

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**



Université Abdelhamid Ibn Badis-MOSTAGANEM



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Gestion conservatoire des eaux, des sols, et l'environnement

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en AGRONOMIE

*Etude et analyse des précipitations annuelle et
mensuelles du littoral Est de l'Algérie*

Présenté par :

BOUTEBINA HIND

Composition du jury

Président : Mr REGUIEG YASSAAD Larbi MAA U Mostaganem

Encadreur : Mr BOUALEM Abdelkader MCA U Mostaganem

Examineur : Mr BESAFI Laid MAA U Mostaganem

Année universitaire

2019/2020

Remerciement

*Avant toute chose nous tenons à remercier dieu le tout puissant de nous
Avoir donné la force et la patience pour réaliser ce travail.
Au terme de ce travail, nos vifs remerciement s'adressent à :*

*Monsieur le professeur **DJILALI BENHAMMOU**, chef de service de
station météo, On vous remercie chaleureusement de nous avoir
accueillies au sein de votre station et d'avoir mis à notre disposition
tous les moyens pour rendre la réalisation de ce travail possible.*

*Nous tenons aussi à remercier beaucoup notre encadreur durant la
préparation de ce travail **Mr Boualem Abdelkader**, Nous lui exprimons
notre plus grande gratitude pour nous avoir suivi, encouragés et surtout
soutenu tout au long la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions également **Mr REGUIEG YASSAAD Larbi** qui m'a
fait l'honneur de bien vouloir juger mon travail.*

*Mes sincères remerciements aussi à **Mr BESAFI Laid** qui a accepté
d'examiner et d'évaluer ce travail.*

*On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur
patience. Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous
nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la
réalisation de ce mémoire. Merci à tous.*

Dédicace

Au nom du dieu, qui nous a éclairé les chemins du savoir et de la sagesse, je dédie ce mémoire :

A mon très chère maman, AOUDA, aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A mon très cher papa, ABED, qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de vos innombrables sacrifices pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

À mes chers et adorables frères et sœur ABDELALI, DJILALI, AMINA qui ont été toujours à mes côtés.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de mes sentiments les plus sincères.

Spécialement à ma sœur au dieu et mon binôme NAIMI ASMAË qui m'as toujours encouragé à travailler avec tout mon amour.

A toutes mes chères amies, IBTISSEM, faiza , CHAIMA, CHAHRAZED, FATIMA en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

A notre chère encadreur M. BOUALEM ABDELkader

Merci à tous mes instituteurs et mes enseignants durant toutes mes années d'études.

BOUTEBINA HIND.

Index des tableaux

Tableau N° II.1 : présentation des stations étudiées.....	09
Tableau N° II.2 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Jijel achouat	10
Tableau N° II.3 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Skikda.....	11
Tableau N° II.4 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station d'Annaba	11
Tableau N° II.5 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Jijel port.....	12
Tableau N° II.6 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station de Jijel achouat)	14
Tableau N° II.7 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station de Skikda).....	15
Tableau N° II.8 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station d'Annaba).....	16
Tableau N° II.9 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station de Jijel port).....	17
Tableau N° II.10 : calcul du coefficient de variation.....	18
Tableau N° II.11 : test de Khi deux pour la station de Skikda	19
Tableau N° II.12 : test de Khi deux pour la station d'Annaba.....	19
Tableau N° II.13 : test de Khi deux pour la station de Jijel Achouat	19
Tableau N° II.14 : test de Khi deux pour la station de Jijel port.....	19
Tableau N° II.15 : résultat du test de χ^2 des précipitations annuelles des quatre stations	20
Tableau N° III.16 : détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations	22
Tableau N° III.17 : calcul des modules secs	23
Tableau N° III.18 : calcul des modules humides	23
Tableau N° III.19 : récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles.....	23
Tableau N° III.20 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Jijel Achouat	24
Tableau N° III.21 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Skikda	25
Tableau N° III.22 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station d'Annaba	26
Tableau N° III.23 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Jijel port.....	27

Tableau N° III.24 : évolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles Pluviométriques	33
Tableau N° III.25 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Jijel Achoua..	34
Tableau N° III.26 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Skikda	36
Tableau N° III.27 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station d'Annaba	37
Tableau N° III.28 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Jijel port.....	38
Tableau N° III.29 : délimitations des mois secs et humides des différentes stations.....	39
Tableau N° III.30 : valeurs moyennes mensuelles des précipitations des quatre stations	42
Tableau N° III.31 : pluviométrie des quatre stations	43
Tableau N° IV.32 : distribution selon les fréquences	46
Tableau N° IV.33 : les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type	47
Tableau N° IV.34 : classe de distribution des années selon SPI	47
Tableau N° IV.35 : calcul des indices de sécheresse.....	49

Index des figures

Figure N° I.1 : la carte d'Algérie	02
Figure N° I.2 : Localisation de la wilayat d'Annaba	03
Figure N° I.3 : Localisation de la wilayat Skikda	03
Figure N° I. 4 : Localisation de la wilayat Jijel	04
Figure N° I. 5 : Barrage Guenitra dans la wilaya de Skikda	07
Figure N° I. 6 : Barrage d'Erraguen dans la wilaya de Jijel.....	07
Figure N° II.7 : Localisation de la région d'étude dans la carte d'Algérie.....	08
Figure N° II.8 : tracé de loi Normale de Jijel Achouat.....	14
Figure N° II.9: tracé de la loi Normale de Skikda	15
Figure N° II.10 : tracé de la loi Normale d'Annaba	16
Figure N° II.11 : tracé de la loi Normale de Jijel port	17
Figure N° III.12 : histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Jijel Achouat.....	25
Figure N° III.13 : histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles de la station de Skikda	26
Figure N° III.14: histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles de la station d'Annaba	27
Figure N° III.15 : histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles de la station de Jijel port	28
Figure N° III.16 : évolution des moyennes, minima et maxima des stations.....	29
Figure N° III.17 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Jijel Achouat.....	30
Figure N° III.18 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Skikda	31
Figure N° III.19 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'Annaba	32
Figure N° III.20 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Jijel port	34

Figure № III.21 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Jijel Achouat.....	35
Figure № III.22 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Skikda	36
Figure № III.23 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station d'Annaba	37
Figure № III.24 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Jijel port	40
Figure N°III. 25 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs de Jijel Achouat	40
Figure N°III. 26 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs de Skikda.....	41
Figure N°III. 27 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs d'Annaba.....	41
Figure N°III. 28 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs de Jijel port.....	42
Figure № III. 29 : Variation moyennes mensuelles des précipitations (4stations).....	42
Figure № III. 30 : Précipitations moyennes saisonnière des quatre stations.....	43

Liste des abréviations

SAU : Une superficie agricole.

°C : Degré

Km² : kilomètre ;

% : Pourcentage ;

M : million ;

m: mètre ;

ha: hectare ;

ans : année ;

X: la moyenne de la variable aléatoire ;

\bar{x} : Variable aléatoire ;

δx : Ecart type de la variable aléatoire ;

ddl : nombre de degré de liberté ;

K : nombre de classe ;

ni : l'effectif observé ;

npi : l'effectif théorique ;

n : effectif observé de class ;

T' : période de retour de la pluie la plus forte ;

F : fréquence ;

Pi : pluie annuelle ;

Pm : pluie moyenne annuelle ;

Em : Indice de l'écart à la moyenne ;

Ip : Indice de pluviosité ;

σ : d'écart types ;

SPI : Indice standardisé de précipitation ;

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydrique ;

ONM: Office National de la Météorologie ;

Table des matières

<i>Table des matières</i>	<i>I</i>
<i>Index des tableaux</i>	<i>II</i>
<i>Index des figures</i>	<i>III</i>
<i>Liste des abréviations</i>	<i>IV</i>
<i>Introduction</i>	<i>01</i>

Revue de la littérature

I. Chapitre I : Aperçu générale sur la région d'étude

I.1. Présentation de la région	02
I.1.1. Situation géographique	02
I.2. Relief	05
I.3. climatologie	06
I.4. Hydrologie et hydraulique	07

II. chapitre II : Analyse des données pluviométriques

II.1. Introduction	08
II.2. Etude des précipitations	08
II.2.1. Collecte des données	08
II.2.2. Choix des stations utilisées	08
II.2.3. Contrôle de l'homogénéité des données	09
II.2.4. Les méthodes de contrôles	09
II.2.5. Test de Wilcoxon	09

II.2.5.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Jijel Achouat	11
II.2.5.2. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Skikda	12
II.2.5.3. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station d'Annaba.....	12
II.2.5.4. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Jijel port	13
II.3. Ajustement par la loi Normale	14
II.3.1. Théorie de l'ajustement à la loi Normale	14
II.3.2. Analyse des tracés de la loi Normale	14
a) Station de Jijel Achouat	15
b) Station de Skikda	16
c) Station d'Annaba	17
d) Station de Jijel port	18
II.4. Test de Khi deux	19
1) Calcul du coefficient de variation (Cv)	19
2) Théorie du test de Khi deux	19
3) Résultat du test du khi deux	20
II .5. Conclusion	20

III. Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

III.1. Introduction	21
III .2. Calcul des récurrences	21
III.2.1. Calcul du module sec	21
a) Calcul du module décennal sec	21
b) Calcul du module de cinquante ans (50) sec	21
c) Calcul du module centenaire sec	21
III.2.2. Calcul du module humide	21
a) Calcul du module décennal humide	21

b) Calcul du module de cinquante (50) ans humide	22
c) Calcul du module centenaire humide	22
III. 2.3. Récurrence du module théorique le plus fort	22
III.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible	22
III.2.5. Analyse du calcul des récurrences	23
III.3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles pluie	24
Pour la station de Jijel Achouat	24
Pour la station de Skikda	25
Pour la station de Annaba	26
Pour la station de Jijel port	27
III.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations	28
III.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne	29
III.6. Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle	32
a) Station de Jijel Achouat	32
b) Station de Skikda	32
c) Station d'Annaba	35
d) Station de Jijel port	36
III.7. Délimitation les mois secs et les mois humides	38
III.8. Précipitations saisonnières	42
III.9. Conclusion	44

IV. Chapitre IV : Caractérisation de la sécheresse

IV. Caractérisation de la sécheresse météorologique	45
IV.1. Indices de sécheresses	45
IV.1.1. Indice de l'écart à la moyenne (Em)	45
IV.1.2. Indice de pluviosité (Ip)	46

IV.1.3. Distribution selon les fréquences	46
IV.2. Indices de sévérité	46
IV.2.1. Indice du nombre d'écart type	46
IV.2.2. Indice standardisé de précipitation	47
IV.3. Analyse du calcul des indices	48
A) Pour les indices de sécheresse	48
B) Pour les indices de sévérité	48

Partie pratique

CONCLUSION GENERALE	50
Bibliographie	51
Résumé	54

Introduction générale

Introduction Générale

On a créé de l'eau toute chose vivante" (Coran). Si l'eau est à l'origine de la vie, alors cela est compté L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles.

D'un point de vue sociétal, météorologique et climatique, l'intensité, la durée, la fréquence et la phase des précipitations sont autant préoccupantes que les quantités totales, car ces facteurs déterminent la disposition des précipitations une fois qu'elles touchent le sol et la quantité de ruissellement. Aux extrêmes d'incidence des précipitations se trouvent les événements qui donnent lieu aux inondations et aux sécheresses, dont les changements d'occurrence et de gravité ont un impact énorme sur l'environnement et la société. Par conséquent, faire progresser la compréhension et la capacité de modéliser et de prédire le caractère des précipitations est essentiel, mais nécessite de nouvelles approches pour examiner les données et les modèles. Divers mécanismes, tempêtes, etc., existent pour provoquer des précipitations.

Notre travail consiste à faire l'étude pluviométrique de la région côtière de l'est D'Algérie dans la période (2000-2018). Nous avons pris pour cette étude quatre stations qui sont situées dans la côte l'est d'Algérie.

On va essayer de répondre à quelques questions préoccupantes et fondamentales, entre autres : Comment évolue la pluviométrie de notre région? Y a-t-il une diminution des précipitations pendant cette décennie ? Dans cette perspective, nous contribuons à étudier l'élément essentiel du bilan qui est les précipitations en utilisant le traitement statistique et l'analyse des indices de sécheresse. Pour notre travail, nous avons choisi une méthodologie qui se caractérise comme suite :

1. Collecte des données pluviométriques et création d'une banque de données sur ordinateur.

2. Prétraitement des données :
 - Test d'ajustement à la loi normale.
 - Test de Coefficient de variation (Wilcoxon).
 - Test du Khi deux

3. Traitement statistique des données et calcul des indices de sécheresse :
 - Variabilité des moyennes annuelles, moyennes mensuelles et saisonnières.
 - Caractérisation de la sécheresse à l'aide des indices.

I.1. Présentation de la région

I.1.1. Situation géographique

L'Algérie est un pays du sud de la méditerranée, au nord-ouest de l'Afrique et au centre du Maghreb. Elle est le deuxième plus grand pays d'Afrique en superficie, avec un territoire de 2.381.740 km² (dont 3% de terres cultivables et 85% de désert). Six pays et un territoire sont adjacents à l'Algérie : la Mauritanie, le Mali et le Niger au sud, le Maroc et le Sahara Occidental à l'ouest, et la Libye et la Tunisie à l'est. ^[1]

- ❖ Le nord de l'Algérie recouvre les plaines littorales et les bassins intérieurs insérés entre deux chaînes telliennes internes (Dahra-Zaccar, Atlas blidéen) et externes (Beni Chougrane, Ouarsenis, Titteri et les Bibans) et présentent les meilleures conditions naturelles.
- ❖ Les hauts plateaux sont insérés entre deux grandes chaînes montagneuses, l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud.
- ❖ Au sud, l'Atlas saharien s'étend sur un vaste territoire de 1 975 744 km² constitué de bas plateaux, d'ergs et de reliefs montagneux où le mont Atakor culmine à 2 918m



Figure N° I. 1 : la carte d'Algérie

- Ce qui nous concerne c'est la région côtière d'est d'Algérie, Nous somme intéressé à étudier quatre stations (Skikda, Annaba, Jijel port, Jijel achouat)

1-Annaba

Située à l'extrême Nord Est du payé, la région de Annaba occupe une position stratégique sur le littoral septentrional de la Méditerranée, Une longue façade maritime qui s'étend sur 300 km de côtes, représentant un potentiel halieutique et touristique très important, Une superficie agricole utile (SAU) de près de 686 967 hectares représentant plus de 75 % des terres agricoles. [2]



Figure № I. 2 : Localisation de la wilayat Annaba

2- Skikda

La Wilaya de Skikda est située au nord-est de l'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 4137,68 Km², avec une population avoisinant les 804697 habitants. Elle dispose de 130km de côtes qui s'étalent de la Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour aux fins fonds du massif de Collo à l'ouest. Elle est limitrophe avec les Wilayates de Annaba, Guelma, Constantine et Jijel. [3]



Figure № I.3: Localisation de la wilayat Skikda

3-Jijel

Située à 300 km de l'Est de la capital Alger, la wilaya de Jijel est limitée au nord par la mer Méditerranée à l'ouest par la wilaya de Bejaïa, à l'Est par la wilaya de Skikda, au sud-ouest la wilaya de Sétif, au sud par la wilaya de Mila et enfin au sud-est par la wilaya de Constantine. S'étalant sur une superficie de 2.398 km², avec une façade maritime de 120 kms. ^[4]



Figure № I.4 : Localisation de la wilayat Jijel

I.2. Relief

Annaba

Se caractérise par un relief constitué de montagnes, de collines et de plaines. Les montagnes représentent 52,16 % du territoire de la Wilaya soit, une superficie de 736 km². Elles se distinguent par le massif de l'Edough dont le point dominant se situe au mont " Bouzizi " avec 1.100 m d'altitude. Les plaines représentent 18,08 % du territoire soit 255 km², et sont constituées essentiellement par la plaine de Kherraza. Le reste du relief est constitué de plateaux, et autres, représentant 3,94 % de la superficie, soit 56 km². collines et les piémonts, occupent 25,82 % de la superficie totale, soit 365 km². ^[2]

Skikda

Le relief de la wilaya de Skikda est très accidenté sur la frange littorale est, dans les massifs de Collo, Azzaba et la Marsa. Dans ce relief on distingue trois types de zones topographiques:

- ❖ les zones de montagnes,
- ❖ les zones de plaines et
- ❖ les zones de piémonts.

[3]

Jijel

La wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux, bien que l'altitude moyenne soit de 600 à 1000M, on distingue principalement deux régions physiques :

Les zones de plaines :

Situées au nord, le long de la bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El Aouana, le bassin de Jijel, les vallées de Oued Kébir ; Oued Boussiaba et les pitites plaines de Oued Z'hor

Groupe 1 : Zones moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.

Groupe 2 : Zones de montagnes difficiles situées à la limite sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont : Tamasghida, tababour, Bouazza et Seddat .^[5]

I.3. climatologie

Skikda

La Wilaya de Skikda appartient aux domaines bioclimatiques humide et subhumide. L'étage humide couvre toute la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'est et au sud, il est à variante douce ou tempérée au littoral et froide à l'intérieur. L'étage subhumide couvre le reste de la Wilaya, notamment les plaines, la variante chaude ou douce se localise sur le littoral et la variante tempérée ou froide à l'intérieur.^[3]

Jijel

La Wilaya de Jijel bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes et d'une pluviométrie de l'ordre de 1 200 mm/an. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie .On note aussi qu'au col de Texenna, qui se situe à 725 m d'altitude, l'enneigement dure plus de 11 jours/an. Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent (NNW - SSE).^[4]

Annaba

Le climat de la Wilaya est du type méditerranéen, humide en Hiver, chaud en été et la Pluviométrie varie entre 650 et 1000 mm/an, la température moyenne varie entre 14° et 34°. La Wilaya de Annaba dispose aussi d'un réseau hydrographique assez dense, constitué du lac Fetzara (eau douce) qui s'étend sur 18670 ha et de l'Oued Seybouse d'une longueur de 127,5 km.^[2]

I.4. Hydrologie et hydraulique

Pour la wilayat Annaba

Ressources mobilisées : Les ressources mobilisées sont de l'ordre de 92,6 millions de m³ /an et proviennent des eaux superficielles et souterraines.

❖ **Ressources superficielles**

Barrage Cheffia (w. d'El Tarf) : 95 hm³ / an dont 44 pour Annaba.

Barrage Mexa (w. d'El Tarf) : 21 hm³ / an .pour Annaba

Retenues collinaires : 07 hm³ / an.

❖ **2. Ressources souterraines**

• Forages : 20 hm³ / an.

• Puits et sources : 0,6 hm³ / an. [2]

Pour la wilayat Skikda

Skikda est une Wilaya qui dispose de potentialités hydriques avérées, évaluées à 1 674,46 Hm³ par an.

Elle s'est dotée au fil des années de 03 nouveaux barrages qui sont venus consolider celui de Zerdezas construit durant les années 30, et qui mobilise 20 millions de m³ par an.

La capacité de stockage de la Wilaya est estimée à 315 millions de mètres cubes répartis comme suit:

❖ Zerdezas : 20 millions de m³.

❖ Guenitra : 125 millions de millions de m³.

❖ Zit Emba : 120 millions de m³.

❖ Beni Zid : 50 millions de m³.

Ces barrages, au même titre que les principaux cours d'eau, confèrent à la Wilaya la possibilité de développer les activités d'aquaculture et d'ostréiculture, de plusieurs espèces de poisson, de moules et huîtres d'eau douce.

Les oueds principaux sont permanents et prennent leur source à quelques kilomètres de la mer. Les oueds les plus importants sont :

- Oued El-Kebir à l'est.
- Oued Saf-Saf au centre.
- Oued Guebli à l'ouest.
- Oued Z'hour à l'extrême Ouest. [3]



Figure N° I.5 : Barrage Guenitra dans la wilaya de Skikda

Pour la wilayat Jijel

La wilaya de Jijel comprend les barrages suivants:

- Barrage kissir Volume 68 millions de mètres cubes.
- Barrage de Boussiaba.
- Barrage d'El Agrem.
- Barrage d'Erraguene.
- Barrage de Tabellout. [4]



Figure N° I.6 : Barrage d'Erraguen dans la wilaya de Jijel

II.1. Introduction :

L'analyse des données climatiques consiste à réaliser une analyse statistique des données, de façon à faire apparaître de quantifier la variabilité spatiotemporelle du climat. Cette variabilité peut être étudiée sur la base de l'analyse de longues séries chronologiques, continues et homogènes, de variables climatiques ou agro climatiques sur une période de **(19 ans)**, la référence actuelle étant la période **(2000-20118)** selon les quatre stations climatologiques de notre région.

II.2. Etude des précipitations :

II.2.1. Collecte des données :

La collecte des valeurs mensuelles des précipitations a été effectuée auprès de l'agence nationale de ressources hydrique d'Oran (ANRH d'Oran). Ces valeurs représentent des totaux pluviométrique mensuels relevées à partir des documents originaux des stations de notre d'étude. [6]

II.2.2. Choix des stations étudiées :

Nous avons choisi la période disponible selon les stations météorologiques.

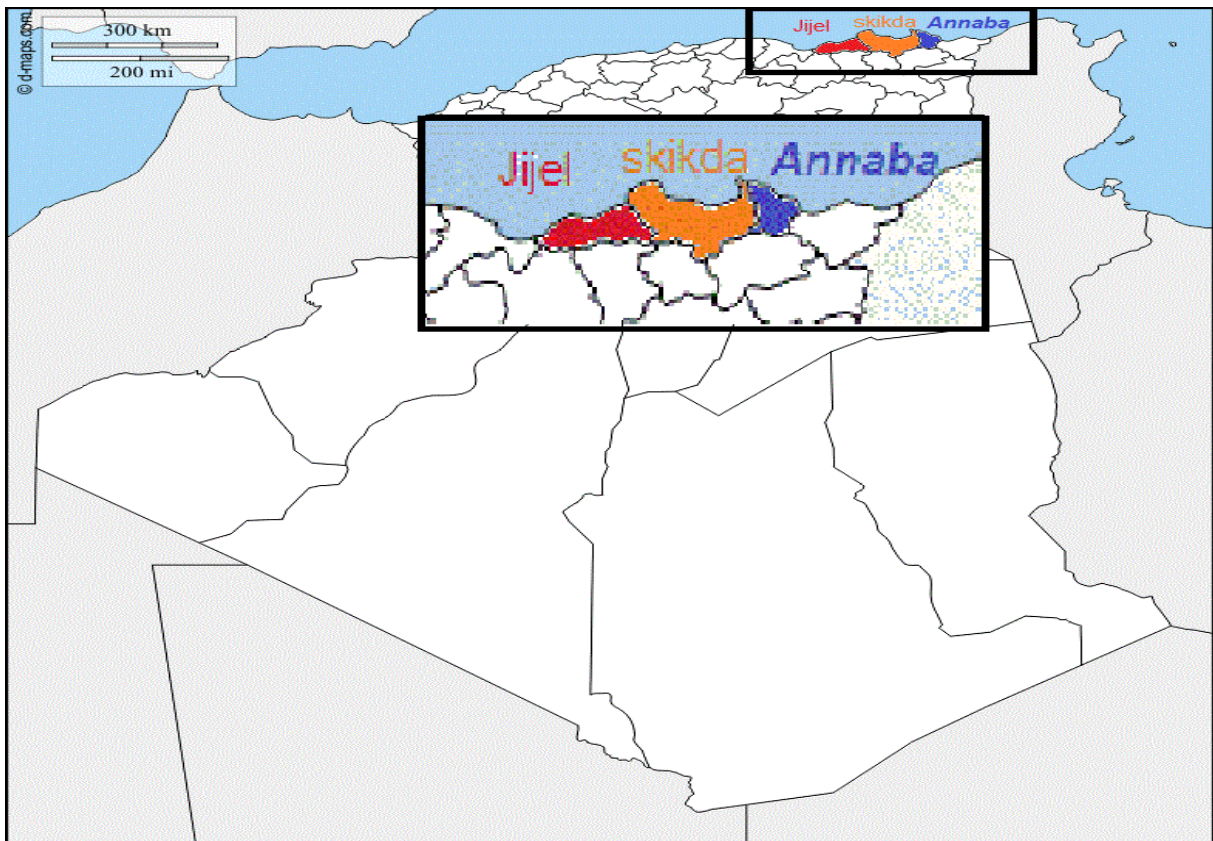


Figure N° II.7 : Localisation de la région d'étude dans la carte d'Algérie

Tableau N° II .1 : Présentation des stations pluviométrique

Station	Longitude	Altitude	Année d'étude
Skikda	36,93°N	6,95°E	2000-2018
Annaba	36,83°N	7,82°E	2000-2018
Jijel port	36,83°N	5,78°E	2000-2018
Jijel Achouat	36,88°N	5,82°E	2000-2018

II.2.3. Contrôle de l'homogénéité des données :

Parfois l'étude des séries chronologiques met en évidence des changements de valeurs qui surviennent brusquement et se maintiennent ultérieurement et se traduisent par une modification progressive mais systématique de ces valeurs. L'analyse statistique des séries observées exige de celles-ci une homogénéité de leurs composantes. ^[7]

II.2.4. les méthodes de contrôles :

Il existe plusieurs méthodes pour tester l'homogénéité :

- Méthode du double cumul (double masse)
- Méthode de régression linéaire.
- Méthode des résidus cumulés.
- Test F.
- Test de Wilcoxon.

Dans notre cas ; on retiendra la méthode de Wilcoxon.

II.2.5. Test de Wilcoxon

C'est un test non paramétrique qui utilise la série des rangs des observations, au milieu de la série de leurs valeurs .le test de Wilcoxon se base sur le principe suivant : Si l'échantillon X est issue d'une même population Y, l'échantillon XUY (union de X et Y) en est également issue.

On procède ainsi :

Soit une série d'observations de longueur N à partir de laquelle on tire deux échantillons X et Y : N1 et N2 sont respectivement les tailles de ces échantillons, avec $N = N1 + N2$ et $N1 \leq N2$

On classe ensuite les valeurs de notre série par ordre croissant .par la suite, nous ne nous intéresserons qu'au rang de chacun des éléments des deux échantillons dans cette série .si une valeur se répète plusieurs fois, on lui associe le rang moyen correspondant. On calcule ensuite la somme W_x des rangs des éléments du premier échantillon dans la série commune :

$$W_x = \sum \text{rang } x$$

Wilcoxon a montré que, dans le cas où les deux échantillons **X** et **Y** constituent une série homogène, la quantité **W_x** est comprise entre deux bornes **W_{max}** et **W_{min}** données par les formules suivantes :

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1) N_1 - 1}{2} - Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{12} N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}$$

$$W_{\max} = (N + N + 1) N - W_{\min}$$

Z_{1-α/2} : Représente la valeur de la variable centrée réduite de la loi normale correspondant

Z_{1-α/2} : (au seuil de confiance de **95%**, nous avons **Z_{1- α/2} = 1.96**) Nous allons utiliser le test de Wilcoxon pour vérifier l’homogénéité des données pluviométriques des trois stations au niveau de signification de **5%**.^[8]

II.2.5.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Jijel Achouat

Tableau N° II .2 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Jijel Achouat

X	Y	Rangs	XUY	Origine	rangs	XUY	Origine
766,6	1106,0	1	760,0	X	11	1027,0	Y
990,4	1029,0	2	766,6	X	12	1029,0	Y
978,0	1027,0	3	808,0	X	13	1063,0	X
1125,0	998,0	4	874 ,0	Y	14	1086 ,0	X
1063,0	1116,26	5	920,0	Y	15	1106,0	Y
1086 ,0	874 ,0	6	952,0	Y	16	1116,26	X
808,0	952,0	7	954,0	Y	17	1125,0	X
1166,0	920,0	8	978,0	Y	18	1147,0	Y
760,0	954,0	9	990,4	X	19	1166,0	X
	1147,0	10	998,0	Y			

On vérifie l’inégalité: **W_{min}<W_x<W_{max}**

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1=9 \\ N_2=10 \\ W_{\min} =55, 99 \\ W_{\max}=124, 01 \\ W_x=94 \end{array} \right. \quad 55, 99 < 94 < 124, 01$$

➤ La condition est donc réalisée, la série est homogène.

II. 2.5.2. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Skikda

Tableau N° II .3: Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Skikda

X	Y	Rangs	XUY	Origine	Rangs	XUY	Origine
651,8	764,32	1	397,83	Y	11	657	Y
817,7	844,66	2	526,66	X	12	685	X
843	657	3	531	Y	13	709	Y
897	578,67	4	535,99	Y	14	764,32	Y
634,83	633,11	5	578,67	Y	15	817,7	X
877	397,83	6	620,3	Y	16	843	X
685	535,99	7	633,11	Y	17	844,66	Y
647	531	8	634,83	X	18	877	X
526,66	709	9	647	X	19	897	X
	620,3	10	651,8	X			

On vérifie l'inégalité: $W_{min} < W_x < W_{max}$

$$\left. \begin{array}{l}
 N_1=9 \\
 N_2=10 \\
 W_{min}=55,99 \\
 W_{max}=124,01 \\
 W_x=109
 \end{array} \right\} \quad 55,99 < 109 < 124,01$$

➤ La condition est donc réalisée, la série est homogène

II. 2.5.3. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Annaba

Tableau N° II .4 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station d'Annaba

X	Y	Rangs	XUY	Origine	Rangs	XUY	Origine
650,9	931,0	1	413,0	X	11	668,24	Y
873,5	573,0	2	455,0	Y	12	720,0	X
771,1	638,0	3	568,0	X	13	750,88	Y
767,0	618,69	4	573,0	Y	14	759,0	X
864,0	668,24	5	618,69	Y	15	767,0	X
759,0	633,0	6	618,7	Y	16	771,1	X
568,0	750,88	7	633,0	Y	17	864,0	X
720,0	455,0	8	638,0	Y	18	873,5	X
413,0	648,0	9	648,0	Y	19	931,0	Y
	618,7	10	650,9	X			

On vérifie l'inégalité: $W_{\min} < W_x < W_{\max}$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1=9 \\ N_2=10 \\ W_{\min}=55,99 \\ W_{\max}=124,01 \\ W_x=106 \end{array} \right. \quad 55,99 < 106 < 124,01$$

➤ La condition est donc réalisée, la série est homogène

II. 2.5.4. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Jijel Port

Tableau N° II .5 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Jijel port

X	Y	Rangs	XUY	Origine	Rangs	XUY	Origine
605,35	1116,0	1	473,46	Y	11	918,0	X
854,72	1334,6	2	582,09	Y	12	978,19	Y
918,0	1085,0	3	587,98	X	13	1085,0	Y
2248,3	1119,35	4	605,35	X	14	1087,8	Y
733,16	978,19	5	684,97	X	15	1111,0	Y
754,32	582,09	6	733,16	X	16	1116,0	Y
684,97	913,62	7	754,32	X	17	1119,35	Y
587,98	473,46	8	854,72	X	18	1334,6	Y
873,33	1111,0	9	873,33	X	19	2248,3	X
	1087,8	10	913,62	Y			

On vérifie l'inégalité: $W_{\min} < W_x < W_{\max}$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1=9 \\ N_2=10 \\ W_{\min}=55,99 \\ W_{\max}=124,01 \\ W_x=72 \end{array} \right. \quad 55,99 < 72 < 124,01$$

➤ La condition est donc réalisée, la série est homogène

II.3. Ajustement par la loi Normale

Les données recueillies peuvent subir plusieurs traitements statistiques afin de contrôler la fiabilité et la précision de cette dernière. Parmi ses traitements on peut citer l'étude de l'homogénéité des données grâce à la méthode de double masse et la régression linéaire entre autres.

Cette approche nécessite des stations de référence limitrophes à nos stations d'étude. Le manque de ces dernières nous amène à écarter cet aspect et essayer de traiter des séries de données en employant une méthode d'ajustement, celle de la loi Normale qui a elle seule peut résumer la fiabilité de chaque série.

II.3.1. Théorie de l'ajustement à la loi Normale

La loi Normale (la « courbe en cloche » symétrique autour de la moyenne) est une fonction théorique couramment utilisée en statistique comme une approximation de nombreuses fonctions de probabilités ; les paramètres (espace, variance) de la loi de Gauss sont alors ceux des fonctions de probabilités sur lesquelles s'effectue l'approximation (loi de Student, loi du χ^2). Le rôle de la loi de Gauss est donc capital dans la théorie des probabilités et dans ses Applications statistique.

En général, la loi Normale offre un bon modèle pour une variable aléatoire lorsque :

- 1- Il existe une tendance forte pour la variable à prendre une valeur centrale.
- 2- Les écarts positifs et négatifs par rapport à cette valeur centrale sont de probabilité égale.
- 3- La fréquence des écarts diminue rapidement avec l'accroissement des écarts. ^[9]

La fonction de la loi Normale est déterminée par la formule suivante :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{U^2}{2}}$$

,Où U est la variable réduite de Gauss

$$U = \frac{x - \bar{X}}{\sigma_x}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n X_i$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Avec :

X: la moyenne de la variable aléatoire

\bar{X} : Variable aléatoire

δx : Ecart type de la variable aléatoire

II.3.2. analyse des tracés de la loi normale

a) station Jijel Achouat :

Tableau N° II .6 : tableau de fréquence des pluies annuelles de Jijel Achouat

Valeur observée	Effectif	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
760,00	1	1	5
766,60	1	2	10
808,00	1	3	15
874,00	1	4	20
920,00	1	5	25
952,00	1	6	30
954,00	1	7	35
978,00	1	8	40
990,40	1	9	45
998,00	1	10	50
1027,00	1	11	55
1029,00	1	12	60
1063,00	1	13	65
1086,00	1	14	70
1106,00	1	15	75
1116,26	1	16	80
1125,00	1	17	85
1147,00	1	18	90
1166,00	1	19	95

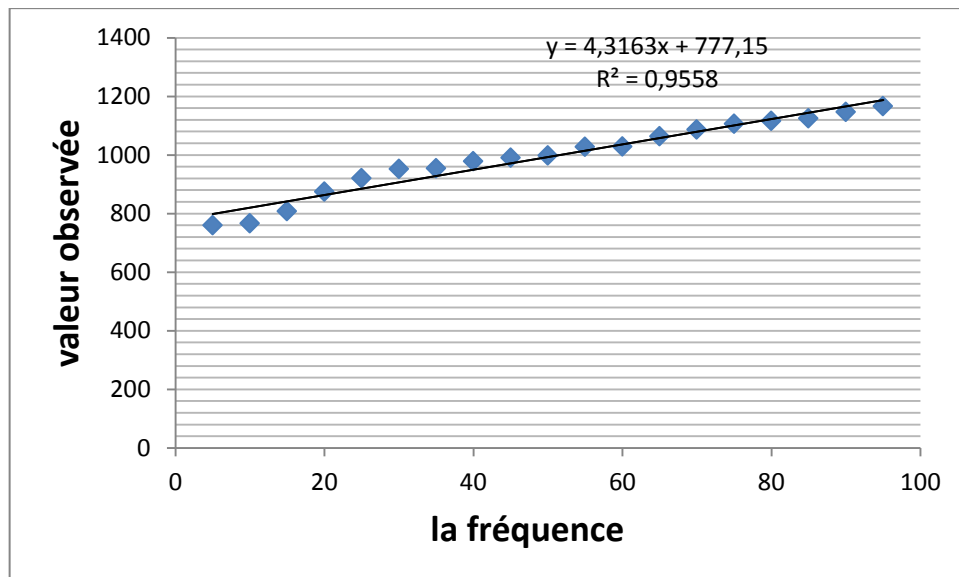


Figure N° II.8: Tracé de la loi Normal de la station de Jijel Achouat

b) station Skikda

Tableau N° II .7: tableau de fréquence des pluies annuelles de Skikda

Valeur observée	Effectif	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
397,83	1	1	5
526,66	1	2	10
531,00	1	3	15
535,99	1	4	20
578,67	1	5	25
620,30	1	6	30
633,11	1	7	35
634,83	1	8	40
647,00	1	9	45
651,80	1	10	50
657,00	1	11	55
685,00	1	12	60
709,00	1	13	65
764,32	1	14	70
817,70	1	15	75
843,00	1	16	80
844,66	1	17	85
877,00	1	18	90
897,00	1	19	95

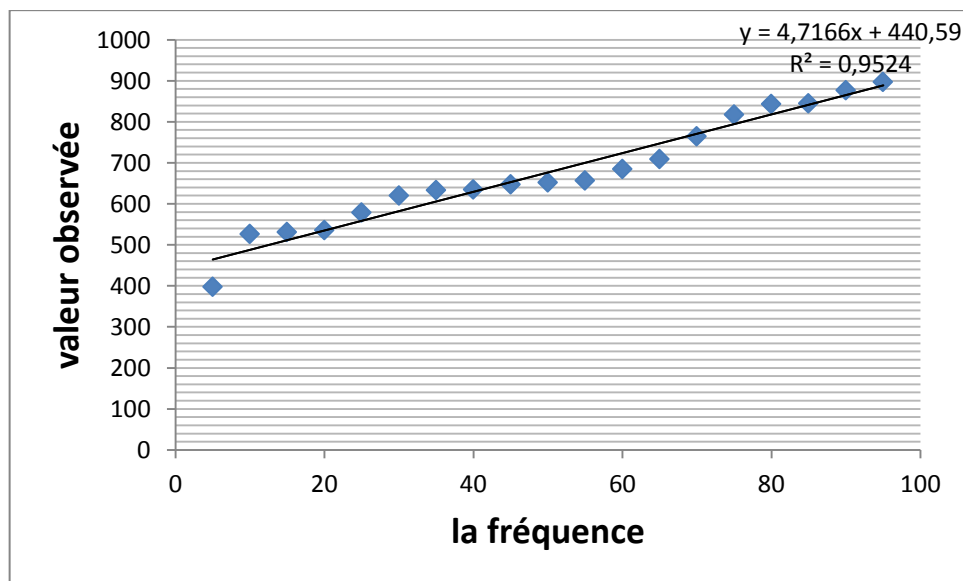


Figure N° II.9: Tracé de la loi Normal de la station de Skikda

c) station Annaba

Tableau N° II.8: tableau de fréquence des pluies annuelles d'Annaba :

Valeur observée	Effectif	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
413,00	1	1	5
455,00	1	2	10
568,00	1	3	15
573,00	1	4	20
618,69	1	5	25
618,70	1	6	30
633,00	1	7	35
638,00	1	8	40
648,00	1	9	45
650,90	1	10	50
668,24	1	11	55
720,00	1	12	60
750,88	1	13	65
759,00	1	14	70
767,00	1	15	75
771,10	1	16	80
864,00	1	17	85
873,50	1	18	90
931,00	1	19	95

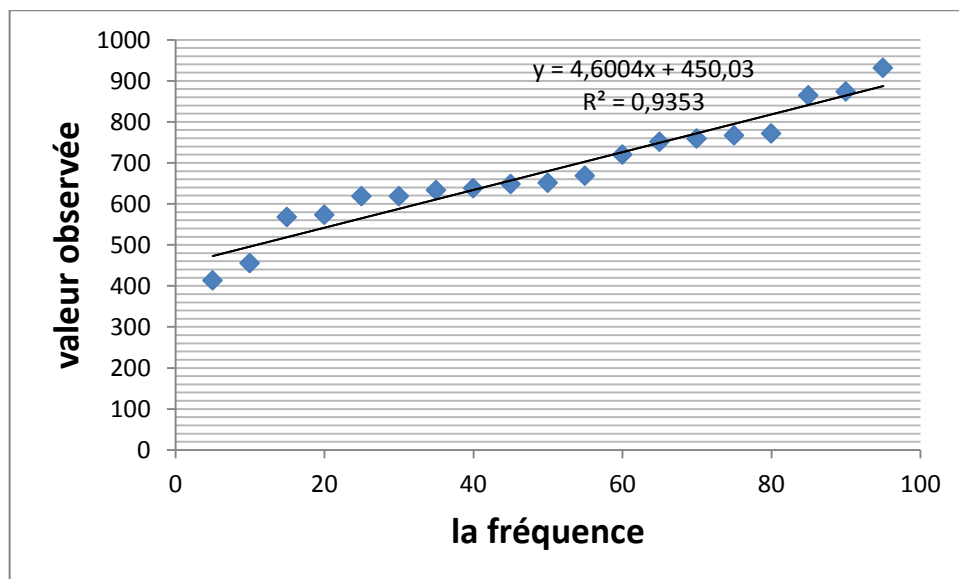


Figure N° II.10: Tracé de la loi Normal de la station d'Annaba

d) station Jijel port

Tableau N° II.9 : tableau de fréquence des pluies annuelles de Jijel port

Valeur observée	Effectif	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = n/N+1$ (%)
473,46	1	1	5
582,09	1	2	10
587,98	1	3	15
605,35	1	4	20
684,97	1	5	25
733,16	1	6	30
754,32	1	7	35
854,72	1	8	40
873,33	1	9	45
913,62	1	10	50
918,00	1	11	55
978,19	1	12	60
1085,00	1	13	65
1087,80	1	14	70
1111,00	1	15	75
1116,00	1	16	80
1119,35	1	17	85
1334,60	1	18	90
2248,30	1	19	95

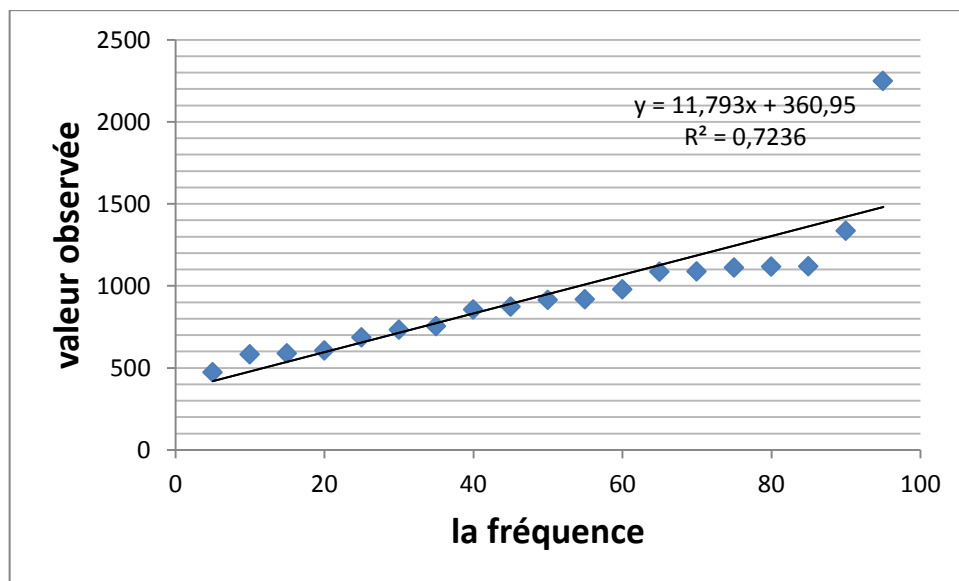


Figure N° II.11: Tracé de la loi Normal de la station de Jijel port

II.4. Test du khi deux

Avant d'effectuer le test de Khi deux nous essayerons de déterminer tout d'abord le **coefficient de variation (Cv)** qui nous indiquera si toutes les conditions sont remplies pour effectuer le test de Khi deux c'est-à-dire le coefficient de variation doit être inférieur à 0,5 pour chaque station. ^[10]

A .Calcul du coefficient de variation(Cv)

C'est le rapport de l'écart type sur la moyenne. Le coefficient de variation marque numériquement l'importance du degré de variabilité des moyennes pluviométriques dans les séries ainsi que la dispersion en nombre des valeurs autour de la moyenne, plus ce nombre est grand, plus la dispersion est forte, il permet aussi de mieux comprendre la variabilité de la pluviosité et l'irrégularité des pluies. Le coefficient de variation étant inférieur à 0,5 pour les quatre stations alors on pourra procéder au calcul du Khi deux. ^[11]

Tableau N° II.10 : Calcul du coefficient de variation

Station	Moyenne p (mm)	Ecart type δ	$Cv = \delta / P$
Skikda	676,41	132,35	1,19
Annaba	680,05	130,27	0,19
Jijel Achouat	992,96	113,55	0,11
Jijel port	922,74	380,68	0,41

B. Théorie du test de Khi deux

Si n_i représente le nombre d'échantillon observés et np_i le nombre d'échantillon théorique, calculé en fonction d'une certaine hypothèse de distribution, les tables de la loi des distributions du Khi deux permettant pour divers seuils d'adéquation d'obtenir la valeur du test de Khi deux à ne pas dépasser en fonction du nombre de degré de liberté l'échantillon. ^[12]

$$ddl = K - 1$$

Avec ddl : nombre de degré de liberté

K : nombre de classe

C'est un test qui permet de contrôler si les écarts entre la distribution de la série de l'échantillon et la distribution de la loi théorique sont dus au simple hasard ou si l'échantillon suit une autre loi que celle retenue.

L'application du test consiste à comparer l'effectif observé (**ni**) à l'effectif théorique (**np_i**) obtenu pour chaque classe, par l'application de la loi on a alors :

$$\chi^2 = \sum_{i=0}^p \frac{(ni - np_i)^2}{np_i}$$

Soit l'effectif théorique de classe : $npi = \frac{n}{k}$

Avec k : le nombre de classe

n : effectif observé de class

$k = 4$

Tableau N° II.11: Test de khi deux pour la station de Skikda

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	397,83-578,67	5	4,75	0,01
2	620,30-651,80	5	4,75	0,01
3	657,00-817,70	5	4,75	0,01
4	843,00-897,00	4	4,75	0,11
Totaux	-	n=19	n=19	X²=0,15

Tableau N° II.12 : Test de khi deux pour la station d'Annaba

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	413,00-618,69	5	4,75	0,01
2	618,70-650,90	5	4,75	0,01
3	668,24-767,00	5	4,75	0,01
4	771,10-931,00	4	4,75	0,11
Totaux	-	n=19	n=19	X²=0,15

Tableau N° II.13 : Test de khi deux pour la station de Jijel Achouat

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	760,00-920,00	5	4,75	0,01
2	952,00-998,00	5	4,75	0,01
3	1027,0-1106,0	5	4,75	0,01
4	1116,26-1166,0	4	4,75	0,11
Totaux	-	n=19	n=19	X²=0,15

Tableau N° II.14 : Test de khi deux pour la station de Jijel port

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	473,46-684,97	5	4,75	0,01
2	733,16-913,62	5	4,75	0,01
3	918,00-1111,00	5	4,75	0,01
4	1116,0-2248,30	4	4,75	0,11
Totaux	-	n=19	n=19	X²=0,15

Tableau N° II.15 : résultat du test de χ^2 des précipitations annuelles des quatre stations

	Skikda	Annaba	Jijel Achouat	Jijel port
X ² calculé	0,15	0,15	0,15	0,15
ddl	3	3	3	3
X ² tabulés	7,81			
Observation	Bon ajustement			

C. Résultat du test du Khi deux

X² calculé = 0.15

Le nombre de degré de liberté $ddl = k - 3 = 4 - 3 = 1$ Pour un risque $\alpha = 5 \%$ X² tabulé = la puisque le χ^2 calculé = 0,15, Donc l'adéquation à la loi normale est acceptable.

II.5. Conclusion

L'analyse des différents graphes du tracé de la loi normale nous a montré que les séries peuvent être distribuées normalement. Afin de confirmer cette possibilité de distribution normale nous avons procédé au test de khi deux qui nous a révélé que l'adéquation à une loi normal est possible.

Alors nous allons essayer de déterminer dans le chapitre suivant les précipitations pluviométriques pour une période de récurrence donnée plus précisément le calcul du module sec et humide pour les période de dix, cinquante et cent ans puis une étude des variations annuelles et mensuelles des précipitations pluviométriques des différents stations de la région d'étude.

III.1.Introduction

D'une manière générale, les précipitations déterminent la variabilité ou, mieux, l'irrégularité inter-saisonnière et interannuelle de l'écoulement de surface. Elles représentent la part essentielle de l'alimentation fluviale. Par ailleurs, le climat et les variations hydro climatiques (températures, précipitations et drainage) représentent l'un des principaux facteurs de contrôle des processus de la géodynamique externe des bassins versants. Dans ce chapitre nous allons essayer d'étudier les différentes variations pouvant exister au sein des séries pluviométriques et leur évolution dans le temps. ^[13]

L'équation de la période de récurrence donnée est :

$$P = \bar{X} \pm \sigma . U$$

III.2. calcul des récurrences

III.2.1. Calcul du module sec

$$P = \bar{X} - \sigma . U$$

a. Calcul du module décennal sec

C'est la fréquence d'espacement de **0,9** à laquelle correspond **U = 1,28** pour la variable Réduite de Gauss.

b. Calcul du module de cinquante ans (50) sec

Il correspond à une fréquence d'espacement de **0,98** à laquelle correspond **U = 2,05** pour la variable réduite de Gauss.

c. Calcul du module centenaire sec

C'est la fréquence d'espacement de **0,99** à laquelle correspond **U = 2,33** pour la variable réduite de Gauss. ^[14]

III.2.2.Calcul du module humide

$$P = \bar{X} + \sigma . U$$

a. Calcul du module décennal humide

C'est la fréquence d'espacement de **0,9** à laquelle correspond **U = 1,28** pour la variable réduite de Gauss.

b. Calcul du module de cinquante (50) ans humide

C'est la fréquence d'espacement de **0,98** à laquelle correspond $U = 2,05$ pour la variable réduite de Gauss.

c. Calcul du module centenaire humide

Il correspond à une fréquence d'espacement de **0,99** à laquelle correspond $U = 2,33$ pour la variable réduite de Gauss. ^[15]

III.2.3. Récurrence du module théorique le plus fort

On a :
$$T' = \frac{1}{1-F}$$

Avec :

T' : période de retour de la pluie la plus forte ;

F : fréquence ;

III.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible

$$T = \frac{1}{F}$$

Avec :

T : période de retour de la pluie faible ;

Tableau N° III. 16 : Détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations :

Les stations	Moyenne P (mm)	L'écart type σ	$Cv = \sigma / P$	Equation
Skikda	676,41	132,35	1,19	$P=676,41 \pm 132,35U$
Annaba	680,05	130,27	0,19	$P=680,05 \pm 130,27U$
Jijel Achouat	992,96	113,55	0,11	$P=992,96 \pm 113,55U$
Jijel port	922,74	380,68	0,41	$P=922,74 \pm 380,68U$

Tableau N° III. 17 : Calcul des modules secs

Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Skikda	$P=676,41-132,35U$	507,00	405,09	405,09
Annaba	$P=680,05-130,27U$	513,30	412,99	376,52
Jijel Achouat	$P=992,96-113,55U$	847,61	760,18	728,38
Jijel port	$P=922,74-380,68U$	505,46	212,34	105,75

Tableau N°III. 18 : Calcul des modules humides

Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Skikda	$P=676,41+132,35U$	845,81	947,72	984,78
Annaba	$P=680,05+130,27U$	846,79	947,10	983,57
Jijel Achouat	$P=992,96+113,55U$	1138,30	1225,73	1257,53
Jijel port	$P=922,74+380,68U$	1479,84	1772,86	1879,72

III.2.5. Analyse du calcul des récurrences

Du point de vue théorique, le calcul des modules secs et humides nous a permis de constater que toutes les stations ont des modules secs faibles variant d'une région à l'autre.

Dans notre région, on constate aussi une augmentation progressive des modules humides de 10 jusqu'à 100 ans dans chaque station.

La hauteur des pluies concernant les modules humides est proportionnelle à la période de retour tandis que celle des modules secs est inversement proportionnelle.

Ainsi l'analyse du tableau N° 19 montre que dans toutes les stations, la pluie la plus forte et la plus faible ont la même période de retour. Ces différentes périodes de retour se trouvent dans l'intervalle : 10 à 50 ans.

Tableau N° III. 19 : Récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles

Les stations	Fréquence la plus faible	Fréquence la plus forte	Récurrence pour la plus faible (T)	Récurrence pour la plus forte (T')
Skikda, Annaba, Jijel Achouat, Jijel port	0,05	0,95	20 ans	20ans

NB : on a les mêmes valeurs de fréquence et de récurrence pour toutes les stations.

III.3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles des pluies :

En statistique l'étude des mesures dues à des causes aléatoires tels que les hauteurs de pluies, ce fait selon une procédure bien définie ; on range d'abord en classe les valeurs observées, on compte ensuite les observations contenues dans chaque classe et le rapport d'un de ces nombre au nombre totale des observations est ce qu'on appelle la fréquence « **F** » de la classe considérée, par définition, la somme des fréquences est égale à l'unité.

Les fréquences des valeurs considérées se répartissent sur une courbe en cloche symétrique (courbe de Gauss) à partir de là nous avons tracés des histogrammes de fréquences, en portant en abscisses les différents classes de hauteurs de pluie et en ordonnées leurs fréquences d'observations. ^[16]

Pour la station de Jijel Acheouat :

Suivant le **tableau N°20** et la **figure N° 12**, On constate que 50% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 800-990mm et la seconde moitié dans l'intervalle 1125-990 mm et plus.

Tableau N° III. 20 : Les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Jijel Achouat :

Catégorie	Effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
x<800	2	3	11	16
800<x<845	1	3	5	16
845<x<900	1	4	5	21
900<x<945	1	5	5	26
945<x<990	4	30	21	158
990<x<1035	3	33	16	174
1035<x<1080	1	13	5	68
1080<x<1125	4	62	21	326
x>1125	2	37	11	195

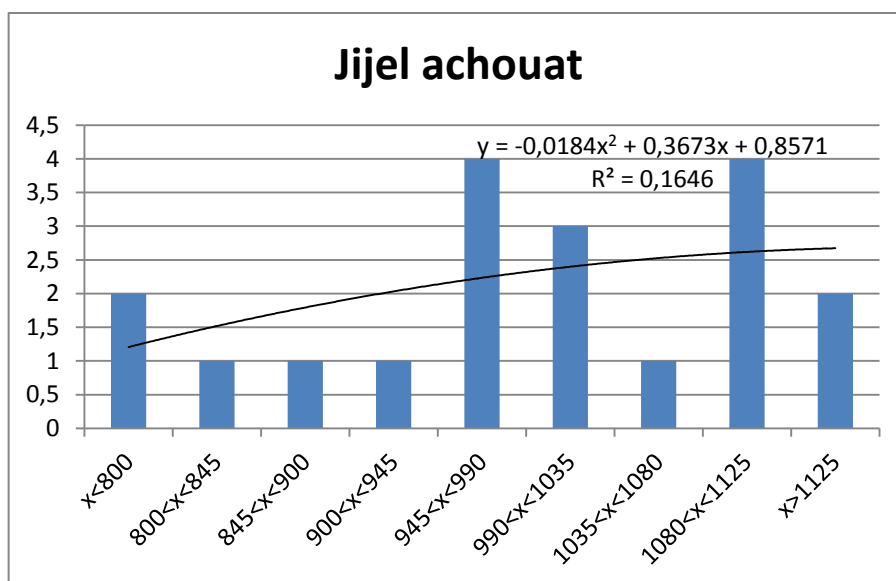


Figure № III. 12 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Jijel Achouat

Pour la station de Skikda:

Suivant le **tableau №21** et la **figure № 13**, On constate que **50%** des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle **400-610 mm** avec **11** observations sur **19** et la seconde moitié dans l'intervalle **610-680 mm** et **plus**, avec **8** observations sur **19**.

Tableau № III. 21 : Les classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Skikda

Catégorie	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
x < 400	1	1	5	5
400 < x < 470	0	0	0	0
470 < x < 540	3	9	16	47
540 < x < 610	1	5	5	26
610 < x < 680	6	51	32	268
x > 680	8	124	42	653

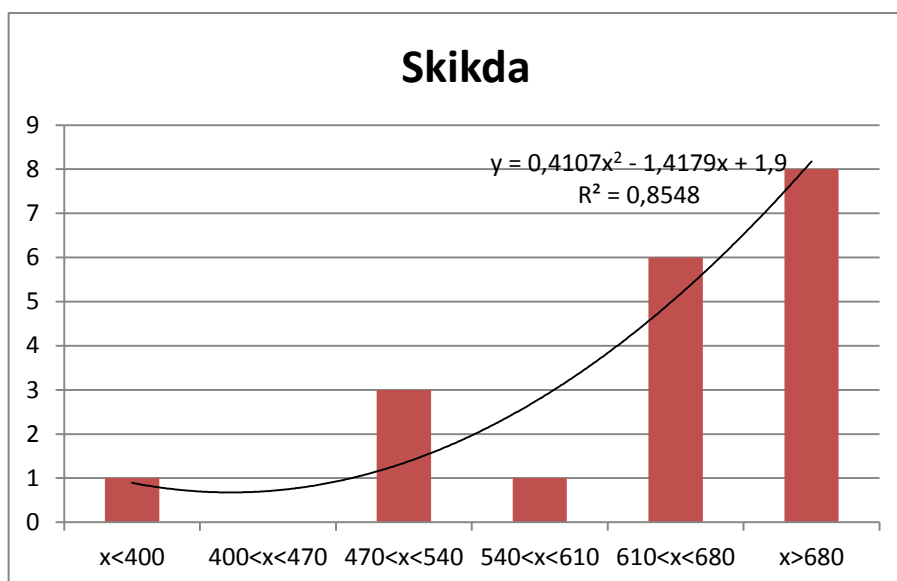


Figure № III. 13 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Skikda

Pour la station d'Annaba:(tableau №22 et la figure.№ 14)

50% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 415-610 mm, avec 10 observations sur 19, et l'autre 50% se situe dans l'intervalle 805-610 mm et plus.

Tableau № III. 22 : Les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station d'Annaba

Catégorie	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$x < 415$	1	1	5	5
$415 < x < 480$	1	2	5	11
$480 < x < 545$	0	0	0	0
$545 < x < 610$	2	7	11	37
$610 < x < 675$	7	56	37	295
$675 < x < 740$	1	12	5	63
$740 < x < 805$	4	58	21	305
$805 < x$	3	54	16	284

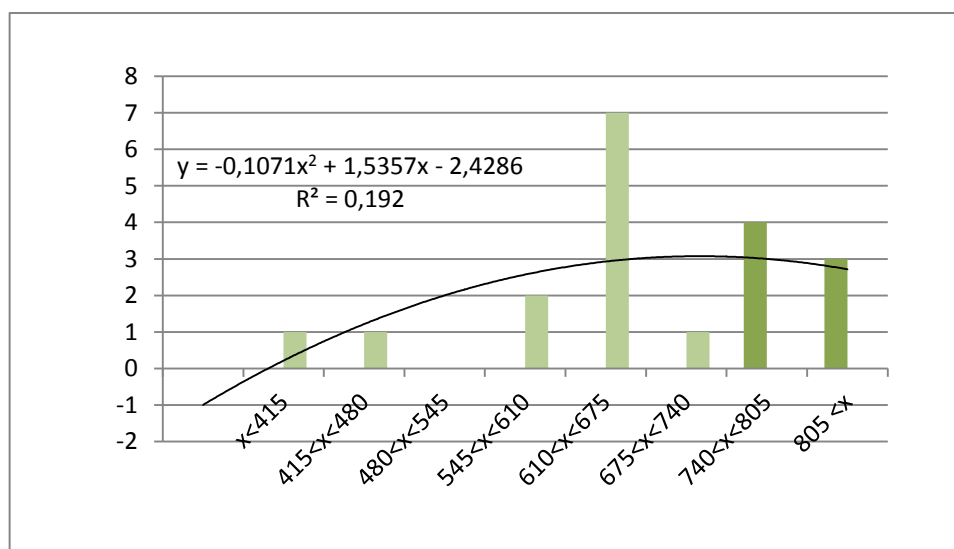


Figure N° III.14 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station d'Annaba.

Pour la station de Jijel port: (tableau N°23 et la figure N° 15)

On remarque que **50%** des données pluviométriques de notre période d'étude se trouve dans l'intervalle **110-260 mm**, avec **11** observations sur **19**.

L'autre **50%** se situe dans l'intervalle **260-360 mm** et **plus** avec **8** observations sur **19**.

Tableau N° III. 23 : Les classes de fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Jijel port

Catégorie	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$x < 500$	1	1	5	5
$500 < x < 660$	3	7	16	37
$660 < x < 820$	4	30	21	158
$820 < x < 980$	5	60	26	316
$980 < x < 1140$	5	85	26	447
$1140 < x < 1300$	0	0	0	0
$1300 < x < 1460$	1	18	5	95
$1460 < x < 1620$	0	0	0	0
$1620 < x < 1780$	0	0	0	0
$1780 < x < 1940$	0	0	0	0

$1940 < x < 2100$	0	0	0	0
$2100 < x$	1	19	5	100

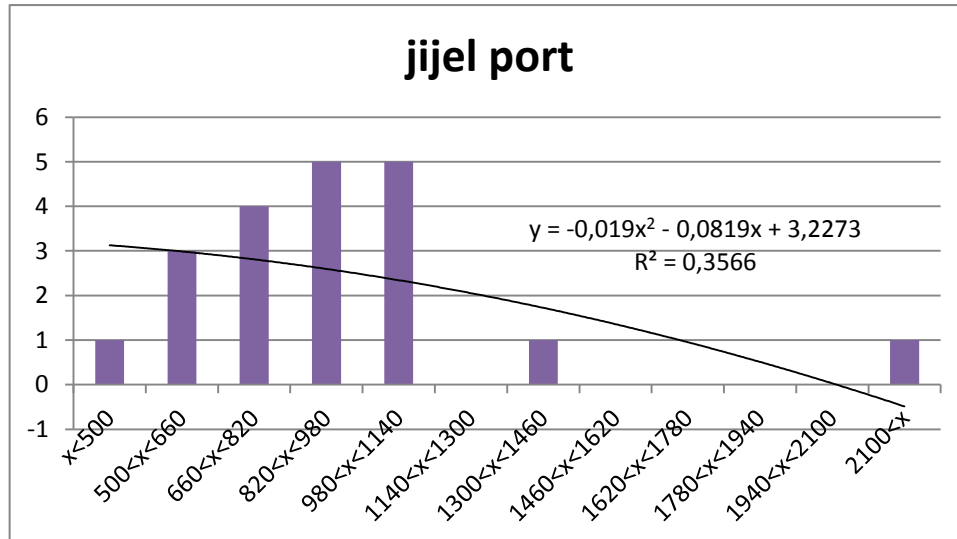


Figure № III. 15 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Jijel port

III.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations

L'analyse de la figure № 16 nous a permis de retirer des remarques très importantes concernant les quatre stations :

- ✓ Le minimum, la moyenne et le maximum de **Skikda** sont sensiblement égale à la station d'**Annaba**.
- ✓ La station de **Skikda** a le minimum, la moyenne et le maximum les plus faibles par rapport aux autres stations.
- ✓ le maximum le plus élevé se trouve au niveau de la station de **Jijel port**.
- ✓ Du point de vue évolution de la pluviométrie des stations, on remarque que la moyenne augmente du l'Est vers l'Ouest au niveau de ces stations **Jijel Port, Jijel Achouat , Annaba et Skikda** .

Tableau N° III. 24 : Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles pluviométriques

Station	Minimum (mm)	Moyenne (mm)	Maximum (mm)
Jijel Achouat	760,00	978,00	1166,00
Skikda	397,83	634,83	897,00
Annaba	413,00	638,00	931,00
Jijel port	473,46	854,72	2248,30

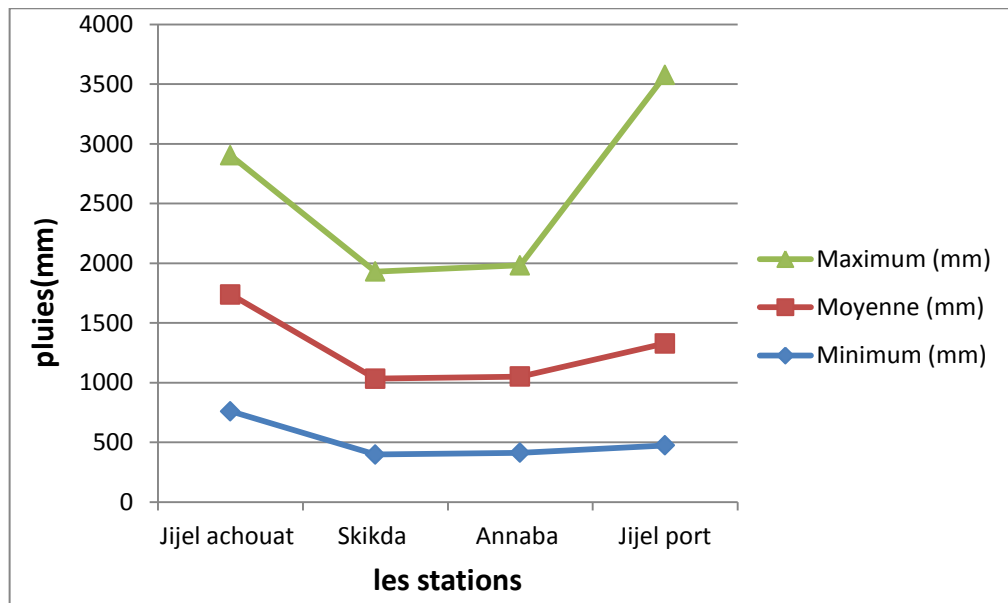


Figure N° III. 16 : Evolution des moyennes, des minimas et maximas des stations

III.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne

Les tracés curvilignes simples sont utilisés pour visualiser et représenter des séquences de valeurs (souvent lorsque l'ordre des valeurs est significatif). Une application type des tracés séquentiels curviligne est de tracer des fonctions continues comme des fonctions d'ajustement ou des distributions théoriques.

La tendance générale qui émerge de la lecture des différentes courbes (voir figure N° 17, 18, 19 et 20) de l'évolution des moyennes annuelles des précipitations, est caractérisée par : accroissement et décroissement et stabilité des valeurs des stations.

L'augmentation ou la diminution effective de la pluviométrie n'empêche pas d'avoir un écart pluviométrique considérable entre les années qui se succèdent. Toute fois on constate une similarité dans l'évolution de la pluviométrie des quatre stations entre les années 2000-2018.

Après l'analyse de ces 4 tracés (figure N° 17 à 20), les années de forte pluviométrie pour les stations sont :

- Année **2007 et 2018** pour la station de **Jijel Achouat**.
- Années **2003 et 2005** pour la station de **Skikda**.
- Année **2009 et 2001** pour la station d'**Annaba**.
- Année **2003 et 2010** pour la station de **Jijel port**.

D'autre part, Pour les années de faible pluviométrie, on a noté :

- Année **2000** pour la station de **Jijel Achouat** avec **760mm**.
- Année **2012** pour la station de **Skikda** avec **397,83mm**.
- Année **2008** pour la station d'**Annaba** avec **413mm**.
- Année **2016** pour la station de **Jijel port** avec **473mm**.

A l'aide du tracé des écarts à la moyenne annuelle nous allons essayer d'identifier les années sèches et humides dans les quatre stations.

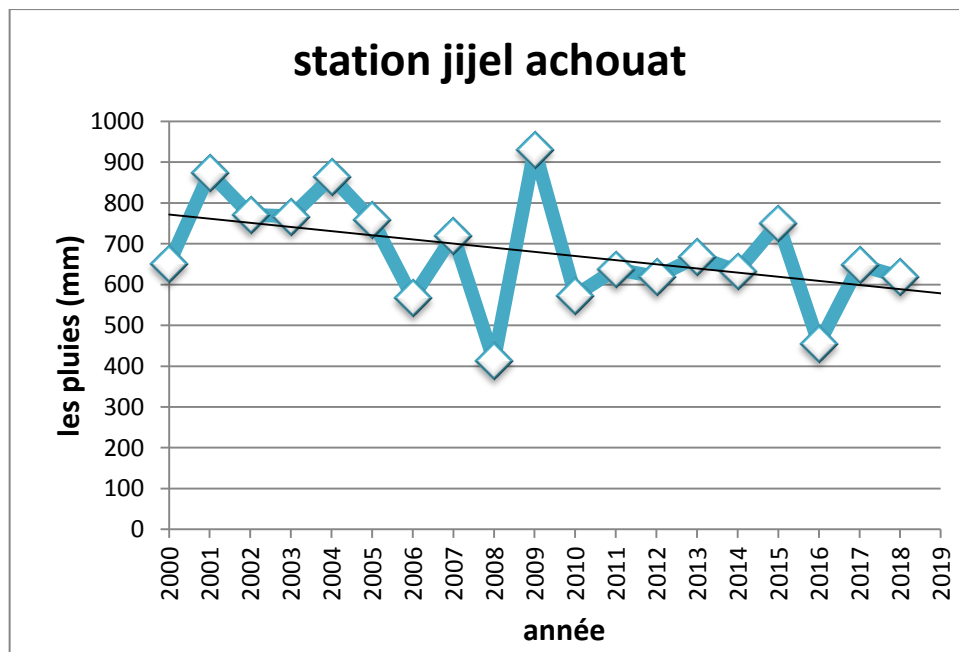


Figure N° III. 17 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Jijel Achouat

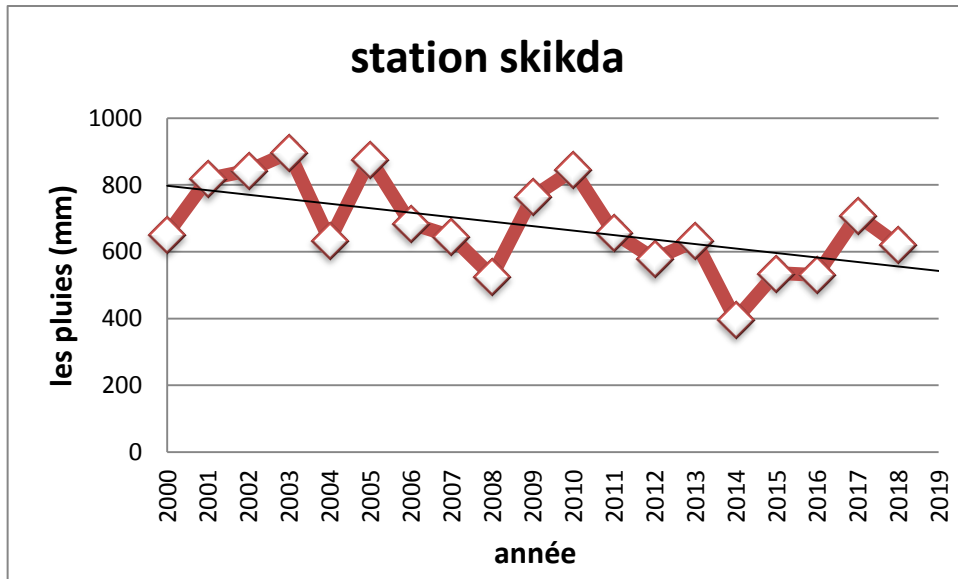


Figure № III.18 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Skikda

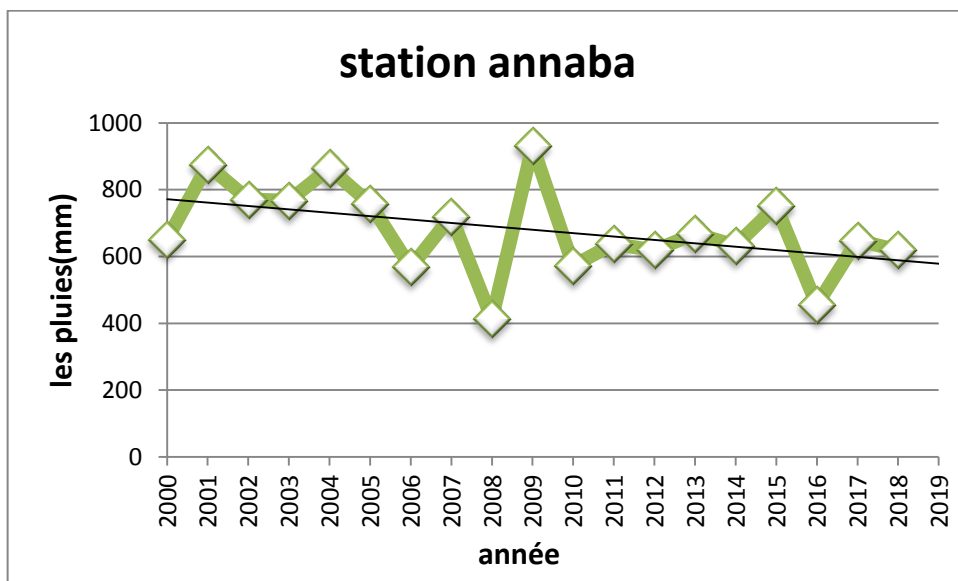


Figure № III.19 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'Annaba

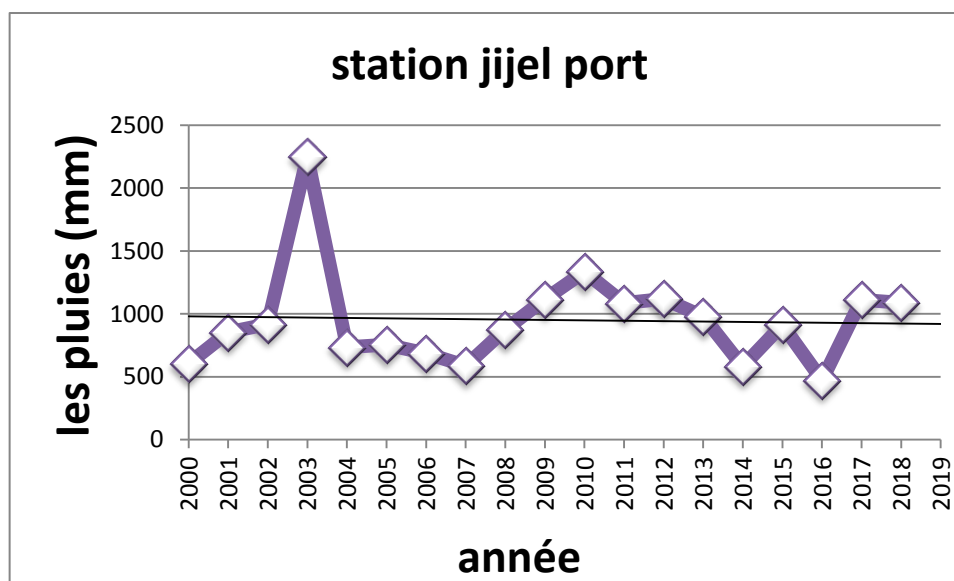


Figure N° III.20 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Jijel port

III.6. Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle

Les tracés des écarts par rapport à la moyenne annuelle permettent de situer les périodes sèches d'une série d'observation. La moyenne permettant de partager ses années d'une série est obtenue en faisant la moyenne des pluviométries moyennes annuelles de la série d'observation.

Le calcul des écarts par rapport à la moyenne annuelle est la méthode la plus utilisée pour déterminer la période sèche et humide d'une série d'observation. Une période sèche est l'intervalle d'années dont la pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à la moyenne de la série. Quant à la période humide, elle a une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à la moyenne de la série.

a. Station de Jijel Achouat

La station de **Jijel Achouat** se distingue par une série des données allant de **2000 à 2018** soit une série de **19** ans dont la moyenne annuelle de la série est de **12920,90mm**.

En premier lieu nous distinguons clairement les trois pics pluviométriques les plus élevés successivement aux années **2003**, **2007** et **2018** avec **1125** et **1147** et **1166mm**.

En second lieu l'observation de l'histogramme révèle une alternance entre la période humide et la période sèche. Les périodes sont :

- Une période humide de 8 ans (2000-2007).
- Une période sèche d'ans (2008).
- Une période humide de 4 ans (2009-2013).
- Une période sèche de 3 ans (2014-2016).
- Une période humide de 2 ans (2017-2018).

On peut grouper ces périodes en deux classes en fonction de la moyenne de chaque période :

Une première classe est constituée **des années excédentaires** (16ans), qui regroupe deux périodes humides (de 2000-2007, et de 2009-2013, et de 2017-2018) dont la moyenne annuelle la plus élevée a été enregistrée en **2007** avec **1166mm**.

Une deuxième classe regroupe **les années déficitaires** (3 ans), qui regroupe deux périodes sèches (de **2008**, et de **2017-2018**) dont la moyenne annuelle la plus faible a été enregistrée en **2008** avec **760mm**.

La moyenne annuelle la plus élevée de la série est de **1166** mm et la plus faible égale à **760** mm.se sont des valeurs plus faibles par rapport aux autres stations.

Tableau N° III. 25 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Jijel Achouat

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2000/2007	8	766,60	1063,00	1166,00	135,28	0,17
2009 /2013	4	920,00	874,00	952,00	46,96	0,04
2017/2018	2	954,00	1050,00	1147,00	78,79	0,07
Période sèche						
2008	1	/	760,00	/	/	/
2014/2016	3	874,00	920,00	952,00	32,01	0,03

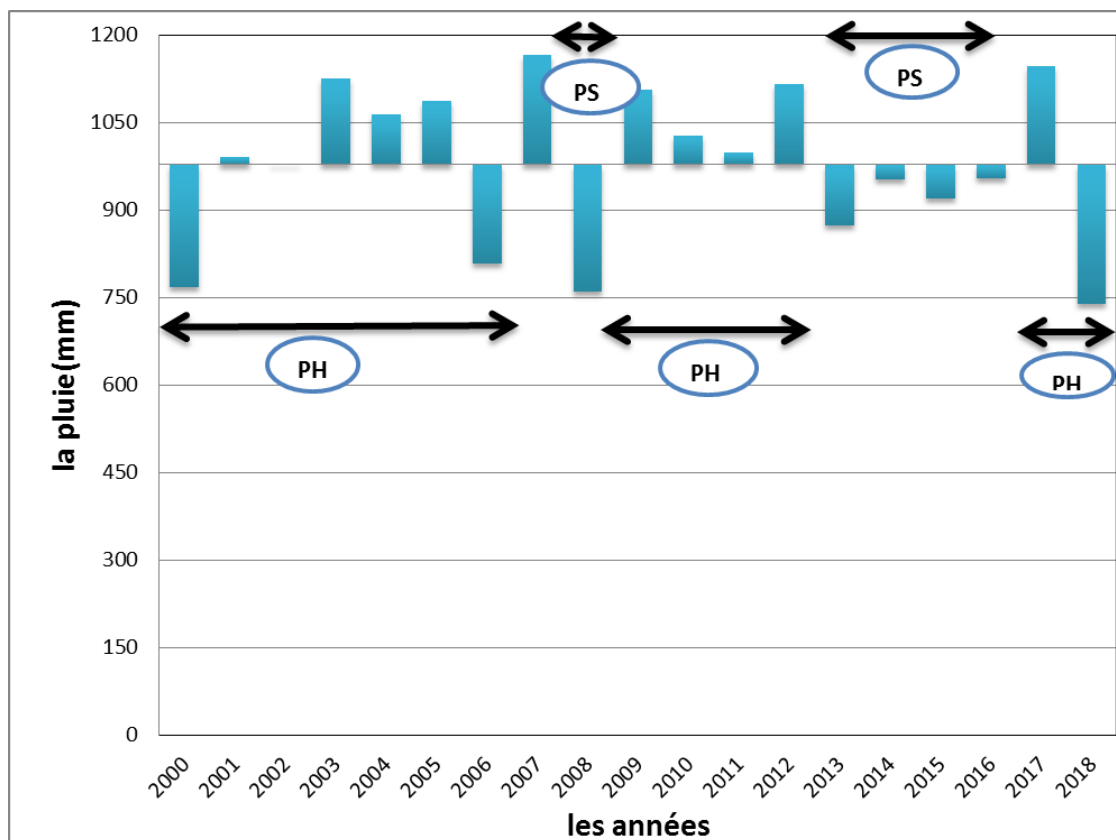


Figure № III. 21 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Jijel Achouat

b. Station de Skikda

La station de **Skikda** est composée de deux périodes : l'une, période humide de 8ans successifs (2000-2003 et 2009-2010 et 2017-2018) et l'autre période sèche de 11 ans aussi successifs (2004-2008 et 2011-2016), la moyenne annuelle de cette série est de **12851,87mm**.

Tableau № III. 26 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Skikda

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2000/2003	4	651,80	843,00	897,00	91,53	0,11
2009/2010	2	764,32	804,49	844,66	40,17	0,04
2017/2018	2	620,30	664,65	709,00	44,35	0,06

Période sèche						
2004/2008	5	526,66	647,00	877,00	114,28	0,16
2011/2016	6	397,83	535,99	657,00	84,36	0,15

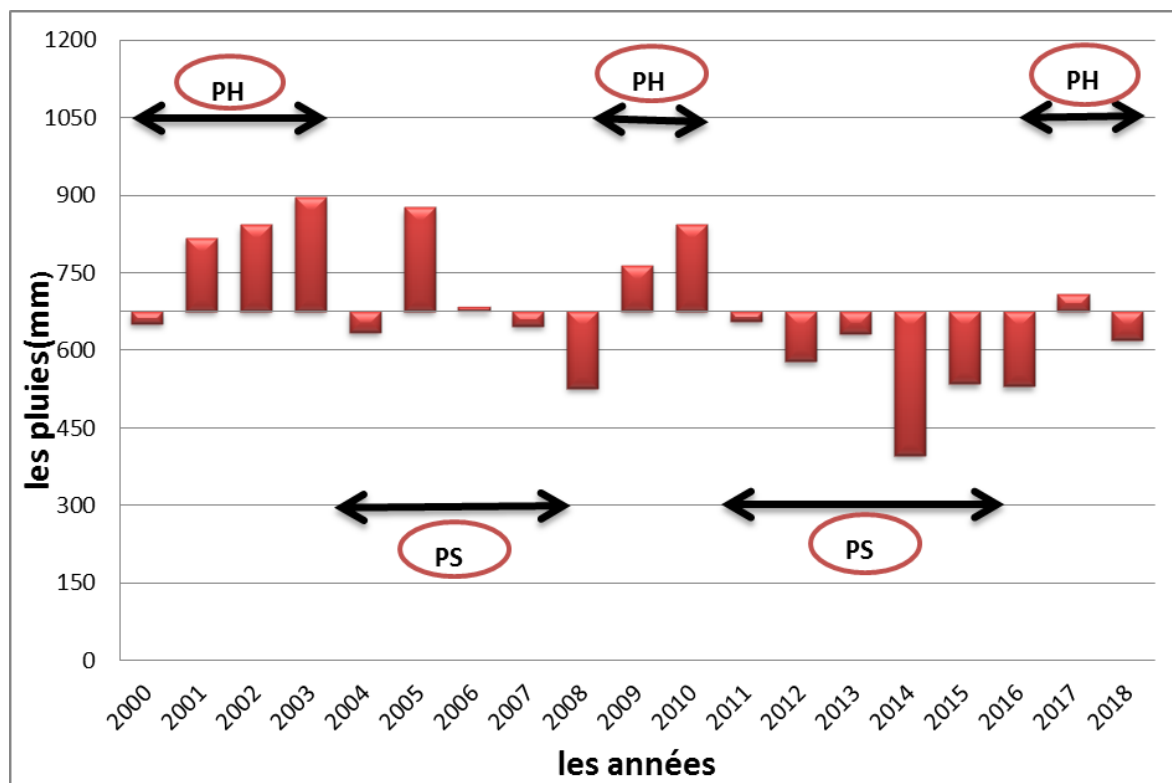


Figure N° III. 22 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Skikda

c. Station d'Annaba

La station d'Annaba est composée de deux périodes : l'une, période humide de 12ans successifs (2000-2004 et 2009-2015) et l'autre période sèche de 7 ans aussi successifs (2005-2008 et 2016-2018), la moyenne annuelle de cette série est de 12921,01mm.

Tableau N° III. 27 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la station d'Annaba

Période (ans)	N. Années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2000/2004	5	650,90	767,00	873,50	80,71	0,10
2009/2015	7	573,00	638,00	931,00	112,73	0,16
Période sèche						
2005/2008	4	413,00	568,00	759,00	148,71	0,22
2016/2018	3	455,00	618,70	648,00	84,92	0,14

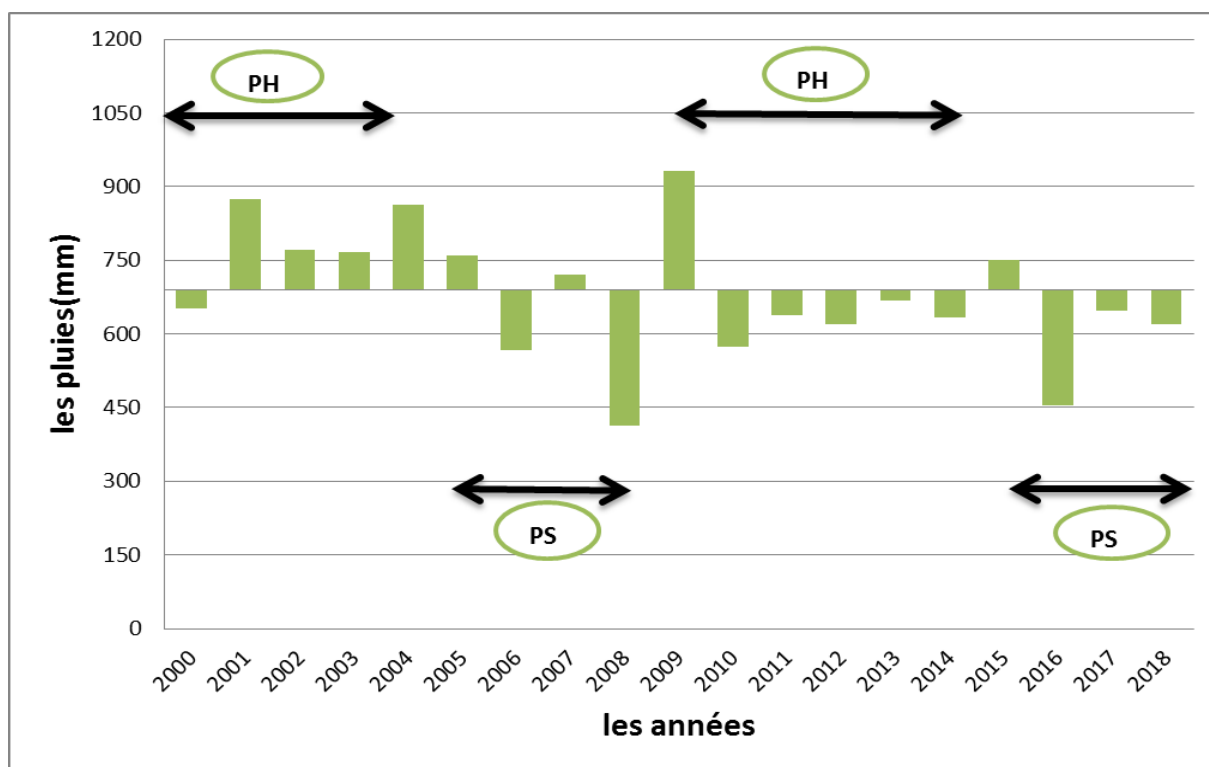


Figure N° III. 23 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station d'Annaba

d. Station de Jijel port

La station de **Jijel port** est composée de deux périodes : l'une, période humide de 11ans successifs (2000-2003 et 2008/2012 et 2017-2018) et l'autre période sèche de 8 ans aussi successifs (2004-2007 et 2013-2016), la moyenne annuelle de cette série est de **18107,03mm**.

Tableau N° III. 28 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la Station de Jijel port

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2000/2003	4	605,35	918,00	2248,30	622,96	0,53
2008/2012	5	873,33	1116,00	1334,60	521,51	0,47
2017/2018	2	1087,80	1099,40	1111	11,60	0,01
Période sèche						
2004/2007	4	587,98	684,97	754,32	213,78	0,29
2013/2016	4	473,46	582,09	978,18	213,67	0,28

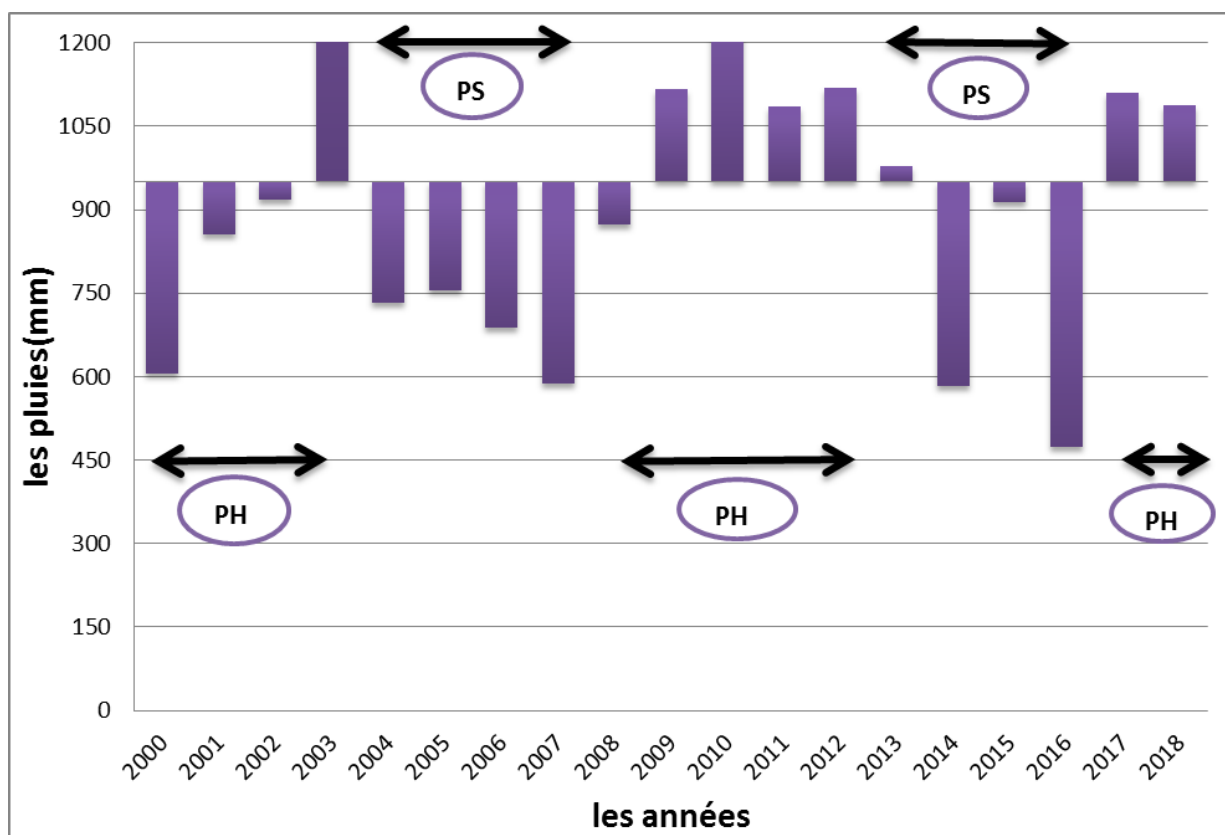


Figure N° III. 24 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Jijel port

III.7. Délimitation des mois secs et des mois humides

Pour la délimitation des mois secs et des mois humides nous avons adopté le seuil de **40mm**. Un mois sec est un mois dont la pluviométrie moyenne mensuelle inférieure à **40 mm** contrairement au mois humide qui est supérieur à **40mm**.

Pour l'établissement des tableaux N° 29 et 30, nous avons procédé comme suit :

Pour chaque station on a calculé la moyenne de chaque mois pendant une période de 19 ans ce qui est résulté pour 19 mois une seule moyenne. Prenons le mois de septembre (station d'Annaba) : une période de 19 ans soit 19 mois de septembre, ensuite on a déterminé les mois secs et les mois humide en fonction du seuil. Les résultats de nos calculs qui sont illustrés par les tableaux N°29 et 30, et la figure N°29 montrent que :

Pour la station de Jijel Achouat

Le mois de décembre est le plus pluvieux (humide) par rapport aux autres mois avec une moyenne pluviométrique de **318,0 mm**, tant que le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec **15,0 mm** où cette valeur est la plus faible dans toutes les stations.

Pour la station de Skikda

Le mois le plus humide est le mois janvier avec une moyenne pluviométrique de **275 mm**, et le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec **8,00mm**.

Pour la station d'Annaba

Le mois le plus humide pour cette station est le mois de novembre avec **233,0 mm**, et le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec une moyenne pluviométrique de **10mm**.

Pour la station de Jijel port :

Le mois le plus humide c'est le mois de novembre avec **1096,0 mm** qui représente la valeur la plus élevée par rapport aux autres stations, tant que le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec **12,0mm**.

Cette station est la plus humide par rapport aux autres stations.

Nous pouvons dire que la période la plus sèche pour toutes les stations c'est les mois : **Juin, Juillet, et Août**. Avec **Juillet**, le mois sec commun entre toutes les stations.

Pour ce qui concerne les mois les plus humides, on constate, **novembre** et **décembre** et **janvier** et **février**, la période la plus humide commune entre toutes les stations.

Tableau N° III.29 : Délimitation des mois secs et humides des différentes stations

Mois	Jijel achout		Skikda		annaba		Jijel port	
	L'état de période	Valeur	L'état de période	Valeur	L'état de période	Valeur	L'état de période	Valeur
September	Sec	171,00	Sec	116,00	Sec	184,60	Humide	379,30
October	Humide	333,00	Sec	186,00	Sec	162,90	Humide	251,00
November	Humide	348,00	Humide	240,00	Humide	233,00	Humide	1096,0
December	humide	318,00	Humide	228,00	Humide	226,00	Humide	273,00
Javier	Humide	327,00	Humide	276,00	Humide	206,00	Humide	314,00
Février	Humide	372,00	Sec	189,00	Sec	187,00	Humide	292,00
Mars	Humide	268,00	Sec	137,00	Sec	198,00	Humide	216,00
Avril	Sec	191,00	Sec	115,00	Sec	129,00	Humide	414,60
Mai	Sec	152,00	Sec	143,00	Sec	118,70	Sec	108,56
Juin	Sec	56,00	Sec	54,00	Sec	52,00	Sec	60,00
Juillet	Sec	15,00	Sec	22,00	Sec	10,00	Sec	12,00
Aôut	Sec	85,00	Sec	63,00	Sec	188,10	Sec	75,00

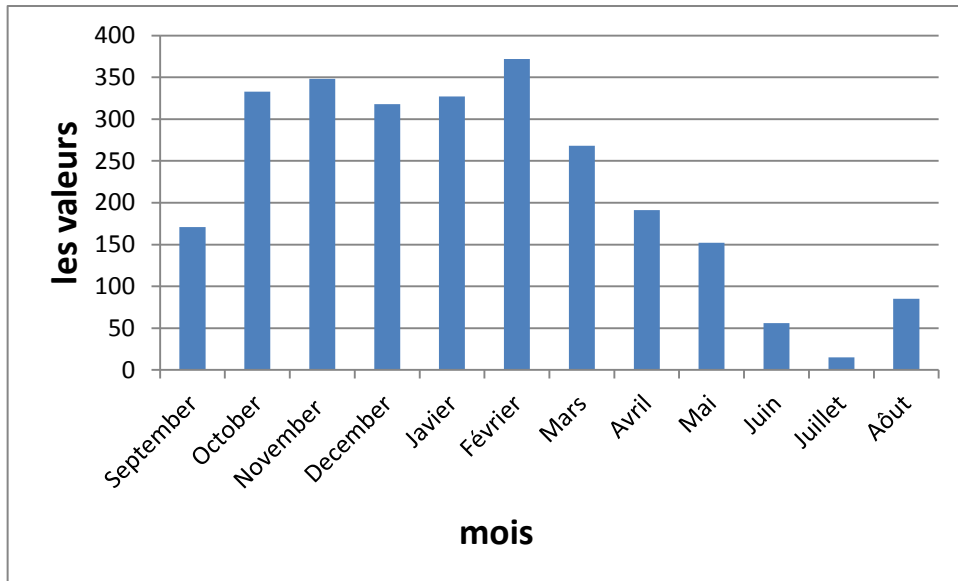


Figure N°III. 25 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs de Jijel
Achouat

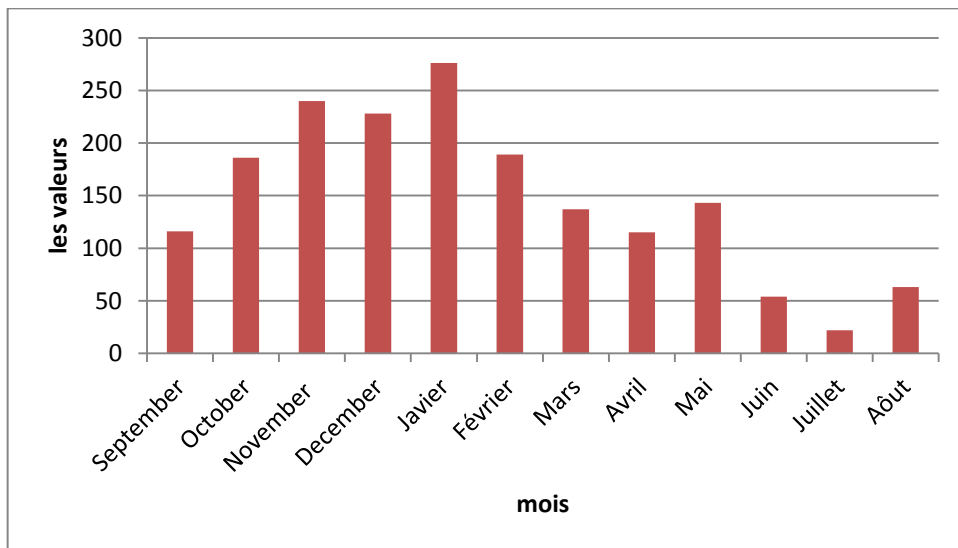


Figure N°III. 26 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs de
Skikda

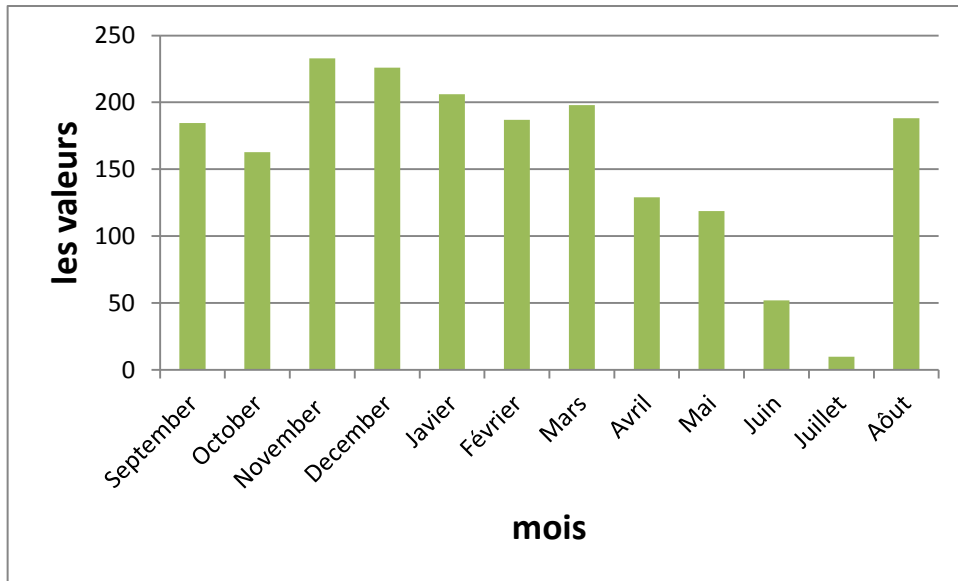


Figure N°III. 27 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs d'Annaba

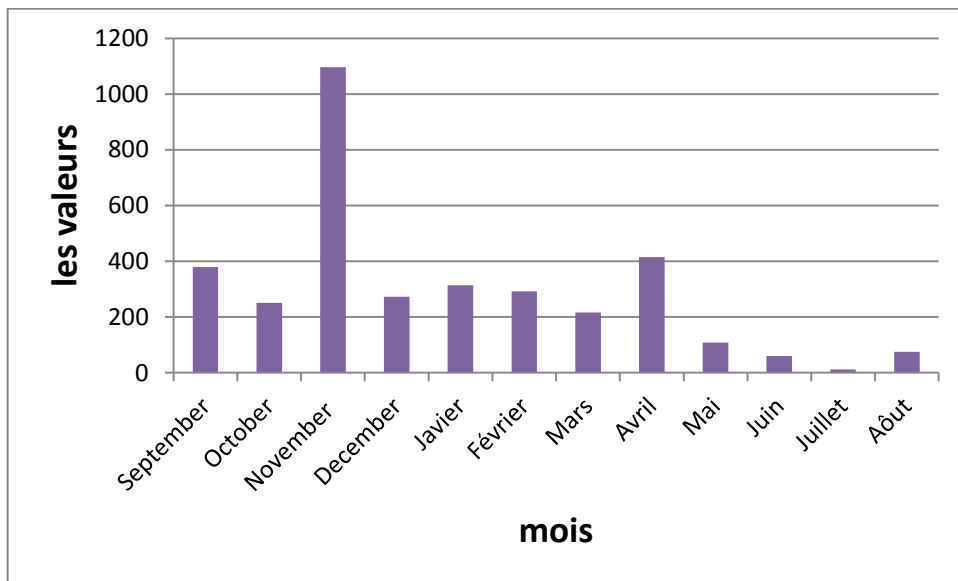


Figure N°III. 28 : graphique du tableau de délimitation des mois humides et secs de Jijel port

III.8. Précipitations saisonnières

En analysant le tableau N°30 des valeurs moyennes mensuelles des quatre stations on constate que l'année se divise en deux saisons : saison pluvieuse et saison sèche. La plus pluvieuse se commence de Novembre jusqu'à Mai pour l'ensemble des quatre stations. On remarque

Tableau N°III.30 : valeurs moyennes mensuelles des précipitations des différentes stations

Station mois	Jijel achouat	skikda	Annaba	Jijel ports
September	171,00	116,00	184,60	379,30
October	333,00	186,00	162,90	251,00
November	348,00	240,00	233,00	1096,0
December	318,00	228,00	226,00	273,00
Javier	327,00	276,00	206,00	314,00
Février	372,00	189,00	187,00	292,00
Mars	268,00	137,00	198,00	216,00
Avril	191,00	115,00	129,00	414,60
Mai	152,00	143,00	118,70	108,56
Juin	56,00	54,00	52,00	60,00
Juillet	15,00	22,00	10,00	12,00
Aôut	85,00	63,00	188,10	75,00

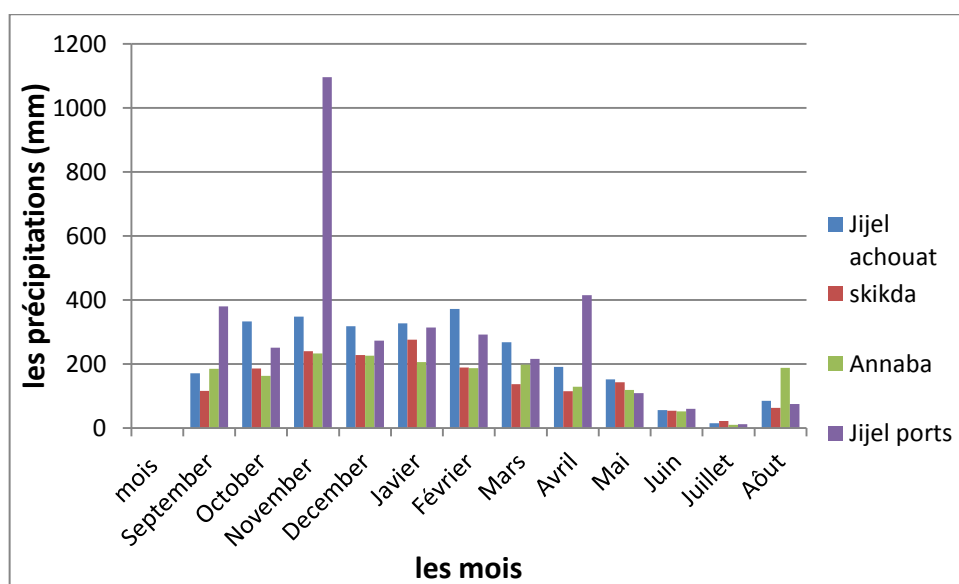


Figure N° III. 29 : Variation moyennes mensuelles des précipitations (4stations).

Pour en savoir plus, nous allons faire une analyse des moyennes mensuelles du point de vue saisonnier et en dégager les conclusions.

- Les précipitations saisonnières : les quatre saisons de l'année correspondent à :
 - L'hiver (décembre, Janvier, Février)
 - Le Printemps (mars, Avril, Mai)
 - L'été (Juin, Juillet, Aout)
 - L'automne (Septembre, Octobre, Novembre) ^[17]

Le tableau et les figures ci-dessus présentent les précipitations moyennes saisonnières.

Tableau N°III.31: tableau pluviométrique des quatre stations

station \ Saisons	Jijel Achouat	Skikda	Annaba	Jijel port
L'Hiver	284,00	180,66	193,50	575,43
Le Printemps	339,00	231,00	206,33	293,00
L'été	203,66	131,66	148,56	246,38
L'Automne	52,00	46,33	83,36	49,00

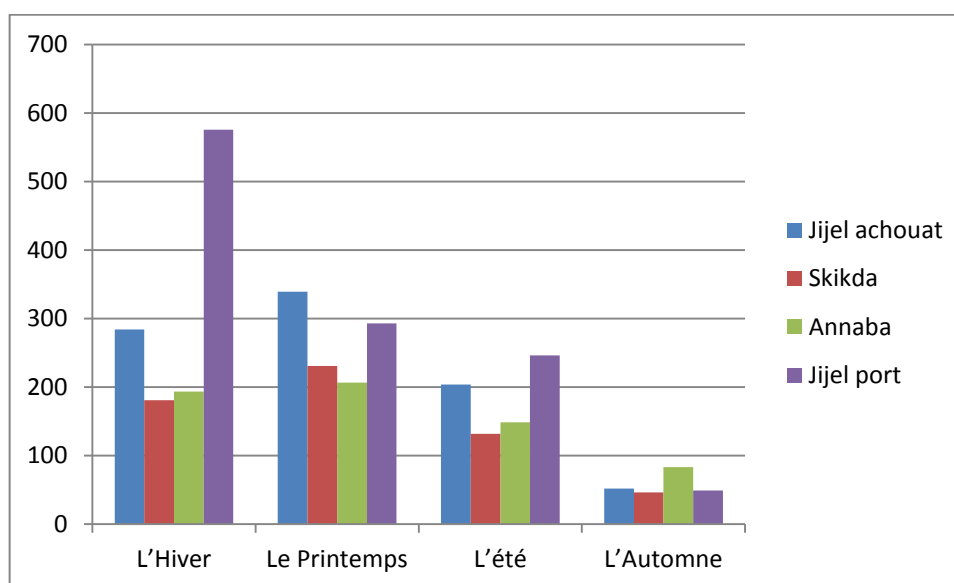


Figure N° III. 30 : Précipitations moyennes saisonnière des quatre stations

Après l'analyse du **tableau N° 31** et la **figure N° 30**, on remarque que l'Automne est la saison la plus humide pour les stations de **Jijel Achouat** et **Jijel port** et **Annaba** mais pour la station de **Skikda** le Printemps est le plus pluvieux parmi les autres saisons.

D'un point de vue pluviométrie saisonnière, on constate que les périodes estivales sont bien présentes aux contraires les périodes hivernales qui ne sont pas dominantes suffisamment dans le cas où l'automne et le printemps qui sont les plus humides pour toutes les stations. Donc on constate une irrégularité des saisons.

III.9. Conclusion

D'après l'analyse des études qui ont été faites auparavant, la pluviométrie est favorable dans les zones situées à l'Est, et elle a connu une évolution en dirigeant vers le Ouest.

Il existe des périodes humides (la pluviométrie élevée) différentes de station à l'autre, en revanche il existe une période sèche (de faible pluviométrie).

Le calcul des écarts par rapport à la moyenne nous a permis de constater que plus on va vers l'Ouest, plus les années humides se succèdent.

Cette succession des années sèches, implique-t-elle une aggravation de la sévérité de la sécheresse avec le temps ? Pour répondre à cette question, nous allons essayer d'effectuer, dans le chapitre suivant, une série de calculs avec des indices de sécheresse afin de déterminer le degré de sévérité de ses deux périodes : sèche et humide.

On sait que les années de sécheresse peuvent se succéder pendant 4 ans, Est-ce qu'une longue succession des années sèches signifie que le degré de sévérité de la sécheresse est élevé pendant ses périodes ?

IV. Caractérisation de la sécheresse météorologique

La sécheresse météorologique est due à la réduction naturelle de la pluviométrie sur une région donnée pendant une année ou sur plusieurs années successives. Souvent, elle est définie par l'écart entre la pluie annuelle et la pluie moyenne annuelle.

Nous proposons de faire l'étude des données pluviométriques observées au niveau de notre région d'étude afin de dégager les caractéristiques de la sécheresse existante.

Afin de caractériser la sécheresse de notre région d'étude nous utiliserons les indices de Sécheresse et les indices de sévérité. [18]

IV.1. Indices de sécheresses

Pour caractériser et identifier la sécheresse, plusieurs indices sont utilisés. [19]

IV.1.1. Indice de l'écart à la moyenne (Em)

Cet indice est utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année, il permet Aussi de visualiser le nombre d'années déficitaires et leur succession.

$$E_m = P_i - P_m$$

Avec :

P_i : pluie annuelle.

P_m : pluie moyenne annuelle.

L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (P_i) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (P_m), cet indice permet de faire une classification globale, si l'écart est positif cela indique les années humides et négatif indique les années sèches, on parle d'années déficitaires quand la pluie est inférieure à la moyenne est d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. [20]

IV.1.2. Indice de pluviosité (I_p)

$$I_p = P_i / P_m$$

C'est le rapport de la hauteur de précipitation annuelle à la hauteur moyenne annuelle de précipitation. Une année est qualifiée d'humide si ce rapport est supérieur à 1 et de sèche s'il est inférieur à 1. [21]

IV.1.3. Distribution selon les fréquences

Les pluies annuelles sont classées dans l'ordre croissant suivant leur probabilité au non dépassement puis divisées en cinq classes.

Si l'écart à la moyenne (E_m) et l'indice de pluviosité (I_p) nous indiquent simplement les années sèches et les années humides ainsi que les tendances générales, l'analyse fréquentielle nous permet en revanche de distinguer parmi les années sèches celles qui sont les plus déficitaires. [22]

Tableau N° IV. 32 : Distribution selon les fréquences

Classes	Fréquence ou probabilité au non dépassement
Très sèche	$F < 0,15$
Sèche	$0,15 < F < 0,35$
Normale	$0,35 < F < 0,65$
Humide	$0,65 < F < 0,85$
Très humide	$F > 0,85$

IV.2. Indices de sévérité

En plus de l'identification des fréquences sèches et de leur caractérisation par le calcul de ces indices, il est possible de déterminer l'ampleur de la sécheresse en termes de sévérité. [23]

IV.2.1. Indice du nombre d'écart type

Cet indice peut être calculé par la comparaison de la pluie moyenne annuelle (P_m) au nombre d'écart types (σ).

Lorsque P_i est inférieur à $P_m - \sigma$, on parle d'une sécheresse forte. Il s'agit d'une sécheresse très sévère si P_i est inférieur à $P_m - 2\sigma$. [24]

Tableau N° IV. 33 : Les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type

Type de sécheresse	Critère de comparaison
Modéré	$P_m - \sigma < P_i < P_m$
Forte	$P_m - 2\sigma < P_i < P_m - \sigma$
Très sévère	$P_i < P_m - 2\sigma$

IV.2.2. Indice standardisé de précipitation

L'indice standardisé de précipitation « SPI » (standardisé précipitation index) a été développé en 1993 en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il reflète l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différentes ressources en eau. La principale contribution de cet indice est l'établissement très précis de la durée de la sécheresse. ^[25]

Cet indice est calculé surtout lorsque la précipitation n'est pas normalement distribuée. Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$SPI = (P_i - P_m) / \sigma$$

On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs des SPI cité dans le tableau.

Tableau N° IV. 34 : classe de distribution des années selon SPI

SPI	Classification
$SPI > 2$	Humidité extrême
$1 < SPI < 2$	Humidité forte
$0 < SPI < 1$	Humidité modérée
$-1 < SPI < 0$	Sécheresse modérée
$-2 < SPI < -1$	Sécheresse forte
$SPI < -2$	Sécheresse extrême

IV.3. Analyse du calcul des indices

En analysant le tableau N° 34 du calcul des indices on remarque :

A) Pour les indices de sécheresse

Pour le calcul des indices de l'écart à la moyenne et de pluviosité, sur les données pluviométriques observées au niveau des quatre stations, ces indices nous ont permis de constater **42 %** d'années humides et **58 %** d'années sèches au niveau des stations : **Skikda, Annaba, et Jijel port.**

Et **57 %** d'années humides et **43%** d'années sèches pour la station de **Jijel Achouat.**

Quant à l'analyse fréquentielle on remarque que pour toutes les stations sur **19 ans**, **2** années sont considérées comme **très sèches**, **4** années **sèches**, **6** comme années **normales**, **4** **humides** et **3 très humides** donc le pourcentage des années **déficitaires** sera **31 %**.

B) Pour les indices de sévérité

On a deux types de périodes : sèche et humide, chaque période est divisée en plusieurs classes en fonction de la sévérité de la sécheresse. Le classement des années selon les trois indices de la sévérité est similaire, l'indice le plus détaillé est l'indice standardisé de précipitation (SPI). Nous utiliserons les résultats de cet indice pour effectuer une interprétation des résultats.

L'indice standardisé de précipitation

- **La station de Jijel Achouat:** pour les **19 ans**, on a **9 ans humides** soit **3 ans d'humidité forte** et **6 ans d'humidité modérée**. Pour les années sèches on a **10 ans**, on a **6 ans de sécheresse modérées** et **2 années de sécheresse forte** et **2 années de sécheresse extrême**.
- **La station de Skikda :** pour les **19 ans**, on a **8 ans humides** soit **5 ans d'humidité forte** et **3 ans d'humidité modérée**. Pour les années sèches on a **11 ans**, on a **7 ans de sécheresse modérées** et **3 années de sécheresse forte** et **1 année de sécheresse extrême**
- **La station d'Annaba :** pour les **19 ans**, on a **8 ans humides** soit **3 ans d'humidité forte** et **5 ans d'humidité modérée**. Pour les années sèches on a **11 ans**, on a **9 ans de sécheresse modérées** et **1 année de sécheresse forte** et **1 année de sécheresse extrême**

- **La station de Jijel port** : pour les **19 ans**, on a **8 ans humides** soit **1ans d'humidité Extrême, et 1 an d'humidité forte** et **6 ans d'humidité modérée**. Pour les années sèches on a **11 ans**, on a **10 ans de sécheresse modérée** et **1 année de sécheresse forte**.

Comme conclusion nous pourrions dire que le degré de **sévérité** n'est pas trop élevé dans nos stations d'étude. En comparant les différentes classes de l'indice (SPI) entre eux (humidité moyenne et sécheresse moyenne ; humidité forte et sécheresse forte ; humidité extrême et sécheresse extrême), on constate qu'il y a une **dominance** des classes de **la période sèche**.

[26]

Tableau N° IV. 35 : Calcul des indices de sécheresse

		Jijel Achouat		Skikda		Annaba		Jijel port	
Indice	Classe	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Em	H	9	47%	8	42%	8	42%	8	42%
	S	10	53%	11	58%	11	58%	11	58%
Ip	H	9	47%	8	42%	8	42%	11	58%
	S	10	53%	11	58%	11	58%	8	42%
AF	TS	2	10%	2	10%	2	10%	2	10%
	S	4	21%	4	21%	4	21%	4	21%
	N	6	32%	6	32%	6	32%	6	32%
	H	4	21%	4	21%	4	21%	4	21%
	TH	3	16%	3	16%	3	16%	3	16%
SPI	HE	-	-	-	-	-	-	1	5%
	HF	3	16%	5	26%	3	16%	1	5%
	HM	6	32%	3	16%	5	26%	6	32%
	SM	6	32%	7	37%	9	47%	10	53%
	SF	2	11%	3	16%	1	5%	1	5%
	SE	2	11%	1	5%	1	5%	-	-

Durant notre étude de cette région nous avons notés plusieurs remarques concernant la pluviométrie et les changements climatiques :

- L'emplacement géographique est un facteur déterminant dans la pluviométrie de notre région.
- Plus qu'on va vers le centre (de l'Est à l'Ouest), la pluviométrie augmente : Une pluviométrie de 2248,3 mm pour la station de Jijel port, elle évolue vers Jijel Achouat à 1166,0 mm, Skikda avec 897,0 mm et Annaba à 931,0 mm.
- L'analyse de la moyenne mensuelle nous a permis de constater qu'il y a deux périodes : sèche et humide.
- L'analyse des moyennes mensuelles nous a montré qu'il y a un décalage des mois des saisons, on pourra qualifier ses saisons de précoce car elles ne correspondent plus à la référence établie pour un climat méditerranéen. Les différentes saisons (hiver, printemps, automne et été) se confondent entre eux.

Toutes ces remarques nous permettent de dire que nous sommes en face d'un climat irrégulier avec une saison dominante.

Liste bibliographique

1_ Archives de Firdaous, [En ligne] 22/02/2014 ,consulter le : 06/03/2020.

<https://fr.arabia24.org/archives-de-firdaous.htm>

2_ BRANKI Salim, Directeur .national agency of investement development. [En ligne] 2013, consulter le : 06/03/2020

<file:///C:/Users/SERVICE-INFO/Desktop/Annaba.pdf>

3_ la chambre de commerce et d'industrie saf-saf skikda. [En ligne] 2017, consulter le : 06/03/2020

<http://www.ccisafsaf.dz/Presentation.htm>

4- chambre de commerce et d'industrie Jijel. [En ligne] 2014, consulter le : 06/03/2020

[C:/Users/SERVICE-INFO/Desktop/CCI JIJEL _Présentation de la Wilaya de Jijel \(1\).mhtml](C:/Users/SERVICE-INFO/Desktop/CCI JIJEL _Présentation de la Wilaya de Jijel (1).mhtml)

5_ SERVICE-INFO. [En ligne], consulter le : 06/03/2020

<C:/Users/SERVICE-INFO/AppData/Local/Temp/WPDNSE/{FFE45F92-F100-B7D6-A3C9-2D3217E9BCDA}/Présentation de la wilaya.mhtml>

6_ ANRH : journée nationale d'étude sur la sécheresse - Alger - 20-7-94. 4- ARCE - Colloque n°2 – Oran - 24 et 25 Décembre 1995 5. Assises Nationales Médicales - 1998.

7_ O.M.M.-United Nations Framework Convention on Climate Change. Genève 1992.

8_ O.M.M. -Climate change issues - Genève, OMM, 1994.-Coll.:WMO 798

9_ O.M.M. : Normales climatologiques (CLINO-1931-1960) N° 117.TP.52 - 1971.

10_ O.M.M. : Normales climatologiques (CLINO) pour la période 1961-1990 N° 847 – 1996.

11_ LUBES-Niel H.,MASSON J.M., et SERVAT E.(1998)-Variabilité climatique et statistique. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité des chroniques. Revue des Sciences de l'eau, vol.11, n°3, p. 383-408.

12_ LUBES H., Masson J.M., SERVATE E., Paturel J.E,KOUAME B. et Boyer J.F.(1994)- caractérisation des fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques. Etude bibliographique. Programme ICCARE, Rapport n°3, ORSTOM, Montpellier.

- 13_ Achour F., Bouzelboudjen M. et Pieyns S.A.** (1998). Variabilité spatio-temporelle des ressources en eau en région semi-aride : application au bassin du Chelif, Algérie.
- 14_ KHALDI.A.**(2005)-Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien « Monts de Tlemcen –Saida ». Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Oran, Algérie. 229 p.
- 15_ KLEIN J., TABARLY S.** (2003), Les espaces littoraux : gestion, protection, aménagement, Géo confluentes, Glossaires spécialisés, URL,<http://geoconfluentes.ens-lsh.fr>
- 16_ DAGNELIE P.**(1970)-Théorie et méthodes statistiques. Edit .Press agronomiques de Gembloux, Belgique, vol. 2, 451 p.
- 17_ BENBLIDIA M.** : Choix de développement et impacts sur l'environnement Séminaire de formation en population, développement et environnement au Maghreb - Rabat – 10/25 mai 1993
- 18_ Diarra. D** (2006) : Contribution à l'étude hydro climatique d'un transect Nord-Sud Khadra – Ammi Moussa Algérie. Mémoire d'ingénieur. Centre Universitaire de Mostaganem.
- 19_ BERAN MA, Rodier JA** : aspects hydrologiques des sécheresses. Contribution au programme hydrologique international. Rapport préparé par un comité mixte UNESCO/OMM,(1987) 172p
- 20_ EL MAHI A.** (2002) : Déficit pluviométrique des dernières décennies en Algérie du Nord et son impact sur les ressources en eau. Mémoire de magister, C.U.Mascara.
- 21_ ELOUISSI. A.** (1992) : Contribution à la formation des micro-régions climatiques pour la région de Mascara, Mémoire d'Ingénieur, Centre Universitaire de Mascara.
- 22_ Touaïbia B., Inegliz S. et Ould Amara A.** (2006). Couplage d'une analyse en composantes principales et d'une approche géostatistique pour l'élaboration de cartes pluviométriques du Centre de l'Algérie du Nord. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science 19, 213- 219.
- 23_ Siew-Yan-Yu T.O., Rousselle J., Jacques G. et Nguyen V.T.V.** (1998). Régionalisation du régime des précipitations dans la région des Bois-francs et de l'Estrie par l'analyse en composantes principales. Canadian Journal of Civil Engineering 25, 1050-1058.
- 24_ Khaldi A.** (2005). Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida". Thèse du doctorat d'état, université d'Oran. 239 p.
- 25_ Bouanani A.** 2005. Hydrologie, Transport solide et modélisation, étude de quelques sous bassin de la Tafna. (N-W – Algérie), Doctorat d'état, Univesité Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 250p

26_ TINTHOIN, (1952) :L'Oranie, sa géographie, son histoire, ses centres vitaux, Oran,
Édition L. Fouque Oran, 56 p.

Résume :

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité.

Pour traiter notre thème, on a divisé le travail en quatre chapitres, le premier est consacré à une recherche bibliographique sur la région qu'on a étudié (situation géographique, climat, végétation et hydrologie). Dans les trois restes chapitres, on a étudié la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie en utilisant le traitement statistique et l'analyse des indices de sécheresse. Aussi nous avons adopté une méthodologie qui se caractérise par la Collecte des données pluviométriques et création d'une banque de données sur ordinateur. Pour cela, on s'est basé sur les données mensuelles issues de plusieurs stations pluviométriques situées dans notre zone d'étude la région côtière d'est d'Algérie

Le calcul des indices pour les différentes stations révèle l'existence de deux périodes distinctes humide et sèche. Notez également que plus qu'on va vers le centre (de l'Est à l'Ouest), la pluviométrie augmente.

Mots Clés : Hydrologie, humidité, sécheresse, pluies, Est Algérie

Abstract:

Water is a natural element of paramount importance, essential for all forms of life, water is a necessary resource for all human activities, it is a determining factor of production in sustainable development, it is increasingly becoming more at the center of strategic interests, it is there for necessary to have a better knowledge of the existing water resources as well as their quality.

To deal with our theme, we have divided the work in to four chapters, the first is devoted to a bibliographical research on the region we have studied (geographical location, climate, vegetation and hydrology). In the three remaining chapters, we studied the spatiotemporal variability of rainfall using statistical processing and analysis of drought indices. We have there for adopted a methodology characterized by the collection of rainfall data and the creation of a computer data base. To do this, we based ourselves on monthly data from several rainfall stations located in our study area. The coastal region of east Algeria

The calculation of the indices for the different stations reveals the existence of two distinct wet and dry periods. Note also that the further you go to the center (from east to west), the rainfall increases.

Keywords: Hydrology, humidity, drought, rains, East Algeria