

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة جيلالي بونعامة خميس مليانة

Université Djilali Bounaama Khemis Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la terre

Département de Biologie



MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Eau et bioclimatologie

Régionalisation et variabilité pluviométrique dans le Nord Centre-Ouest algérien (Approche statistique)

Présenté Par :

M^{elle} TOUHAMI Mounia

Soutenu le : Juin 2017

Devant le Jury :

Présidente : M^{me} Hallouz F

MCB UDB Khemis-Miliana

Promotrice : M^{elle} Karahçane H

MAA UDB Khemis-Miliana

Examineurs:

M^r Hammouda R.F

MAA UDB Khemis-Miliana

M^r: Amokrane A

MAA UDB Khemis-Miliana

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

A l'occasion de la réduction de ce mémoire de fin d'étude je tiens avant tout à remercier ALLAH de m'avoir accordé la foi, le courage, la volonté pour élaborer ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et ma sincère remerciements à *M^{elle} KARAHACHANE HAFSA* pour avoir accepté de m'encadrer en ce sujet ainsi pour leurs orientations, leurs judicieux conseils et leur disponibilité durant toute la période de notre projet.

Je remercie également, Mme *HALLOUZ FAIZA*, pour avoir accepté de présider mon jury.

Je remercie aussi, *Mr HAMMOUDA R et AMOKRANE A*, pour avoir accepté d'examiner mon travail, et de faire partie de mon jury.

J'adresse mes remerciements à l'ensemble des enseignants du département biologie Faculté science de la nature et de la vie de l'université de KHAMIS MILIANA surtout Mr RATA Mohamed et Mme, pour leurs efforts fournis tout au long de ma formation.

Je remercie également tout le personnel de l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH) de Blida et Alger et de l'office nationale météorologique (ONM) de Alger, pour avoir mis à notre disposition toutes les données pluviométriques utilisées dans cette étude.

Je tiens à remercier tous mes camarades de la spécialité Eau et bioclimatologie pour l'ambiance conviviale de travail.

Finalement un grand merci à toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre m'a apporté leur aide et leurs conseils pour mener à bien ce travail

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à :

Mes très chers, respectueux et magnifiques parents qui m'ont soutenu tout au long de ma vie, à mes chères sœurs Nasira, Aicha, Khalida et Khadidja. À mes frères.

“Vous êtes dépensés pour moi sans compter, en reconnaissant de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie”

À mon cher mari Nasro, pour son soutien moral que je suis très reconnaissant.

À ma belle famille

À toute ma famille goudjili

À tous mes amies, en particulier : Hanane, Semaia, Radia

À tout la promotion d'Eau et Bioclimatologie 2018

Résumé

L'objectif principal de cette étude c'est l'évolution de la variabilité de pluie ainsi que la détermination des régions ayant les mêmes conditions pluviométriques dans le Centre et Ouest Nord d'Algérie. Les données sont récoltées sur un total de 127 postes pluviométriques durant la période d'observation entre 1930-2012. En utilisant deux techniques statistiques complémentaires : les tests de statistiques de détection de rupture et l'Analyse en Composantes Principales (ACP).

D'après les tests statistiques une variabilité intra annuelle des précipitations est plus importante pour l'ensemble des stations surtout à l'Ouest à partir de la moitié des années 70 (17%).

La régionalisation obtenue par l'analyse en composantes principale a permis d'identifier cinq régions principales :

La région Nord Centre : caractérisée par une diminution des précipitations annuelles à partir des années 70 surtout pour les saisons d'automne et d'hiver.

La région Nord-Ouest : caractérise par un déficit pluviométrique annuelle important à partir de 1976. Cette région a connu une baisse des précipitations en hivers et printemps.

La région Centre-Est : aucune variation pluviométrique enregistré pendant la période d'observation.

Le Centre et Centre-Ouest : caractérisée par les déficits pluviométriques les plus importants de la zone d'étude surtout en hiver et au printemps à partir des années 70.

Mots clés : précipitations, tests de statistiques, ACP, régionalisation.

Summary

The main objective of this study is the evolution of the rainfall variability as well as the determination of the regions having the same rainfall conditions in the Center and North West of Algeria. The data are collected on a 127 post-rainfall basis during the observation period between 1930-2012. Using two complementary statistical techniques: statistical tests and Principal Component Analysis (PCA).

Statistical tests show that intra-annual rainfall variability is higher for all stations, especially in the west from the mid-1970s (17%).

The regionalization, obtained by the main component analysis, identified five main regions:

The Central North region: characterized by a decrease in annual rainfall from the 1970s, especially for the autumn and winter seasons.

The Northwest region is characterized by a significant annual rainfall deficit since 1976. This region experienced a decrease in precipitation in winters and spring.

The Central-East region: no rainfall variation recorded during the observation period.
Center and Center-West: characterized by the greatest rainfall deficits in the study area, especially in winter and spring from the 1970s.

Key words: statistical tests, Principal Component Analysis, Regionalization, precipitation.

ملخص

الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تقييم تغيرات هطول الأمطار و تحديد المناطق المتشابهة من حيث كمية التساقط في غرب و وسط شمال الجزائر في الفترة الممتدة من 1930-2012. حيث اعتمدنا على استخدام اثنين من الأساليب الإحصائية التكميلية: الاختبارات الإحصائية و تحليل المكونات الرئيسية.

وفقا للاختبارات الإحصائية لوحظ تغير السنوي لنسبة هطول الأمطار بالنسبة لجميع المناطق خاصة في الغرب من منتصف 1770 (17%).

لقد كشف تحليل المكونات الرئيسية عن خمسة مناطق أساسية:

المنطقة الشمالية الوسطى و التي تتميز بانخفاض طفيف في معدل تساقط الأمطار السنوي ابتداء من منتصف السبعينات خاصة في فصل الشتاء و الخريف.

المنطقة الشمالية الغربية: تتميز العجز السنوي كبير لهطول الأمطار ابتداء من عام 1976. حيث عرفت انخفاض خاصة في فصل الشتاء والربيع.

منطقة الشرقية الوسطى: لم تشهد تغيير في معدلات سقوط الأمطار المسجلة خلال فترة الدراسة. المنطقة الغربية و الوسطى: تعرضت لأكبر عجز في هطول الأمطار في منطقة الدراسة، خصوصا في فصل الشتاء والربيع في منتصف السبعينات.

الكلمات المفتاحية : الاختبارات الإحصائية، وتحليل المكونات الرئيسية، الأقالمة، الأمطار.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales.

ETP : Evapotranspiration Potentielle.

H0 : Hypothèse nulle.

H1 : Hypothèse alternative.

HR : Humidité Relative.

OMM : Organisation Météorologique Mondiale.

P-S : Période Sèche.

P-H : période Humide.

r : le coefficient de corrélation.

T min, TN : Température minimale.

T max, TX : Température maximale.

Tmoy: Temperature moyenne.

W-NW: Ouest-Nord Ouest (West-North West).

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Emission de Gaz à effet de serre.....	p07
Figure 02 : Situation géographique de la zone d'étude.....	p14
Figure 03 : Evolution des précipitations annuelles durant la période (1996-2008)	p16
Figure 04 : valeurs de l'humidité relative moyenne mensuelle de l'air pendant la période de (1996-2008)	p17
Figure 05 : Diagrammes pluviométriques de quatre stations pendant la période (1996-2008).....	p19
Figure 06 : Abaque de l'indice d'aridité annuel De Martonne pour les quatre stations d'étudié (1996-2008).....	p21
Figure 07 : bassins versants du Nord de Algérie.....	p22
Figure 08 : Présentation géographique des stations pluviométrique étudié dans le Nord Centre-Ouest Algérienne.....	p27
Figure 09 : Exemples de format des données annuelle de précipitation du logiciel Khronostat.....	p31
Figure 10 : représentant les « macro » régions.....	p40
Figure 11 : représentant les « mésos » régions.....	p42
Figure 12 : représentant les « micro » régions.....	p45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : principales classifications de climats et leur caractéristique.....	p06
Tableau 02 : variation des températures enregistrées pendant la période de (1996-2008) au niveau des deux stations (Jijel, Dar-El-Beida, Tlemcen, Djelfa).....	p17
Tableau 03 : Moyenne mensuelle des vitesses du vent moyen (en m/s) pendant la période de (1996-2008).....	p18
Tableau 04 : limites de climat d'après l'indice de Martonne.....	p20
Tableau 05 : calculs de l'indice de De Martonne.....	p20
Tableau 06 : répartition des zones humides dans la zone d'étude.....	p24
Tableau 07 : Inventaire des stations pluviométrique de la zone d'étude.....	p28
Tableau 08 : Inventaire des stations utilisées pour les tests de rupture.....	p32
Tableau 09 : Détection des ruptures sur les séries de pluies annuelle.....	p35
Tableau 10 : Détection des ruptures sur les séries de pluies de l'automne.....	p36
Tableau 11 : Détection des ruptures sur les séries de pluies de l'hiver.....	p37
Tableau 12 : Détection des ruptures sur les séries de pluies de printemps.....	p38

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Résumé anglais	
Résumé arabe	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Table de matière	
Introduction générale	
CHAPITRE I : Aperçu Bibliographique	
Introduction	02
1.Climat.....	02
2. Éléments de climat.....	03
2.1. Précipitations	03
2.1.1 Origine des précipitations	03
2.1.2. Types des précipitations	03
2.2. Température	04
2.3. Humidité relative	05
2.4. Vents.....	05
2.5. Évaporation	05
3. Différents types de climats	05
4. Facteurs climatiques	06
4.1. Facteurs astronomiques	07
4.2. Facteurs météorologiques	07
4.3. Facteurs géographiques	07
4.4. Facteurs anthropiques	07
5. Variabilité climatique	08
5.1. Méthodes de la variabilité climatique	08
5.1.1. Tests statistiques	09

5.1.1.1 Détection de ruptures et étude de tendance au sein des séries pluviométriques.....	09
6. Régionalisation climatique.....	10
6.1. Définition des unités climatiques ou « régions ».....	10
6.2. Détermination des régions homogènes.....	11
6.2.1. Analyse multivariée.....	11
Conclusion.....	13
CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude	
Introduction	14
1. Situation géographique	14
2. Relief	14
3. Climat	15
3.1. Précipitation.....	16
3.2. Températures moyenne mensuelles	16
3.3. Humidité relative.....	17
3.4. Vitesse du vent.....	18
4.Synthèse climatique	18
4.1. Diagramme pluviométrique de de Gaussen et Bagnols.....	18
4.2. Indice d'aridité de De Martonne (1927)	20
5. Réseaux hydriques	21
5.1. Ressources hydriques de surface.....	22
5.2. Eaux souterraines	23
6. Zones humides	23
7.Végétation naturelle	24
8. Pédologie	25
Conclusion.....	26
CHAPITRE III : Données et Méthodes	
Introduction	27
1.Données climatologiques utilisées	27
2. Qualité et critique des données.....	28
3. Méthodes utilisées	29
3.1. Analyse du régime pluviométrique par les tests de rupture	29
3.1.1. Préparation les fichiers de données.....	30

3.2.L'Analyse en Composantes Principales(ACP).....	32
3.2.1. Les étapes d'analyse en composantes principales.....	32
Conclusion.....	34
CHAPITRE IV : Résultats et Discussions	
1. Interprétation et analyse des résultats.....	35
1.1. Résultats des tests de rupture	35
1.1.1. Résultats des tests de rupture à l'échelle annuelle.....	35
1.1.2. Résultats des tests de rupture à l'échelle saisonnière.....	36
1.2. Interprétation de l'analyse en composantes principales.....	39
1.2.1. A l'échelle des « macros » régions.....	39
1.2.2. A l'échelle des « méso » régions.....	41
1.2.3. A l'échelle des « micros » régions.....	43
Discussion.....	45
Conclusion	46
Conclusion générale.....	47
Références bibliographique	
Annexe	

Introduction générale

Introduction générale

La variabilité climatique est un phénomène qui a fait et fait encore largement parler de lui compte tenu des fluctuations qui touchent le climat terrestre, et leur conséquence sur le mode de vie de l'humanité que ça soit au niveau sanitaire, social, agricole...etc.

Ce phénomène tient son importance du fait qu'il touche des secteurs sensibles dont les conséquences peuvent déboucher sur une catastrophe à l'échelle planétaire qui ramène ainsi la question du devenir du genre humain.

La pluviométrie est un élément fondamental du climat. Son importance est telle que les différentes classifications du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations, en combinaison avec les moyennes et /ou les extrêmes de température.

La région méditerranéenne qui est caractérisée par une forte variabilité interannuelle du régime pluviométrique due à une position géo climatique vulnérable, a généré de nombreuses recherches sur la caractérisation du climat et sur la disponibilité en eau dans cette partie du globe (Meddi, 2009).

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

Dans la présente étude, l'objectif est de régionaliser la pluviométrie dans l'Algérie du Nord l'une de plus important partie du pays.

Tout d'abord, la régionalisation des précipitations grâce à une méthode statistique employée par des tests de détection de ruptures sur les séries pluviométriques mensuelle et annuelles et l'analyse en composantes principales est choisie pour étudier la variabilité pluviométrique du Centre-Ouest de l'Algérie. En effet, la constitution d'unités climatiques à plusieurs échelles nous permettra alors de bénéficier d'une approche globale et détaillée.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres. Le premier constitue une synthèse bibliographique sur le contexte général de l'étude. Ensuite, le deuxième chapitre exposera eu les détails toute la zone d'étude et ses caractéristiques, Le troisième chapitre est défini la méthodologie adoptée pour l'analyse des pluies. Enfin, dans un dernier chapitre mettre en valeur la discussion et l'analyse des résultats concernant l'évolution des précipitations.

CHAPITRE I

Aperçu Bibliographique

Introduction

La climatologie est la discipline scientifique relative au climat. Elle a pour objet caractérisation et la classification des différents types de climat, leur localisation géographique, l'étude des causes de leur diversification et, en un lieu donné ainsi l'analyse de leur variabilité temporelle (Guyot, 1999).

La climatologie se base sur des observations et des relevés d'un maximum des paramètres possibles comme la température, les précipitations, l'humidité. Ces relevés doivent avoir été faits sur 30 ans au minimum pour avoir une idée précise sur le climat du lieu où on pratique les observations et les relevés. Cette discipline a essentiellement pour but :

- Analyse des éléments météorologiques qui constituent le climat ;
- Recherche des causes qui explique les différents climats et les fluctuations qui les accompagnent ;
- Etude de l'interaction du climat et des sols, des matériaux, des êtres vivants, des techniques et de l'activité économique et même sociale (Arléry *et al.*, 1973).

1. Climat

Le climat s'agit plus précisément d'une description statistique en fonction de la moyenne et de la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années. Dans un sens plus large, le climat est la description statistique de l'état du système climatique (Dumas *et al.*, 2005).

Le climat est l'état moyen de l'atmosphère et les caractéristiques associées de la terre ou de l'eau sous-jacentes dans une région donnée, sur des périodes de plusieurs années (Carlos, 2003).

L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) définit le climat comme : « un ensemble d'éléments météorologiques pris sur une période donnée qui concourent à donner caractère et individualité météorologique un domaine spatial déterminé ».

La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température, pression atmosphérique, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels.

2. Éléments de climat

Les éléments du climat sont des paramètres physiques et des observations visuelles qui caractérisent le climat, ils résultent : soit directement de la lecture ou de l'enregistrement d'un appareil de mesure (thermomètre, pluviomètre...) soit des observations visuelles codifiées directement par l'observateur, et en générale les principaux éléments climatiques sont (Givoni, 1978).

2.1. Précipitations

Une précipitation est le processus où une particule d'eau liquide (gouttelette) ou solide (glace) chute vers le sol sous l'action de la pesanteur (Frédéric, 2010).

2.1.1 Origine des précipitations

Les précipitations se produisent lorsque la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère se condense en nuages et retombe sur terre. Elles constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. Elles constituent un phénomène physique qui décrit le transfert d'eau dans sa phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle) entre l'atmosphère et le sol. Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression (Sadou *et al.*, 2007).

2.1.2. Types des précipitations

Les précipitations sont classées en trois types :

a. Précipitation de convection :

Le système convectif apparait lorsque deux masses d'air de températures différentes entre en contact et plus particulièrement une masse d'air froide recouvre un sol plus ou moins Chaud ou lorsque les basses couches sont chauffées par les radiations solaires, l'air de ces basses couches se dilate alors, s'allège et s'élève sous l'effet de la poussée d'Archimède il s'élève en se refroidissant jusqu'au niveau de condensation, altitude à laquelle se forme la base du nuage. L'air continue de s'élever en se condensant ainsi jusqu'au niveau d'équilibre thermique, altitude du sommet du nuage. Celui-ci peut atteindre des altitudes de l'ordre de 12 km pour les situations les plus convectives. Ce système est décrit par 03 phases : développement, maturité et dissipation (Sanchez *et al.*, 1970).

b. Précipitation orographiques :

La présence d'un relief (une chaîne de montagne par exemple) sur la trajectoire d'une masse d'air provoque l'élévation de celle-ci. Le refroidissement induit peut entraîner la formation d'une couverture nuageuse et déclencher des précipitations. Ce type de système est relié aux perturbations cycloniques.

Les précipitations, d'intensité et d'extension variables, touchent principalement le versant situé face au vent. Le versant sous le vent est au contraire plus sec, car l'humidité relative de la masse d'air et donc la pluie est moindre voir nulle lorsqu'elle descend sur le versant sous le vent (Roche, 1963).

c. Précipitation cycloniques :

Ces de précipitations sont engendrés au voisinage des surfaces de contact entre deux masses d'air de température et d'humidité différentes, que l'on appelle un front. La masse d'air chaud est toujours soulevée en altitude par la masse d'air froid. Suivant que la masse d'air chaud suive ou précède la masse d'air froid on trouve un front chaud ou froid.

Dans le cas d'un front froid, les nages ont un développement vertical important et les précipitations sont intenses. Dans le cas d'un front chaud, les nuages ont une extension horizontale importante et les précipitations sont plus faibles que pour le front froid (Morel, 1999).

2.2. Température

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.

Ainsi que La température de l'air est un facteur qui a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur le déficit d'écoulement (évapotranspiration).

T min : se produit vers le lever du soleil (ou peu après le lever du soleil).

T max : se produit deux heures après le méridien (le midi soleil).

Tmoy : La température moyenne est définie comme la demi-somme de la température minimale et maximale (maxima (TX) + minima (TN)) divisées par 2.

2.3. Humidité relative

L'humidité est un facteur plus important pour caractériser un climat, sa valeur dépend principalement de la température de l'air ainsi que des caractéristiques hygrométriques des masses d'air.

HR représente le rapport exprimé en pour-cent (%) de la tension de vapeur d'eau observée à la tension de vapeur de saturation pour une température donnée. Donc L'air humide est le mélange de deux gaz : l'air sec et la vapeur d'eau (Frédéric ,2010).

2.4. Vents

Est un agent climatique influant directement sur le climat d'une région. Le vent est l'air en mouvement ou l'agitation de l'air. Il est un déplacement de l'air des zones de hautes pressions vers les zones de basses pressions.

Le vent a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation. Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable.

2.5. Évaporation

C'est le phénomène physique de la transformation de l'eau en vapeur d'eau. Il intervient à toutes les phases du cycle de l'eau.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres.

3. Différents types de climats

Le rayonnement solaire, les circulations atmosphérique et océanique, le relief, les interactions globales... entraînent une répartition des climats en grands ensembles aux caractéristiques communes. Les chercheurs et les savants ont proposé avec diverses méthodes des classifications intéressantes. Les principales classifications distinguent habituellement dans le tableau suivant (Tableau 01) :

CHAPITRE I : Aperçu Bibliographique

Tableau1 : Principales classifications de climats et leur caractéristique.

zone	Type de climat	Les caractéristiques
La zone froide	Climat polaire	-la température froide tout l'année (en été est négative). -la précipitation est faible.
La zone tempérée	Climat tempéré	-Située entre 30 °et 50° de latitude dans l'hémisphère nord et sud. -caractériser par deux saisons (l'hiver et été).
	Climat océanique	-été frais et l'hiver doux et humide.
	Climat océanique dégradé	-Un climat bizarre parce qu'il est océanique mais peu subir des influences continentales venant de l'Est de l'Europe. -températures très froides pendant un certain temps en hiver et le contraire en été.
	Climat continental	-climat brutal. -la Température varie (en hiver 0°C et en été plus de 30 °C). -les précipitations sont les plus fortes en été avec les nombreux orages.
	Climat méditerranéen	-climat inégal sur le plan des précipitations. -été chaud et sec, hiver doux et humide, pluies violente au printemps et en automne.
	Climat montagnard	-La température diminue avec l'altitude (environ 0.5 °C à 1°C). -La précipitation est plus importante suivant l'altitude.
La zone chaude	Climat équatoriaux	-Climat chaud, humide et très pluvieux. La forêt est dense et toujours verte.
	Climat tropical et subtropical	-la température est constante toute l'année (25 °C en moyenne). - les saisons hivernales et estivales très pluvieuses. -La différence entre les deux climats se situe au niveau des températures (le climat subtropical plus frais).
	Climat aride	-caractérisé les régions désertiques (Sahara). -les températures sont élevées tous l'année (entre 20 et 30°C voir parfois supérieur à 50°C). -la pluviométrie plus faible que l'évaporation.
	Climat semi-aride	-caractérisé par une saison sèche le majeur parti du temps. -les précipitations sont faible (la moyenne annuelle entre 250et 500 mm).

4. Facteurs climatiques

Les facteurs du climat ceux sont des facteurs qui agissent sur la variabilité des éléments du climat soit au niveau du globe terrestre, soit au niveau d'une localité. Les facteurs qui influencent le climat sont :

4.1. Facteurs astronomiques : qui font intervenir la rotation de la terre sur elle-même et autour du soleil, entraînant une variation de la quantité d'énergie solaire reçue au niveau de la surface terrestre au cours d'une journée et au cours de l'année.

4.2. Facteurs météorologiques : la variabilité dans les régimes régionaux de la température et des précipitations. (Fortes sécheresses ou une humidité excessive) (GIEC, 2001).

4.3. Facteurs géographiques : comme la latitude et l'éloignement de la mer. L'évolution de ces facteurs étant elle-même liée à la tectonique plaques (dérive des continents, mouvement des pôles et expansion des fonds océaniques).

4.4. Facteurs anthropiques :

-Modification de la composition chimique de l'atmosphère en gaz à effet de serre et en particules d'aérosols résultant par exemple de la combustion de combustibles fossiles ou de la biomasse (GIEC, 2001), des rejets polluants issus des industries et des transports ainsi que de la destruction des grands forêts équatoriaux.

-La déforestation qui est également une cause de l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère et le végétal consommant du CO₂ et le rejetant de l'oxygène.

-Modification de contenu du sol par l'irrigation ou encore l'aménagement des rivières et des lacs qui influence sur le climat.

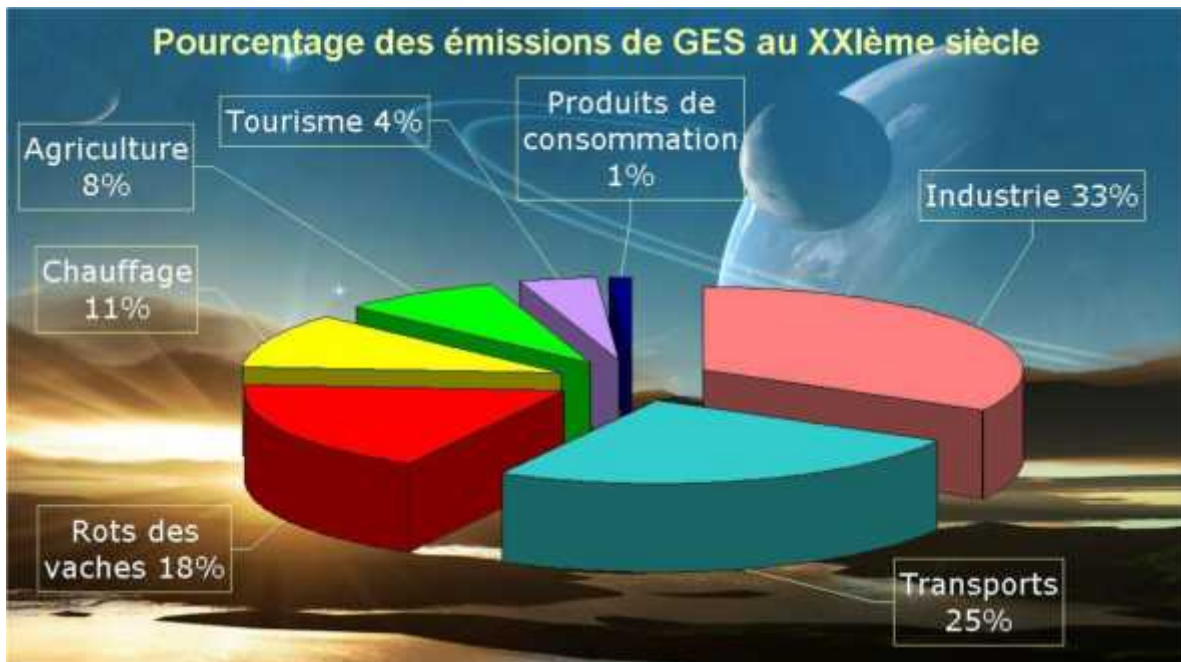


Figure1 : Emission de Gaz à effet de serre [1]

5. Variabilité climatique :

La variabilité climatique désigne la modification ou variation significative du climat, qu'elle soit naturelle ou due aux facteurs d'origine anthropique (Dorsouma, 2008).

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

5.1. Méthodes de la variabilité climatique

La recherche sur les indicateurs de changement ou de variabilité climatique est devenue une priorité pour beaucoup de chercheurs. Par le monde de nombreuses études ont été menées pour la détection de ces changements.

En Afrique de l'Ouest, une méthodologie statistique a été utilisée pour la détection des sécheresses (Vannitsem *et al.*, 1991). Dans le but de mettre en évidence la non-Stationnarité des séries pluviométriques, trois différents tests non paramétriques ont été utilisés, le test de Mann-Kendall, le test de Lombard, et le test de Pettitt. Le test de Mann-Kendall permet de déceler l'existence d'une seule tendance globale au sein de la série analysée. Le test de Lombard permet d'évaluer le nombre de changement de moyenne significatifs au sein d'une série, le test de Pettitt est par contre capable d'estimer la position d'un changement de moyenne dans une série ou une sous-série. Cette méthodologie a permis de mettre en évidence et de différencier les trois sécheresses majeures qui se sont produites en Afrique de l'Ouest au cours du 20^{ème} siècle.

En Tunisie centrale, l'étude des séries pluviométriques par des méthodes statistiques ; a mis en évidence une certaine baisse des totaux annuels entre 1977 et 1989 (Berguaoui *et al.*, 2000). Ces méthodes de détection de rupture de la stationnarité dans les séries chronologiques à savoir ; le test de Pettitt et la procédure de segmentation d'Hubert n'ont pas montré de rupture dans les séries de pluviométrie annuelle. Par contre elles ont détecté un certain nombre de changements ; en 1976 dans le nombre de jours de pluie ; dans le cumul de pluie supérieures à 30 mm et dans sa contribution dans le total annuel.

Au Nord-Ouest Algérien, Meddi *et al.*, (2007) ont utilisé le test de Pettitt et la segmentation d'Hubert pour déceler d'éventuels changements. Sur 10 séries pluviométriques,

l'étude a montré une rupture dans la décennie 70 (baisse de la pluviométrie) pour la quasi-totalité des postes étudiés. La variabilité interannuelle des pluies augmente lorsque l'on se rapproche des régions arides.

5.1.1. Tests statistiques

Les tests statistiques sont des méthodes permettent d'analyser des données obtenues par tirages au hasard. Ils consistent à généraliser les propriétés constatées sur des observations à la population .

Les tests statistiques fonctionnent tous sur le même principe qui consiste à énoncer une hypothèse nulle (noté H_0) et une hypothèse alternative (H_1), définir deux risques d'erreurs liés au choix de H_1 (noté α) et de H_0 (noté β), calculer une valeur notée p et prendre une décision à partir de p (Labreuche, 2010).

5.1.1.1 Détection de ruptures et étude de tendance au sein des séries pluviométriques :

Une rupture peut être définie par un changement dans la loi de probabilité des variables aléatoires dont les réalisations successives déterminent les séries chronologiques étudiées.

L'acception générale, mais surtout celle des hydrologues, en ce qui concerne les totaux annuels de précipitations, est que du point de vue stochastique, ceux-ci peuvent être considérés comme un processus stationnaire. La caractéristique d'indépendance suppose que le cumul de précipitations d'une année n n'est pas dépendant du total de précipitations enregistrées l'année précédente. La stationnarité suppose que les propriétés de base du processus (par exemple, son niveau moyen) ne changent pas avec le temps. Cependant, plusieurs travaux récents signalent une situation inverse. On suppose que dans le contexte du réchauffement global actuel, l'espérance mathématique aussi bien que la variance de ce processus stochastique à l'échelle interannuelle ne seraient plus indépendantes du temps au temps.

Les erreurs systématiques qui affectent d'une façon uniforme certaines portions des séries de mesure sont dues généralement au déplacement ou au changement d'environnement du pluviomètre pendant la période d'observation, à la croissance d'un arbre qui fait obstacle ou à la substitution pendant la période d'observations de l'éprouvette de lecture du pluviomètre par une autre inadéquate qui entraîne une forte hétérogénéité des séries pluviométriques (Heino,1996).

Les principaux tests statistiques :

- Test Mann-Whitney ;
- Test Wald-Wolfowitz ;
- Procédure Bayésienne de Lee et Heghinian ;
- Test de Mann – Kendall ;
- Test de Pettitt (1979) ;
- Test de segmentation d'Hubert (1989).

6. Régionalisation climatique

La pluviométrie présente un intérêt majeur comme signature au-delà de son apport pour la définition du climat. Sa régionalisation s'avère très utile dans de nombreuses applications où il est nécessaire de minimiser la variabilité spatiale du paramètre analysé : détermination des « stations étalons », contrôle et reconstitution de données manquantes) (Champeaux *et al.*,1996).

Les objectifs de la régionalisation (ou zonage) climatique est d'obtenir un découpage d'un territoire en zones homogènes, donc d'étudier la variabilité climatique à l'échelle régionale. Pour cela, une approche globale (« macro ») puis plus précise (« méso » et « micro ») ont été effectuées.

Les principales limites pour la constitution des unités climatiques ont été : la qualité initiale des données, les lacunes dans les séries observées, la répartition spatiale des stations, et la variabilité importante du climat (Singla, 2009).

6.1. Définition des unités climatiques ou « régions »

Une unité climatique est définie comme une zone à pluviométrie homogène contenant des stations dont les variations interannuelles sont cohérentes les unes par rapport aux autres (Wotling, 1994 ; Wotling *et al.*, 1995). La régionalisation climatique permet ainsi de mieux comprendre la variabilité des précipitations et donc du climat.

Pour réaliser une classification des différents climats d'une région, la pluviométrie est donc un des principaux facteurs à prendre en compte. La régionalisation climatique est alors effectuée à partir des différents types de végétation, de la saisonnalité des pluies et des températures.

6.2. Détermination des régions homogènes

Les champs de précipitation sont souvent caractérisés par une homogénéité spatiale plus grande que les débits, ce qui fait que les régions homogènes peuvent souvent être délimitées géographiquement.

Plusieurs méthodes de détermination de régions homogènes ont été appliquées aux précipitations.

6.2.1. Analyse multivariée

Des analyses multivariées telles que l'analyse en composantes principales (ACP) permettent de regrouper les stations dont le plus grand pourcentage de la variance est expliqué par le même axe factoriel (Morin *et al.*, 1979). On applique cette technique pour évaluer la variation spatiale des précipitations et définir les sous-régions homogènes.

L'analyse en composantes principales a été décrite pour la première fois par « Pearson, 1901 ». Depuis, cette technique d'analyse de données est couramment utilisée dans différents domaines (hydrologie, climatologie, chimie et géographie). Cette méthode permet d'analyser un ensemble de n variables (espace à n dimensions) à travers leurs projections dans un sous-espace à n_c dimensions ($n_c \ll n$). Ce sous-espace est choisi de façon à engendrer la plus petite déformation possible. Cette projection permet non seulement de conserver une part essentielle de l'information, mais aussi de la filtrer. Cette méthode d'analyse est très pratique lorsqu'on est en présence d'une masse de données importante difficile à manipuler. Les projections des variables sur les composantes permettent une vision claire lorsque l'on ne retient que deux ou trois composantes (projection sur un plan ou dans l'espace). Il faut cependant que ces dernières expliquent une part de variance significative (Laborde *et al.*, 2010).

Le principe de ACP consiste donc à construire un sous-espace sur lequel la projection des variables de départ se fait avec le moins de déformation possible. Les variables utilisées peuvent avoir des ordres de grandeur très différents, ce qui les rend difficilement comparables. Pour éliminer ce problème, il est recommandé de travailler sur une matrice des valeurs centrées réduites. On parle alors d'analyse en composantes principales sur la matrice des coefficients de corrélation. En effet, si l'on impose que les composantes principales définissant le sous-espace soient des combinaisons linéaires des variables et que ces composantes soient orthogonales entre elles, on démontre ainsi que les composantes principales sont portées par les vecteurs propres de la matrice des coefficients de corrélation entre les variables de départ. De même, la variance des projections des observations sur

chaque composante est proportionnelle à la valeur propre associée à la composante (au vecteur propre) (Laborde *et al.*, 2010).

Enfin, il est à noter que la somme des valeurs propres est égale au nombre de dimensions de l'espace originel (en général n le nombre de variables).

Le grand avantage de cette technique réside dans son aptitude à traiter de façon simultanée un grand nombre de données. Elle permet, en outre, de dégager les interrelations complexes qui existent entre les variables et les résume ou les réduit en un petit nombre d'indicateurs appelés facteurs ou composantes principales. Elle est linéaire, car il s'agit d'une combinaison linéaire des variables de départ (Medjerab *et al.*, 2003).

L'analyse en composantes principales a souvent été utilisée comme méthode d'analyse du régime pluviométrique sur le Nord Algérien. L'analyse en composantes principales permet d'étudier les données en tenant compte de leurs caractères multidimensionnels. C'est une méthode particulièrement puissante qui consiste à trouver un nouvel espace où sont représentées les variables en perdant le minimum d'informations.

Dechemi *et al.*, (2000) ont analysé le régime pluviométrique de six stations représentatives du littoral Algérien. L'analyse en composantes principales a été appliquée aux pluies annuelles et mensuelles des stations pour deux périodes distinctes 1954-1986 et 1987-1996. Les résultats obtenus ont montré une stabilité du régime pluviométrique à l'échelle annuelle pour toutes les stations. À l'échelle mensuelle des variations ont été observés à la station d'Alger au mois de février.

Medjerab, (2005) a mené une étude sur la variabilité spatio-temporelle des pluies au Nord-Ouest de l'Algérie sur la période 1940-1990. L'analyse spatiale des pluies annuelles réalisée par la méthode de l'analyse en composants principales (ACP) a permis de dégager à l'échelle spatiale, la répartition régionale des précipitations, et met en évidence les années qui ont un comportement identique ou opposé dans un espace défini. À l'échelle temporelle, l'analyse en composants principales (ACP) a permis d'opposer les années humides aux années sèches.

Conclusion :

Ce chapitre est une compréhension théorique basée sur une bibliographie climatique générale ; il traite la notion du climat, leurs facteurs, les différents types ainsi que leur répartition.

La variation d'une série de données chronologiques peut être déterminée par plusieurs tests statistiques en fonction du changement recherché brutal ou progressif. Les tests les plus utilisés pour la détection d'un changement ou d'une rupture sont le plus souvent non paramétrique car ils ne tiennent pas compte de la normalité de la série de données. Comme le test de Pettitt et le test de Kendall. La régionalisation climatique permet d'étudier la variabilité climatique à l'échelle régionale et définir les zones homogènes.

CHAPITRE II
Présentation de la région
d'étude

Introduction :

Le domaine d'étude concerne toute la partie Centre et Ouest de Nord d'Algérie, une présentation de ses caractéristiques géographiques, climatiques, et hydrographiques sera donnée dans ce chapitre.

1. Situation géographique

La zone d'étude est située au Nord d'Algérie. Elle comprend huit bassins versants (Chélif, Côtiers Algérois, Côtiers Oranais, Chott Hodna, Isser, Macta, Soummam, Tafna). Elle est constantinoise, Hauts plateaux constantinois, Kebir Rhumel, à l'Ouest par le Maroc et au sud par les bassins de Zahrez et de Chott chergui (Figure 02).

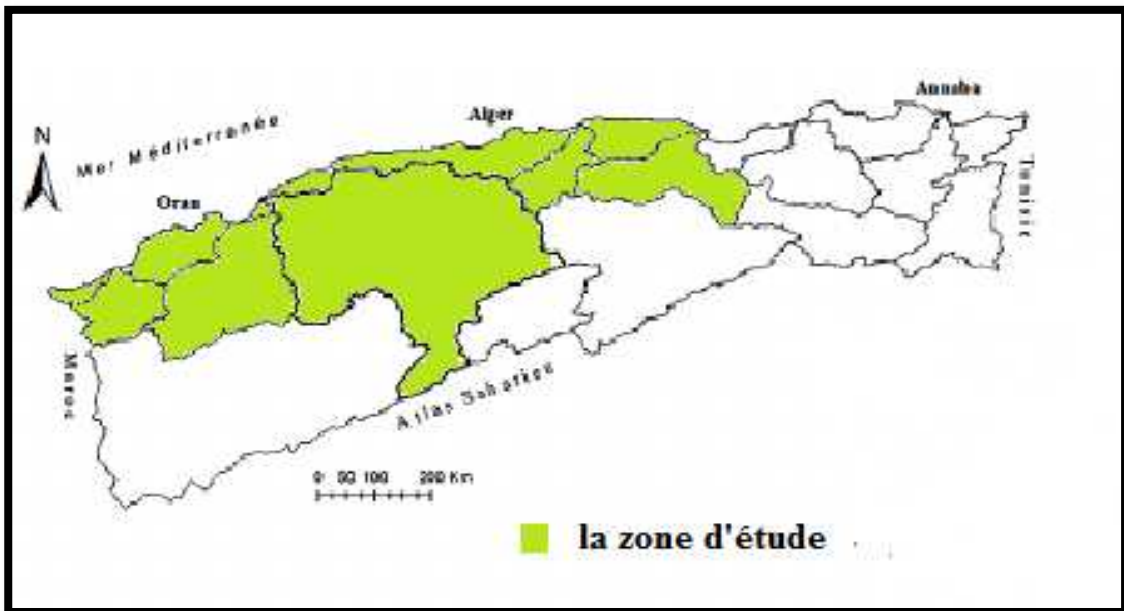


Figure 02 : Situation géographique de la zone d'étude.

2. Relief

La zone d'étude est constituée de deux grands ensembles géographiques : le Tell au Nord, les hauts plateaux et l'Atlas saharien au centre.

Tell, est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux, et de plaines. Les plaines sont discontinues et de largeur variable). Cette région abrite la grande majorité des terres agricoles du pays. L'Atlas tellien est une chaîne de montagnes qui limitent ses plaines[2].

Hauts plateaux et l'Atlas saharien

Les Hauts Plateaux, sont une zone steppique localisée entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud à des altitudes plus ou moins importantes. Ils sont parsemés de dépressions salées, chotts ou sebkhas et ils sont séparés du Sahara par l'Atlas saharien.

L'Atlas saharien, qui forme une succession de chaînes au caractère aride, s'étend d'est en ouest. Il est formé de deux parties distinctes: à l'ouest et au centre l'Atlas Saharien proprement dit, qui culmine au Djebel Aïssa à 2 236 mètres d'altitude[2].

3. Climat

La zone d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen avec un hiver relativement froid et pluvieux et un été chaud et sec. La pluviométrie annuelle atteint 284mm à l'ouest, 611mm au centre pour le littoral. En distingue deux étages bioclimatiques (Brahmi, 2014) :

Un étage bioclimatique subhumide sur la côte et dans l'Atlas Tellien :

Les précipitations diminuent d'Est en Ouest, la région du Tell est caractérisée par un climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et pluvieux.

En ce qui concerne les températures, les minimas sont atteints au mois de janvier, alors que les maximas sont atteints en juillet ou août. Le contraste saisonnier est bien marqué entre l'hiver et l'été. Les températures moyennes en été varient entre 25 et 30 degrés, alors qu'en hiver entre 10 et 15 degrés. Dans les régions montagneuses dépassant les 1000 m d'altitude, ces températures peuvent atteindre des valeurs négatives.

Les vents sont de direction W-NW en hiver, et les vents d'est responsables de fortes précipitations sont rares en cette saison. Les vents de nord-est sont fréquents en été. Ils génèrent des pluies faibles.

Cette variation dépend de la latitude, de la continentalité et du relief.

Un étage bioclimatique aride sur les Hautes plaines et dans l'atlas saharien :

Dans les plaines de l'Atlas tellien, la pluviométrie est faible et varie entre 200 à 400 mm par an. L'Atlas saharien se distingue par un climat très chaud et sec en été (dépassé 30 voire même 40°C), doux en hiver avec une pluviométrie moindre par rapport au nord du fait de son éloignement de la mer.

3.1. Précipitation

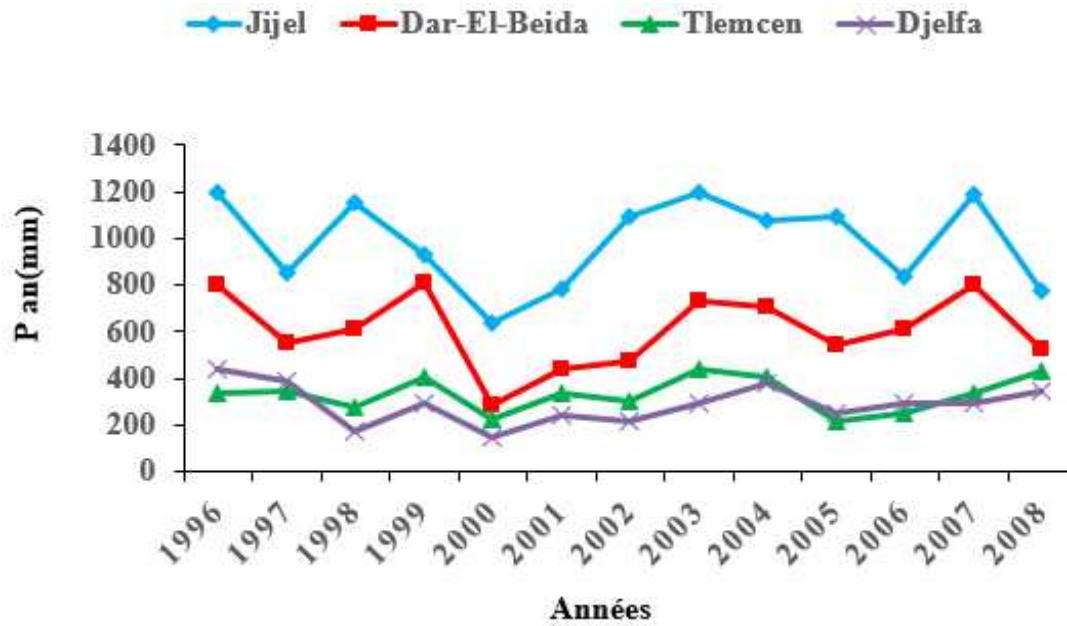


Figure 03 : Evolution des précipitations annuelles durant la période (1996-2008).

D'après les analyse des précipitations annuelles (figure 03) montre que la station la plus sèche est la station de Djelfa avec des valeurs non dépasse pas 400mm par an et une augmentation progressive jusqu'à la station de Jijel en Est avec des valeurs en dépasse 1000mm par an.

3.2. Températures mensuelles

Température moyenne

Nous disposons de données de températures mensuelle dans les stations de Jijel, Dar-El-Beida, Tlemcen et Djelfa pendant la période 1996-2008 (Tableau 02). Notons que, Les plus fortes moyennes mensuelles sont observées dans la station de Tlemcen. Généralement janvier est le mois le plus froid alors que juillet et aout sont les mois les plus chauds.

La température maximale mensuelle pour les stations de Jijel et Dar-El-Beida, varie entre 16.5°C et 32.6°C, et entre 11.3°C et 26.5°C pour la station de Tlemcen. Pour la station de Djelfa, elle est comprise entre 9.8° C et 34.3° C. La température maximale la plus basse est atteinte en janvier et la plus haute est atteinte en août.

La température minimale ne descend pas en dessous de 1.0°C pour l'ensemble des stations.

CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude

Tableau 02 : variation des températures enregistrées pendant la période de (1996-2008) au niveau des deux stations (Jijel, Dar-El-Beida, Tlemcen, Djelfa).

Mois		Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Jijel	T Min(°C)	18,2	15,1	10,7	7,8	6,7	6,5	8,1	10,1	13,4	16,8	19,3	20,4
	T Max(°C)	28,6	25,8	20,4	17,4	16,5	16,5	18,7	20,8	23,8	28,1	30,4	31,5
	T Moy(°C)	23,4	20,5	15,5	12,6	11,7	11,5	13,4	15,4	18,6	22,5	24,9	25,9
Dar-El-Beida	T Min(°C)	17,7	14,4	9,7	6,9	5,5	5,3	7,1	9,3	12,9	16,4	19,1	20,1
	T Max(°C)	29,7	26,5	20,7	17,7	17,3	17,5	20,0	22,0	25,0	29,2	31,7	32,6
	T Moy(°C)	23,7	20,5	15,2	12,3	11,4	11,4	13,6	15,7	18,9	22,8	25,4	26,3
Tlemcen	T Min(°C)	17,7	14,3	9,8	7,0	5,6	6,2	7,8	9,3	12,8	16,5	19,3	20,0
	T Max(°C)	30,0	26,7	20,7	17,5	17,0	17,7	20,5	22,4	24,8	29,8	32,5	33,1
	T Moy(°C)	23,8	20,5	15,3	12,3	11,3	12,0	14,1	15,8	18,8	23,1	25,9	26,5
Djelfa	T Min(°C)	14,2	10,0	4,2	1,8	0,1	1,3	3,4	6,3	10,7	15,5	18,8	18,4
	T Max(°C)	26,9	21,6	14,1	10,0	9,8	11,5	15,7	17,5	23,8	30,3	34,3	33,1
	T Moy(°C)	20,5	15,7	9,0	5,5	4,7	6,0	9,6	12,8	17,6	23,5	27,1	26,4

3.3. L'humidité relative

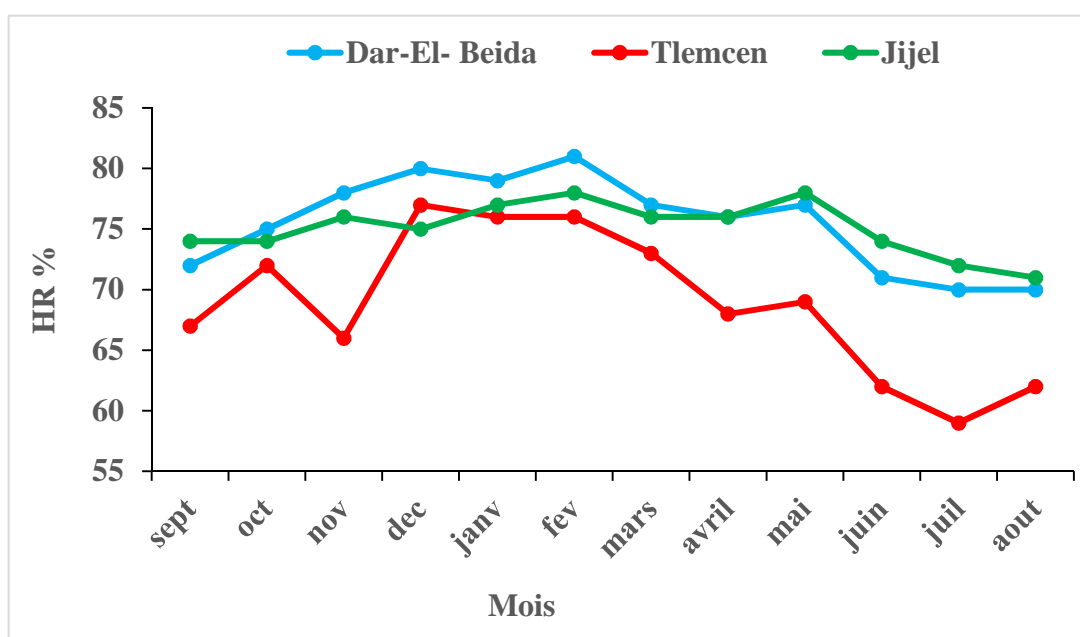


Figure 04 : les valeurs de l'humidité relative moyenne mensuelle de l'air pendant la période de (1996-2008).

La totalité des stations étudiées enregistrent les valeurs les plus hautes pendant la saison hivernale (qui dépasse 75%), les valeurs les plus basses quant à elles, sont enregistrées pendant la saison estivale atteint 50% (figure 04) pour Tlemcen, cet état de fait est largement

CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude

imputé aux températures basses enregistrées pendant l'hiver et les températures hautes enregistrées en été. La station de Dar-El-Beida est plus humide (80%) par contre la station de Tlemcen est plus sec.

3.4. Vitesse du vent

Les données sur les vents sont constituées des vitesses moyenne mensuelles observées en trios stations de mesure durant la période 1996-2008 (tableau 06). Ce tableau permet d'étudier l'évolution de la vitesse du vent en fonction des mois et de définir les régions les plus ventées.

En observant la variation de la vitesse du vent mensuelle au cours des douze mois de l'année, la région de Djelfa est plus ventée avec une vitesse qui dépasse 4m /s pour la période hivernale.

Tableau 03 : Moyenne mensuelle des vitesses du vent moyen (en m/s) pendant la période de (1996-2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Jijel	2.2	2.1	2.6	2.8	2.5	2.5	2.6	2.6	2.3	2.3	2.4	2.4
Djelfa	3,6	3,8	4,3	4,3	4,3	4,4	4,6	5,2	4,6	4,0	4,0	3,7
Dar-El-Beida	2.4	2.0	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4	2.7	2.7	2.8	2.8	2.5

4. Synthèse climatique

La combinaison des données des précipitations et celles des températures permet de mettre en évidence :

- Les périodes sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme pluviométrique de Gaussen et Bagnols.
- Le domaine climatique ou le type de climat suivant le calcul de l'indice d'aridité.

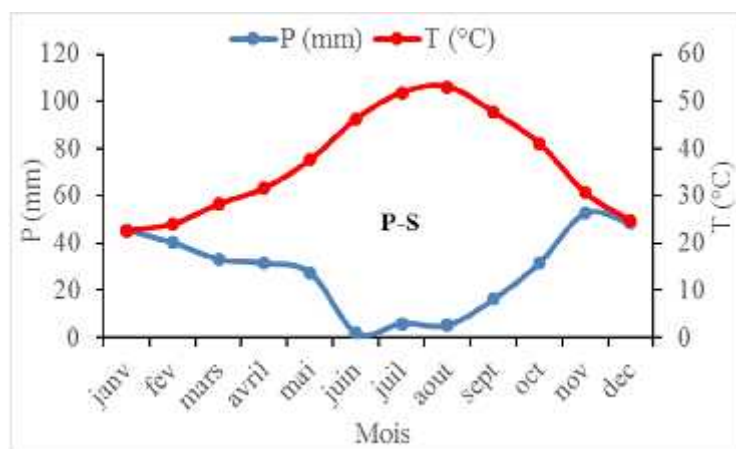
4.1. Diagramme pluviométrique de Gaussen et Bagnols :

En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir le diagramme pluviométrique dont le but est de déterminer la saison Sèche et celle humide.

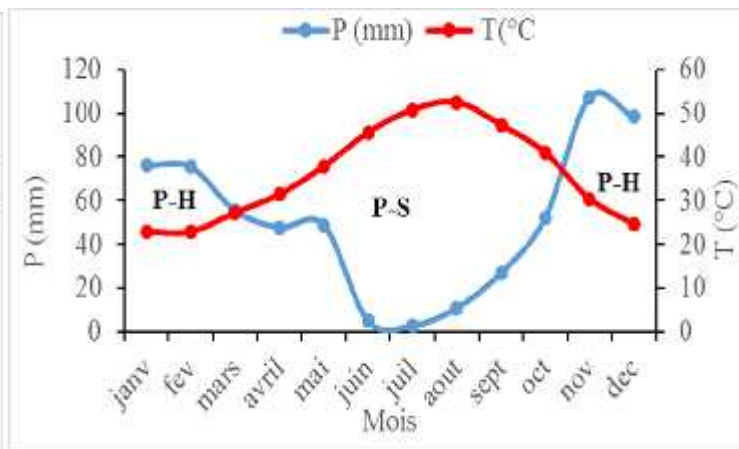
*Un mois sec est celui ou le total des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois. Cette relation permet d'établir un diagramme pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations.

CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude

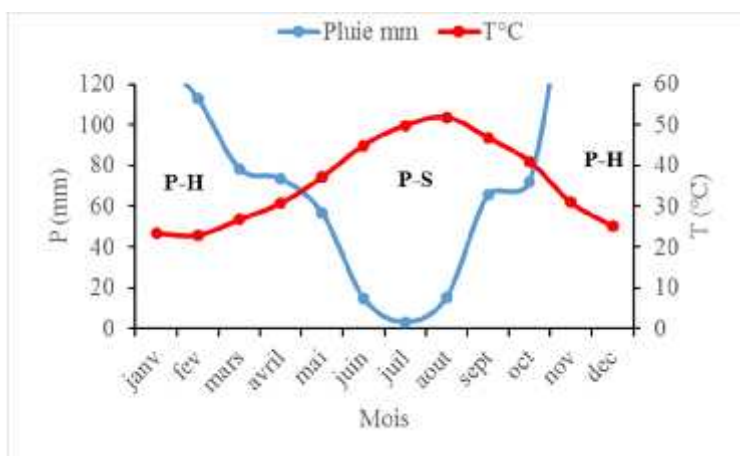
*Lorsque les températures passent au-dessus de la courbe des précipitations, la saison correspondante est déficitaire en eau ; et lorsque la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la saison correspondante est humide.



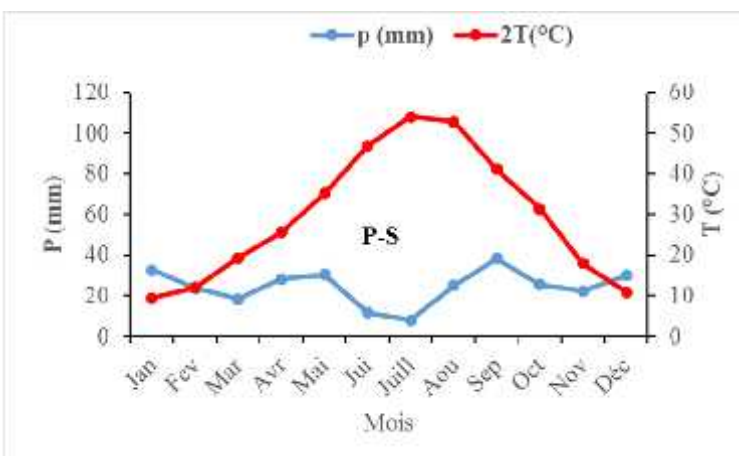
Station de Tlemcen



Station de Dar-El-Beida



Station de Jijel



Station de Djelfa

Figure 05 : Diagrammes pluviométriques des quatre stations pendant la période de (1996-2008).

Le climat et plus exactement les précipitations et les températures ont connu des variations importantes. Les graphes suivants montrent l'évolution des diagrammes pluviométriques pour quelque stations choisies qui réparties sur l'ensemble de la zone d'étude. D'après les graphes, nous constatons que :

La station de Tlemcen caractérisé par une longue période sèche pour tout l'année.

La station de Djelfa caractérisé par une période sèche s'étale au mois février jusqu'à au mois de décembre.

La station de Dar-El-Beida ont connu une période ou des mois sèches s'étale du mois de Mars au mois de novembre.

CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude

La station de Jijel caractérisée par une période sèche s'étale au mois de mai jusqu'à le mois d'octobre.

4.2. Indice d'aridité de De Martonne (1927)

Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles (mm) et la température annuelle (°C), en appliquant la formule suivante (tab.07).

$$IA = P / T + 10 \dots \dots \dots (1)$$

Où :

IA : Indice climatique de Martonne

P : les hauteurs moyenne annuelles des précipitations (mm) ;

T : Température moyenne annuelle(°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 (tableau 03).

Tableau 04 : Les limites de climat d'après l'indice de Martonne

Valeur de IA	Type de climat
$IA \leq 5$	Désertique
$5 < IA \leq 10$	Très sec
$10 < IA \leq 20$	Sec
$20 < IA \leq 30$	Relativement humide
$IA > 30$	Humide

Tableau 05 : Calculs de l'indice de De Martonne.

Paramètres	Pmoy(mm)	Tmoy(°C)	Indice climatique de Martonne	Type de climat
Jijel	985	18	35.1	Humide
Dar -El-Beida	607	18.1	21.6	Relativement humide
Djelfa	289.8	14.9	11.6	Sec
Tlemcen	331	18.3	11.6	Sec

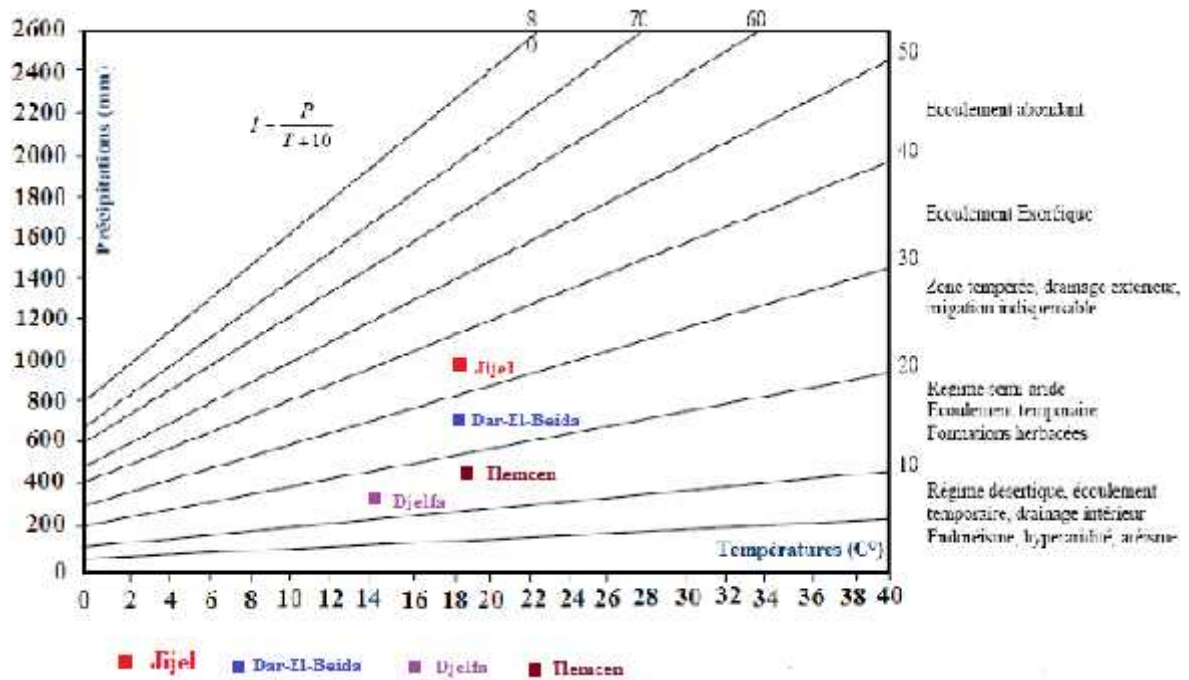


Figure 06 : Abaque de l'indice d'aridité annuel De Martonne pour les quatre stations d'étudié (1996-2008).

D'après les résultats obtenus (tab 04 et figure 06), on peut conclure que ces stations sont caractérisées par un climat humide et d'autre sec.

5. Réseaux hydriques

Schématiquement, les ressources en eau en Algérie se différencient en fonction des grandes zones structurales. Les eaux de surface correspondent plus à la zone tellienne. C'est la zone des grands bassins-versants à écoulement exoréique (Chélif (01), Tafna (16) Macta (11), Soummam (15)). Les eaux souterraines se localisent plus dans les zones des Hautes Plaines (Figure 08).

A l'Ouest, les zones montagneuses dominent les plaines, ce qui explique le nombre important de barrages (vallée de l'oued Cheliff et les périmètres irrigués) (Louamri, 2013).

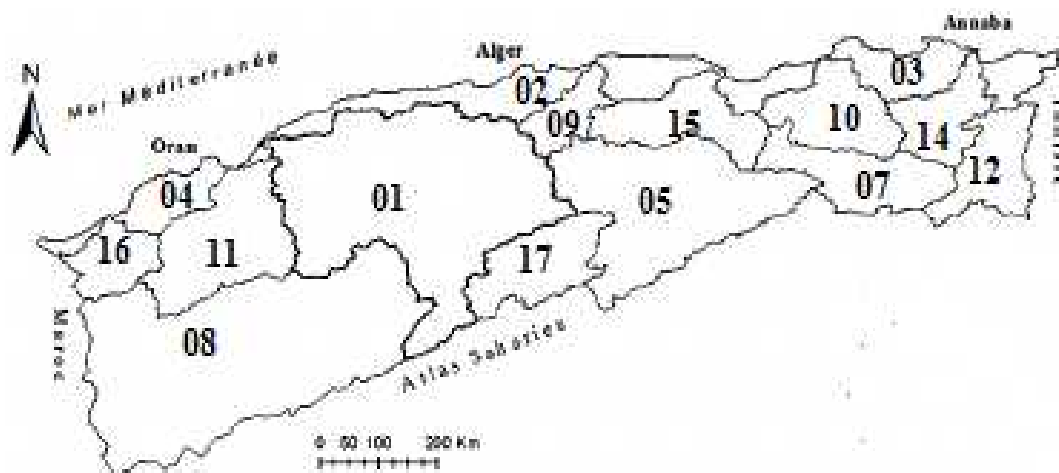


Figure 07 : Les bassins versants du Nord de Algérie (source : ANRH)

5.1. Ressources hydriques de surface

On estime que, pour un apport pluviométrique annuel total de 65.10^9 m^3 le cycle de l'eau de l'ensemble des régions tellienne (versant nord de l'Atlas saharien, Haut plateaux et Atlas Tellien) se décompose ainsi :

- Un ruissellement de 15.10^9 m^3 , (23,1%) ;
- Une infiltration de 3.10^9 m^3 , (4,6%) ;
- Une évaporation de 47.10^9 m^3 , (72,3%).

Cette distribution traduit à elle seule un grand déséquilibre au détriment de l'infiltration (4,6 %) qui limite considérablement la possibilité de réalimentation des aquifères. La prédominance du secteur montagneuse en Algérie du Nord explique le taux élevé du ruissellement (23,1%). Il est d'ailleurs probable que ce taux a considérablement augmenté depuis la publication de ces données. En effet, le ruissellement est inversement lié à la densité de la couverture végétale et le type du sol. Depuis une décennie, la déforestation et l'abandon de plusieurs centaines d'hectares dans les régions montagneuses telliennes ont diminué, d'environ 10%. Le taux élevé du ruissellement impose la construction d'ouvrages de mobilisation (digues, retenues collinaires, barrages) capables de conserver un certain temps les eaux de ruissellement.

L'ensemble des 11 bassins exoréiques de l'Algérie du nord fournit une potentialité d'écoulement de surface de $11,060 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ par. Le tableau 07 en donne la répartition par groupes d'oueds (cours d'eau intermittents) de même importance.

L'ensemble de ces oueds représente 92% du total des écoulements en Algérie, bien qu'ils ne drainent que 7% de surface du territoire, puisqu'il faut exclure le Sahara et les Hauts plateaux (Pauc *et al.*, 2002).

5.2. Eaux souterraines

La géomorphologie de l'Algérie du Nord est dominée par des reliefs à fortes pentes. Elle est associée à une lithologie essentiellement marneuse, qui donne des séries peu ou pas perméable, mais aussi érodables. Ces caractéristiques entraînent que l'Algérie du Nord est défavorisée en matière d'eaux souterraines. Pratiquement, seules les grandes plaines alluviales plio-quaternaires en sont pourvues : Soummam, Mitidja, Sidi Bel Abbés, Mostaganem, Mascara, Oran et les petites vallées qui entaillent l'Atlas Tellien. La puissance des horizons aquifères dépasse rarement les 30 mètres d'épaisseur. Par ailleurs, du fait de l'imperméabilité des sols, la réalimentation naturelle des aquifères est très faible.

En conséquence, les réserves en eaux souterraines sont en quantité limitée (Pauc *et al.*, 2002).

6. Zones humides

Le bassin méditerranéen est riche en zones humides présentant de grandes valeurs écologiques, sociales et économiques. Liées aux caractéristiques du climat méditerranéen, (alternance au cours de l'année de phase de mise en eau, inondées en hiver, asséchées en été), les zones humides méditerranéennes abritent des populations animales et végétales hautement spécifiques (Gherzouli, 2013).

L'Algérie, de par la diversité de son climat et sa configuration physique originale est riche en zones humides offrant des typologies spécifiques. Ainsi, Le Nord-Ouest et les Hauts -Plateaux sont caractérisés par des plans d'eau salée tels que les chotts et les sebkhas (Gherzouli, 2013).

On remarque en Algérie une certaine volonté de sauvegarder les milieux humides. À ce jour, on trouve 50 sites en Algérie ; il y a 26 sites au zone d'étude (14 à l'Ouest ,12 au Centre) ; il y a deux types des zones humides, naturelles et artificielles.

Tableau 05 :la répartition des zones humides dans la zone d'étude.

Zone humide	nombre	exemples
naturelles	280 zones	*Lac Sidi Ben Ali a Sidi Bel Abbés. * Lac De Reghaia à Alger. *Chatt El Hodhna a M'sila. *Dhaya El mersi an Oran. *Merdjat Sidi Abbed Ghilizane.
artificielles	246 zones	*Barrage De Boukara A Tissemsilt. *Barrage Sidi Mhamed Ben Taïba an Ain Defla. *Barrage De Behnifia Maskar *Barrage Tablotte Djidjal.

7. Végétation naturelle

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

- **1 200–1 800 mm**, correspondant à l'étage per humide représenté par des zones restreintes, leurs superficies ne dépassant pas 300 ha, entre 800 et 2 000 m d'altitude, situées au niveau de l'Atlas tellien où se développent des espèces endémiques très rares comme *Abies numidica* (le sapin de Numidie) et *Populus tremula* (le tremble) et des forêts à cèdre (*Cedrus atlantica*) et chêne liège (*Quercus suber*).
- **900–1 200 mm**, c'est l'étage humide, dominé en altitude par les forêts à *Cedrus atlantica* et différentes chênaies bien venantes, *Quercus faginea*, *Quercus suber* et *Quercus 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 *Quercus rotundifolia* et *Pinus halepensis*.
- **400–600 mm**, c'est la zone semi-aride supérieure qui correspond aux forêts, maquis et matorrals plus ou moins dégradés des sommets et versants Nord de l'Atlas saharien. *Quercus rotundifolia*, *Callitris articulata* (le thuya) et l'olivier-lentisque sont les plus représentés au Nord-Ouest, *Pinus halepensis* en altitude.

Cette dernière décennie, le secteur des forêts a bénéficié d'un Programme de Grands Travaux. Ce programme s'articule autour des actions principales suivantes :

- Consolidation et extension du barrage vert dans le cadre de la lutte contre la désertification.
- Aménagement des périmètres des bassins versants des barrages pour lutter contre leur envasement.

- Développement et entretien du patrimoine forestier pour la mise en œuvre d'opérations sylvicoles.
- Reconstitution Extension du patrimoine forestier dégradé pour la préservation de l'écosystème. 60 000 ha/an sont reboisés avec un taux de réussite de 42%.
- **300–400 mm**, correspond à la zone sub-steppique 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 algéro-oranaises et sur le versant Sud des Aurès. Dans cet étage bioclimatique, les parcours sont en compétition avec la céréaliculture au niveau des dépressions (Nedjraoui, 2003).

9.Pédologie

On distingue plusieurs types de sols (Djebaili *et al.*, 1983 ; Halitim, 1988 ; Kadi Hanifi, 1998) les principaux sont :

- **Les sols minéraux bruts** ou sols très peu évolués sont localisés principalement sur les sommets des djebels et sont soumis à une érosion hydrique intense. Ces sols caractéristiques des forêts et des matorrals.
- **Les sols calcimagnésiques** regroupent les sols carbonatés parmi lesquels on retrouve :
 - les sols bruns calcaires à accumulation calcaire qui sont très répandus sur les glacis.
 - les sols à encroûtement gypseux qui sont plus rares, représentés par des petites plages dans les zones de grès alternant avec les marnes et argiles versicolores.
- **Les sols isohumiques** sont représentés dans les glacis. Ils regroupent les sols à encroûtement calcaire ou gypseux. On les retrouve dans les régions arides lorsque les précipitations sont inférieures à 200mm/an.
- **Les sols halomorphes** regroupent les sols salins. Ces sols sont généralement profonds et localisés dans les chotts et les sebkhas. Ils sont pauvres en matière organique. Leur salinité est chlorurée, sulfatée sodique et magnésienne.

Les sols sont soumis à une forte érosion hydrique et éolienne due aux conditions climatiques et à la forte action anthropique qui diminue le couvert végétal. L'action du vent emporte les fines particules telles que les sables et les argiles et laisse sur place un sol caillouteux qui devient improductif. L'érosion hydrique affecte 28% des terres de l'Algérie du Nord. Ce sont

CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude

les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées. L'érosion se manifeste par la formation de rigoles et de ravines sur tout le versant avec affleurement de la roche-mère et une évolution en bad-lands (Hadjiat, 1997).

Conclusion

La zone d'étude concerne la partie Centre et Ouest de nord algérien qui regroupe 08 bassins versants. Les précipitations moyennes varient selon un gradient Est-Ouest et Nord-Sud. Les températures varient considérablement en passant du littoral aux hauts plateaux, les minimas sont enregistrés en janvier et les maximas en juillet.

CHAPITRE III
Données et Méthodes

Introduction

Nous abordons ce chapitre par une présentation des données ainsi que les méthodes utilisées. Une étude générale est consacrée à pour but principal de l'analyse de la variabilité du régime pluviométrique à l'échelle spatio-temporelles et la détermination des régions homogènes.

1. Données climatologiques utilisées

Pour notre travail, nous disposons 127 stations météorologiques dont l'altitude varie entre 5 et 1 420 m réparties sur tous le Centre-Ouest de l'Algérie (la répartition spatiale est très hétérogènes). Les stations sont recueillies au niveau de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (Alger, Blida) et l'Office National de Météorologie (Dar Beida, Alger). Notre choix s'est porté sur les données mensuelles des précipitations structurés suivant l'année hydrologique (du 1^{er} septembre au 31 août). Le choix des stations repose sur les critères de qualité des données et de longueur des séries pluviométrique. La période de fonctionnement est différente d'une station à l'autre. L'emplacement des stations d'observations est représenté sur la Figure 08.

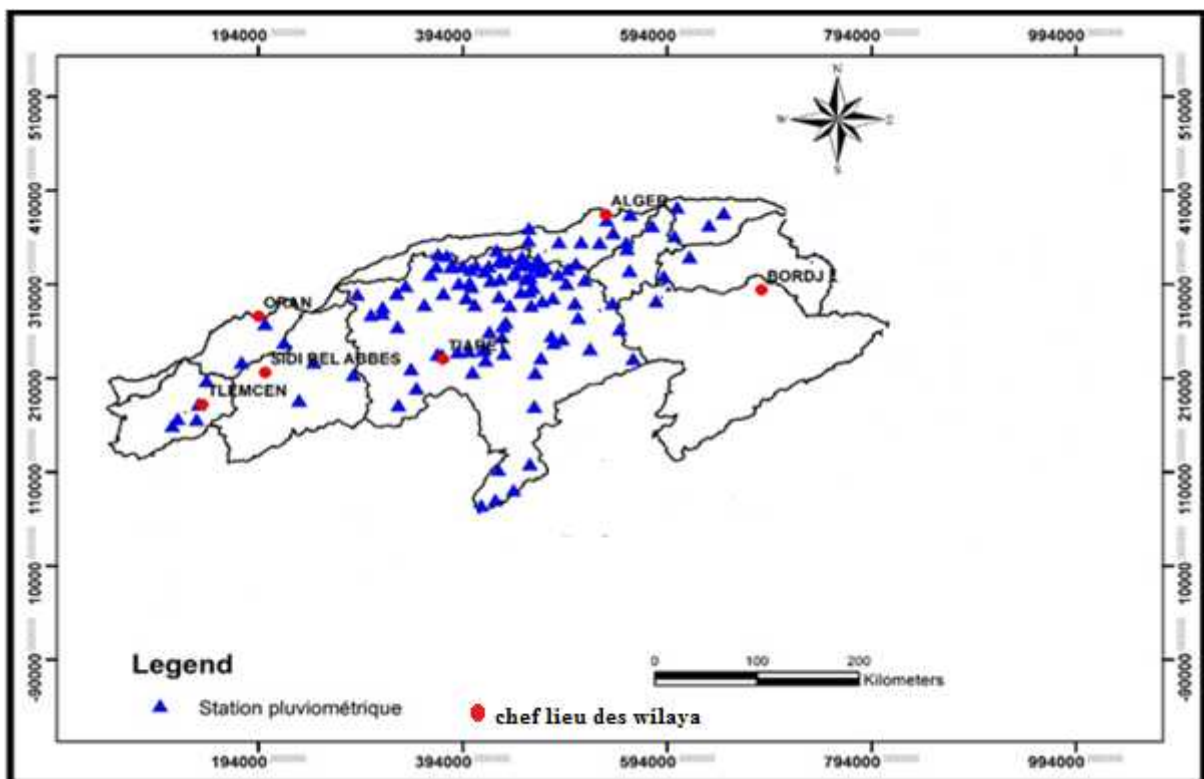


Figure 08 : Présentation géographique des stations pluviométriques étudiées dans le Nord Centre-Ouest Algérienne.

2. Qualité et critique des données

La qualité des données dépend des erreurs qui peuvent se produire dans la chaîne d'acquisition et de traitement de données. Les séries dont nous disposons possèdent des lacunes à des taux variant de 1 à 27%, les stations de bassin Chélif sont caractériser par des nombres important des lacunes (26-27%). Les caractéristiques des stations de ces séries sont présentées dans le tableau 07. (La suite de tableau dans l'Annexe 2)

Tableau 07 : Inventaire des stations pluviométrique de la zone d'étude utilisées dans l'ACP.

Ordre	Id station Code ANRH	Id Sec.	Nom	Altitude	Période	Nombre de lacunes	Le Bassin
1	10101	S1	Brida	1400	1966- 1996	63(16%)	Chélif
2	10102	S2	Sebgag Centre	1420	1966- 2004	124(26%)	Chélif
3	10204	S3	Sidi Bouzide	1250	1966- 2004	129(27%)	Chélif
4	10205	S4	Gueltat Sidisaad	1100	1966- 2004	79(16%)	Chélif
5	10208	S5	Aflou Secteur	1410	1980- 2004	79(26%)	Chélif
6	10502	S6	Zemalet Elamir AEK	843	1967- 2006	74(15%)	Chélif
7	10701	S7	Ain Baadj	1025	1969- 2004	49(11%)	Chélif
8	10703	S8	Rechaiga	830	1967- 2004	15(3%)	Chélif
9	10704	S9	Ksar Chellala	824	1967- 2006	132(27%)	Chélif
10	10706	S10	Sidi Boudaoud	715	1972- 2006	42(10%)	Chélif
11	10708	S11	Ferme Ferhat	900	1973- 2004	12(3%)	Chélif
12	10803	S12	Mehdia	918	1952- 2004	63(9%)	Chélif
13	10804	S13	Mehdia Pepiniere	900	1968- 2004	12(2%)	Chélif
14	10904	S14	Dahmouni Trumulet	970	1969- 2004	13(3%)	Chélif
15	10909	S15	Dahmouni Bge	936	1988- 2004	1(0.4%)	Chélif
16	11003	S16	Colonel Bougara	800	1967- 2004	21(4%)	Chélif
17	11004	S17	Khemisti	935	1967- 2006	6(1%)	Chélif
18	11006	S18	Tissemsilt	858	1973- 2004	17(4%)	Chélif
19	11007	S19	Layoune	1085	1967- 2006	18(3%)	Chélif
20	11102	S20	Zenzach	940	1967- 2004	18(3%)	Chélif
21	11104	S21	Ain Boucif	1250	1967- 2006	29(6%)	Chélif
22	11106	S22	Birine Centre	745	1980- 2006	30(9%)	Chélif

3. Méthodes utilisées

Les méthodes retenues pour l’analyse du régime pluviométrique sont les tests de rupture et l’analyse en composantes principales. Ces méthodes ont été appliqués sur les séries annuelles des précipitations de différentes périodes.

3.1. Analyse du régime pluviométrique par les tests de détection de rupture

L’analyse statistique de séries chronologiques de données météorologiques est un des outils d’identification des variations climatiques. Cette analyse consiste généralement à la mise en œuvre et à l’interprétation de tests statistiques d’homogénéité des séries.

Nous avons utilisé un ensemble des tests statistiques, à savoir : le test de Pettitt, Procédure Bayésienne de Lee et Heghinian et la procédure de segmentation de Hubert sur 19 série pluviométriques, en utilise les séries les plus long et peu lacunaires. Ces tests ont pour objectif de déceler les ruptures ou tendances au sein d’une série chronologique de données.

- **Test de Pettitt (1979)**

Le test de Pettitt est une version modifiée du test de Man-Whitney, il a été décrit par plusieurs auteurs (Pettitt, 1979 ; Lubes *et al.*, 1998). Il permet de vérifier la stationnarité de la série pluviométrique. Cette série étudiée est divisée en deux (2) échantillons respectivement de taille m et n. Les valeurs des deux échantillons sont regroupées et classées par ordre croissant. On calcule alors la somme des rangs des éléments de chaque sous échantillon dans l’échantillon total. Une étude statistique est définie à partir des deux sommes ainsi déterminées, et testée sous l’hypothèse nulle d’appartenance des deux sous échantillons à la même population. Ce test repose sur le calcul de la variable $U_{t, N}$ définie par l’équation suivant :

$$U_{t, N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N \dots\dots\dots (2)$$

Avec $D_{ij} = \text{sgn}(X_i - X_j)$ avec $\text{sgn}(X) = 1$ si $X > 0$ et -1 si $X < 0$

- **Procédure Bayésienne de Lee et Heghinian :**

La méthode fournit la probabilité que le changement se produise à un moment t, dans une série chronologique où on suppose à priori qu’il y a effectivement un changement à un moment indéterminé. De même, cette procédure donne une estimation de la probabilité que l’amplitude du changement ait la valeur du changement éventuel de la moyenne.

- **Test de segmentation d'Hubert (1989)**

La procédure de segmentation de séries chronologiques a été présentée par (Hubert, 1987) Elle a été ensuite complétée par (Hubert *et al.*, 1989). Le principe de cette procédure est de « découper » la série en m segments ($m > 1$) de telle sorte que la moyenne calculée sur tout segment soit significativement différente de la moyenne du (ou des) segment(s) voisin(s). La segmentation est définie de façon suivante : Toute série $x_i, i=i_1, i_2$ avec $i_1 \geq 1$ et $i_2 \leq N$ ou $i_1 < i_2$ constitue un segment de la série initiale des $(x_i), i=1, \dots, N$ L'hypothèse nulle H_0 est « la série étudiée est stationnaire ». Si la procédure ne produit pas de segmentation d'ordre supérieur ou égal à 2, l'hypothèse nulle n'est pas acceptée.

Ces tests sont regroupés dans le logiciel Khronostat, qui est un logiciel d'analyses statistiques de séries chronologiques développé par Jean-François Boyer à l'IRD disponible sur le site internet d'HydroSciences Montpellier [2]. Sur ce logiciel, plusieurs tests de détection de ruptures sont disponibles (Hallouz *et al.*, 2011)

Nous avons utilisé ces trois tests de rupture pour analyser des séries chronologiques des précipitations à l'échelle annuelle ainsi qu'à l'échelle saisonnière (automne (septembre, octobre, novembre) et l'hiver (décembre, janvier, février) et printemps (Maras, avril, mai)) pour 23 stations pluviométriques (tableau 08) sur la période (1940-2015) en utilisant celle les séries les plus longues.

3.1.1. Préparation les fichiers de données

En pratique, il faut créer un fichier d'extension KSI :

1) sous Excel :

Enregistrer un tableau de données avec une variable temps et une sur les précipitations par exemple (attention enregistrer une série par une série) en format csv ou txt avec comme séparateur point-virgule (;)

2) sous un éditeur de texte :

Ouvrir le fichier et entrer l'information pour chaque station (Nom, la qualité et l'unité de paramètre étudié, date de début et de fin puis la série).

Par exemple :

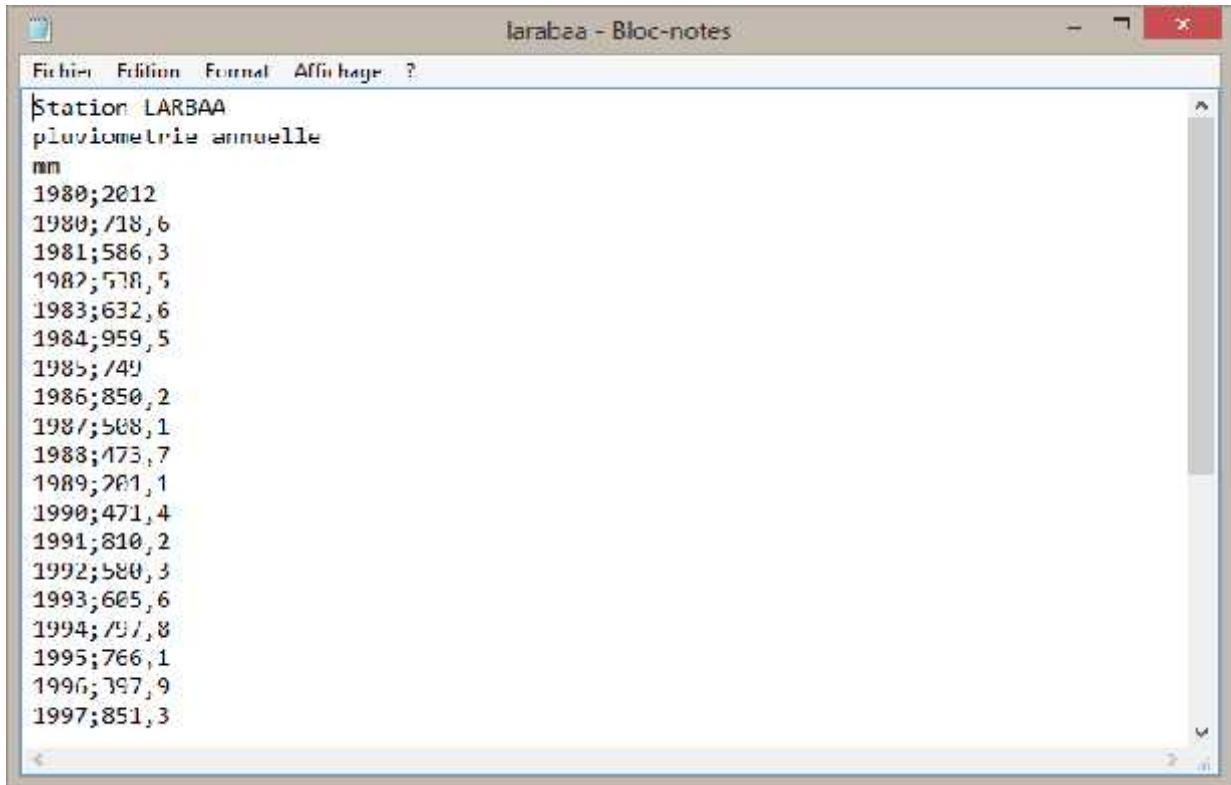


Figure 09 : Exemples de format des données annuelle de précipitation du logiciel Khronostat

Enregistrer le doc en txt.

3) sous un explorateur de Windows, changer txt par Ksi.

4) sous Khronostat :

Après l'installation de ce logiciel, sélectionner le fichier, puis les méthodes, exécuter. Plusieurs méthodes pour le calcul de rupture sont possibles en même temps. Le logiciel crée un fichier .Ksi avec tous les résultats.

Tableau 08 : Inventaire des stations utilisées pour les tests de rupture.

Id station	Nom	Période	Id station	Nom	Période
10803	Mehdia	1952-2002	12108	Fodda Barrage	1950-2011
11208	Boughzoul	1948-2005	12219	Chlef A.N.R.H	1974-2012
11210	Sidi Bouabdallah	1976-2012	12308	Ouled Abdelkader Ben	1967-2011
11404	Zoubiria Mongorno	1968-2012	12309	Oued- Sly	1967-2011
11405	Ghrib Bge	1941-2011	20632	Reghaia	1980-2012
11603	Bordj El Amir AEK	1968-2011	21014	Oued Zeboudj	1980-2012
11605	Theneit El Had	1966-2010	21403	Larbaa	1980-2012
11703	Bordj El Amir Khaled	1968-2010	11804	Ain Defla	1955-2006
11717	El Khemis ANRH	1975-2012	11904	Rouina Mairie	1968-2012
11801	Arib Ebda	1968-2010			

3.2. Analyse en Composantes Principales(ACP)

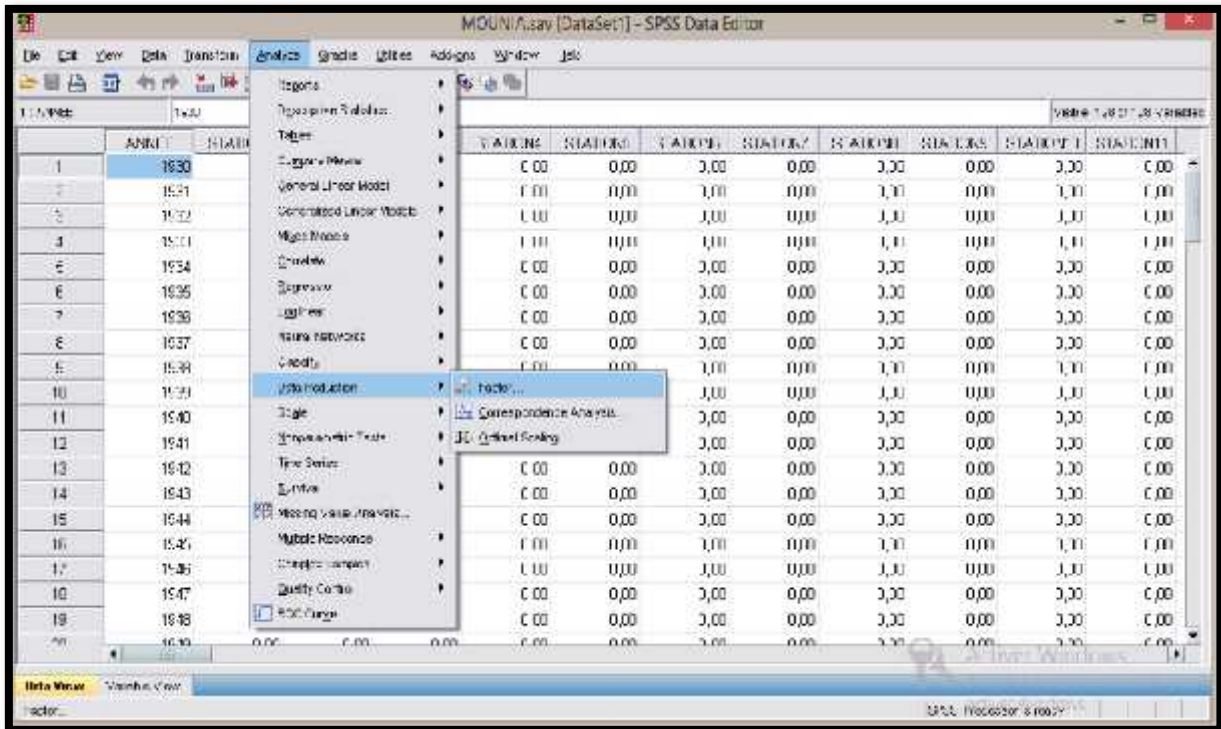
A travers l'analyse en composantes principales une régionalisation de la zone d'étude sera effectuée à l'échelle annuelle sur 127 stations pluviométriques pour la période 1930-2012.

3.2.1. Etapes d'analyse en composantes principales

Les principales étapes de l'analyse en composantes principales sont :

- La recherche des variables similaires
- L'analyse factoriel

CHAPITRE III : Données et Méthodes



- La matrice des corrélations entre les variables choisies.
- L'interprétation des résultats.

Conclusion

Le réseau climatologique retenu regroupe 127 postes pluviométriques répartis sur l'ensemble de la zone d'étude sur la période d'observation 1930-2012.

La méthodologie adoptée est bien définie, les tests statistiques sont utilisés pour la détection des ruptures au sein des 19 séries de données(pluie) et l'analyse en composant principale pour définir les régions homogènes sur tout le centre-ouest Algérien.

CHAPITRE IV

Résultats et Discussions

1. Interprétation et analyse des résultats

1.1. Résultats des tests de rupture

Le but de cette partie est d'analyser et interpréter la détection de rupture ainsi le résultat de la régionalisation avec l'ACP. Nous qualifions une rupture faible lorsque la date de rupture est indiquée par un seul test sur trois utilisés. Une rupture dite probable est définie par une date de rupture signalée par deux tests statistique sur trois. Une rupture avérée lorsque la date de rupture est apparue dans tous les tests utilisés.

1.1.1. Résultats des tests de rupture à l'échelle annuelle

Tableau 09 : Détection des ruptures sur les séries de pluies annuelles

Régions	Nom des stations	Période	Année de rupture	Moyenne (mm)		Taux de déficit/ excédent
				Avant	Après	
Centre	Ain Defla	1955-2006	1986*1979**1971***	539.4	397.3	- 26.34%
	Arib Ebda	1968-2010	1986*2007**1986***2005***	570.5	708.3	+ 24.15%
	Bordj El Amir Khaled	1968-2010	1976*1976**1977***	622.3	323.8	- 47.96%
	Bordj El Amir AEk	1968-2011				
	Boughzoul	1948-2005				
	Ghrib Bge	1941-2011	1962*1962**1980***2001***	531	620.5	+16.85%
	El Khemis ANRH	1975-2012	2007**			
	Larbaa	1980-2012	1986**	697,4	552,4	-20.79%
	Oued Zeboudj	1980-2012	2007**			
	Reghaia	1980-2012	2001*2001**2002***	532.9	735.4	+38%
	Rouina Mairie	1968-2012	1979*1980***2007***	431.7	424.2	+1.73%
	Sidi Bouabdallah	1976-2012	1981**1980***1997***	250.6	199.8	-20.27%
	Theneit El Had	1966-2010				
Zoubiria Mongorno	1968-2012	2007**				
Ouest	Ouled Ben Abdalkader	1968-2011	1977*1976**1975***2000***	511.1	424	-20.54%
	Chlef ANRH	1974-2012	2008**			
	Fodda Barrage	1950-2011	1979*1979**1976***1998***	506.2	518.7	+2.41%
	Mehdia	1952-2002	1979*1979**1965***1966***	397.7	330	-17%
	Oued-Sly	1967-2011	1980*1980**1977***1990***	402.8	331.8	-17.62%

*Rupture détectée par la méthode non paramétrique de PETTITT.

**Rupture détectée par la méthode de bayésienne de LEE et HEGHNIAN.

***Rupture détectée par Segmentation de HUBBERT.

Dans la région centre, plusieurs ruptures à des années différentes sont observées pour Ain Defla et Sidi Bouabdallah. Au contraire pour Boughzoul, Bordj El Amir AEk et Theneit El Had ; aucune modification ne semble être observée sur les séries chronologiques. Nous notons des ruptures faibles en 2007 pour la stations d'El Khemis, Zoubiria et Oued Zeboudj, et en 1979 pour la station de Rouina Mairie. Ensuite des ruptures probables sont remarquées en 2001 au niveau de la station de Reghaia, 1962 à Ghrib Bge. Il est aussi important de

CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

détecter une forte rupture en 1976 pour la station de Bordj El Amir Khaled et en 1986 pour Arib Ebda.

Notons tout de même que pour la région Ouest des ruptures probables observé en 1979 à Mehdiya et Fodda Barrage et en 1980 à Oued-Sly. Ainsi des ruptures faibles en 2005, et 1977 pour Ouled Ben Abdelkader et 2008 pour Chlef.

Les résultats de détection de ruptures montrent Une diminution a été enregistrée sur l'ensemble des stations de la région centre (26 – 47%) et à l'Ouest de 17% à partir des années 70.

1.1.2. Résultats des tests de rupture à l'échelle saisonnière

Pour connaître les saisons influençant la variation annuelle du régime pluviométrique sur le Centre-Ouest Algérien, nous avons appliqué les tests de rupture pour chaque saison de l'année et pour toutes les séries de pluies (sauf l'été).

Tableau 10 : Détection des ruptures sur les séries de pluies de l'automne

Régions	Nom des stations	Période	Année de rupture	Moyenne (mm)		Taux de déficit/excédent
				Avant	Après	
Centre	Ain Defla	1955-2006	1979*1969**1965***	180.3	104.1	-42.62%
	Arib Ebda	1968-2011	2006**			
	Bordj El Amir Khaled	1967-2010	1969**	155,4	138	-11.19%
	Bordj El Amir AEK	1967-2011	1968**			
	Boughzoul	1948-2006	2005**			
	Ghrib Bge	1941-2012	2011**			
	El Khemis Anrh	1975-2012	2006**			
	Larbaa	1980-2012	2009**			
	Oued Zeboudj	1980-2012	2006**			
	Reghaia	1980-2012	2006**2007***	159.3	266.8	-67.48%
	Rouina Mairie	1968-2012	2006**			
	Sidi Bouabdallah	1974-2012	1975**			
	Theneit El Had	1966-2011				
	Zoubiria Mongorno	1966-2012				
Ouest	Ouled Ben Abdelkader	1968-2011				
	Chlef ANRH	1972-2012	2011**			
	Fodda Barrage	1948-2011	2005**			
	Mehdiya	1952-2004	2003**			
	Oued-Sly	1967-2011	2010**			

En automne, la variation saisonnière n'apparaît pas que pour certaines stations le long de la zone d'étude (Theneit El Had, Zoubiria Mongorno, Ouled Ben Abdelkader) et enregistrent des diminutions remarquables de précipitations au niveau de station de Ain Defla

CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

dans la période 1955-2006. Ainsi la plupart des stations de notre zone d'étude indiquent des variations saisonnières en automne au niveau des trois régions pendant les années 2000.

Tableau 11 : Détection des ruptures sur les séries de pluies d'hiver

Régions	Nom des stations	Période	Année de rupture	Moyenne (mm)		Taux de déficit/excédent
				Avant	Après	
Centre	Ain Defla	1955-2006	1986*1973**1972***	252.8	172.3	-31.84%
	Arib Ebda	1967-2011	2007**			
	Bordj El Amir Khaled	1967-2010	1986*1973**1974***	299.4	136	-54.57%
	Bordj El Amir AEK	1967-2012	2006**			
	Boughzoul	1948-2005	2001**			
	Ghrib Bge	1941-2012	1963*1961**1960***	256.1	189	-26.20%
	El Khemis ANRH	1975-2012				
	Larbaa	1980-2012	2001**			
	Oued Zeboudj	1980-2012	1986**	283,2	181	-36.08%
	Reghaia	1980-2012	2001**			
	Rouina Mairie	1967-2012	1968**			
	Sidi Bouabdallah	1974-2012	2009**			
	Theneit El Had	1964-2011	2010**			
Zoubiria Mongorno	1968-2012	1972**	257,6	191,6	-25.62%	
Ouest	Ouled Ben Abdelkader	1968-2011	1972**1973***	225.2	127.3	-43.47%
	Chlef ANRH	1971-2012				
	Fodda Barrage	1948-2011	1986*1986**1967***1973***	185.1	150	-18.96%
	Mehdia	1952-2004	1986*1986**1982***	145.9	87.1	-40.30%
	Oued-Sly	1966-2011	1973**	178,7	140,2	-21.54%

En hiver, les stations centre et ouest indiquent une baisse significative des précipitations à partir des années 70 /80, surtout la région ouest (18-43%). La région centre enregistre une baisse en trois stations Ghrib Bge, Ain Defla Et Arib Ebda dans la période 1941-2012.

CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

Tableau 12 : Détection des ruptures sur les séries de pluies de printemps

Régions	Nom des stations	Période	Année de rupture	Moyenne (mm)		Taux de déficit/ excédent
				Avant	Après	
Centre	Ain Defla	1955-2006	2005**			
	Arib Ebda	1966-2011	1980**			
	Bordj El Amir Khaled	1967-2010	1980*1975**1970***1976***	114.1	97.3	-14.72%
	Bordj El Amir AEK	1967-2012	1980**			
	Boughzoul	1948-2006	1949***	226.4	66.2	-70.76%
	Ghrib Bge	1940-2011	1979**			
	El Khemis ANRH	1975-2012	1980**			
	Larbaa	1980-2012	2011**			
	Oued Zeboudj	1980-2012	2005**2006***	129.1	205.7	+59.33%
	Reghaia	1980-2012	2002**			
	Rouina Mairie	1967-2012	1980**1981***	136	95.5	-29.77%
	Sidi Bouabdallah	1973-2012	1981**	64,5	41,5	-35.65%
	Theneit El Had	1964-2012	2010**			
	Zoubiria Mongorno	1968-2012	2005**			
Ouest	Ouled Ben Abdelkader	1967-2011	1978*1978**1979***	149.4	98.5	-34.07%
	Chlef ANRH	1970-2012	2005***	92.8	140.3	+51.18%
	Fodda Barrage	1948-2011	1979*1979**1968***1973***	131.7	110.7	-16.47%
	Mehdia	1952-2004	1981*1998**1994***	112.1	41	-63.42%
	Oued-Sly	1966-2011	1979*1977**1978***	146.6	76.7	-47.68%

La variabilité saisonnière des précipitations au printemps ne touche que certaines stations de la partie ouest de la zone d'étude. La plupart de ces stations sont caractérisées par une baisse importante des précipitations printanière qui suivent le comportement des précipitations annuelle, ainsi des ruptures faibles produites dans la majorité des stations centre.

Les résultats obtenus montrent que toutes les séries présentant une rupture annuelle, indiquent une variation saisonnière. Les années de ces ruptures sont enregistrées entre 1977-1981. Cette variation saisonnière se manifeste pour la plupart des stations, pendant tous saisons surtout pour l'hiver.

La plupart des stations qui ne présentent pas de rupture annuelle, n'indiquent aucune variation pluviométrique pour les différentes saisons.

L'analyse et l'interprétation de détection des ruptures nous a permis de constater, que la constitution des régions est limitée par la quantité du jeu de données, mais aussi par leur répartition spatiale et la durée des séries.

Cette approche statistique nous a également indiqué des dates de ruptures différentes. Finalement, que les données observées présentent les dates des ruptures donc permet de présenter la variabilité climatique régionale.

Nous avons noté une tendance à la diminution des précipitations à la fin des années 70 début des années 80 au centre-ouest d'Algérie. Cependant ce signal reste faible et hétérogène. En effet, de nombreuses ruptures faibles sont observées tandis que peu de ruptures probables sont détectées.

Ces résultats coïncident avec plusieurs autres études (Xoplaki, 2004 ; Meddi, 2010 ; Khaldi, 2005, Norrant, 2007). Le GIEC (2007) explique cette tendance par l'émission des gaz à effet de serre qui a commencé à croître à partir des années 50 et prédit une hausse de plus de 4°C au cours de ce siècle.

1.2. Interprétation de l'analyse en composantes principales

L'analyse de la variabilité du régime pluviométrique repose d'abord sur une bonne corrélation entre 127 stations pluviométriques avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,6 ($r \geq 0,6$) mais plusieurs stations sont restées hétérogènes (non corrélée) surtout au centre ($r < 0,6$).

1.2.1. A l'échelle des « macros » régions : D'après la Figure 11, la zone d'étude peut être subdivisée en cinq principales régions avec des caractéristiques climatiques différentes (Annexe 05).

Nord-Centre : comporte 39 stations pluviométriques réparties au niveau de deux bassins Côtiers Algérois-Nord Est Chélif (Région I). Cette région est caractérisée par un hiver humide et un été sec avec une lame d'eau de 953,9 mm au moyenne annuelle.

Nord-Ouest : est ensemble de 25 stations réparti sur les bassins de Macta, Tafna, Côtiers Oranais, Nord-Ouest Chélif (Région II). Le climat de cette région, est caractérisé par deux saisons nettement tranchées : les hivers moins pluvieux et les étés chauds. Avec une pluviométrie moindre par rapport au centre. Généralement le mois de janvier c'est plus pluvieux avec 63 mm en moyenne et une précipitation moyenne annuelle varie entre 476,2 et 392,8.

Centre- Est : contient (07) stations distribué au niveau de trois bassins ; Chott Hodna, Isser, Soummam (Région III), cette zone caractérisée par une pluviométrie important avec moyenne annuelle de 801,52mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de décembre (176mm en moyenne).

Centre : qui comporte 35 stations reparti sur Est et Sud Chélif (Régions IV). Cette région caractérise par une moyenne annuelle de 361mm, le mois le plus pluvieux c'est le mois de janvier avec 46,2 mm en moyenne.

CHAPITRE IV : Résultats et Discussion

Centre-Ouest : est représentée par 12 stations à l'Ouest Chélif (Région V), où la pluviométrie très faible (357 mm en moyenne annuelle), le mois de janvier c'est le mois le plus pluvieux avec une valeur de 46 mm en moyenne. La faiblesse dans cette zone est expliquée par l'effet de l'altitude. Les masses d'air venant du Nord deviennent faibles, leur flux descendant se comprime et s'échauffe, ce qui fait disparaître les condensations et baisser l'humidité relative et qui entraîne une augmentation de la température et les vents sont très secs que venant au sud.

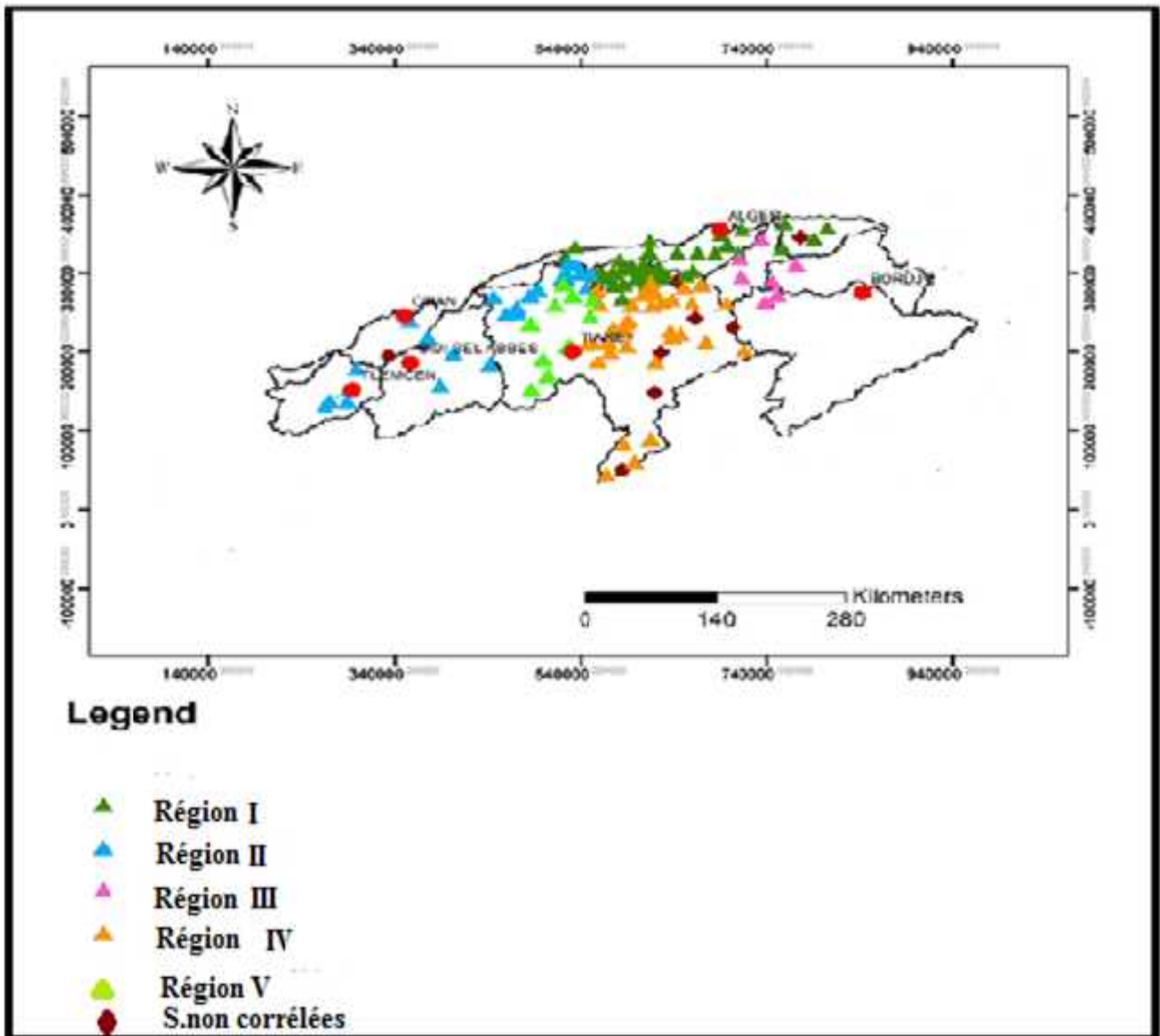


Figure 10 : les « macro » régions

1.2.2. A l'échelle des « méso » régions : la région d'étude est subdivisée en 07 régions climatiques homogènes regroupées selon le coefficient de corrélation (Annexe 06).

Région I.1 : qui comporte 30 stations au Centre Côtiers Algérois-Nord-Est Chélif. Elle se caractérise par une moyenne annuelle de 712,9mm. Le mois de décembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 109,3mm.

Région II.1 : est l'ensemble des bassins de Macta- Tafna- Côtiers Oranais qui créent une zone de 10 stations pluviométrique bien corrélés avec un coefficient de corrélation entre 0,7 et 0,9. Cette région est caractérisée par une moyenne annuelle de 450,2 mm en moyenne. Le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec une valeur de 61,6 mm en moyenne.

Région II.2 : est caractérisé l'Ouest Côtiers Algérois-Nord-Ouest Chélif avec 23 stations pluviométriques. La moyenne annuelle de cette région est 476,2mm, le mois de décembre c'est le mois le plus pluvieux qui exprime une valeur moyenne de 84,9mm.

Région II.3: c'est Ouest Chélif qui comporte 27 stations pluviométriques, elle enregistre une moyenne annuelle de 442mm et le mois de janvier c'est le mois le plus pluvieux avec 63 mm en moyenne.

Région III. 1 : regroupe 10 stations homogènes au niveau de Soummam- Isser-Est et Centre Côtiers Algérois, la pluviométrie est la plus importante (953,9mm en moyenne annuelle). Le mois le plus pluvieux c'est le mois de décembre (176 mm en moyenne).

Région IV.1: c'est le Sud-Chélif qui crée une zone de (08) stations homogènes. Qui ont connu une faible pluviométrie (361mm au moyenne annuelle), le mois le plus pluvieux c'est le mois de décembre avec 28.3 mm en moyenne.

Région IV.2: qui représente 10 stations pluviométriques de l'Est Chélif et Chott Hodna. La moyenne annuelle de cette région est estimée à 512mm, le mois de janvier enregistre une forte pluie pour toute l'année avec 73,9 en moyenne.

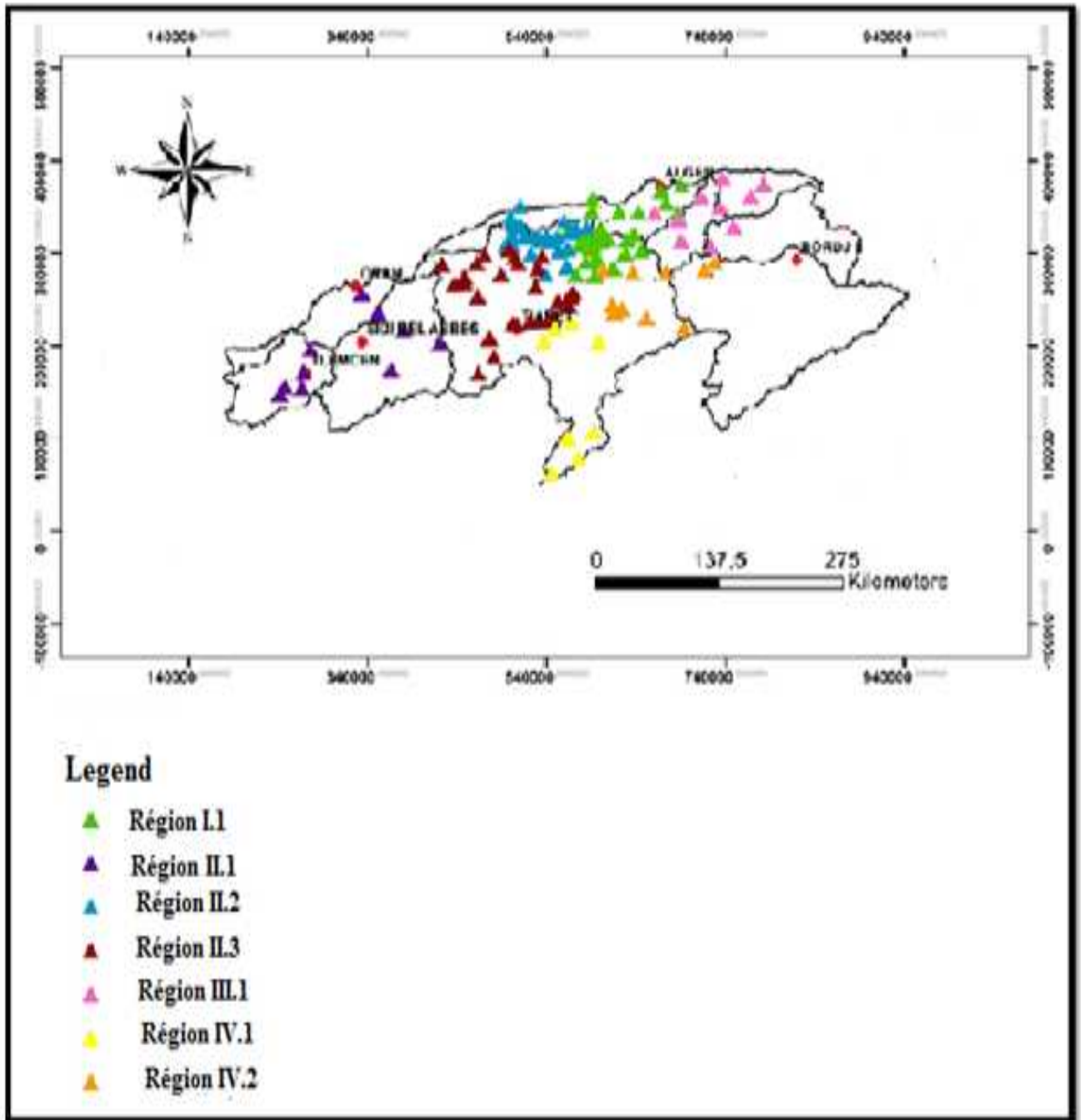


Figure 10 : représentant les « méso » régions

1.2.3. A l'échelle des « micros » régions : chaque méso région regroupée en des micros régions homogène, on trouve 14 unités climatique réparti sur l'ensemble de la zone d'étude (Annexe 08).

Région I.1.1 : c'est ensemble de 21 stations pluviométriques dans les bassins de Nord-Est Chéiff ayant de même conditions climatiques, une précipitation moyenne annuelle de 540,4 mm. Le mois de décembre enregistre une moyenne plus de 72,5mm.

Région I.1.2 : engendre (09) stations au Centre Côtiers Algérois. Située en altitude entre 20-400m, caractérisé par une moyenne annuelle de 712.9mm.

Région II.1.1 : cette région est située dans l'Ouest de la zone d'étude ; dans le bassin de Côtiers Oranais et de Macta, comporte quatre stations pluviométriques, ces stations connues par une faible précipitation, qui est enregistré une moyenne annuelle de 450.2mm.

Région II.1.2 : appartient aux bassins versants de Macta et Tafna du Nord-Ouest algérien avec une altitude variant entre 920 et 1250 m, cette région est moins arrosée (398,2en moyenne annuelle).

Région II.2.1 : est composé principalement de 13 stations de nord-ouest Chéiff, caractérisé par une moyenne annuelle de 417,3mm. Le mois de décembre est le mois le plus pluvieux où la lame précipitée est de 64,2mm en moyenne.

Région II.2.2 : elle englobe des bassins versants de grande importance qui font partie des Ouest Côtiers Algérois-nord-ouest Chéiff, caractérisé par une moyenne annuelle de 476,3mm et enregistré une valeur moyenne plus élevé au mois de décembre (84,9mm).

Région II.3.1 : Elle couvre 10 stations pluviométriques dans l'Ouest Chéiff ces stations sont caractérisées par une moyenne annuelle de 403,8mm et de 65,4pour le mois de janvier.

Région II.3.2 : appartient dans l'Ouest Chéiff et définit 07 stations pluviométriques avec une moyenne annuelle de 339,5mm, le mois de février est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 67,4mm.

Région II.3.3 : englobe quatre stations dans le versant Nord-Ouest Chéiff, située entre l'altitude 60-230m caractérisée par une moyenne annuelle de 317,3mm et de 44mm pour le mois de décembre.

Région II.3.4 : c'est six stations réparties dans le sud-ouest de bassin Chélif. Se caractérise par une faible pluviométrie avec une moyenne annuelle de 308,9mm et de 43,2 au mois de janvier.

Région III.1.1 : cette région détermine 07 stations distribuées dans les trois bassins de Soummam-Isser-Est Côtiers Algérois. Caractérisé par une forte pluviométrie qui dépasse une moyenne de 950mm et 176mm pour le mois de décembre.

Région III.1.2 : couvre trois stations au niveau de deux bassins : Centre Côtiers Algérois et Isser la moyenne annuelle de cette région est 762,3mm et 107,3mm enregistré au mois de décembre.

Région IV.1 et IV.2 : les stations de ces deux régions sont caractérisées par un coefficient de corrélation très proche (entre 0,60-0,65) donc elle ne regroupe pas en des micro régions.

Le reste des stations s'est des stations non corrélées (hétérogènes) avec un coefficient de corrélation ($r < 0,6$) réparti surtout dans le bassin Chélif (Annexe 08).

Le résultat obtenu par le coefficient de corrélation ($r < 0,6$) confirme la forte variabilité des précipitations d'Est en Ouest et du Nord au Sud, qui est principalement liée aux grands ensembles géographiques du pays.

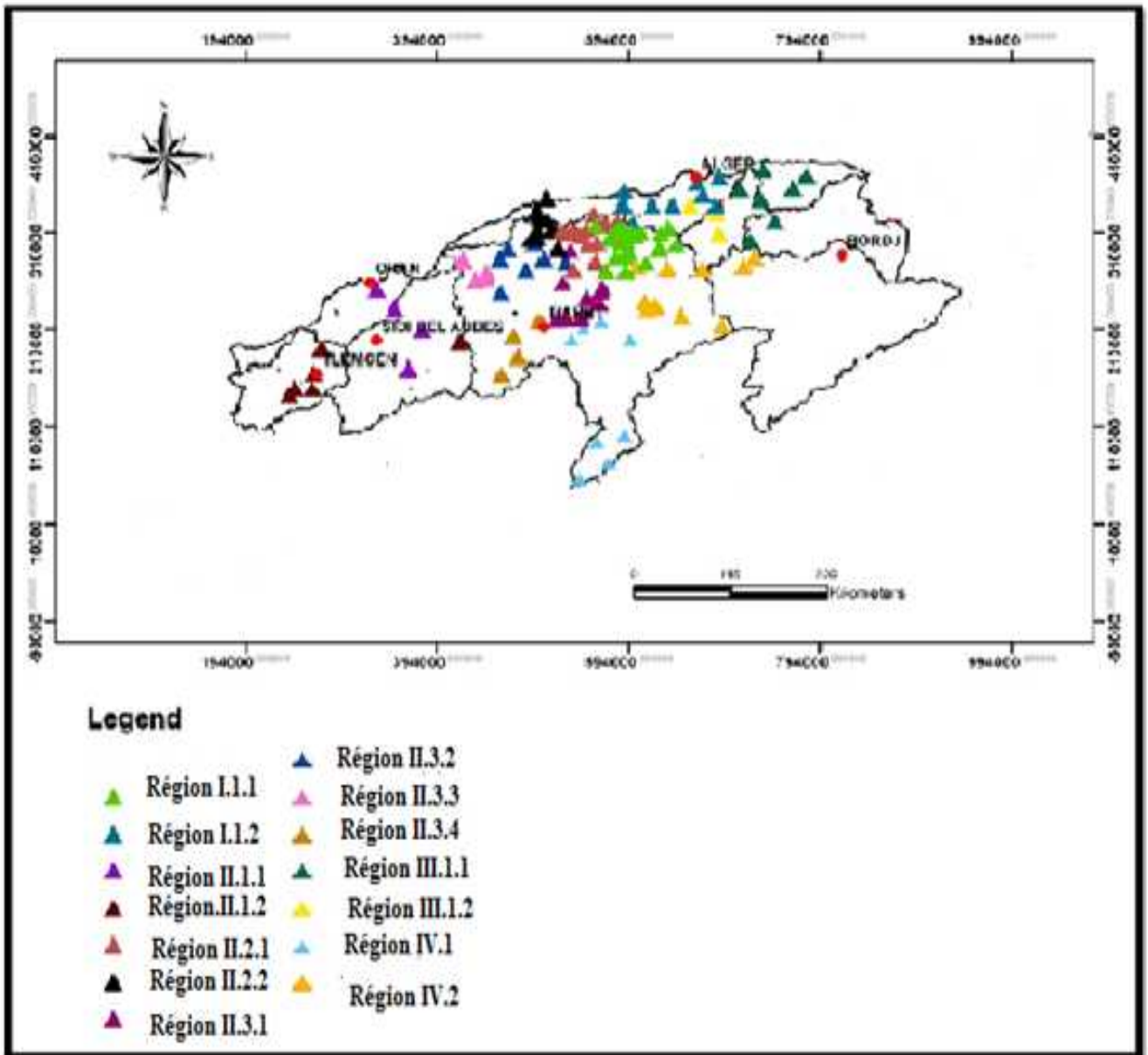


Figure 12 : les « micros » régions

Discussion

En plus de l'orientation des versants, la pluviosité varie en Algérie sous l'influence de plusieurs paramètres géographiques, altitude, latitude, longitude et distance à la mer

La quantité de pluie augmente avec l'altitude, elle est plus abondante sur les reliefs qu'en plaine (répartition orographique ou hypsométrique) ; mais, elle est plus élevée sur les versants bien orientés face aux vents pluvieux du NW, que sur les autres.

La pluviométrie est plus importante sur le littoral, que dans les régions situées plus au sud ; l'Algérie, en effet, dresse sur son littoral les pentes de la chaîne tellienne, qui reçoit de plein fouet les flux perturbés et fait écran aux plaines et bassins intérieurs. Il y a une décroissance

rapide des pluies à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers l'intérieur du pays (sous l'effet combiné de la latitude, de l'éloignement de la mer et de la continentalité) (Meddou ;2010).

L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien.

Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. Cette variabilité est due à l'existence de gradients :

- Un gradient longitudinal : la pluviosité augmente d'Ouest en Est (450 mm/an à Oran plus de 1000 mm/an à Annaba). Ce gradient est dû à deux phénomènes : à l'Ouest, la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain agissent comme écran et éliminent ainsi l'influence atlantique, à l'Est, les fortes précipitations sont attribuées aux perturbations pluvieuses du Nord de la Tunisie.
- Un gradient latitudinal : les précipitations moyennes annuelles varient de 50mm dans la région du M'Zab à 1 500mm à Jijel. Cette diminution du littoral vers les régions sahariennes est due à la grande distance traversée par les dépressions qui doivent affronter sur leur parcours les deux chaînes atlasiques.
- Un gradient altitudinal universel qui varie en fonction de l'éloignement de la mer.

Conclusion

Nous finalisons l'étude du régime pluviométrique par ce chapitre, à travers une analyse en composantes principales dans le but de déterminer les régions homogènes à différents échelles (macro, méso, micro). Cette analyse n'a fait que confirmer les résultats obtenus par les tests de ruptures, en outre : une rupture du régime pluviométrique interannuelle à partir de la moitié des années 1970 qui est plus importante à l'Ouest de la zone d'étude, et la saison hivernale qui influence le régime interannuel.

Une régionalisation a été mise en évidence par l'analyse en composantes principale, les grandes régions identifiées par l'ACP sont :

La région Nord Centre : caractérisée par une baisse des précipitations annuelles à partir de la moitié des années 70. Cette baisse apparait pendant les saisons d'automne et d'hiver.

La région Nord-Ouest : caractérise par un déficit pluviométrique annuelle important à partir de 1976. Cette région a connu une baisse des précipitations en hivers et printemps.

La région Centre-Est : caractérisé par une stabilité du régime climatique.

Le Centre et Centre-Ouest : caractérisée par les déficits pluviométriques les plus importants de la zone d'étude surtout en hiver et au printemps à partir des années 70.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail une analyse de l'évolution du climat du Centre-Ouest de l'Algérie a été évaluée à travers un paramètre important ; les précipitations sur une période d'observations entre 1930-2012.

Pour ce faire, nous avons défini une méthodologie pour ce paramètre. La recherche d'une tendance ou d'un changement dans les séries temporelles des précipitations a été effectuée par les différents tests de rupture, ensuite ; pour caractériser la variabilité spatio-temporelle des précipitations nous avons utilisé l'Analyse en Composantes Principales.

L'analyse du régime pluviométrique par les tests de rupture a révélé une tendance à la baisse des précipitations observée entre la fin des années 70 et début des années 80. À l'ouest une baisse importante des précipitations est enregistrée. Cette baisse est moins importante dans la région centre de la zone d'étude.

À l'échelle saisonnière, la rupture est importante en hiver et coïncide avec la rupture annuelle. Tandis qu'elle n'apparaît pas certaines stations en automne.

L'étude de la variabilité spatio-temporelle des précipitations par l'analyse en composantes principales (ACP), une approche multi-échelle a été effectuée, nous permettant d'avoir une vision plus ou moins globale sur la régionalisation climatique « macro », « méso » et « micro » régions.

Cinq grandes régions qui présentent un comportement différent du régime pluviométrique au long de la période 1930-2012 ; La région Nord-Centre qui est caractérisée par une diminution de taux de précipitations, la région Nord-Ouest présente un faible de pluie important sur l'ensemble des régions de Nord. La région Centre-Est se caractérise par un équilibre pluviométrique. Les régions Centre et Ouest sont caractérisées par un déficit pluviométrique plus important sur l'ensemble de la zone d'étude.

Les résultats obtenus par les deux méthodes utilisées pour l'analyse du régime pluviométrique du centre-ouest Algérienne, montrent dans l'ensemble une tendance à la baisse des précipitations à partir de la moitié des années 70.

La forte variation du régime pluviométrique au Nord Algérien, peut être expliquée par deux facteurs déterminants : climatique et géographique. D'une part, la circulation atmosphérique générale et précisément l'Oscillation Nord Atlantique qui influence le climat ; par sa phase positive. Cette Oscillation a provoqué les sécheresses qu'a connues le pays à

partir de la moitié des années 70. D'autre part, le relief qui joue un rôle important dans la répartition des précipitations, du fait qu'il varie considérablement d'Ouest en Est. C'est ainsi, que les différentes régions de la zone d'étude sont touchées par des degrés différents de sévérité de la sécheresse.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Ali nouna F, Fouchene FZ.**, 2012. Etude comparative entre deux stations hydro climatologiques (Ténès –chlef) mémoire de master. Université Hassiba Ben Bouali chlef (UHBC) P 12,14,10.
- **Arléry R, Grisolle H, et Guilment B .**, 1973. Climatologie (Méthodes et pratiques), Ed Gauthier Villet paris France. P03,5.
- **Amroune S.**, 2014 Etude spatio-temporelle de la sécheresse météorologique au nord de l'Algérie. université de km p02.
- **ANRH.**, 2009. Impact des changements climatiques sur les ressources en eaux. Note de synthèse, p12.
- **Boucenna F.**, 2008. Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'oued djendjen (Jijel, nord-est algérien) p20,24
- **Benzhar Z, Azzouzi A.**, 2015. Le comportement climatique d'un système hydrologique dans le bassin versant de Chélif (haut et moyen Chélif) P 41,42.
- **Bergaoui Z, Kingumbi A, Bourges J, Hubert P, Kallel R.**, 2000. Etude de l'évolution des séries pluviométrique de la Tunisie centrale P08.
- **Brahmi D.**, 2014. Analyse Spatio-Temporelle Des Pluies En Algérie. Université Abou Bekr Belkaid. Tilemcen) P 28.
- **Benlatreche T.**, 2005. Effets Thermo-Radiatifs Et Caractérisation Microclimatique Des Cours Intérieures Dans Les Edifices Publics P14.
- **Chibane B, Bentchakal M, Medjerab A, Benfares B.**, 2015. Etude de la variabilité et de la structure de Pluie annuelle dans une région semi-aride : cas du Bassin versant de la Macta (nord-ouest algérien) P218,219.
- **Champeaux JL, Tamburini A.**, 1996. Zonage climatique de la France à partir des séries de précipitations (1971-1990) du réseau climatologique de l'État, La Météorologie, série 8, n° 14, p 4,44.
- **Carlos F.**, 2003. Impacts des changements climatiques sur la santé – Risques et mesures à prendre, p08.
- **Dorsouma A.**, 2008. Variabilité climatique, désertification et biodiversité en Afrique : s'adapter, une approche intégrée.
- **Dumas P, Riboli-Sasco L, Spyrtos V & Kurita F.**, 2005, Fonctionnement du système climatique, perturbations humaines, dérèglements dangereux ? p17.
- **Dagnelie A.**, 1982. Analyse statistique multivariée, Edition de Gembloux, p 320.
- **Djebaili S et al.**, 1983 Carte de l'occupation des terres, carte pastorale de l'Algérie, notice. Biocénoses, 2, 1-2, p 132.
- **Demmak A., Ould Amara A.**, 2001. La sécheresse en Algérie des années 1970 /1990 et son impact sur les ressources en eau. Table ronde : sécheresse- changement climatique-désertification, P10.
- **Dechemi N., Ait Mouhoub D., Souag D.**, 2000. Contribution à l'analyse du régime pluviométrique sur le littoral algérien. Sécheresse, Vol. 11, n. 1, P 5-10.
- **Frédéric E.**, 2010 Humidité atmosphérique et précipitations p33.
- **Farah, A.**, 2014. Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien, p17.
- **Hubert Et P, Carbonel J P.**, 1987. Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. Journal of Hydrology, 95,165-183.
- **Heino R.**, 1996. Metadata and their role in homogenisation. Proceedings Seminar on Homogenization of Surf. Instrum. Data, Budapest.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Hallouz F, Meddi M & G. Mahe.**, 2011, Analyse des ruptures dans les séries pluviométriques dans le bassin de l'oued Mina (Nord-Ouest d'Algérie), Atelier SIG – MED Rabat 29 septembre, p28.
- **Hubert P, Carbonel J. P, Et Chaouche A.**,1989. Segmentation des séries hydrométéorologiques : Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest, Journal of Hydrology, p110, 349-367.
- <http://terresacree.org/rechauf.htm>.
- <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/Algeria/Algerie.htm#3.%20Le%20Climat%20et%20les%20Zones%20Agroecologiques>.
- **Hadjiat K.**,1997. Etat de dégradation des sols en Algérie. Rapport d'expert PNAE Banque Mondiale, 45p.
- **Halitim A.**, 1988.- Sols des régions arides. OPU, Alger, p 384
- **Gerzouli C.**,2013. Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est-algérien : apport des études palynologique pour gestion conservatoire, p17.
- **Guyot G.**,1999-climatologie. Ed Dunod p286-290.
- **Givoni B.**,1978. L'homme, l'Architecture et le climat. Ed le Moniteur, paris. P21, 229.
- **GIEC.**, 2001, Bilan 2001 des changements climatiques : Rapport de synthèse, Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat(GIEC) p I42, I24.
- **Kandal Mg.**,1995. Multi variable non paramétrique aux tests de ressource en eau et leur qualité 24.505-512.
- **Kadi Hanifi H.**, 1998. L'alfa en Algérie. Thèse Doct. Science. USTHB, Alger, p 270.
- **Lubes Niel H, Masson J.M, Paturol J.E. Et. Servat E.**, 1998.Variabilité climatique et statistiques. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques, Revue des sciences de l'eau, 383-408.
- **Labreuche J.**, 2010. Les principaux tests statistiques de l'analyse uni variée : quand et comment les utiliser ? P545.
- **Laborde J. P, Gourbesville P, Assaba M, Demmak A et Belhouli L.**, 2010. Climate evolution and possible effects on surface water resources of North Algeria, Current Science, Vol. 98, N°. 8, 25 April 2010, special section.
- **Larbi A.**, 2014. L'offre de soins dans les différentes régions d'Algérie.
- **Louamri A.**,2013. Le bassin-versant de la seybouse (Algérie orientale) hydrologie et aménagement des eaux par : université de Constantine.
- **Morel M.**, 1999. Acquisition et constitution d'une information hydrologique de Base, Edition H.G.A, Bucarest.
- **Mann, H. B.** Non parametric Tests against Trend, Econometrical, 13 (1945) 245-259.
- **Meddi H, Meddi M.**, 2007. Variabilités spatiales et temporelles des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. Géographie technica n°, P49-55.
- **Meddi M.**,2009. Variabilité des précipitations annuelle du Nord –Ouest de l'Algérie. Science et changements planétaires /sécheresse, n.1, v.20, p75-65.
- **Medjerab A, Henia L.**,2003. Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale, P 05,07
- **Medjerab A.**, 2005. Etude pluviométrique de l'Algérie Nord-Occidental. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la terre, de Géographie et Aménagement du Territoire, USTHB, Alger, P569.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Morin G. Fortin JP, Sochanska W, Lardeau JP Charbonnbeau R.,** 1979. Use of principal component analysis to identify homogeneous precipitation stations for optimal interpolation. *Water Resour, Res*,15(6)1841-1850.
- **Meddour R.,** 2010) bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en algérie exemple des groupements forestiers et preforestiers de la kabylie djurdjurenne .page 44.
- **Messaoudi S, Zaakane M.,**2013. Contribution à l'étude climatologique du barrage Harreza, P03-06.
- **Nedjraoui D.,** 2003. Profil fourrager, ALGERIE p 10,18.
- **Ouerda T B M, J, Mlachance B, Bobee Hilaire A, Barbet, M.,** 2000. La régionalisation des précipitations : une revue bibliographique des développements récents P 34.
- **ONERC.,** 2007. Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, Paris, ISBN : 978-2-11-00-6618-0.
- **Pauc H, Messahel M, Boudjadja A.,** 2002. Ressources hydrique en Algérie du Nord.
- **Pettitt A,** non-parametric approach to the change –point problem. *Appl. Statist*, 28(2) (1979) 126-135.
- **Roche M.,** 1963. Hydrologie de surface, Edition Gauthier-Villars, Paris.
- **Sadou S, Assoumane ID.,** 2007. Impacts anthropiques sur le cycle de l'eau vers une approche durable, PFE pour l'obtention du diplôme d'ingénieur, département d'hydraulique, Tlemcen.
- **Sanchez Diesma R, Zawadski I, Semper Torres D.,**1970. Identification of the bright band through the analysis of volumetric radar data, *Journal of the Atmospheric Sciences* 27, 299-307.
- **Singla S.,**2009. Impact du changement climatique global sur les régimes hydroclimatiques au Maroc : tendances, ruptures et effets anthropiques sur les écoulements.
- **Touazi M, Bhiry N, Laborde J, Achour F.,** 2010. Régionalisation des débits moyens mensuels en Algérie du nord.
- **Taibi S.,**2011. Analyse du régime climatique au nord de l'Algérie p 34,38,39.
- **CCNUCC.,** 2008. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- **Vannistem S, Demarée G.,** 1991. Détection et modélisation des sécheresses au Sahel : proposition d'une nouvelle méthodologie. *Hydrol continent*, vol 6 n 2 P155-171.
- **Wotling G.,** 1994. Analyse de la variabilité spatio-temporelle des précipitations annuelles liées à la mousson africaine de 1951 à 1989 : application de la méthode du vecteur régional (M.V.R.). Mémoire de DEA National d'Hydrologie.Univ. Montpellier II/ORSTOM Montpellier 121p.
- **Wotling G, Mahé G, L'Hôte Y, Lebarbe L,** 1995. Analyse par les vecteurs régionaux de la variabilité spatiotemporelle des précipitations annuelles liées à la Mousson africaine. *Veille climatique satellitaire, ORSTOM/Météo-France* 52 : 58-73.
- **Webographie :**
 - 1- S.M.Réchauffement climatique : réponses à quelques questions élémentaires,2017. Source : <http://terresacree.org/rechauf.htm>.
 - 2- Tarraire J, Prigent E, géographie de l'Afrique du nord, relief, climat, végétation, cours d'eau P14.2017. algerroi.fr/Alger/geographie/tarraire_prigent/page1.htm.
 - 3- <http://www+.hydrosociences.org/spip.php ? article239>].

LES ANNEXES

ANNEXES

Annexe 01 : liste des 17 grands bassins hydrographiques de l'Algérie.

Bassin	Nom	Superficie en Km
01	Chélif	43 750
02	Côtiers Algérois	11 958
03	Côtiers constantinois	11 566
04	Côtiers oranais	5 831
05	Chott Hodna	25 843
06	Chott Melrhir	68 750
07	Hauts plateaux constantinois	9 578
08	Chott chergui (hauts plateaux oranais	52 090
09	Isser	4 149
10	Kebir Rhumel	8 851
11	Macta	14 389
12	Medjerda	7 785
13	Sahara	2 087 995
14	Seybouse	6 475
15	Soummam	9 125
16	Tafna	7 245
17	Zahrez	9 141

ANNEXES

Annexe 2 : Inventaire des stations pluviométrique de la zone d'étude

Ordre	Id station Code ANRH	Id Sec.	Nom	Altitude	Période	Nombre de lacunes	Les Bassins
23	11205	S23	Ain Oussera	690	1968-1997	33(9%)	Chélif
24	11206	S24	Chahbounia	665	1967-2012	74(13%)	Chélif
25	11207	S25	Kef Lasfar	697	1968-2007	21(4%)	Chélif
26	11208	S26	Boughzoul	646	1948-2006	15(2%)	Chélif
27	11210	S27	Sidi Bouabdallah	667	1973-2012	14(2%)	Chélif
28	11301	S28	Ksar El Boukhari Gr	630	1968-2007	112(23%)	Chélif
29	11302	S29	Derrag	1085	1968-2007	42(8%)	Chélif
30	11404	S30	Zoubiria Mongorno	932	1968-2012	4(0.7%)	Chélif
31	11405	S31	Ghrib Bge	460	1940-2012	35(3%)	Chélif
32	11407	S32	Ghrib Amont	435	1976-2011	5(1%)	Chélif
33	11501	S33	Tamezguida	490	1969-1997	16(4%)	Chélif
34	11509	S34	Medea Secteur	935	1976-2012	2(0.4%)	Chélif
35	11510	S35	Domaine Ferroukhi	313	1972-2006	11(2%)	Chélif
36	11512	S36	Ain Sultan Pep	285	1978-2011	2(0.4%)	Chélif
37	11514	S37	Djenane Bouadah	336	1991-2011	0	Chélif
38	11601	S38	Marabout Blanc	358	1992-2011	5(2%)	Chélif
39	11603	S39	Bordj El Amir AEK	1074	1967-2011	12(2%)	Chélif
40	11604	S40	Kherba Od Hellal	1300	1967-2006	15(3%)	Chélif
41	11605	S41	Theneit El Had	1150	1964-2011	12(2%)	Chélif
42	11606	S42	Sidi Mokrefi	425	1968-2006	27(5%)	Chélif
43	11607	S43	Tarik Ibn Ziad	650	1968-2007	15(3%)	Chélif
44	11609	S44	Deurdeur Bge	637	1985-2007	29(10%)	Chélif
45	11702	S45	Arib Cheliff	246	1972-2011	6(1%)	Chélif
46	11703	S46	Bordj El Amir Khaled	374	1967-2010	5(0.9%)	Chélif
47	11706	S47	El Khemis INRA	285	1970-2008	7(1%)	Chélif
48	11711	S48	Sidi Lakhdar	250	1972-2006	9(2%)	Chélif
49	11715	S49	El Ababsa	320	1972-2011	4(0.8)	Chélif

ANNEXES

50	11717	S50	El Khemis ANRH	300	1975-2012	0	Chélif
51	11718	S51	Harreza Bge	312	1984-2006	10(3%)	Chélif
52	11801	S52	Arib Ebda	280	1966-2011	27(4%)	Chélif
53	11803	S53	Sidi Medjahed	850	1968-2006	7(1%)	Chélif
54	11804	S54	Ain Defla	271	1955-2006	32(5%)	Chélif
55	11806	S55	Elanneb	1088	1972-2011	10(2%)	Chélif
56	11901	S56	El Touaibia	376	1970-2011	3(0.5%)	Chélif
57	11903	S57	Toutia El Hassania	959	1969-2006	40(8%)	Chélif
58	11904	S58	Rouina Mairie	190	1967-2012	2(0.3%)	Chélif
59	11906	S59	Rouina Mines	343	1972-2006	6(1.4%)	Chélif
60	12001	S60	El-Abadia	158	1972-2006	25(5%)	Chélif
61	12004	S61	Tikezal	215	1972-2011	11(2%)	Chélif
62	12007	S62	Bir Saf-Saf	166	1968-2006	7(1%)	Chélif
63	12108	S63	Fodda Barrage	435	1948-2011	27(3%)	Chélif
64	12119	S64	Sidi Slimane	1180	1968-2001	9(2%)	Chélif
65	12120	S65	El Karimia	255	1988-2010	36(13%)	Chélif
66	12201	S66	Ouled Fares	116	1972-2012	9(1%)	Chélif
67	12203	S67	Ponteba Barrage	140	1967-2009	2(0.3)	Chélif
68	12205	S68	Benairia	320	1968-2006	54(11%)	Chélif
69	12218	S69	Domaine Si-Tayeb	84	1972-2006	6(1%)	Chélif
70	12219	S70	Chlef A.N.R.H	130	1970-2012	23(4%)	Chélif
71	12221	S71	Medjadja	188	1986-2006	27(10%)	Chélif
72	12222	S72	Sendjas	295	1989-2011	10(3%)	Chélif
73	12224	S73	Bouzghaia	265	1992-2006	21(11%)	Chélif
74	12225	S74	Oum Drou	142	1992-2006	8(4%)	Chélif
75	12304	S75	Souk-El-Haad	-	1967-2006	80(16%)	Chélif
76	12307	S76	Ain Lellou Mf	240	1967-1992	19(6%)	Chélif
77	12308	S77	Ouled Ben Abdelkader	-	1967-2011	16(2%)	Chélif
78	12309	S78	Oued- Sly	-	1966-2011	23(4%)	Chélif
79	12318	S79	Sidi Yakoub Bge	272	1989-2011	77(27%)	Chélif

ANNEXES

80	12409	S80	Ouarizane Village	60	1971-2010	20(4%)	Chélif
81	12501	S81	Oued Lili	920	1975-2004	2(0.5%)	Chélif
82	12605	S82	Ammi Moussa	140	1967-2004	3(0.6%)	Chélif
83	12703	S83	Kenenda Ferme	590	1967-2004	19(4%)	Chélif
84	12806	S84	Djidiouia Cheliff	54	1973-2010	11(2%)	Chélif
85	12908	S85	Tiaret GRHA	1100	1965-2004	9(1%)	Chélif
86	13002	S86	Frenda	990	1965-2004	5(1%)	Chélif
87	13103	S87	Sidi Bekhti	925	1969-2004	14(3%)	Chélif
88	13202	S88	Rosfa	960	1973-2004	18(4%)	Chélif
89	13503	S89	Oued Djemaa	75	1971-2004	31(7%)	Chélif
90	13504	S90	Saline Oued Djemaa	60	1972-2004	26(6%)	Chélif
91	13505	S91	Relizane Demrh	75	1970-2010	0	Chélif
92	13606	S92	Oued Kheir	230	1972-2010	17(3%)	Chélif
93	20201	S93	Abou El Hassen	174	1972-2011	51(10%)	Côtiers Algérois
94	20205	S94	Tenes	5	1980-2012	24(6%)	Côtiers Algérois
95	20303	S95	Menaceur	250	1980-2012	6(1%)	Côtiers Algérois
96	20319	S96	Bellah Rn 11	20	1980-2012	2(0.5%)	Côtiers Algérois
97	20601	S97	Deux Bassins	890	1980-2012	6(1%)	Côtiers Algérois
98	20632	S98	Reghaia	20	1980-2012	0	Côtiers Algérois
99	21014	S99	Oued Zeboudj	400	1980-2012	0	Côtiers Algérois
100	21020	S100	Ameur El Ain	120	1980-2011	21(5%)	Côtiers Algérois
101	21116	S101	Blida	210	1980-2012	11(2%)	Côtiers Algérois
102	21307	S102	La Passerelle	260	1980-2012	6(1%)	Côtiers Algérois
103	21403	S103	Larbaa	100	1980-2012	0	Côtiers Algérois
104	21421	S104	Baraki	20	1980-2012	0	Côtiers Algérois
105	21504	S105	Azaga Ecole	430	1980-2012	0	Côtiers Algérois
106	21705	S106	Larbaa Nath Irathen	980	1980-2011	3(0.7%)	Côtiers Algérois
107	21810	S107	Tizi Ouzou ANRH	-	1984-2012	3(0.8%)	Côtiers Algérois
108	21902	S108	Draa El Mizan	530	1980-2012	1(0.2%)	Côtiers Algérois

ANNEXES

109	22002	S109	Baghlia Village	30	1980-2012	1(0.2%)	Côtiers Algérois
110	40411	S113	Oued Besbes	505	1980-1998	37(16%)	Côtiers oranais
111	40418	S129	Tlelat Bge	-	1940-2007	0	Côtiers oranais
112	40402	S131	Es Senia	-	1930-2003	0	Côtiers oranais
113	50101	S114	Ain Nessissa	680	1980-2012	4(1%)	Chott Hodna
114	50402	S115	Dirah Centre	800	1980-2012	0	Chott Hodna
115	70316	S116	Batna Ferme Exp	1040	1930-2011	26(2%)	Hauts plateaux constantinois
116	90203	S117	Tablat Drs (A.N.R.H)	450	1980-2012	20(5%)	Isser
117	90302	S118	Beni Slimane	600	1980-2012	35(8%)	Isser
118	90502	S119	Lakhdaria Gorges	50	1980-2012	2(0.5%)	Isser
119	110802	S120	Daoud Youb	660	1980-2005	45(14%)	Macta
120	111503	S128	Bouhanifia Bge	-	1940-2007	0	Macta
121	111404	S130	Aouf	-	1940-2013	0	Macta
122	150101	S121	Sour El Ghozlane	882	1980-2012	2(0.5%)	Soummam
123	150208	S122	Bouira	520	1980-2012	11(2%)	Soummam
124	160406	S123	Khemis Ould Moussa	920	1968-2005	15(3%)	Tafna
125	160410	S124	Merchiche	1250	1968-1996	17(4%)	Tafna
126	160403	S125	Beni Bahdel Bge	-	1940-2007	0	Tafna
127	160702	S126	Bensekrane	-	1930-2007	0	Tafna
128	160701	S127	Meffrouche Bge	-	1940-2003	0	Tafna

ANNEXES

Annexe 05 : représentant les « macro » régions

Nord		Centre		
II	III	IV	V	VI
20201	12201	150101	10803	12304
20205	12203	150208	10804	12307
20303	12205	50101	10904	12308
20319	12218	50402	10909	12309
20601	12219	90203	11003	12318
20632	12221	90302	11004	12501
21014	12222	90502	11006	12605
21020	12224		11007	12703
21116	12225		10101	12908
21307	12409		10204	13002
21403	12806		10205	13103
21421	13503		10208	13202
21504	13504		10703	
21705	13505		10701	
21902	13606		10704	
22002	110802		10708	
11501	160406		12108	
11509	160410		12119	
11510	16071		11102	
11512	111503		11104	
11514	160403		11205	
11702	40402		11206	
11703	160702		11207	
11706	40418		11210	
11711	111404		11301	
11715			11302	
11717			11404	
11718			11407	
11801			11601	
11803			11603	
11804			11604	
11806			11605	
11901			11606	
11903			11607	
11904			11609	
11906				
12001				
12004				
12007				

ANNEXES

Annexe 06: représentant les « mésos » régions

I.1	II.1	II.2	II.3	III. 1	IV.1	IV.2
11501	110802	20201	12304	150101	10101	50101
11509	160406	20205	12307	150208	10204	50402
11510	160410	11801	12308	90203	10205	11102
11512	40402	11803	12309	90302	10208	11104
11514	160701	11804	12318	90502	10703	11205
11601	111503	11806	12409	21504	10701	11206
11603	160403	11901	12501	21705	10704	11207
11604	160702	11903	12605	21902	10708	11210
11605	40418	11904	12703	22002		11301
11606	111404	11906	12806	21307		11302
11607		12001	12908			
11609		12004	13002			
11702		12007	13103			
11703		12119	13202			
11706		12201	13503			
11711		12203	13504			
11715		12205	13505			
11717		12218	13606			
11718		12219	10803			
21014		12221	10804			
21020		12222	10904			
21116		12224	10909			
21403		12225	11003			
21421			11004			
20601			11006			
20632			11007			
20303			12108			
20319						
11404						
11407						

ANNEXES

Annexe 08 : représentant les Stations non corrélées

Non de station	code
Sebgag Centre	10102
Sidi Boudaoud	10706
Birine Centre	11106
Boughzoul	11208
Ghrib Bge	11405
ZEMALET EL AMIR AEK	10502
El Karimia	12120
Tizi Ouzou ANRH	21810
Oued Besbes	40411