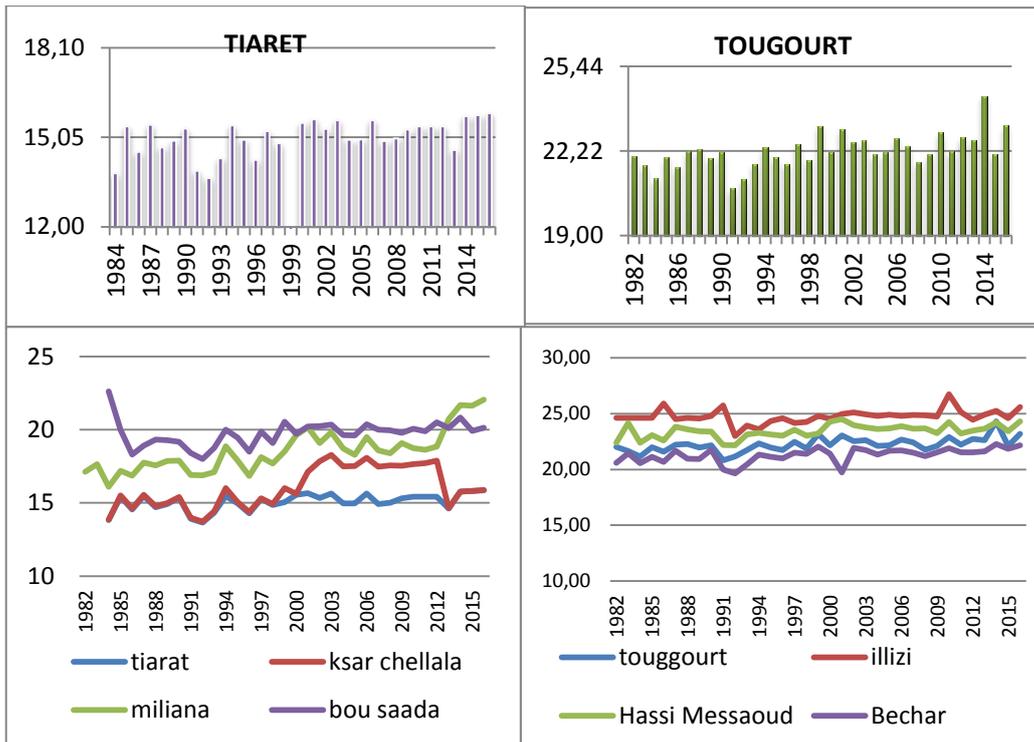


Figure 16 : Variations interannuelles des Température (°C) au cours de la période 1982-2016

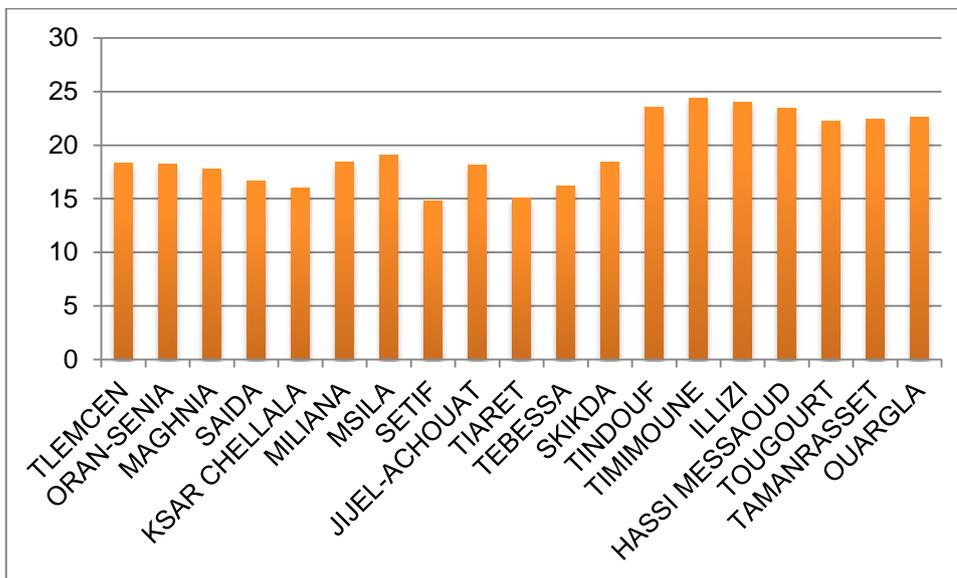


Figure 17 :temperature annuelle dans certaine station (1982-2016)

3. L'amplitude quotidienne

C'est l'écart entre la température du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid de l'année.

Le tableau suivant résume les maximums des amplitudes thermiques des différentes stations.

Station	Skikda	Bejaia	Oran	Tlemcen	Tébessa	Batna	Djelfa	El Bayadh
Amplitude	23	20	20	21	25	26	28	28

station	Illizi	Hassi Messaoud	Tamanrasset	Bechar
amplitude	27	29	29	27,4

Tableau.3. les amplitudes thermiques de certaine station dans la zone d'étude

Les amplitudes thermiques des stations hautes plaines varient de 20°C à 23,8°C. Quant à celles des hautes plateaux, elles sont respectivement de 25°C, 26°C, 28°C et 30°C pour Tébessa, Batna, El Bayadh et Djelfa. En ce qui concerne les stations de Sud, les amplitudes sont 27, 29, 23 et 27,4 pour Illizi, Hassi Messaoud, Tamanrasset, Bechar.

Nous remarquons que l'amplitude thermique augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer, variant d'une moyenne de 20°C pour le littoral à 21°C pour les hautes plaines à 29°C pour les hauts plateaux et enfin à 29°C pour le désert. Plus nous allons vers le Sud, plus l'amplitude entre la côte et l'intérieur est importante, cette amplitude relativement importante résulte évidemment du régime thermique méditerranéen caractérisant la région (hiver frais et été chaud).

A. Précipitation

1. Traitement des données pluviométriques

Les données pluviométriques comme pour les températures ont pour origine plusieurs sources.

Dans les séries d'observations, des lacunes d'ordre mensuelles et même journalières sont à signaler. Ces lacunes sont causées par :

- La centralisation et la décentralisation des données météorologiques ont influencé négativement sur la disponibilité des données et la qualité de celles-ci surtout celles des postes pluviométriques;
- Arrêt de fonctionnement pendant une période : le cas de la station de Skikda en 2004 (arrêt pendant un semestre suite à une explosion). Sans oublier les jours fériés et les congés annuels ;
- Des stations n'ont commencé à fonctionner que dans l'année 1980 : le cas des stations de Jijel et certaines plus récemment cas de la station de Mila (2008).[16]

2. Estimation des données manquantes et correction des précipitations

L'estimation des données manquantes d'une station est calculée à partir des valeurs provenant des stations voisines soumises aux mêmes conditions climatiques et situées dans la même zone géographique que la station déficitaire en données.

Certaines stations retenues pour notre étude présentent plusieurs lacunes d'observations journalières ou mensuelles.

Le comblement des données manquantes a été établi à l'aide des modèles statistiques.

Ainsi, la méthode retenue pour la correction de la pluviométrie mensuelle est la méthode des rapports.

3. La méthode des rapports

C'est le rapport entre deux séries pluviométriques complètes de deux stations où les valeurs mensuelles de pluie tombée dans une station (Y) présentent une ou plusieurs lacunes qui seront complétées par la série complète de la seconde station (X); son application se fait selon l'équation suivante :

$$Y = a * X$$

Où :

Y : la valeur pluviométrique mensuelle inconnue à la station lacunaire ;

X : valeur correspondante observée pendant le même mois à la station de référence A ;

a : constante d'ajustement égale au rapport de la somme des précipitations observées pendant une même série commune aux deux stations soit :

$$a = \frac{P(mm) A}{P(mm) B}$$

Pour les stations concernées par notre étude, nous avons tenu compte en plus des conditions précitées (climatiques et géographiques), du degré de corrélation statistique entre les séries déterminant l'efficacité de l'ajustement.

Pour illustrer cette méthode nous allons donner l'exemple d'ajustement des données de la station de Skikda (B) à partir de celles de la station d'Annaba (A) pour le mois de janvier 2004.

Ces deux stations se trouvent dans un même contexte climatique et géographique (le littoral) et leurs coefficients de corrélation s'élèvent à 0.99 à l'échelle mensuelle et à 0.88 à l'échelle annuelle.

Le total des précipitations du mois considéré pendant la même série est égal à :

P (mm) A = 2771;

$P \text{ (mm) } B = 2958;$

Donc : $a = 1,067.$

La hauteur des précipitations observées au mois de janvier 2004 à la station d'Annaba est de 109,4mm ; la valeur correspondante à la station de Skikda serait donc de :

$Y = 1,067 \times 109,4\text{mm} = 116,8\text{mm}.$

4. Contrôle de totaux annuels des précipitations

Généralement on utilise la méthode des doubles cumuls (Musy et Higy 2003), dans le but de confirmer ou d'infirmier l'existence d'une hétérogénéité au sein d'une série pluviométriques d'une station donnée.

L'utilisation de cette méthode requiert la disponibilité d'une station de référence dite station témoin (X) dont les valeurs sont supposées complètes et homogènes, avec lesquelles on va comparer les valeurs de la station qu'on veut contrôler (Y), il est à noter que la comparaison ne se fait pas entre les valeurs observées mais entre leur cumul; un effet de lissage est obtenu au cours de la comparaison, en fonction de la variable temps choisie (année, saison, mois, décade).

Pour mieux illustrer cette méthode, nous donnons en exemple, les deux stations de Batna et Sétif. Sur le graphique cartésien (figure 15), nous portons en abscisse les totaux annuels des précipitations de la station de référence (Batna) et en ordonnée ceux de Sétif.

La courbe met en évidence l'existence d'une liaison linéaire, la pente est positive et ne dégage aucune tendance comme par exemple une rupture de pente significative.

Le choix des stations témoins pour notre région d'étude a été effectué selon l'importance des lacunes que présentent ces dernières, plus une station présente une série pluviométrique complète et correcte plus elle peut être considérée comme une station de référence; les stations qui ont été choisies comme telle sont : la station d'Alger, la station de Bejaia et la station d'Annaba au littoral, la station de Constantine et de Batna dans les hautes plaines.

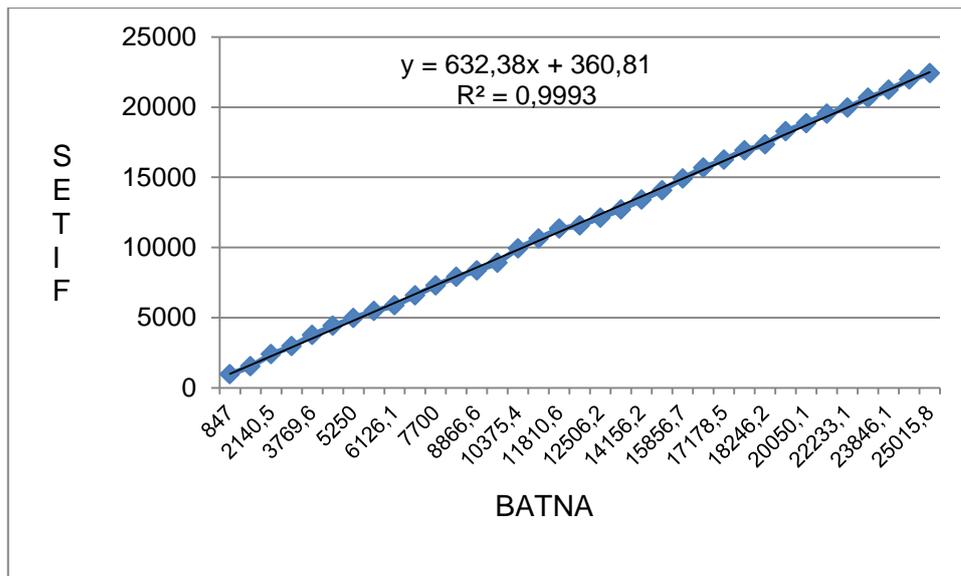


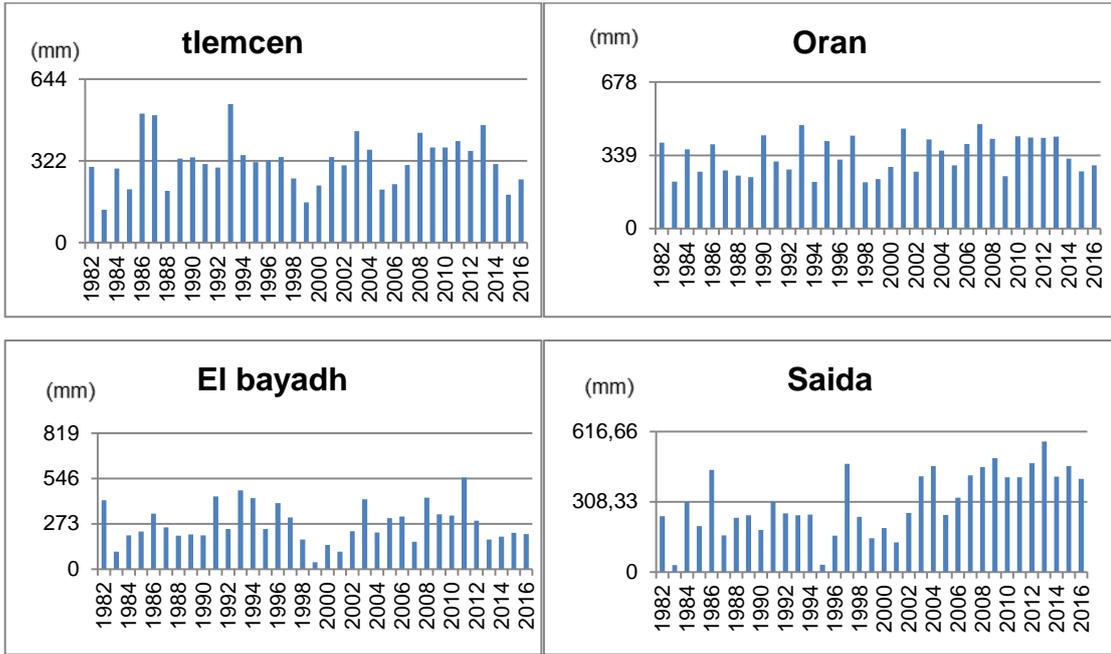
Figure 18 : le contrôle des totaux annuels des précipitations par la méthode de double cumuls

B. Analyse des Précipitation

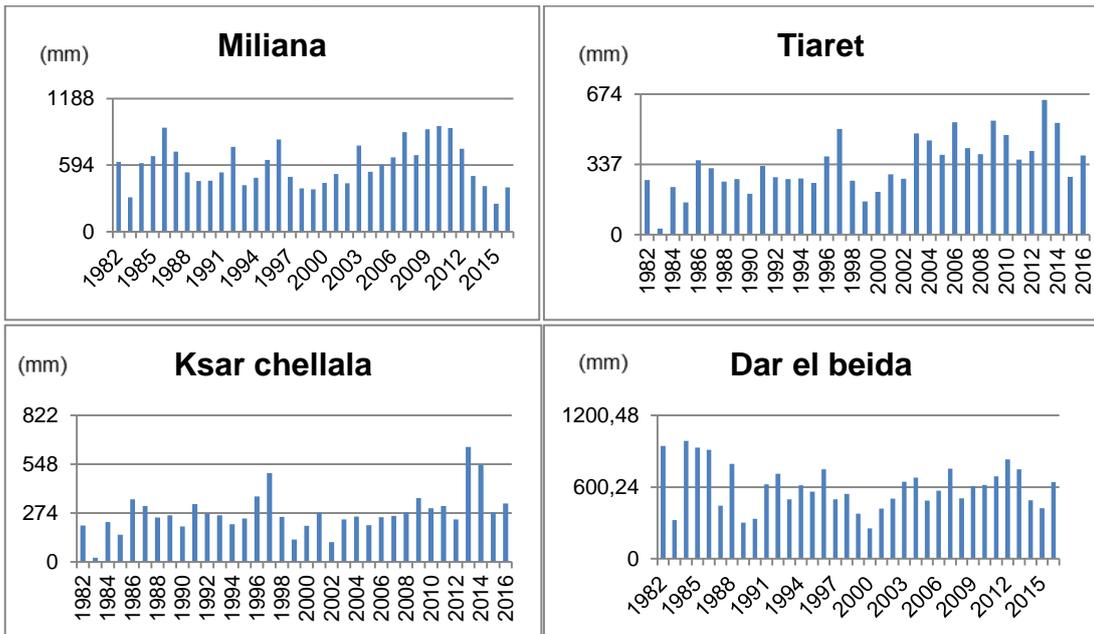
1. Matériels et méthodes

Les précipitations constituent la variable climatique la plus anciennement utilisée et la plus couramment enregistrée. Pour ces raisons, elles sont précieux indicateurs pour étudier l'évolution de climat. Les données de pluies utilisées dans cette étude appartiennent aux stations météorologiques du réseau de l'Office National de la Météorologie (ONM) et de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH) dont les coordonnées géographiques sont données dans le tableau 1 et la localisation est donnée dans la figure.(14).

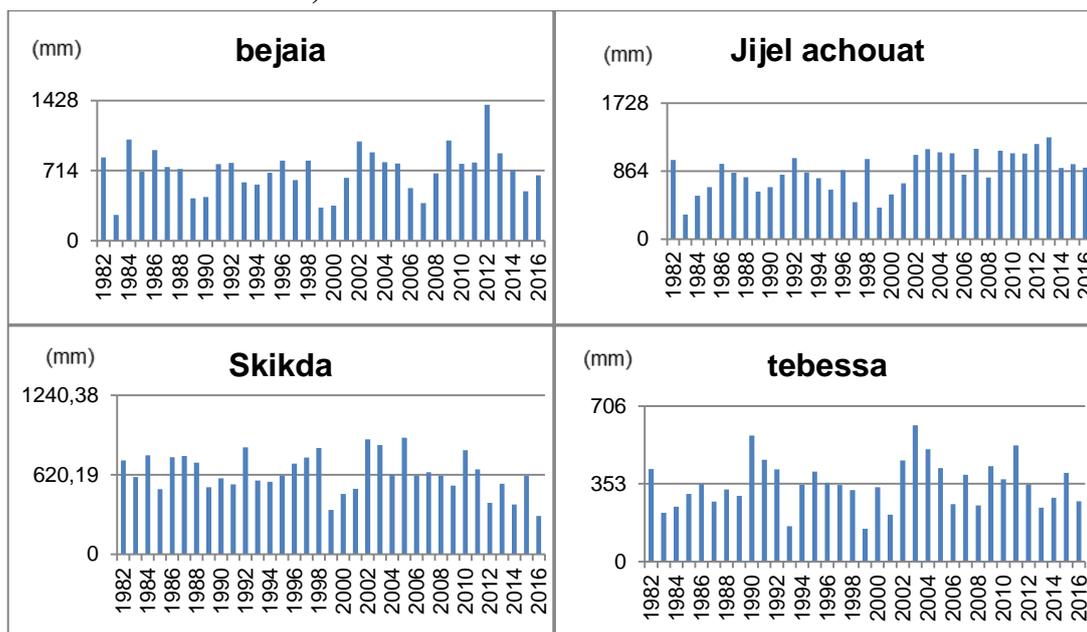
a) Zone 1



b) Zone 2



c) Zone 3



d) Zone 4

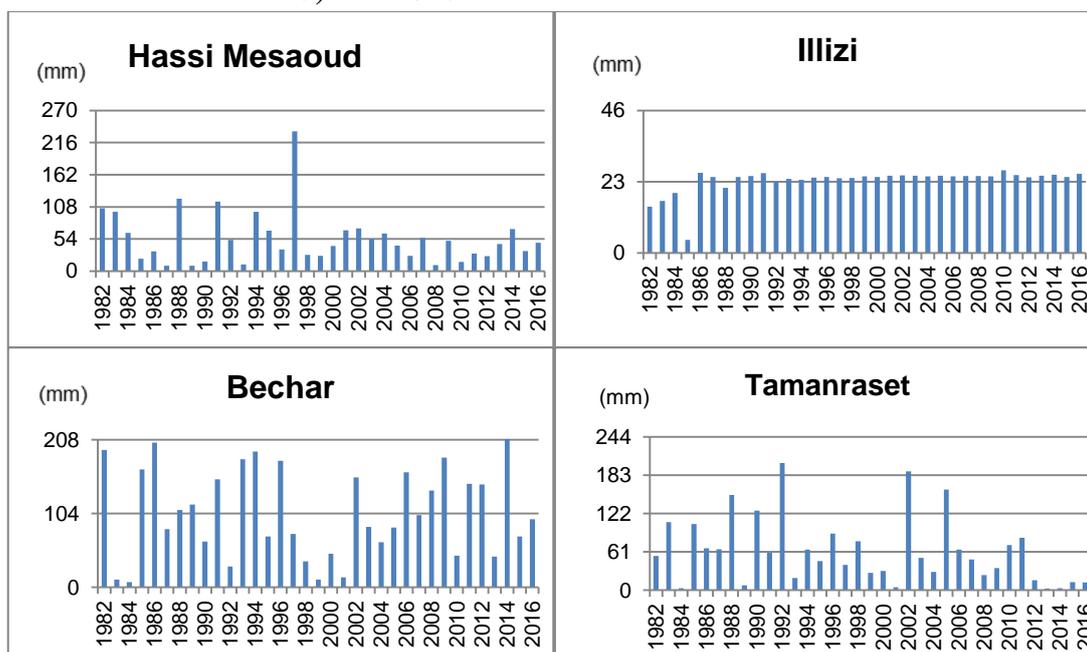


Figure 19 :Variations interannuelles des précipitations (mm) au cours de la période 1982-2016

2. Variation spatiale des pluies annuelles

La notion de la moyenne pluviométrique estompe la réalité des faits climatiques, notamment en domaine méditerranéen, sa connaissance demeure nécessaire pour aborder l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout la détermination du bilan moyen annuel de l'écoulement. Elle permet également de cerner la variabilité des pluies sur de longues périodes d'observation.

La variation spatiale des précipitations a été analysée à partir des séries des pluies annuelles homogénéisées. Les précipitations annuelles moyennes sur la période commune de 34 ans ont été calculées et analysées.[23]

a) Zone 1

D'une manière générale les moyennes pluviométriques interannuelles dans cette zone sont faibles de l'ordre de 200 mm à 400 mm, les plus faibles sont enregistrées dans sud de la zone. La station de Tlemcen et Saida présentent des moyennes peu élevée (> 500 mm), ces stations sont situées à des altitudes plus élevées.

b) Zone 2

La plupart des stations ont des hauteurs pluviométriques moyennes interannuelles comprises entre 400 et 600 mm, elles sont situées en majorité à des altitudes varient entre 400 et 800 m Les stations qui ont des fortes pluviométries (> à 500 mm) sont situées au Nord plus proche de la mer ou à des altitudes élevées. Le reste des stations qui sont situées loin de la mer (vers le Sud) présentent de faible pluviométries (< à 400 mm).

c) Zone 3

On remarque que les hauteurs moyennes interannuelles de la majorité des stations sont rapprochées, de l'ordre de 500 à 700 mm, ces stations sont situées dans le Nord de la zone 3, c.à.d. plus proche de la mer ou à des altitudes moyennes. Les stations qui ont une forte pluviométrie sont celles situées à la cote méditerranée (stations Jijel et Bejaia), tandis que celles présentant la plus faible pluviométrie observée sur a zone sont situées dans la partie centrale et Sud de ce dernier.

d) Zone 4

On remarque que les hauteurs moyennes interannuelles de la majorité des stations sont rapprochées, de l'ordre de 50 à 100 mm, ces stations sont situées dans le Sud de pays (SAHARA), c.à.d. le climat saharienne influencé beaucoup sur ces stations qui enregistre des déficits

3. Étude de la variabilité temporelle des pluies

Aux variations spatiales des précipitations annuelles s'ajoutent des variations temporelles.

L'analyse de ces dernières sur un bassin versant passe par la détermination d'une série de pluies moyennes spatiale sur ce bassin. Par plusieurs auteurs. Cette détermination est très importante car la pluie est l'un des processus hydrologiques les plus variables non seulement dans le temps mais aussi dans l'espace en fonction des paramètres régionaux et/ou locaux comme la vitesse du vent ou la topographie.[23]

A partir de ces figures(19), on remarque l'irrégularité de la distribution des pluies sur les 34 ans étudiés pour chaque zone. On observe aussi une alternance entre des périodes sèches et humides dans les trois zones (1,2 et 3). Les différences les plus marquées concernent ; la moyenne interannuelle qui est de l'ordre de 637.3 mm au zone 3, 519 mm à zone 2 et 310 mm au niveau de la zone 1, ainsi que le nombre des années sèches qui est plus grand au niveau de la Zone 1 que celui de l'est et centre de pays.

a) Zone 1

La variation des précipitations au cours de la période 1982-2016 dans l'ouest du pays est très importante. la différence

Observée dans la zone La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance vers le sud, Pour la région ; la tendance est, globalement, la même. Pour Tlemcen et Oran, l'année la plus pluvieuse est 1993 avec respectivement 546.5 mm et 478.9 mm, et 2011 pour El Bayadh avec 552.4 et 2014 pour Saida avec 573.4 mm.

La zone a connue des années sèches surtout dans les hauts plateaux 1983 à 1990 et de l'année 1998 à 2002, pour les stations littorales la variation n'est pas important par rapport la moyenne.

b) Zone 2

Nous remarquons qu'il existe des irrégularités importantes dans la variation des précipitations au cours de la période 1982-2016. L'évolution générale se présente en dents de scie, nous observant des alternances régulières, des périodes d'années pluvieuses et d'autres sèches.

La majorité des stations (80%) s'alternent autour de la moyenne arithmétique (519 mm) et la minorité se trouve en dessous du seuil de 200 mm. C'est là, en effet, que nous repérons les années hydrologiques les plus sèches.

L'analyse de la (figure 19) fait ressortir ce qui suit :

Les années hydrologiques sèches qui se présentent à la station de Tiaret sont de 1982 à 1996 et pour la station de Miliana sont de 1987 à 1992 et de 1996 à 2002 (figure 17). Celle pluvieuse est observée à la station de Dar El Beida ou la fourchette de situe entre 500 et 800 mm avec une moyenne de 600 mm, à l'exception des années 1983, 1988, 1992 et 2000 dont la moyenne de l'ordre de 250 mm.

c) Zone 3

Pour montrer la variabilité des pluies durant la période 1982 à 2016 entre les stations retenues dans cette étude, on a réalisé des graphes comme ceux réalisés pour les stations de Bejaia et Tébessa (qui appartiennent la zone 3) qui sont représentés dans la (figure.19). L'analyse de ces deux graphes indique une répartition aléatoire des séquence sèches et humides qui est détectée par la courbe d'évolution de la moyenne mobile des pluies sur une durée de 5 ans par rapport à la moyenne interannuelle des deux séries pluviométriques (la normale), on remarque que les dates de début et de fin des périodes sèches et humides sont différentes entre ces deux stations, c'est ainsi que la station de Meskiana a connu trois épisodes dans l'ordre suivant : la première est humide (de 1974 à 1982), la deuxième est sèche (de 1983 à 2004) et la troisième est humide (de 2005 à 2009), concernant la station de Ouenza, elle a connu sept (7) épisodes : la première est humide (de 1974 à 1982), la deuxième est sèche (de 1983 à 1988), la troisième est humide (de 1989 à 1992), la quatrième est sèche (de 1993 à 1987), la cinquième est humide (de 1988 à 2001), la sixième est normale (de 2000 à 2006) et la septième est sèche (de 2007 à 2009).

d) Zone 4

Pour les stations de Sud le record a été enregistré en 1992 pour Tamanrasset, avec 202.5 mm, 1997 pour Hassi Messaoud, avec 234.8 mm et 2014 pour Illizi et Bechar avec respectivement 25.25 et 213.1 mm

Pour l'année la plus sèche a été enregistré en 1984 avec respectivement : 54,7 - 105,9 - 14,90 et 193,6 pour Tamanrasset, Hassi Messaoud, Illizi et Bechar.

La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance vers le sud et tombe à moins de 100 mm au sud de l'atlas saharien, cette valeur étant habituellement considérée comme marquant le début du désert. A la décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest.

Les bordures Nord Centre et Est reçoivent en moyenne des quantités annuelles de précipitations variant entre 600 et 1150 mm. Elles sont de ce fait plus arrosées que le reste du pays. Les bordures Nord-Ouest par exemple enregistrent des totaux annuels moyens de l'ordre de 250 à 500 mm (voir carte pluviométrique annuelle de l'Algérie du Nord. La figure 20, illustre la distribution annuelles des precipitation en algerie.

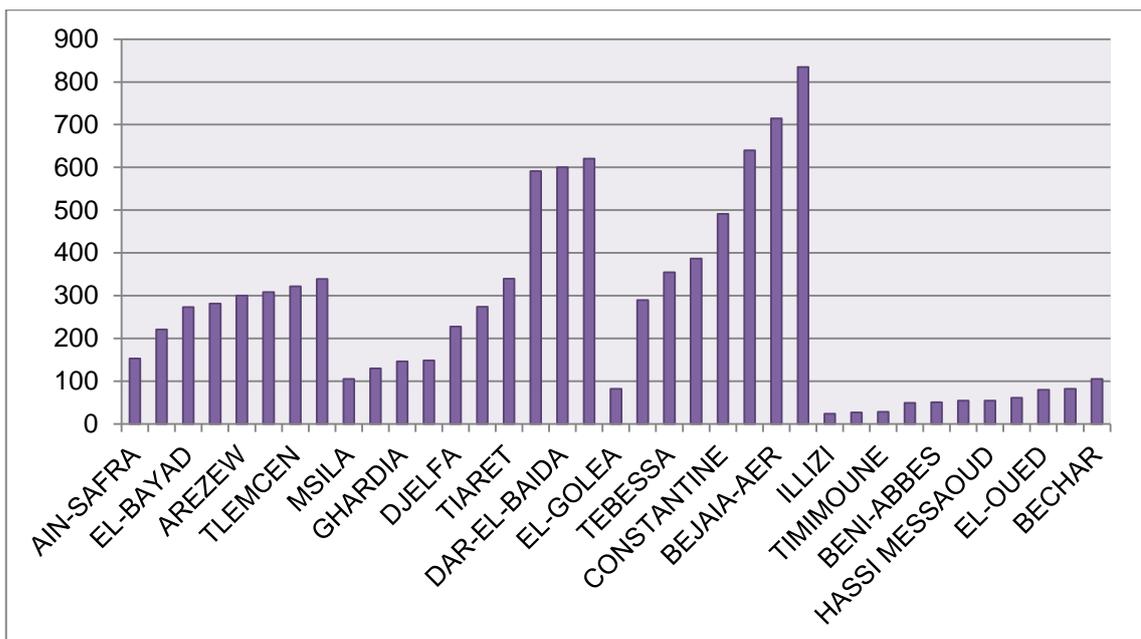


Figure 20 :la distribution annuelles des precipitation en Algerie (1982-2016).

4. Les indices climatiques

a) Définition des indices climatiques

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. De ce fait, les classifications des climats posent de nombreux problèmes méthodologiques, de sorte qu'aucune méthode n'a pu s'imposer et de nouvelles approches sont régulièrement proposées.

Les frontières entre deux climats ne sont jamais nettes, leurs zones de contact sont en perpétuel changement, elles se meuvent entre largeur et étroitesse, entre avancée et recul au gré de l'influence des paramètres climatiques. Ces frontières traduisent, en fait, l'état des perturbations atmosphériques qu'elles subissent.

Pour caractériser cet état, il s'agit de définir des seuils pertinents à partir desquels on passe d'un climat à l'autre. C'est l'objet du calcul des indices climatiques.[13]

Les indices climatiques permettent d'étudier les combinaisons arithmétiques des différents éléments du climat. Ils se basent, généralement, sur les moyennes des différents paramètres météorologiques, comme la température, la pluviométrie, l'humidité, l'évaporation ... [13].

La plupart des travaux sur ces coefficients synthétiques ont été réalisés sur les régions sèches, notamment, en région méditerranéenne. Région pour laquelle le facteur écologique limitant est souvent disproportionné entre la quantité des précipitations et la température ou l'évaporation qu'elle provoque. Il existe, également, des formules qui tentent de préciser d'autres phénomènes comme la continentalité ou la productivité [14]. Les indices les plus connus sont ceux : d'Emmanuel de Martonne (1926-1941), de Charles. W. Thornthwaite (1948), Bagnouls et Gaussen (1953 à 1957)...[13]

5. Les principaux indices climatiques

Les indices climatiques auxquels nous avons eu recours dans notre étude, traitent, pour la plus part, de l'Indice pluviométrique standardisé (Guttman), de l'aridité (De Martonne). D'autres indices se basent sur des représentations graphiques pour caractériser les différents climats ainsi que les différentes régions climatiques (diagrammes ombrothermiques de Gaussen).[13]

a) Indice pluviométrique standardisé (Guttman N.B.1998, Giddings L. et al, 2005)

L'indice standardise de précipitation (SPI : Standardisé Précipitation Index), a été mis en œuvre par McKee en 1993 pour améliorer la détection de la sécheresse et la capacité de surveillance.

Contrairement à l'indice de palmer, qui base sur le bilan d'eau uniquement à l'échelle du mois impliquant les précipitations ,évapotranspiration ,le ruissellement et l'humidité du sol ,le SPI a été développe afin de quantifier un déficit des précipitation a différentes échelles de temps qui semblent être importantes a l'hydrologue.

L'indice pluviométrique correspond au rapport de l'écart à la moyenne sur l'écart-type des hauteurs pluviométrique annuelles.

$$IPS = \frac{Xi - X_{moy}}{s}$$

Ou :

IPS : Indice pluviométrique de l'année ;

Xi : Hauteur de pluie précipitée au cours de l'année ;

Xmoy : Moyenne interannuelle des hauteurs de pluie sur la période observée,

S : Ecart-type de pluie moyenne inter annuelle.

$$L'écart\ type(S) = \sqrt{\frac{\sum(x - x_{moy})^2}{n-1}}$$

Etat de sécheresse	SPI
Extrêmement humide	SPI > 2
Très humide	1.5 < SPI < 2
Modérément humide	1 < SPI < 1.5
Près de la normale	-1 < SPI < 1
Modérément sèche	-1.5 < SPI < -1
Très sèche	-2 < SPI < -1.5
Extrêmement sèche	SPI < -2

Tableau 4 : état de sécheresse hydrologique définie par le SPI (Guttman N.B.1998).
[14]

b) L'indice d'aridité d'E. De Martonne

L'aridité est un phénomène climatique impliquant une faiblesse des précipitations annuelles et un fort déficit de celles-ci par rapport à l'évapotranspiration potentielle (ETP).

Etant un concept climatique à référence spatiale, l'aridité est différente de la sécheresse, qui est un concept météorologique à référence temporelle. Donc, une région peut être qualifiée d'aride et non une période.

L'aridité a de fortes implications biogéographiques, dont elle est indissociable. Elle se manifeste, surtout, par ses conséquences :

- Edaphiques : par un extrême dénuement de la végétation, une raréfaction des êtres vivants et une adaptation de ces derniers à des conditions xériques extrêmes.
- Hydrologiques : par une faiblesse et une irrégularité des écoulements et une forte dégradation des réseaux hydrographiques.
- Géomorphologiques : par un processus d'érosion et d'accumulations spécifiques accompagnées d'un appauvrissement des sols.[8]

L'aridité peut s'exprimer, quantitativement, par différents *indices d'aridité* conventionnels ou empiriques, la plupart sont des rapports hydro-thermiques fondés, principalement, sur les moyennes de précipitations et de températures. Ils sont utilisés pour définir les degrés d'aridité et les conditions de l'écoulement fluvial. Ils ont été proposés par des climatologues, des morphologues, des géographes et des botanistes.

L'indice d'aridité de De Martonne a été tiré à partir de la modification du facteur de pluie de

Lang en 1923. Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température, selon l'équation suivante :

$$I = \frac{P}{T+10}$$

Où P : les hauteurs annuelles des précipitations en mm
T : les températures moyennes annuelles en °C

10 : constante, utilisée pour éviter les valeurs négatives lorsque la température moyenne de l'air est inférieure à 0°C.

Cet indice simple a été, largement, utilisé par les géographes. Il prend des valeurs d'autant plus élevées que le climat est plus humide et d'autant plus faibles que le climat est plus sec. De

Martonne a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice comme présentés dans le tableau suivant. [14]

Indice	Type de climat	Exemple de régions
$0 < I < 5$	Hyper aride	Déserts absolus. Ex : Reg du Tanezrouft (Sahara), Atacama (Chili)...
$5 < I < 10$	aride	Régions désertiques. Ex : Le désert du Sahara, le désert du Thar (Inde)...
$10 < I < 20$	semi-aride	Le Sahel (Afrique), Chaco (Argentine), Nordeste (Brésil)...
$20 < I < 30$	semi-humide	La région méditerranéenne...
$30 < I < 55$	humide	

Tableau 5 : Classification des climats selon l'indice de De Martonne[7]

c) L'indice Ombrothermique de Gaussen

Cet indice a été proposé par Gaussen en 1952. Il est, largement, utilisé pour sa simplicité et son efficacité. L'indice de Gaussen s'exprime par un diagramme Ombrothermique qui est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures : $P=2T$.

Où P : précipitations mensuelles en mm

T : température moyenne mensuelle en °C.

Cette représentation met en évidence les périodes sèches et les périodes pluvieuses. On souligne une période sèche, chaque fois que la courbe des précipitations (ici histogramme rouge) passe au-dessous de la courbe des températures (ici courbe bleu). Ces diagramme permet de compare facilement les climats de défèrent endroits (principalement en climat méditerranéens ou tempères) d'un coup d'œil de point de vue pluviosité. Les températures sont indiquées à droite et les précipitations sont indiquées à gauche. [14]

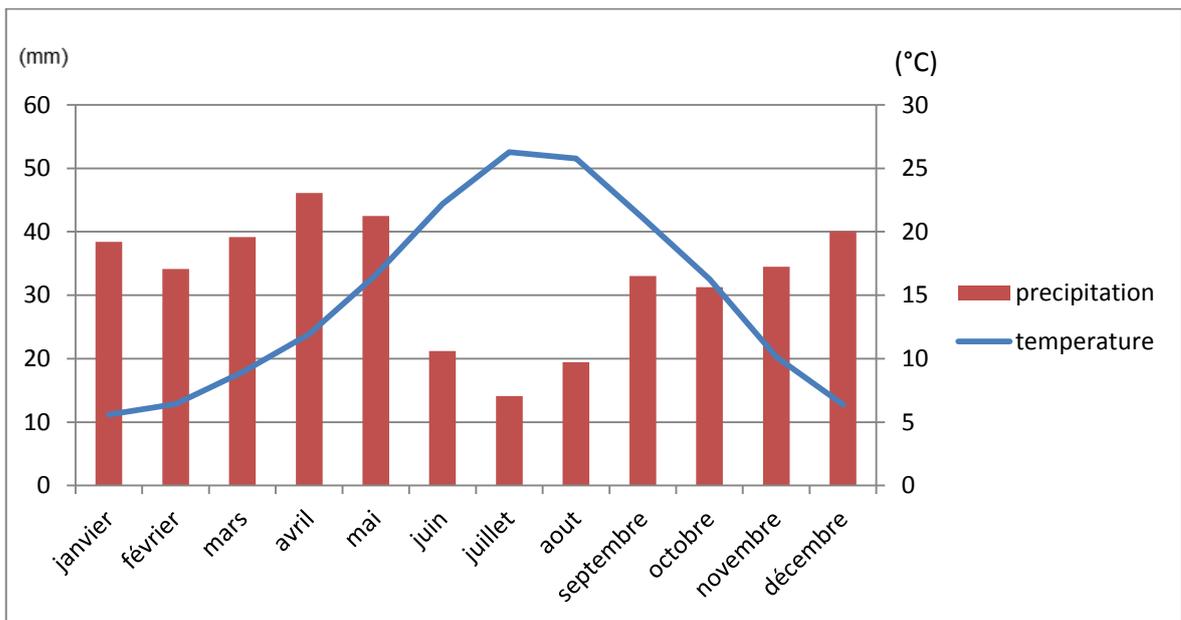


Figure.21. Diagramme Ombrothermique de la station Sétif

IV. CHAPITRE IV : Résultats et interprétations

Comme nous l'avons énoncé précédemment, l'objet de ce travail est de caractériser la variation des Températures et des précipitations journalières en Algérie pour la période allant du 1er Janvier 1982 au 31 Décembre 2016, à travers des indices climatiques appropriés. Il s'agira d'interpréter les résultats qui nous permettraient de caractériser les types de climats dominants dans la région d'étude d'une année à l'autre.

A. Les régimes saisonniers des précipitations

L'importance de la variation saisonnière des précipitations, concorde avec son rôle primordial de régisseur des secteurs sensibles telles que: les activités agricoles et le mode de vie.

Pour mieux comprendre le régime pluviométrique saisonnier, nous avons usité la méthode qui consiste à " diviser l'année en quatre trimestres astronomiques, de sorte que les mois initiaux de chaque trimestre contienne soit un solstice, soit un équinoxe » (HALIMI, A.

1980). Cette méthode définit quatre saisons de manière à ce que :

- la saison hivernal comporte les mois de : décembre, janvier et février (DJF);
- le printemps quant à lui intègre les mois de : mars, avril et mai (MAM);
- l'été les mois de : juin, juillet et août (JJA);
- enfin l'automne est défini comme la période de septembre à novembre (SON).

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous (figure 20).

-Pour les stations du littoral et des plaines intérieures; la saison la plus pluvieuse est l'hiver et la plus sèche est l'été. Cependant, pour les stations des hauts plateaux; on enregistre des précipitations plus importantes au printemps qu'en hiver.

Pour les stations du littoral, le régime pluviométrique du printemps et d'automne marque une évolution semblable. Pourtant pour ces mêmes stations, le printemps est moins arrosé que l'automne.

Pour les plaines intérieures et les hauts plateaux, le printemps est plus arrosé que l'automne, et même plus arrosé que l'hiver pour les hauts plateaux et Biskra.

Nous remarquons, aussi, que le régime des précipitations en été augmenté au fur et à mesure que l'on se dirige du nord vers le sud et que l'on monte en altitude, cela

s'explique par l'effet combiné du gradient pluviométrique altitudinal et du gradient pluviométrique nord- sud.

Spatialement, les pluies moyennes saisonnières présentent une dissymétrie entre les différentes stations de notre région d'étude.

En hiver les quantités pluviométriques moyennes sont importantes au niveau du littoral, avec des valeurs dépassant en moyenne 282 mm, les stations les plus arrosées sont celles de Bejaia et de Jijel; les hauteurs moyennes saisonnières des hautes plaines quant à elles fluctuent entre 100 mm et 250 mm, enfin la station de Biskra ne reçoit environ 44 mm.

En Automne, les moyennes saisonnières sont à la baisse sur toutes les stations et fluctuent entre 180 mm et 200 mm sur le littoral, avec un maximum au niveau de la station de Jijel; les stations de l'Atlas Tellien et des bassins intérieurs quant à eux fluctuent entre 100 mm et 130 mm; la tendance à la baisse est aussi constatée au niveau des stations des hautes plaines dont les moyennes fluctuent entre 90 mm et 150 mm à l'exception de la station de Tébessa, enfin le Sud représenté par la station de Biskra, reçoit environ 50 mm.

Au printemps, sur le littoral les quantités pluviométriques moyennes baissent encore, avec des taux dépassant les 150 mm; cette tendance à la baisse est aussi constatée au niveau des stations des bassins intérieurs et de l'Atlas Tellien, les moyennes fluctuent entre 120 mm et 210 mm; pour les station de Batna, Tébessa et ksar Chellala la tendance est à la hausse avec respectivement: 88,62 mm, 99,92 mm et 87,17 mm, enfin la station de Biskra enregistre aussi une baisse et ne reçoit que 44.79 mm.

En été, les moyennes pluviométriques baissent nettement, les stations du littoral sont les moins arrosées avec des valeurs qui fluctuent entre 15 mm et 25 mm; les hautes plaines reçoivent des quantités qui fluctuent entre 40 mm et 75 mm; la station la plus arrosée est celle de Tébessa avec 68.64 mm, enfin la moyenne pluviométrique de Biskra qui tourne autour de 14.14 mm.

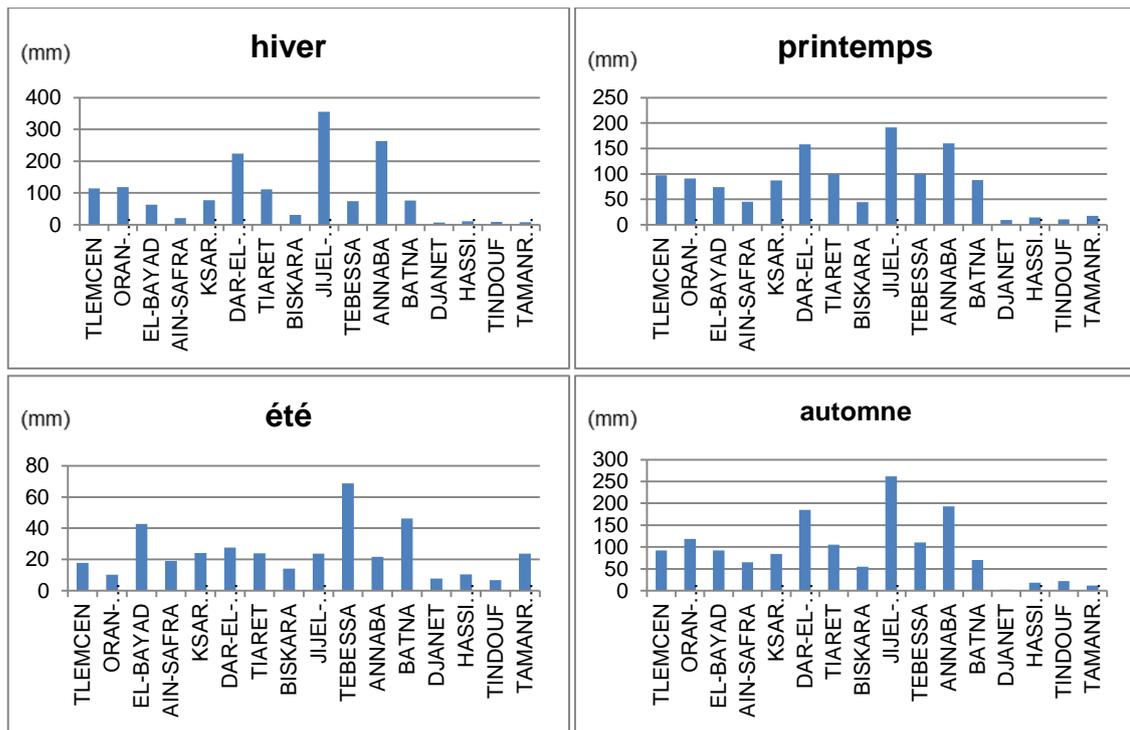


Figure 22 : Précipitation Saisonnier en Algérie (1982-2016)

B. Indice pluviométrique standardisé

L'indice SPI permet de classer les années sèches et humides ; dans notre travail l'utilisation du SPI a pour but principal la détermination des périodes sèches et humides pour quantifier la sévérité de la sècheresse.

Evolution de l'Indice pluviométrique standardisé de certaines stations

Nous avons calculé le SPI annuel pour toutes les séries pluviométriques de la zone d'étude .les graphes suivant montrent l'évolution du SPI pour quelque station choisies, réparties sur l'ensemble de la zone d'étude.

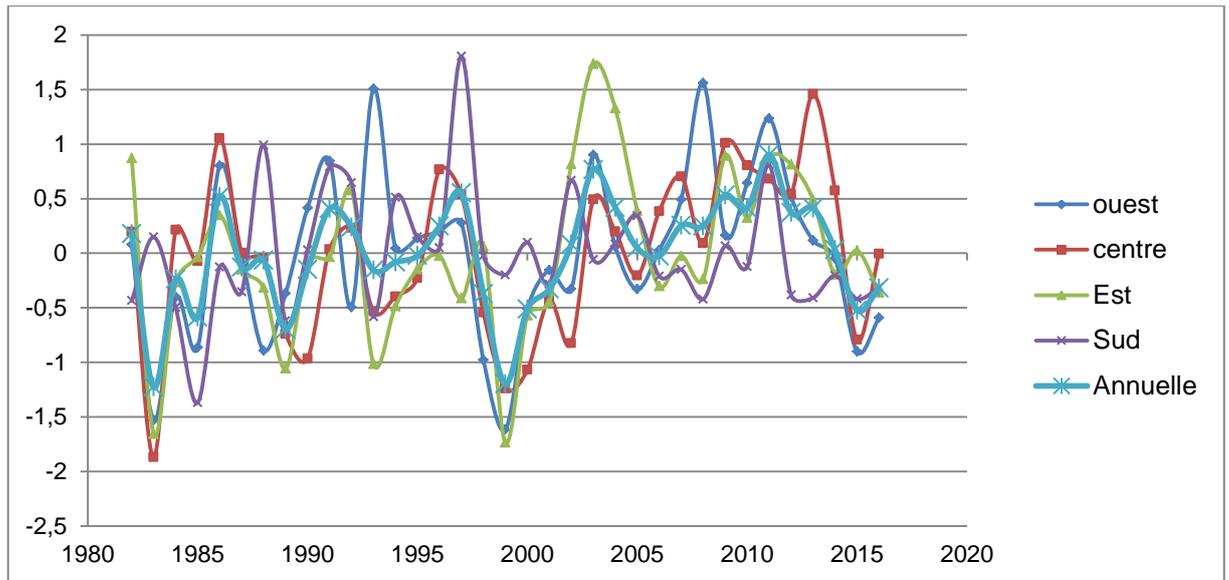


Figure23 : Evolution de l'indice pluviométrique de certaines station

Ce n'est que la répartition chronologique des années humides, normales et sèches, qui détermine, en effet, le régime pluviométriques de chaque station et de chaque région. D'après les graphes, nous constatons que toutes les stations ont connu des périodes ou des années sèches, mais à des degrés de sévérité variables d'une station à l'autre

A l'ouest de la zone d'étude, la station d'Oran (figure 21) a connu 2 années modérément sèche ; la première 1994 et la deuxième 1998 ; la station de Tlemcen ne connaît pas de période longue de sécheresse ou d'humidité, de ce fait elle représente un régime pluviométrique régulier. nous pouvons relever 5 années sèches ($-1.5 < SPI < -1$) de 1983, 1985, 1999, 2005 et 2015

la région ouest (figure) a connue une année de extrêmement sèche dans toute la région en 1999 et extrêmement humide dans l'année 1993.

Au centre, la station de Ksar Chellala (figure 21) indique une tendance à la baisse à partir de 1997, l'année extrêmement séché est enregistrée en 1983, même tendance pour Tiaret ; pour Miliana qui se trouve dans la région la plus arrosée du nord algérien indique une régularité du régime pluviométrique. 3 années très humides sont observées (1986, 2010 et 2011) . nous constatons aussi l'absence d'années extrêmement sèches et très sèches à l'exception de 2015 ($SPI = -1.8$)

A l'Est de la zone d'étude, la station de Batna indique une régularité du régime pluviométrique. Une année très sèche en 1983 et une année extrêmement Humide en

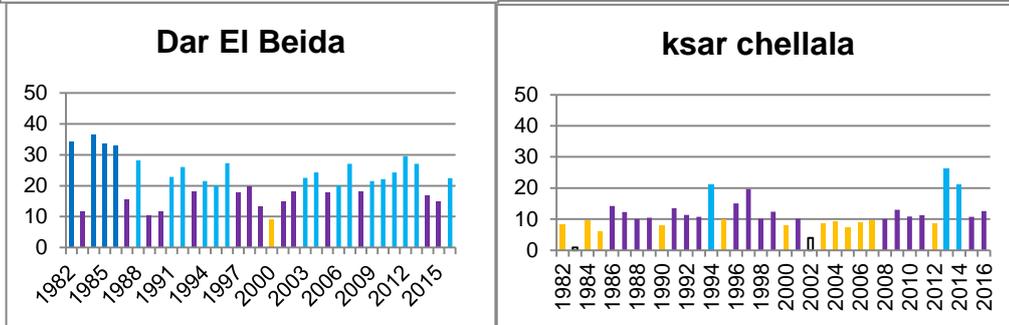
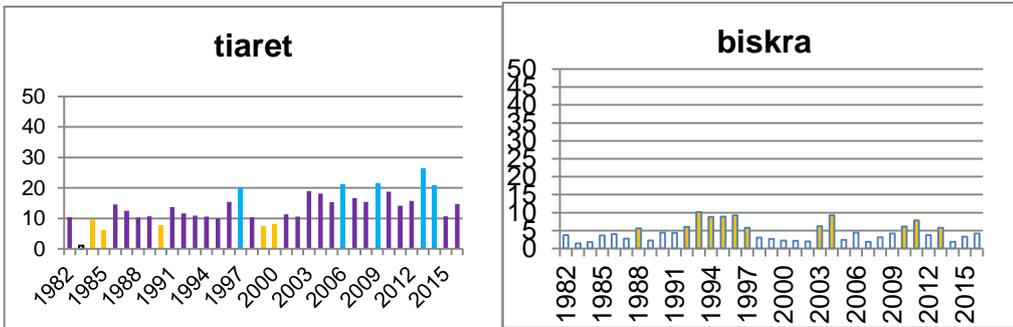
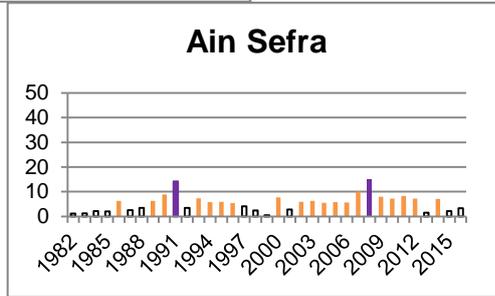
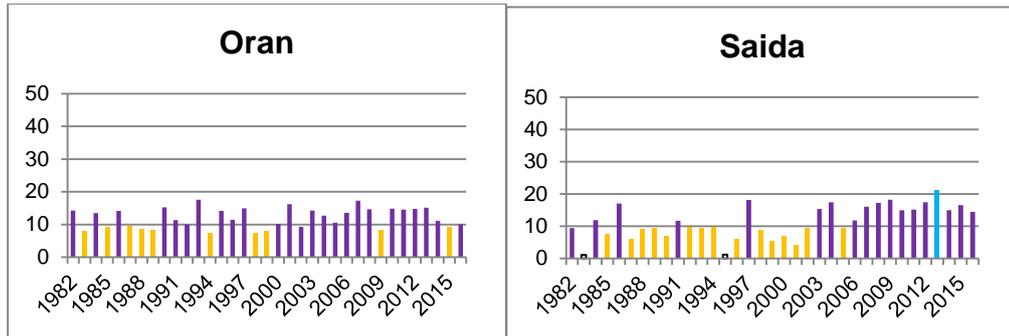
2004 ; pour la station de Tébessa, elle présente aussi une régularité du régime pluviométrique. Le SPI indique 2 années extrêmement humides en 1990 et 2003. Les années 1993, 1999 et 2001 ont été très sèches. L'Est comme région a connu des années très sèches comme 1983 et 1999 et une année très humide comme 2003.

Au Sud les stations pluviométriques ont connu des années sèches plus que des années humides à cause de l'absence de pluie dans la région sauf l'année 1997 qui est marquée comme années extrêmement humides pour la station de Hassi Messaoud avec (SPI=4) et pour la région.

C. Indice d'aridité de De Martonne

Cet indice fait ressortir les variations du climat entre les différentes années. Pour Dar El Beida, la tendance générale est au subhumide, entrecoupé par des années semi-arides. La période 1984- 1992 est caractérisée par des années de climat semi-aride avec une fréquence d'une année sur trois pour Tlemcen. Même tendance pour Ksar Chellala où une année sur deux est dans le semi-aride et une année sur six dans le subhumide. En ce qui concerne la station de Jijel, la tendance générale est à l'humide, (deux années sur trois sont humides), une année sur quatre se situe dans Subhumide. Une exception pour l'année 1983, qui est classée dans le climat semi-aride.

Pour les hautes plateaux, le climat oscille entre l'étage subhumide, humide et semi-aride, avec une tendance générale pour le semi-aride pour les stations de Saida et de Tébessa et pour le aride pour la station de Ain Sefra, qui enregistre, même, un climat Hyper aride en 1983. Pour le sud de pays, la tendance générale est au aride et plus on se dirige vers l'Ouest, plus le climat subhumide s'estampe et le climat semi-aride et aride s'installe. Cela confirme l'influence du gradient pluviométrique longitudinal (Est-Ouest). La station de Ghardaïa est caractérisée par une oscillation entre le climat aride et hyper aride, cela confirme l'influence directe du climat saharien sur cette station.



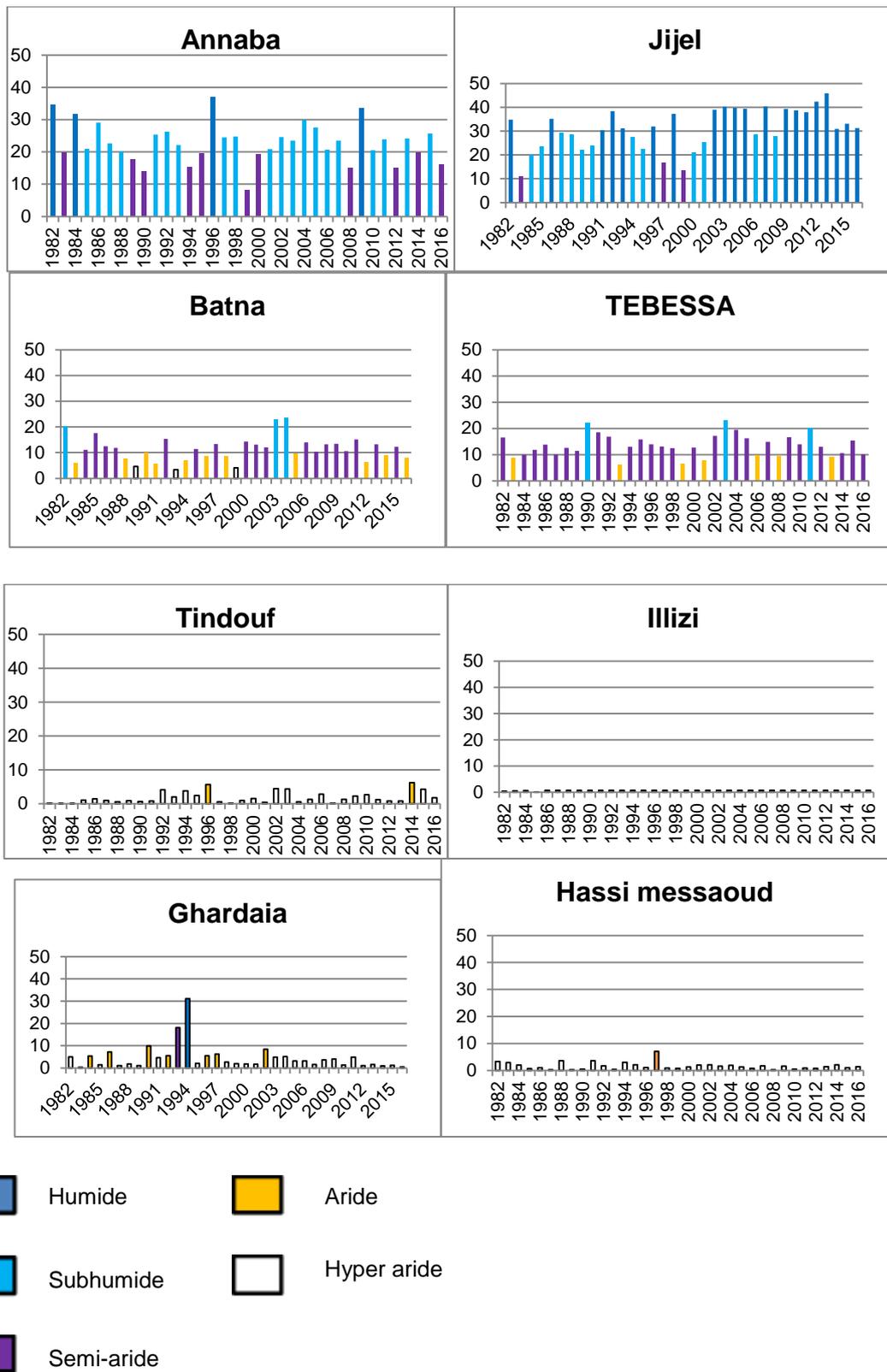
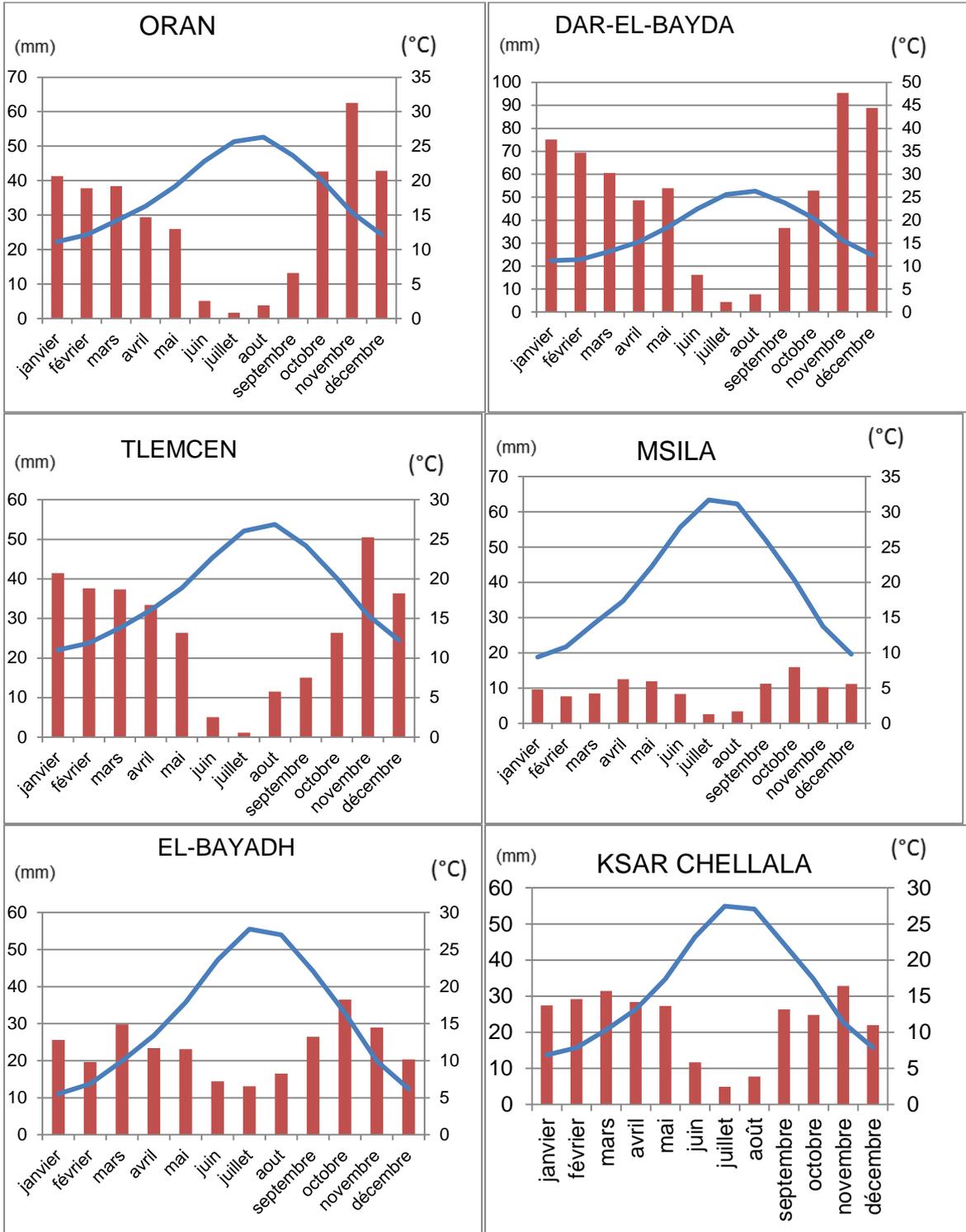


Figure 24 : Evolution du climat selon l'Indice d'aridité de De Martonne pour la période (1982-2016)

D. L'indice Ombrothermique de Gausson



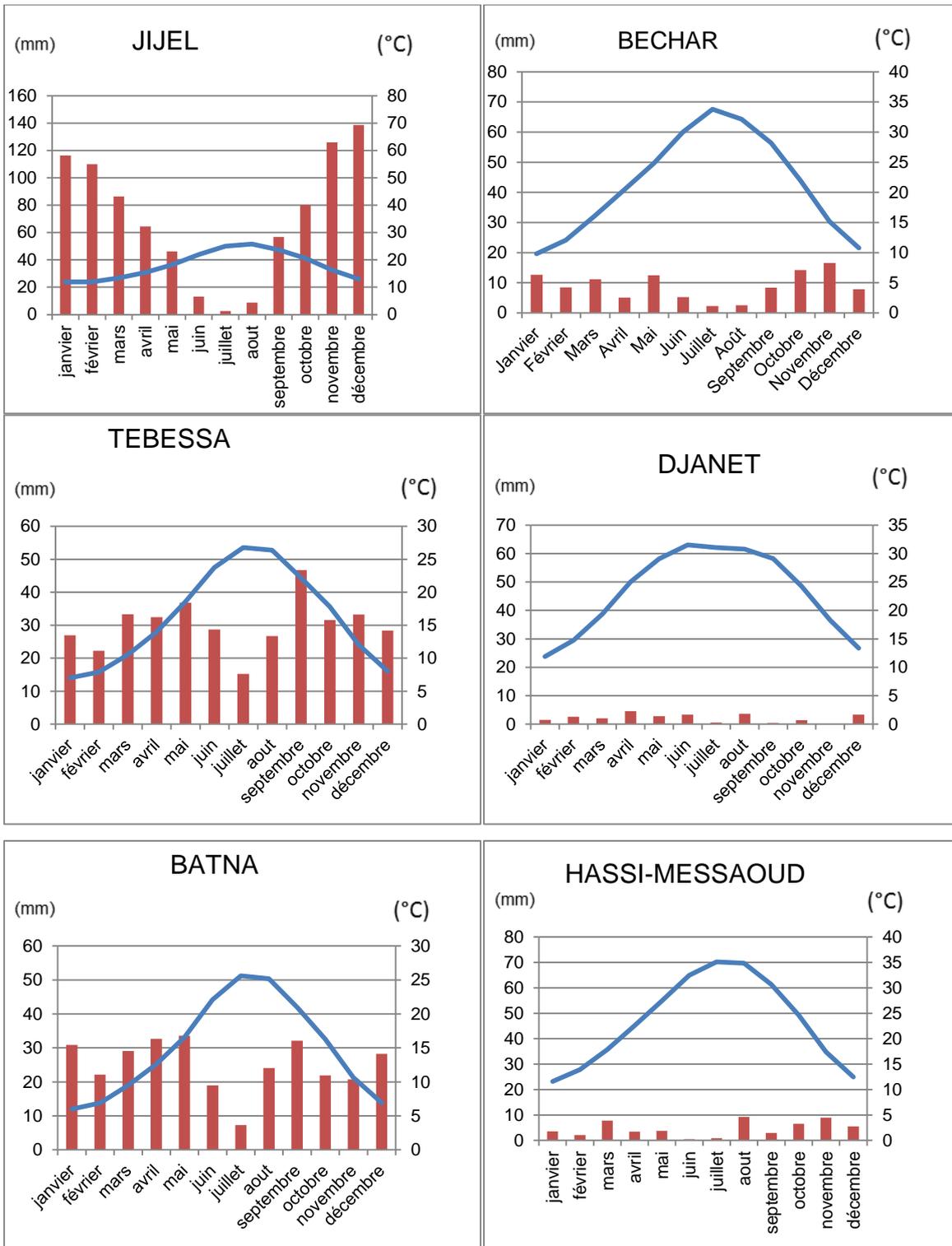


Figure 25 : Diagramme ombrothermique de certaine station

a) **Zone 1**

		ORAN	Tlemcen	EL-BAYADH
Température	T max	26.30	26.87	27.76
	T min	11.16	11	5.50
	Amplitude Thermique	26.30- 11.16=15.14	26.87- 11=15.87	27.76- 5.50=22.26
	T moy	18.23	18.30	15.47
	Nombre de mois < 0°C	0 mois Négative	0 mois Négative	0 mois Négative
PPT	Somme des précipitations (mm)	339.12	322.04	273.09
	Mois au maximum des précipitations	Novembre	Novembre	Octobre
	Nombre de mois sec	6 mois	6 mois	6 mois
Analyse	Hémisphère	N	N	N
	Détermination de climat	Méditerranéens	Méditerranéen	Méditerranéens

b) **Zone 2**

		Dar-El-Beida	Msila	Ksar-Chellala
Température	T max	26.33	31.69	27.45
	T min	11.21	9.43	6.86
	Amplitude thermique	26.33- 11.21=15.12	31.69- 9.43=22.26	27.45- 6.86=20.59
	T moy	18.02	19.08	16

	Nombre de mois < 0°C	0	0	0
PPT	Somme des précipitations (mm)	600.24	122.57	274.01
	Mois au maximum des précipitations	Novembre	Novembre	Octobre
	Nombre de mois sec	4	12	6
ANALYSE	Hémisphère	N	N	N
	Détermination de climat	Méditerranéens	Méditerranéens	Méditerranéens

c) Zone 3

		JIJEL	TEBESSA	BATNA
température	T max	25.75	26.77	25.58
	T min	11.92	7.01	6.02
	Amplitude Thermique	25.75- 11.92=13.83	26.77- 7.01=19.76	25.58- 6.02=19.56
	Tmoy	18.08	16.13	14.94
	Nombre de mois < 0°C	0 mois Négative	0 mois Négative	0 mois Négative
PPT	Somme des précipitations (mm)	891.91	359.51	289.38
	Mois au maximum des précipitations	Décembre	Septembre	Mai
	Nombre de mois sec	3 mois	3 mois	5 mois
Analyse	Hémisphère	N	N	N

	Détermination de climat	Méditerranéens	Méditerranéen	Méditerranéens
--	-------------------------	----------------	---------------	----------------

d) **Zone 4**

		BECHAR	TAMANRASSET	HASSI-MESSAOUD	DJANET
température	Tmax	33.79	29.69	35.09	31.52
	Tmin	9.81	12.72	11.58	11.91
	Amplitude thermique	33.79-9.81=23.98	29.69-12.72=16.97	35.09-11.58=23.51	31.52-11.91=19.61
	Tmoy	21.28	22.37	23.44	23.21
	Nombre de mois < 0°C	Négative	Négative	Négative	Négative
PPT	Somme des précipitations (mm)	104.99	62.70	54.48	26.56
	Mois au maximum des précipitations	Novembre	Juillet	Aout	Avril
	Nombre de mois sec	12 mois	12 mois	12 mois	12 mois
Analyse	Hémisphère	N	N	N	N
	Détermination de climat	Désertique chaude	Désertique chaude	Désertique chaude	Désertique chaude

Tableau 6 : Tableau d'analyse

T moy (°C)	Amplitude thermique (°C)	P. (annuelle) (mm)	Type de Climat
>20	≤5	>500	Equatorial (ou Tropical Humide)
	>5	>250	Tropical à saisons contrastées
		≤250	Désertique chaud
		>500	Subtropical
15≤T≤20		≤500	Méditerranéen
		>500	Subtropical
0≤T≤15	≤20	>500	Tempéré Océanique
	>20	250≤P≤500	Tempéré continental
		<250	Désertique Froid
≤0			Polaire

Tableau 7 : clé de détermination des principaux types de climat

Nous allons apprendre à utiliser les deux tableaux d'analyse qui vont permettre d'analyser correctement et déterminer les diagrammes ombrothermique :

Région 1 (l'ouest du pays) : la température moyenne de toute la série est de, respectivement, 18.23°C, 18.30°C, et 15.47°C pour Oran, Tlemcen et El Bayadh. Il y a une différence légère de température entre Oran et Tlemcen, même leur précipitation sont presque la même (Oran 339.12 mm, Tlemcen 322.04 mm) et ils ont le même mois le plus précipité (novembre). À partir des diagrammes ombrothermique on peut déterminer le nombre de mois secs lorsque la barre de précipitation est sous la courbe des températures, pour les deux stations on a 6 mois secs. Donc le type de climat est Méditerranéen.

Région2 (centre du pays) : les stations représentatif sont Dar-El-Beida, Msila, Ksar Chellala leur températures moyenne est respectivement de 18.02°C ,19.08°C ,16°C. On peut parler d'un climat tempéré à cause de ces températures moyenne qui varient entre 15°C et 20°C .Le mois le plus chaude à 26.33°C(Dar-El-Beida),31.69°C(Msila) ,27.45°C(Ksar Chellala) en moyenne, pendant que le mois le plus froid à 11.21°C,9.43°C,6.86°C en moyenne, ce qui entraine une amplitude thermique(AT) annuelle de 15.12°C(Dar-El-Beida),22.26°C(Msila),20.59°C(Ksar Chellala) : on peut parler donc d'une amplitude forte car $15^{\circ}\text{C} < \text{AT} < 20^{\circ}\text{C}$.les précipitations de tout la série pour El-Beida, Msila, Ksar Chellala est respectivement de 600.24mm ,122.57mm,274.01mm.la précipitation est concentrée sur quelques mois, le mois la plus précipité est novembre pour Dar-El-Beida et Msila, octobre pour Ksar Chellala. Donc le type de climat peut être déterminé à l'aide du tableau 7.

Région 3(Est du pays) : les stations JIJEL TEBESSA enregistrent une période sèche d'environ 3 mois, allant, du mois de juin au mois d'aout avec une température moyenne pour Jijel 18.08 et pour Tébessa 16.13. Pour BATNA la saison sèche duré près de 5 mois le mois plus chaud c'est juillet est le mois le plus pluvieux est mai

Pour les stations du sud : la température moyenne de toute la série pour Bechar, DJANET, HASSI-MESSAOUD, TAMANRASSET est respectivement de 21.28°C ,23.27°C ,23.44°C ,22.37°C Nous remarquons que ces dernières sont sensiblement supérieur à 20°C et leurs précipitations sont respectivement de 104.99mm, 26.56mm, 54.48mm, 62.70mm, les précipitations sont toujours inferieurs a 250mm, et ils ont plus que neuf mois sec , à l'aide du deuxième tableau on peut dire que le climat est désertique chaud

V. Conclusion

L'Algérie présente un support topographique de structure et d'altitude très variés. La coupe longitudinale Nord Sud a fait ressortir 4 principaux ensembles topographiques : les plaines littorales, l'ensemble intramontagnard, les hauts plateaux et le désert. Ces ensembles se différencient d'un point de vue topographique, morphologique, écologique et climatique.

Le relief hétérogène, les différentes structures et formations géologiques, les chaînes montagneuses de l'atlas tellien et saharien, forment des barrières naturelles, d'une importance capitale et marquent d'une façon importante la transition entre le nord et le sud. Tous ces caractères constituent un écran aux influences du climat et, par conséquent, modifient sensiblement les facteurs climatiques et bioclimatiques du nord-est algérien.

Sur le plan climatique, la région d'étude est caractérisée par la transition d'un climat méditerranéen humide, subhumide, doux et tempéré en hiver, chaud et sec en été à un climat semi-aride sur les hautes plaines et aride sur les zones désertiques

Concernant l'évolution des températures moyennes, au nord-est de l'Algérie, la tendance est à la hausse pour toutes les stations, l'augmentation est très perceptible à partir du début des années 90. Cette tendance exprime une entrée dans une décennie relativement douce, où des pics de températures sont enregistrés fréquemment. Cependant, cette hausse est plus importante sur le littoral que dans les plaines intérieures.

Quant aux précipitations, le régime enregistré est très hétérogène. Nous remarquons que le relief joue un rôle très important dans la répartition des précipitations. Le gradient nord-sud caractérise le retrait de l'influence maritime et l'établissement des influences continentales au fur et à mesure que l'on pénètre à l'intérieur des terres.

Le régime inter annuel des précipitations, durant notre période d'étude, est un régime perturbé.

La période la plus arrosée pour le littoral et la zone de contact tell - hautes plaines est Décembre et Janvier, le mois le plus sec est celui de Juillet.

Pour les hauts plateaux, la saison humide est plus précoce, elle commence au mois de

Septembre, enregistre une certaine baisse durant l'hiver pour réapparaître, ensuite, au début du printemps. La période la plus sèche est, incontestablement, celle de juillet.

Donc, notre domaine d'étude est caractérisé par un climat humide subhumide semi-aride et désertique. Cette région a subi des variations, surtout thermiques.

Cette caractérisation du climat joue un rôle important dans le domaine de l'agriculture, le calcul des bilans hydriques, l'utilisation des ressources en eau et la détermination des périodes où le déficit hydrique est le plus contraignant pour les espèces naturelles et le tapis végétal.

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'indice De Martonne, a permis de définir les étages climatiques qui caractérisent notre région d'étude, Quand l'indice de Gaussen, il a une application très importante dans le domaine de l'agriculture, car ils déterminent la période sèche où le déficit hydrique est le plus important pour les végétaux.

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 orientale et mieux adapté aux conditions climatiques qui y règnent.

VI. Références bibliographiques

[1] <http://www.fao.org>.

[2] S. DEKHINAT, (2005). Etude des potentialités morpho-pédogénétiques des sols Aurassiens,

[3] <http://www.leepages Maghreb.com>

[4] M. Cote, (1981). Mutation rurale en Algérie, 2^e Ed, Office des publications universitaires. Rapport du laboratoire de recherche APAPEZA, Faculté des sciences, Université de Batna.

[5] W Khoualdia, Y Djebbar, Y Hammar. (2014). Caractérisation de la variabilité climatique : cas du bassin versant de La Medjerda (Nord-Est algérien). Département d'Hydraulique Badji Mokhtar Annaba, Algérie

[6] Matari M. Latrous H., El Mahi A., 2007. Analyse de longues séries en vue du changement climatique. Acte des journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi-aride, Biskra, p 15-25.

[7] A. GODARD & M. TABEAUD, (1993). Les climats ; Mécanismes et Répartition, Ed : Armand COLIN.

[8] H. THEBAULT, (1973). CLIMATOLOGIE, Ed. ENAC, p 18-19.

[9] <http://www.meteofree.com>

[10] <http://www.tameteo.fr>

[11] BRAHMI D. (2014). Analyses spatio-temporelle des pluies en Algérie

[12] OLIVER JE. (1980). Monthly precipitation distribution: a comparative index. Professional Geogr; 32(33):300-309

[13] MEDDI H, MEDDI M. (2003), étude de la persistance de la sécheresse au niveau de sept plaines algériennes par utilisation des chaînes de Markov. Centre universitaire de khemis Miliana.

[14] BEN. (2008). Les Indices climatiques et leurs significations écologiques en Algérie orientale. Centre Université Constantine

[15] TAIBI S. (2011). Analyse du régime climatique au nord de l'Algérie. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach Alger

[16] FARAH A. (2014). Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est Algérien. Mémoire en Magistère en ECOLOGIE et ENVIRONNEMENT

[17] AZZI. A., (2011). La tendance générale des pluies dans le nord centre de l'Algérie cas : le bassin versant de la Soummam.

[18] HAMENNI N, (2011). Etude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation du SIG. Mémoire de magister en science agronomiques.

[19] AIME S, REMAOUN K .1988. Variabilité climatique et steppisation dans le bassin de la Tafna (Oranie occidentale)

[20] BELALA F, HIRCHE A. (2013). Changements climatiques : tendance et variabilité pluviométrique dans quelques stations steppiques algériennes.

[21] MATARI A. (2008). Le risque sècheresse. IHFR Algérie.

[22] MEDDI M, BELHADJ B. (2010). Etude des crues dans le bassin du Cheliff .Application de la méthode du Gradex. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie.