

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Option : Gestion conservatoire des eaux, des sols et de l'environnement

Thème

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

Présenté par :

M^{elle} NAIMI Asmae

Devant les membres 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



Remerciements

Nous remercions d'abord « notre Dieu » tout puissant de nous avoir donné la patience, le courage et la volonté afin de terminer ce travail.

Mes sincères gratitudee à **M. BOUALEM Abdelkader** pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

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.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de station de météo de wilaya de Mostaganem en particulier monsieur **BENHAMMOU Djilali** pour sa patience, ses conseils pleins de sens .

Je remercie l'ensemble du personnel de l'ANRH , pour m'avoir fourni les données nécessaires pour cette étude.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire

Enfin, je n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral de département d'Agronomie , pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

Merci



Dédicaces

A mes chers parents Abed et Malika, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A celui qui m'a soutenue tout au long de ce projet mon fiancé Ahmed.

A mes chères sœurs Hafsa et Djoher pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A mes chers frères, Omar et Mohamed pour leur appui et leur encouragement.

A mes grand-mères, A mes tantes et oncles spécialement Hadja et Badri.

A toutes mes amies particulièrement Asma et Hind.

A toutes les promotions d'Agronomie de l'Université de Mostaganem.

Résumé

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 il est nécessaire de connaître l'évolution et la variabilité récentes du climat dans les régions aride et semi aride. Pour mieux comprendre l'irrégularité des précipitations et estimer les conséquences telles que Les inondations et les sécheresses extrêmes qui peuvent provoquer des pertes économiques et des dommages écologiques et environnementaux. Bien que l'augmentation des précipitations puisse renforcer la production agricole et l'approvisionnement en eau .nous avons contribué à étudier l'élément essentiel du bilan qui est les précipitations 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.

Le calcul des indices pour les différentes stations révèle l'existence de deux périodes distinctes humide et sèche, le degré de sévérité n'est pas trop élevé dans nos stations, on constate qu'il y a une dominance des classes de la période humide. Du point de vue évolution de la pluviométrie des stations, on remarque que la moyenne augmente du l'Ouest ver l'Est.

Mots Clés : climat, hydrologie, humidité, sécheresse, centre Algérie

Abstract:

Rainfall is a fundamental element of the climate. Its importance is such that the different climate classifications are based essentially on the annual or monthly average precipitation, it is necessary to know the recent evolution and variability of the climate in arid and semi-arid regions. To better understand the irregularity of precipitation and estimate consequences such as floods and extreme droughts which can cause economic losses and ecological and environmental damage. Although increased precipitation can enhance agricultural production and water supply. We have helped to study the essential element of the balance which is precipitation by using statistical processing and analysis of drought indices, so we have adopted a methodology characterized by the collection of rainfall data and the creation of a computer database.

The calculation of the indices for the different stations reveals the existence of two distinct wet and dry periods, the degree of severity is not too high in our stations, we see that there is a dominance of the wet period classes. From the point of view of the evolution of the rainfall of the stations, we notice that the average increases from West to East.

Keywords: climate, hydrology, humidity, drought, central Algeria

Sommaire

INRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I :APERÇU GENERALE SUR LA REGION D’ETUDE.....	2
I.1 Présentation de la région :	3
I.1.1. Situation géographique et climatique :	3
I.2. La Végétation.....	4
I.3. Hydrologie et hydraulique	5
CHAPITRE II :ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUE	7
II.1 Introduction.....	8
II.2. Etude des précipitations	8
II.2.1.Collecte des données	8
II.2.2. Choix des stations étudiées	8
II.2.3.Contrôle de l’homogénéité des données	9
II.2.4. les méthodes de contrôles.....	9
II.2.5. Test de Wilcoxon.....	9
II.2.5.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Miliana	10
II. 2.5.3. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Bejaia	11
II. 2.5.4. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Alger port	11
II.3. Ajustement par la loi Normale	12
II.3.1. Théorie de l’ajustement à la loi Normale	12
II.3.2.analyse des tracés de la loi normale	13
II .5. Conclusion.....	19
CHAPITRE III : VARIABILITE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES ET MENSUELLES	20
III.1. Introduction	21
III .2. Calcul des récurrences	21
III.2.1. Calcul du module sec	21

III.2.2. Calcul du module humide	21
III.2.5. Analyse du calcul des récurrences	23
III.3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles des pluies :	23
III.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations....	27
III.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne.....	28
III.6. Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle...	31
III.7. Délimitation des mois secs et des mois humides.....	36
III.8. Conclusion	40
CHAPITRE IV : CARACTERISATION DE LA SECHERESSE	
METEOROLOGIQUE.....	42
IV.1. Indices de sécheresses.....	42
IV.1.1. Indice de l'écart à la moyenne (Em).....	42
IV.1.2. Indice de pluviosité (Ip).....	42
IV.1.3. Distribution selon les fréquences.....	42
IV.2. Indices de sévérité.....	43
IV.2.1. Indice du nombre d'écart type	43
IV.2.2. Indice standardisé de précipitation	43
IV.3. Analyse du calcul des indices	44
CONCLUSION GENERALE.....	46
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.	

Liste des figures

Figure 1 : Le contraste du climat en Algérie	3
Figure 2: barrage de taksebt wilaya de Tizi ousou	5
Figure 3: barrage de tichi wilaya de Bejaia.....	6
Figure 4: Localisation de la région d'étude dans la carte d'Algérie	8
Figure 5: Tracé de la loi Normal de la station de Miliana	13
Figure 6: Tracé de la loi Normal de la station de Tizi Ouzou.....	14
Figure 7:Tracé de la loi Normal de la station de Bejaia.....	15
Figure 8 : Tracé de la loi Normal de la station de Alger port	16
Figure 9: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Miliana	24
Figure 10: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Tizi ousou	25
Figure 11: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Bejaia	26
Figure 12: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'Alger port	27
Figure 13: Evolution des moyennes, des minimas et maximas des stations.....	28
Figure 14: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Miliana	29
Figure 15: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Tizi ousou	30
Figure 16: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Bejaia	30
Figure 17: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'Alger port	31
Figure 18: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Miliana	32
Figure 19: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Tizi ousou	33
Figure 20: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Bejaia	35
Figure 21: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station d'Alger port	36
Figure 22: Variation moyennes mensuelles des précipitations (4 stations).....	38
Figure 23 :Précipitations moyennes saisonnière des quatre stations	39

Liste des tableaux

Tableau 1:Présentation des stations pluviométrique	9
Tableau 2 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Miliana	10
Tableau 3: Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Tizi ouzou	10
Tableau 4 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Bejaia	11
Tableau 5: Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station d'Alger port.....	11
Tableau 6: tableau de fréquence des pluies annuelles de miliana.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7: tableau de fréquence des pluies annuelles de Tizi Ouzou	14
Tableau 8: tableau de fréquence des pluies annuelles de Bejaia	15
Tableau 9: tableau de fréquence des pluies annuelles d'Alger port	16
Tableau 10: Calcul du coefficient de variation	17
Tableau 11: Test de khi deux pour la station de Miliana.....	18
Tableau 12: Test de khi deux pour la station de Tizi ouzou	18
Tableau 13: Test de khi deux pour la station de Bejaia	18
Tableau 14: Test de khi deux pour la station de Alger port	18
Tableau 15: résultat du test de χ^2 des précipitations annuelles des quatre stations	18
Tableau 16 : Détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations	22
Tableau 17: Calcul des modules secs	22
Tableau 18: Calcul des modules humides	23
Tableau 19: Récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles	23
Tableau 20: Les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Miliana.....	24
Tableau 21: Les classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de de la station de Tizi ouzou	25
Tableau 22: Les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Bejaia	26
Tableau 23: Les classes de fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station d'Alger port.....	27
Tableau 24: Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles pluviométriques	28
Tableau 25 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Miliana	32
Tableau 26: Analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Tizi ouzou	33
Tableau 27: Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la station de Bejaia.....	34
Tableau 28 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la Station d'Alger port.....	36
Tableau 29: Délimitation des mois secs et humides des différentes stations	38
Tableau 30: Présentation des précipitations moyennes mensuelles	38
Tableau 31: Présentation des précipitations moyennes saisonnière	39
Tableau 32: Distribution selon les fréquences	43
Tableau 33: Les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type	43
Tableau 34: classe de distribution des années selon SPI	44
Tableau 35: Calcul des indices de sécheress.....	45

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

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 Algérie, une large part d'une pluviométrie très irrégulière et inégalement répartie dans l'espace et dans le temps, il est nécessaire de connaître l'évolution et la variabilité récentes du climat dans les régions aride et semi-aride. Pour mieux comprendre l'irrégularité des précipitations et estimer les conséquences telles que les inondations et les sécheresses extrêmes qui peuvent provoquer des pertes économiques et des dommages écologiques et environnementaux. Bien que l'augmentation des précipitations puisse renforcer la production agricole et l'approvisionnement en eau. ^[1]

Dans ce modeste travail nous allons essayer d'étudier l'évolution pluviométrique et les caractères généraux du climat dans une région méditerranéenne.

Pour notre étude nous avons pris quatre stations : Miliana, Tizi ouzou, Bejaia et Alger port qui sont situés au centre de l'Algérie. Ce travail consiste à faire une étude pluviométrique dans la période (2000/2018).

On va essayer de répondre à quelques questions préoccupantes et fondamentales, entre autres :

- Y a-t-il une diminution des précipitations pendant cette décennie ? Pourquoi ?
- Quels sont les effets de cette variabilité ?
- Comment peut-on évoluer la pluviométrie de notre zone d'étude ?

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, aussi nous avons adopté une méthodologie qui se caractérise comme suit :

- 1- Collecte des données pluviométriques et création d'une banque de données sur l'ordinateur (EXCEL).
- 2- Prétraitement des données :
 - ❖ Test de Wilcoxon.
 - ❖ Test d'ajustement à la loi normale
 - ❖ 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.

CHAPITRE I
APERÇU GENERALE SUR LA
REGION D'ETUDE

I.1 Présentation de la région :

I.1.1. Situation géographique et climatique :

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. [2]

Le relief comprend deux grandes chaînes de géographie montagneuse, l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, qui forment les frontières naturelles entre les trois principales régions d'Algérie. On définit globalement :

- Au nord, au pied de l'Atlas Tellien se trouvent les plaines côtières.
- Entre les deux chaînes montagneuses se situent les Hauts Plateaux, plaines semi-arides au climat continental.
- Au sud, s'étend sur 2 millions de km² l'un des plus grands déserts du monde.

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'atlas saharien. En Algérie les précipitations sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très marquante. [3]

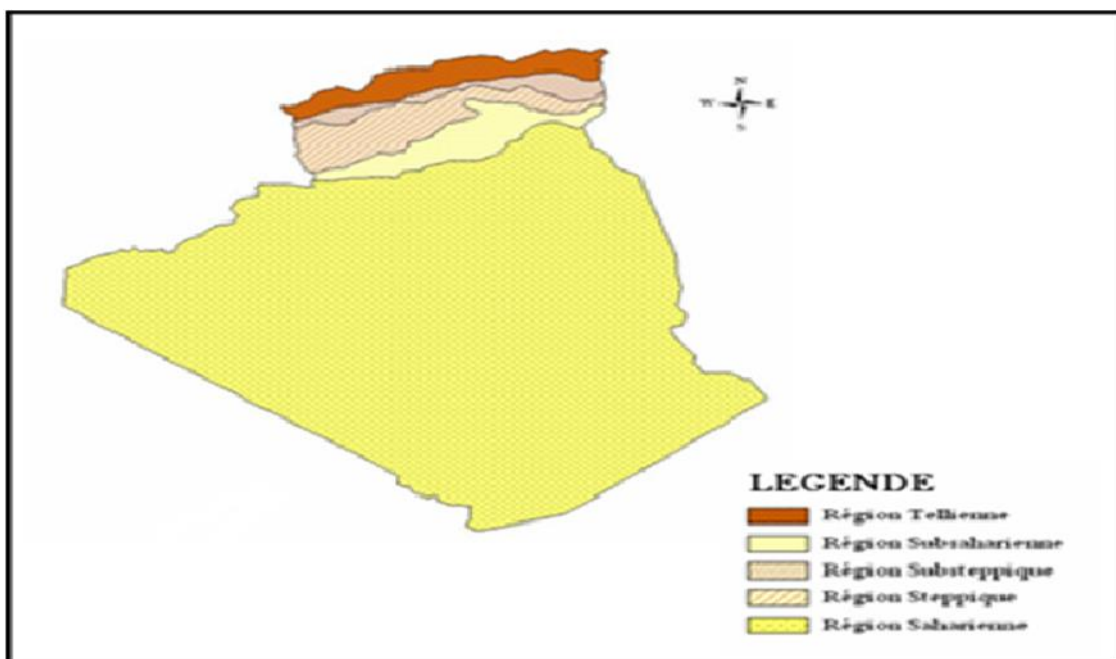


Figure 1 : Le contraste du climat en Algérie

Ce qui nous concerne c'est la zone tellienne : Le long de la Méditerranée, où s'étend le Tell, règne un hiver pluvieux et un été très chaud, avec de fréquentes tempêtes de sable et de poussière apportées par le sirocco (vent chaud et sec du Sahara).

Les plus grandes villes de l'Algérie comme **Alger, Oran et Annaba** sont situées sur la côte et sont soumises à ce climat. Nous sommes intéressés à étudier quatre stations de ces zones telliennes

1. Miliana

La ville de Miliana est Située à 119 Km au Sud-Ouest d'Alger sur le revers Septentrional du petit Atlas, d'une superficie de 55 km². Miliana se présente comme une ville pittoresque aux richesses naturelles multiples. Suspendue au penchant du Mont Zaccar qui la couvre entièrement au Nord, la ville est bâtie sur un énorme rocher de travertin aux contours abrupts. [4]

2. Tizi ousou

La Wilaya de Tizi-Ouzou présente un relief montagneux fortement accidenté qui s'étale sur une superficie de 2 994 km². Elle comprend une chaîne côtière composée des Dairas de Tizirt, Azzeffoun, un massif central situé entre l'Oued Sebaou et la dépression de Drâa El Mizan Ouadhias. [5]

3. Bejaia

La wilaya de Bejaia est une région côtière du Centre Est insérée entre les grands massifs du Djurdjura, des Bibans et des Babors et s'ouvrant sur la mer méditerranée avec une façade maritime de plus de 100 Kms, la wilaya de Bejaia, alternant criques rocheuses et plages de sable fin d'Est Ouest, est classée selon le SNAT 2025 comme un territoire compétitif et très attractif. Elle figure au PAT N°10 du SNAT 2025 relatifs au système hiérarchisé, comme étant une ville relais du Tell pour appuyer et relayer en profondeur dans le territoire national, les métropoles et articuler le Nord et les hauts plateaux. [5]

4. Alger

la wilaya d'Alger est une capital politique, administrative et économique", elle est située au nord –centre du pays et occupe une position géostratégique intéressante, aussi bien, du point de vue des flux et échanges économiques avec le reste du monde, que du point de vue géopolitique. Elle s'étend sur plus de 809 Km². [5]

I.2. La Végétation

La région tellienne correspond à l'Atlas tellien qui est un ensemble de chaînons d'altitude maximale de 2308 m (Djurdjura). Elle s'étend au-delà de 4% de la Superficie du territoire. Les conditions écologiques, climatiques, orogéniques etc....

Extrêmement diverses, constituent des habitats très complexes et très nombreux. De la flore et de la faune algérienne s'y trouvent. Des paysages remarquables renferment des potentialités

naturelles fauniques, floristiques, et forestières considérables représentant une grande valeur économique. Cependant, ces derniers sont mis en péril par des feux répétés, l'érosion due aux fortes pluies et à la déforestation. [6]

I.3. Hydrologie et hydraulique

Pour la ville de Miliana

A l'Est, elle domine à pic un Ravin, au Sud, la Vallée du Chélif, et à l'Ouest un Plateau arrosé d'eau jusqu'à la chaîne de l'Ouarsenis. [4]

Pour la wilaya de Tizi ousou

La principale ressource en eau potable de la Wilaya est soutirée à partir de :

- La nappe alluviale de l'Oued Sebaou : 36%
- Ressources superficielles (barrages) : 58 %
- Sources superficielles, prise d'eau : 5 %
- Dessalement: 1 % [5]



Figure 2: barrage de taksebt wilaya de Tizi ousou

Pour la wilaya de bajaia

- Le barrage de Kherrata est d'une capacité de 102 Hm³ (2013)
- Le barrage de Tichi-Haf (nouveau barrage) est d'une capacité utile de 75 Hm³ [5]

Autres sources

- 957 réservoirs avec une capacité de 171 015 m³ ;
- 07 retenues collinaires en exploitation avec capacité de 0,34 Hm³/An;
- 09 de retenues prévues en réhabilitation d'une capacité totale de 0,5 Hm³ /An;
- forages en exploitation d'un Volume exploité : 151 700 m³/j (AEP + Irrigation) ;
- 16 200 puits avec un Débit de 750 Litre L/S;
- sources captées avec un Débit de 880 L/S. [5]



Figure 3: barrage de tichi wilaya de Bejaia

Pour la wilaya d'Alger

- barrage de Douéra d'une capacité 83 Millions m³
- barrage d'El HAMiz
- barrage de keddara
- station de dessalement du hamma 200 000 m³/jour d'eau potable
- station de dessalement de ziralda [5]

CHAPITRE II
ANALYSE DES DONNEES
PLUVIOMETRIQUES

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 2000-2018 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 des 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. [7]

II.2.2. Choix des stations étudiées

Nous avons choisi la période disponible selon les stations météorologiques.



Figure 4: Localisation de la région d'étude dans la carte d'Algérie

Station	Latitude	Longitude	Année d'étude
Miliana	2,23°E	36,30°N	2000-2018
Tizi ouzou	4,05°E	36,70°N	2000-2018
Bejaia	5,07°E	36,72°N	2000-2018
Alger port	3,10°E	36,77°N	2000-2018

Tableau 1:Présentation des stations pluviométrique

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. [8]

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 a 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 :

$$W_{\min} = \frac{(n1 + n2 + 1)N1 - 1}{2} - Z_{1-\alpha}$$

$Z_{1-\alpha/2}$: Représente la valeur de la variable centrée réduite de la loi normale correspondant à

$Z_{1-\alpha/2}$: (au seuil de confiance de 95%)

Nous avons $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$) Nous allons utiliser le test de Wilcoxon pour vérifier l'homogénéité des données pluviométriques des trois stations au niveau de signification de 5%. [9]

II.2.5.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Miliana

X	Y	Rangs	XUY	Origine	Rangs	XUY	Origine
582,7	789	1	497	X	11	789	Y
803,2	921	2	561	X	12	802,7	Y
497	918,3	3	582,7	X	13	803,2	X
842,8	802,7	4	604,3	X	14	806	X
561	649	5	649	Y	15	822	Y
604,3	729,5	6	651,8	X	16	842,8	X
651,8	729,7	7	655	X	17	918,3	Y
806	822	8	729,5	Y	18	921	Y
655	756	9	729,7	Y	19	1103	Y
	1103	10	756	Y			

Tableau 2 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Miliana

N1= 9

Wmin = 65.49

Wmax=113.51

Wx=66

N2=10

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

C'est -à-dire $65.49 < 66 < 113.51$

➤ L'Inégalité est donc vérifiée, la série est homogène.

II. 2.5.2. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Tizi ouzou

X	Y	Rangs	XUY	Origine	Rangs	XUY	Origine
408,5	906	1	408,5	X	11	769	Y
452,2	769	2	452,2	X	12	780	Y
590	858,5	3	560	X	13	813,5	Y
755	813,5	4	590	X	14	820	Y
820	626,2	5	626,2	Y	15	836.2	X
560	780	6	641	X	16	858.5	Y
669	836,2	7	669	X	17	906	Y
1066	691,5	8	689	Y	18	936,1	Y
641	689	9	691,5	Y	19	1066	X
	936,1	10	755	X			

Tableau 3: Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Tizi ouzou

N1= 9

Wmin = 65.49

Wmax=113.51

Wx=67

N2=10

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

C'est -à-dire $65.49 < 67 < 113.51$

➤ L'Inégalité est donc vérifiée, la série est homogène

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

X	Y	Rangs	XUY	Origine	Rangs	XUY	O Rigne
501,4	1006	1	501,4	X	11	800,6	Y
839,4	763	2	527	X	12	823	X
823	779,5	3	578,1	Y	13	839,4	X
973	1133,9	4	669	X	14	851	Y
856	768,8	5	685,5	Y	15	856	X
773	769	6	763	Y	16	885	X
527	578,1	7	768,8	Y	17	973	X
885	685,5	8	769	Y	18	1006	Y
669	851	9	773	X	19	1133,9	Y
	800,6	10	779,5	Y			

Tableau 4 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Bejaia

N1= 9

Wmin = 65.49

Wmax=113.51

Wx= 89

N2=10

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

C'est -à-dire $65.49 < 89 < 113.51$

➤ L'Inégalité est donc vérifiée, la série est homogène.

II. 2.5.4. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Alger port

X	Y	Rangs	XUY	Origine	Rangs	XUY	Origine
445,4	560	1	445,4	X	11	687	X
692,5	790	2	492	X	12	690,4	X
492	868	3	494	X	13	692,5	X
687	858,7	4	546,5	Y	14	693,4	X
693,4	666,3	5	560	Y	15	732,6	X
690,4	546,5	6	579	Y	16	739	Y
494	670	7	582	Y	17	790	Y
686,1	582	8	666,3	Y	18	858,7	Y
732,6	579	9	670	Y	19	868	Y
	739	10	686,1	X			

Tableau 5: Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station d'Alger port

N1= 9

Wmin = 65.49

Wmax=113.51

Wx=81

N2=10

on vérifie l'inégalité: **Wmin<Wx<Wmax**

C'est -à-dire 65.49<81<113.51

➤ **L'Inégalité est donc vérifiée, 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 statistiques.

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. [10]

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

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

ou U est la variable réduite de GAUSS

$$U = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Avec x : variable aléatoire

μ : la moyenne de la variable aléatoire

σ : Ecart type de la variable aléatoire

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2$$

II.3.2. analyse des tracés de la loi normale

a) station Miliana

Valeur observée	Effectif N	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = \frac{n}{N+1}$ (%)
497	1	1	5
561	1	2	10
582,7	1	3	15
604,3	1	4	20
649	1	5	25
651,8	1	6	30
655	1	7	35
729,5	1	8	40
729,7	1	9	45
756	1	10	50
789	1	11	55
802,7	1	12	60
803,2	1	13	65
806	1	14	70
822	1	15	75
842,8	1	16	80
918,3	1	17	85
921	1	18	90
1103	1	19	95

Tableau 6: tableau de fréquence des pluies annuelles de miliana

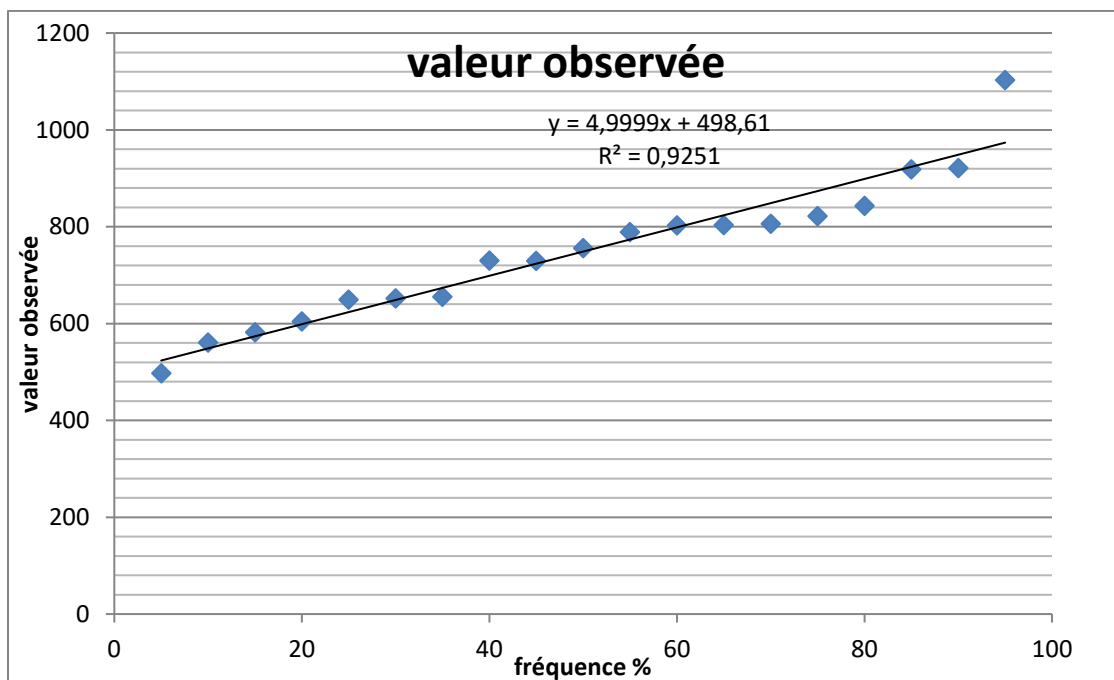


Figure 5: Tracé de la loi Normal de la station de Miliana

b) station Tizi Ouzou

Valeur observée	Effectif N	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = \frac{n}{N+1}$ (%)
408,5	1	1	5
452,5	1	2	10
560	1	3	15
590	1	4	20
626,2	1	5	25
641	1	6	30
669	1	7	35
689	1	8	40
691,5	1	9	45
755	1	10	50
769	1	11	55
780	1	12	60
813,5	1	13	65
836,2	1	14	70
820	1	15	75
858,5	1	16	80
906	1	17	85
936,1	1	18	90
1066	1	19	95

Tableau 7: tableau de fréquence des pluies annuelles de Tizi Ouzou

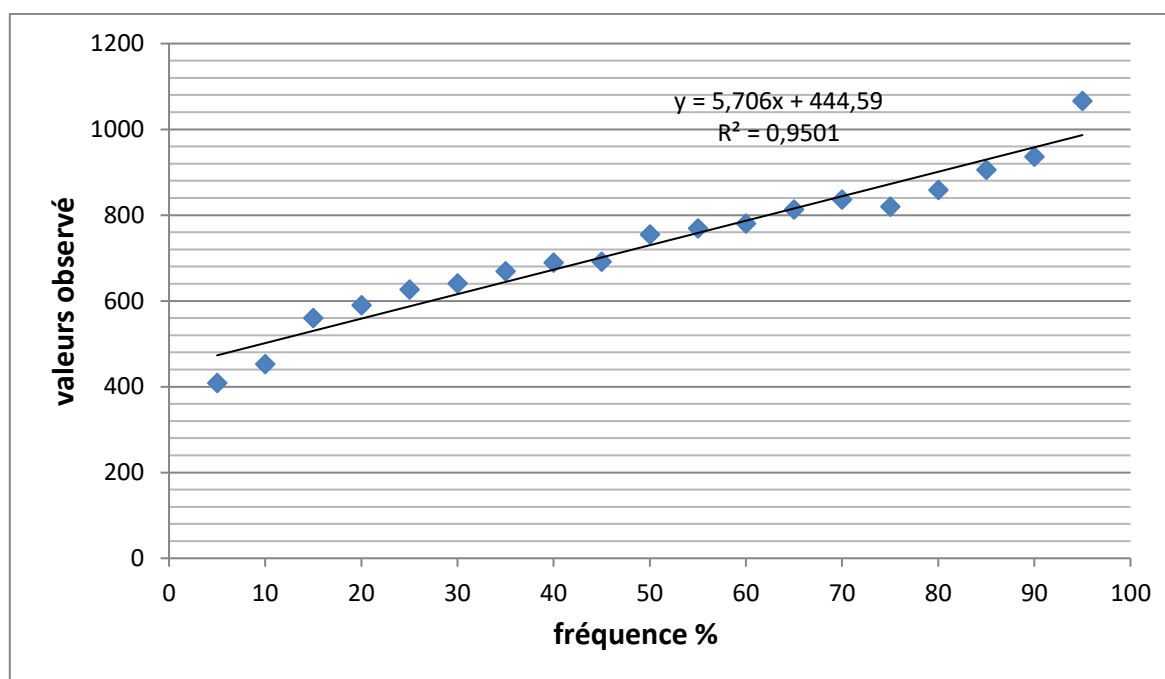


Figure 6: Tracé de la loi Normal de la station de Tizi Ouzou

c) station Bejaia

Valeur observée	Effectif N	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = \frac{n}{N+1}$ (%)
501,4	1	1	5
527	1	2	10
578,1	1	3	15
669	1	4	20
685,5	1	5	25
763	1	6	30
768,8	1	7	35
769	1	8	40
773	1	9	45
779,5	1	10	50
800,6	1	11	55
823	1	12	60
839,4	1	13	65
851	1	14	70
856	1	15	75
885	1	16	80
973	1	17	85
1006	1	18	90
1133,9	1	19	95

Tableau 8: tableau de fréquence des pluies annuelles de Bejaia

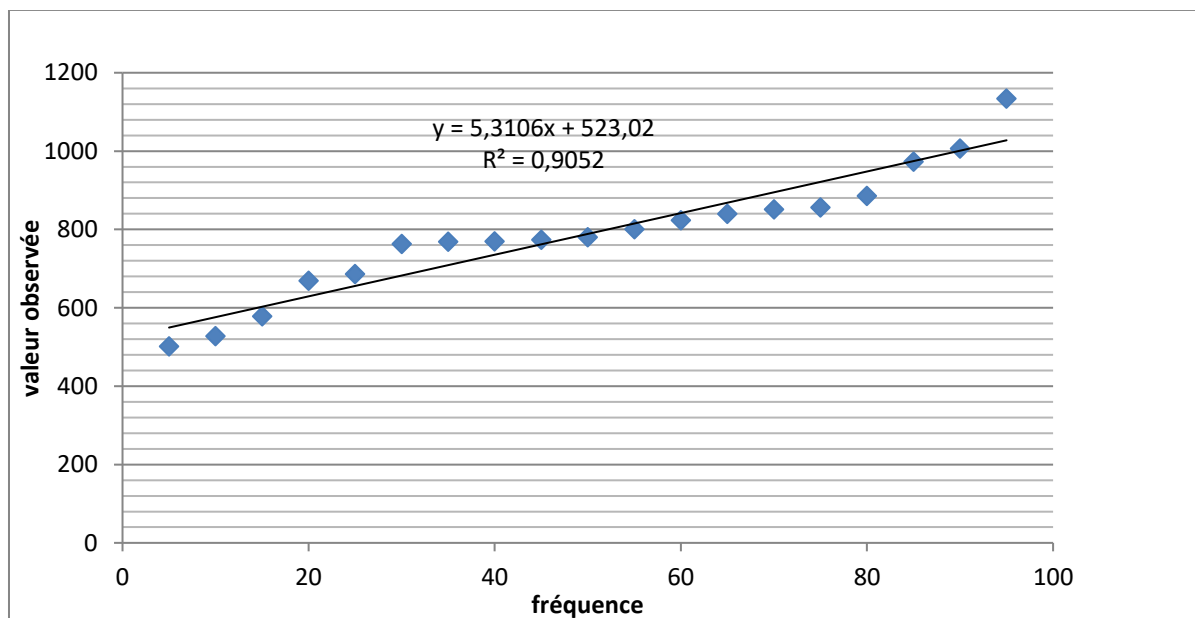


Figure 7: Tracé de la loi Normal de la station de Bejaia

d) station Alger port

Valeur observée	Effectif N	Effectif Cumulé	Fréquence $F_i = \frac{n}{N+1}$ (%)
445,4	1	1	5
492	1	2	10
494	1	3	15
546,5	1	4	20
560	1	5	25
579	1	6	30
582	1	7	35
666,3	1	8	40
670	1	9	45
686,1	1	10	50
687	1	11	55
690,4	1	12	60
692,5	1	13	65
693,4	1	14	70
732,6	1	15	75
739	1	16	80
790	1	17	85
858,7	1	18	90
868	1	19	95

Tableau 9: tableau de fréquence des pluies annuelles d'Alger port

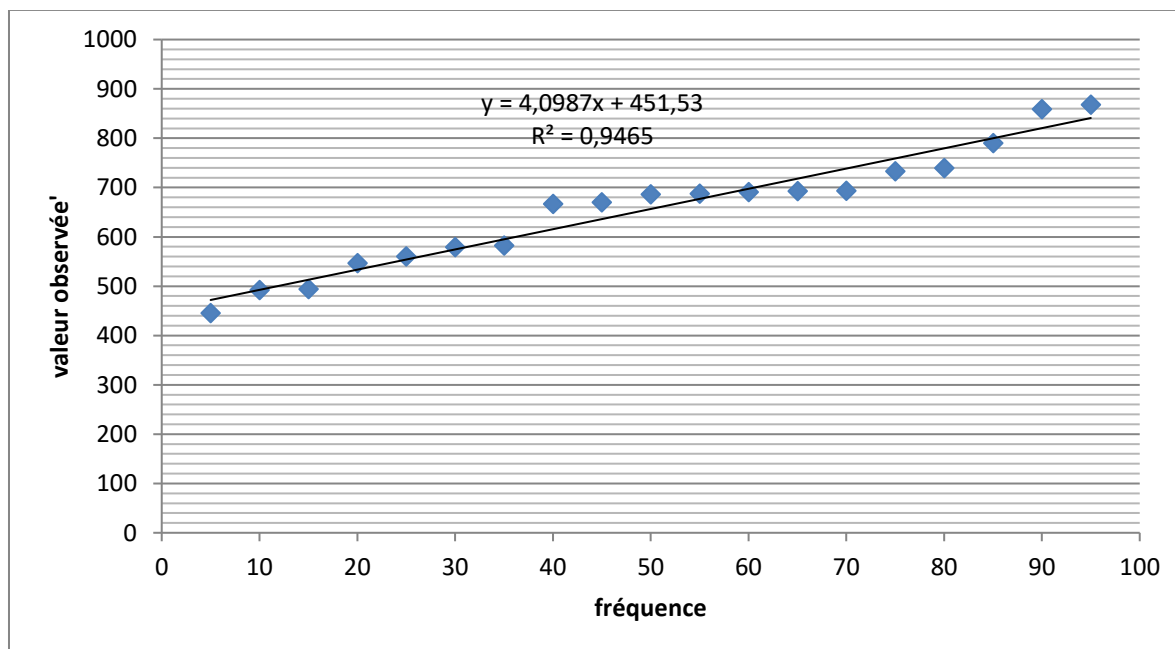


Figure 8 : Tracé de la loi Normal de la station de Alger port

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 . [11]

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. [12]

Station	Moyenne p (mm)	Ecart type δ	$Cv = \delta / P$
miliana	748 ,6	158,70	0,21
Tizi ouzou	735 ,14	161.04	0,22
Bejaia	833 ,32	156 ,37	0,18
Alger port	627 ,7	119 ,60	0,19

Tableau 10: Calcul du coefficient de variation

b) Théorie du test de Khi deux

Si n_i représente le nombre d'échantillon observés et n_{pi} 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. [13]

$ddl = K - 1$

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 (n_i) à l'effectif théorique (n_{pi}) obtenu pour chaque classe, par l'application de la loi on a alors :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n_{pi})^2}{n_{pi}}$$

Soit l'effectif théorique de classe : $n_{pi} = n \cdot k$

Avec k : le nombre de classe

n : effectif observé de class

$k = 4$

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	497-604.3	4	4.75	0.11
2	649-729.5	4	4.75	0.11
3	729.7-802.7	4	4.75	0.11
4	803.2-1103	7	4.75	1.06
totaux		N=19	Npi=19	1.39

Tableau 11: Test de khi deux pour la station de Miliana

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	408.5-590	4	4.75	0.11
2	626.5-689	4	4.75	0.11
3	691.5-780	4	4.75	0.11
4	813.5-1041	7	4.75	1.06
totaux		N=19	Npi=19	1.39

Tableau 12: Test de khi deux pour la station de Tizi ousou

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	501.4-669	4	4.75	0.11
2	685.5-769	4	4.75	0.11
3	773-823	4	4.75	0.11
4	839.4-1133.9	7	4.75	1.06
totaux		N=19	Npi=19	1.39

Tableau 13: Test de khi deux pour la station de Bejaia

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$(ni - npi)^2 / npi$
1	445.4-546.5	4	4.75	0.11
2	560-666.3	4	4.75	0.11
3	670-690.4	4	4.75	0.11
4	692.5-868	7	4.75	1.06
totaux		N=19	Npi=19	1.39

Tableau 14: Test de khi deux pour la station de Alger port

	Meliana	Tizi ousou	Bejaia	Alger port
X ² calculé	1.39	1.39	1.39	1.39
Ddl	3	3	3	3
X ² tabulé	7.815			
Observation	Bon ajustement			

Tableau 15: résultat du test de x2 des précipitations annuelles des quatre stations

c. Résultat du test du Khi deux

Pour un degré de liberté à 3 et pour un risque $\alpha = 5\%$, le χ^2 tabulé est égale à 7,815, puisque le χ^2 calculé pour chaque station = 1.39, donc il est inférieur au χ^2 tabulé, donc l'adéquation a une loi normale est vérifiable

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 Normale est possible.

Alors nous allons essayer de déterminer dans le chapitre suivant les précipitations pluviométriques pour une période de précisément le calcul du module sec et humide pour les périodes 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.

CHAPITRE III

**VARIABILITE DES
PRECIPITATIONS ANNUELLES ET
MENSUELLES**

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

III.1. Introduction

Bien que la notion de la moyenne pluviométrique estompe la réalité des faits climatiques, sa connaissance demeure nécessaire pour aborder l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout, les précipitations déterminent la variabilité ou, mieux, l'irrégularité inter-saisonnière et interannuelle de l'écoulement de surface.

Dans ce chapitre nous allons essayer d'étudier les différentes variations pouvant exister au sein des séries pluviométriques et leur évolution dans le temps et selon l'espace centre choisi.

III .2. Calcul des récurrences

Les paramètres pris en compte pour une étude de la période de récurrence par la loi normale sont : la moyenne des précipitations, l'écart type réduit et la variable réduite de Gauss.

Le calcul de la récurrence pour les périodes de dix (10) ans, cinquante (50) ans, cent (100) ans revient à déterminer le volume des précipitations susceptible d'être atteint dans les périodes considérées. [15]

L'équation de la période de récurrence donnée est

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

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.

III.2.2. Calcul du module humide

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

a. Calcul du module décennal humide

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

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. [16]

III. 2.3. Récurrence du module théorique le plus fort

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

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 ;

Les stations	Moyenne P (mm)	L'écart type σ	$Cv = \sigma / P$	Equation
Miliana	748.6	158.7	0.21	$P = 748.6 \pm 158.7U$
Tizi ouzo	735.14	161.04	0.22	$P = 735.14 \pm 161.04U$
Bejaia	833.32	156.37	0,18	$P = 833.32 \pm 156.37U$
Alger port	627.7	119.6	0,19	$P = 627.7 \pm 119.6U$

Tableau 16 : Détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations

Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Miliana	$P = 748.6 - 158.7U$	545.46	423.26	378.82
Tizi ouzo	$P = 735.14 - 161.04U$	529	405	359.68
Bejaia	$P = 833.32 - 156.37U$	633.16	512.76	468.97
Alger port	$P = 627.7 - 119.6U$	474.61	382.52	349.03

Tableau 17: Calcul des modules secs

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Miliana	$P = 748.6 + 158.7U$	951.73	951.73	1118.37
Tizi ouzo	$P = 735.14 + 161.04U$	940.97	1065.48	1110.36
Bejaia	$P = 833.32 + 156.37U$	1033.47	1153.87	1197.66
Alger port	$P = 627.7 + 119.6U$	780.07	872.88	906.36

Tableau 18: Calcul des modules humides

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.

Les stations	Fréquence la plus faible	Fréquence la plus forte	Récurrence pour la plus faible (T)	Récurrence pour la plus forte (T')
Régions (Miliana, Tizi ouzo, Bejaia, Alger port)	0,05	0,95	20 ans	20ans

Tableau 19: Récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles

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 nombres 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 différentes classes de hauteurs de pluie et en ordonnées leurs fréquences d'observations.

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Pour effectuer le tracé des histogrammes nous avons trois types de classements des séries pluviométriques:

1. Une période de **19 ans** avec un intervalle de **80mm** par classe pour les stations de **Miliana, Tizi ouzou et Bejaia.**
2. Une période de **19 ans** avec un intervalle de **70 mm** par classe pour la station d'**Alger.**

Pour la station de Miliana

Suivant le tableau № 20 et la figure № 9, on constate que **50%** des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle **500-740mm**, avec **9** observations sur **19**.

L'autre **50%** des données pluviométriques de notre période d'étude situe dans l'intervalle **740-1060mm** et **plus**, avec **10** observations sur **19**.

Catégorie Miliana	Effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$x < 500$	1	1	5	5
$500 < x < 580$	1	2	5	10
$580 < x < 660$	5	7	26	36
$660 < x < 740$	2	9	11	47
$740 < x < 820$	5	14	26	73
$820 < x < 900$	2	16	11	84
$900 < x < 980$	2	18	11	95
$980 < x < 1060$	0	18	0	95
$x > 1060$	1	19	5	100

Tableau 20: Les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Miliana

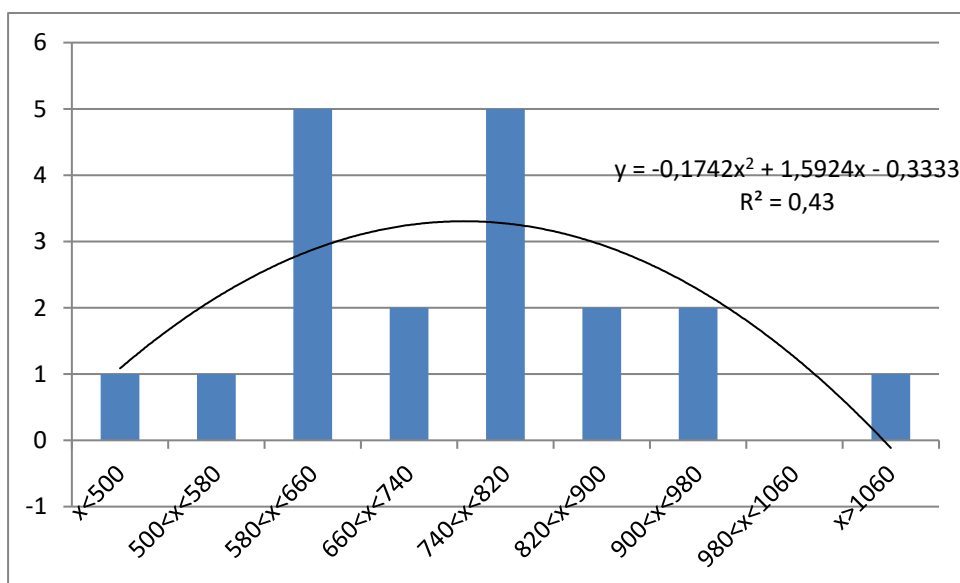


Figure 9: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Miliana

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Pour la station de Tizi ouzou (tableau N° 21 et la figure N° 10)

On constate que **50%** des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle **80-180 mm** avec **11** observations sur **19** et la seconde moitié dans l'intervalle **180-280 mm** et **plus**, avec **8** observations sur **19**.

Catégorie Tizi ouzou	Effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$x < 410$	1	1	5	5
$410 < x < 490$	1	2	5	10
$490 < x < 570$	1	3	5	15
$570 < x < 650$	3	6	16	31
$650 < x < 730$	3	9	16	47
$730 < x < 810$	3	12	16	63
$810 < x < 890$	4	16	21	84
$890 < x < 970$	2	18	11	95
$x > 970$	1	19	5	100

Tableau 21: Les classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de de la station de Tizi ouzou

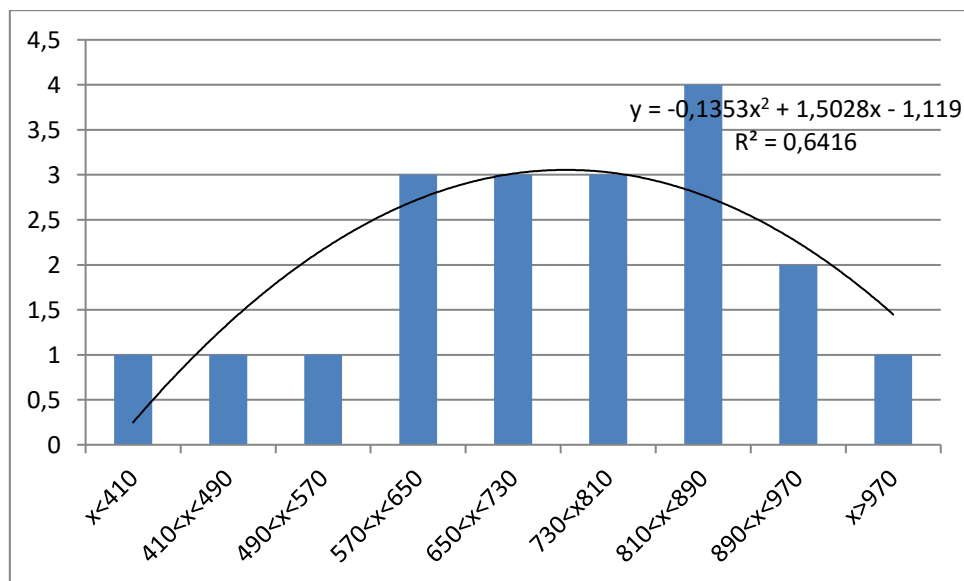


Figure 10: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Tizi ouzou

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Pour la station de Bejaia(tableau № 22 et la figure № 11)

50% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 500-820mm, avec 11 observations sur 19, et l'autre 50% se situe dans l'intervalle 820-1140 mm avec 8 observations sur :

Catégorie Bejaia	Effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
500<x<580	3	3	16	16
580<x<660	0	3	0	16
660<x<740	2	5	11	27
740<x<820	6	11	32	59
820<x<900	5	16	26	85
900<x<980	1	17	5	90
980<x<1060	1	18	5	95
1060<x<1140	1	19	5	100

Tableau 22: Les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Bejaia

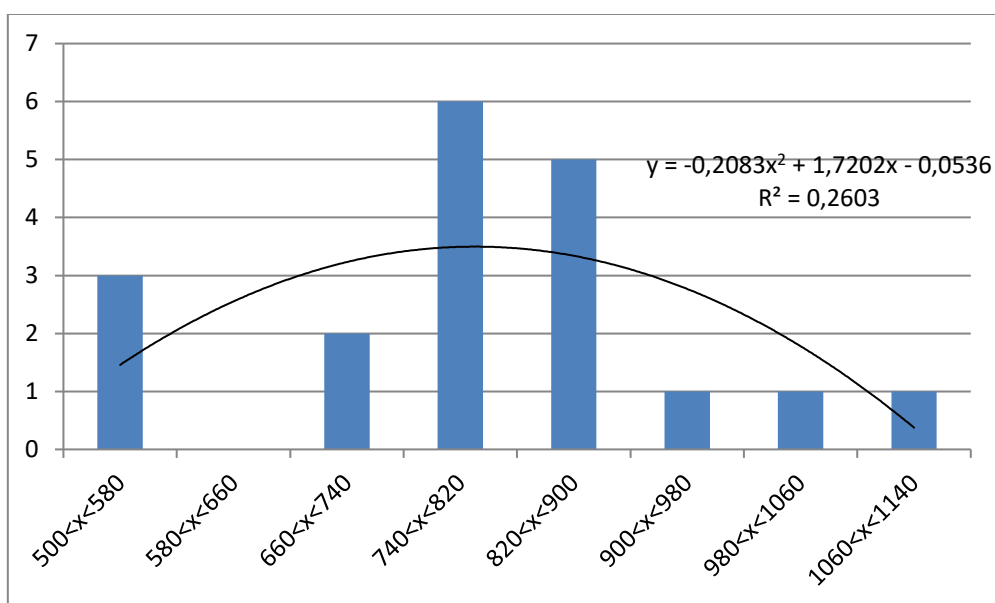


Figure 11: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Bejaia

Pour la station d'Alger port (tableau № 23 et la figure № 12)

On remarque que 50% des données pluviométriques de notre période d'étude se trouve dans l'intervalle 440-720mm, avec 14 observations sur 19.

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

L'autre 50% se situe dans l'intervalle 720-860 mm et plus avec 5 observations sur 19.

Catégorie d'Alger port	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
440<x<510	3	3	16	16
510<x<580	3	6	16	32
580<x<650	1	7	5	37
650<x<720	7	14	36	73
720<x<790	2	16	11	84
790<x<860	2	18	11	95
x>860	1	19	5	100

Tableau 23: Les classes de fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station d'Alger port

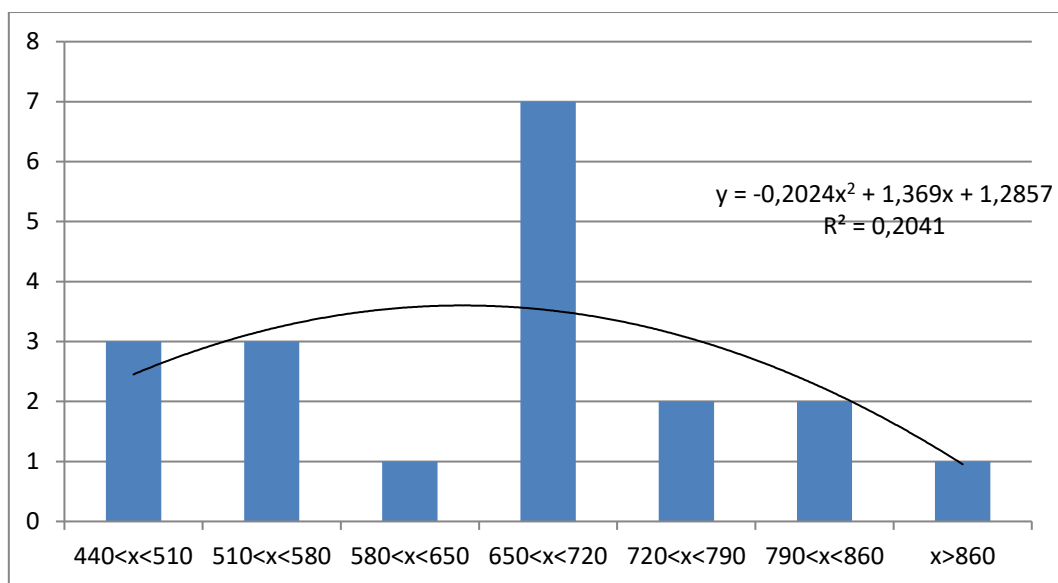


Figure 12: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'Alger port

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

L'analyse de la figure N° 13 nous a permis de retirer des remarques très importantes concernant les quatre stations :

- ✓ La moyenne et le maximum de **Miliana** sont sensiblement égale à la station de **Tizi ouzou** .
- ✓ La station d'**Alger port** a 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 **Bejaia**.
- ✓ Du point de vue évolution de la pluviométrie des stations, on remarque que la moyenne augmente du l'Ouest ver l'Est

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Station	Minimum (mm)	Moyenne (mm)	Maximum (mm)
Miliana	497	748.6	1103
Tizi ousou	408.5	735.14	1066
Bejaia	501.4	833.32	1133.9
Alger port	445.4	627.7	868

Tableau 24: Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles pluviométriques

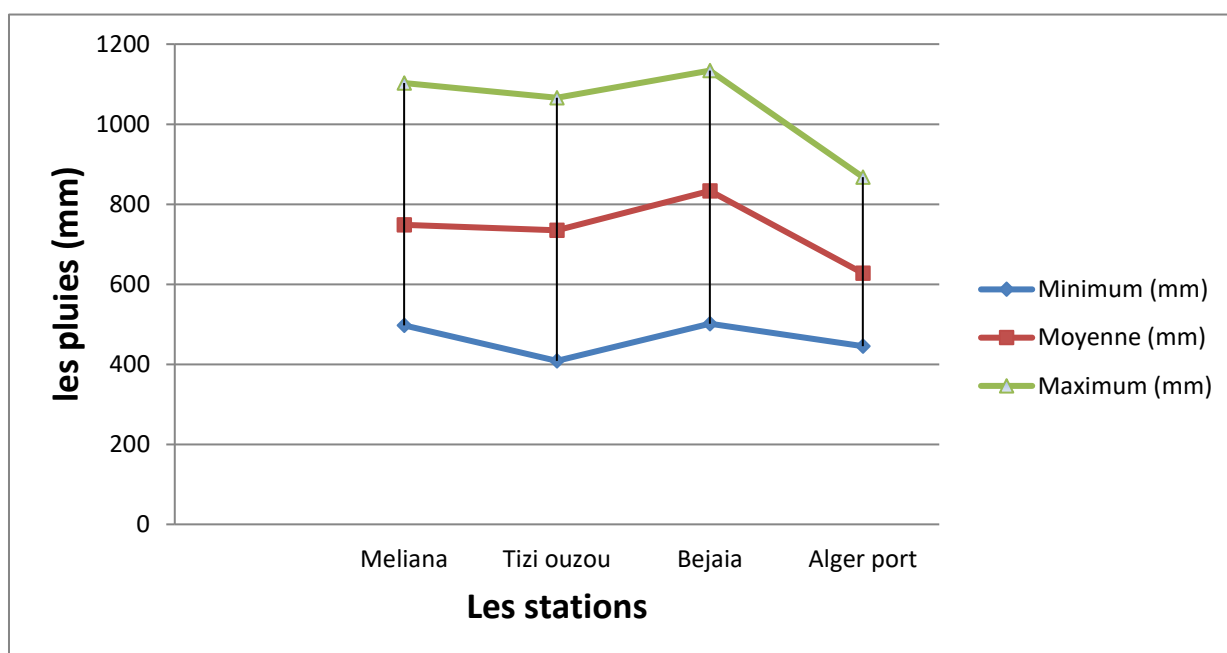


Figure 13: Evolution des moyennes, des minimas et maximas des stations

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° 14, 15, 16 et 17) 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° 14 à 17), les années de forte pluviométrie pour les stations sont

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

- Année **2018** pour la station de **Miliana** avec **1103 mm**.
- Années **2007** pour la station de **Tizi ouzou** avec **1066 mm**.
- Année **2012** pour la station de **Bejaia** avec **1133.9 mm**.
- Année **2011** pour la station d'**Alger port** avec **868mm**.

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

- Année **2002** pour la station de **Miliana** avec **497 mm**.
- Année **2000** pour la station de **Tizi ouzou** avec **408.5 mm**, **Bejaia** avec **501.4 mm** et **Alger port** avec **445.4 mm**

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.

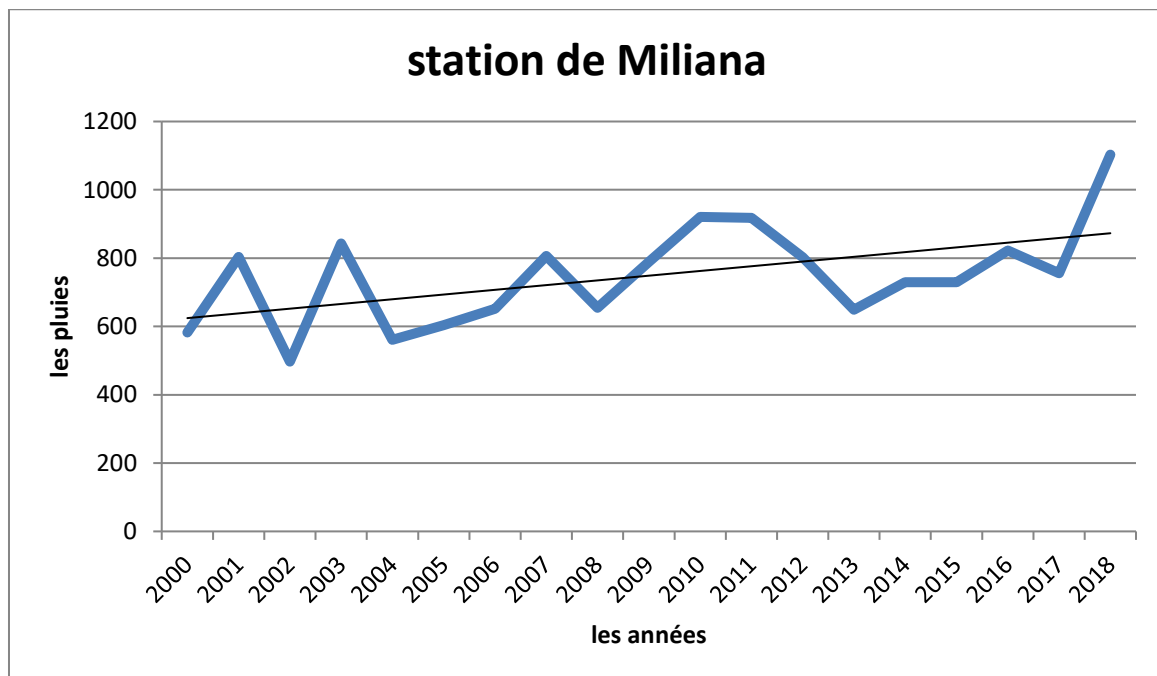


Figure 14: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Miliana

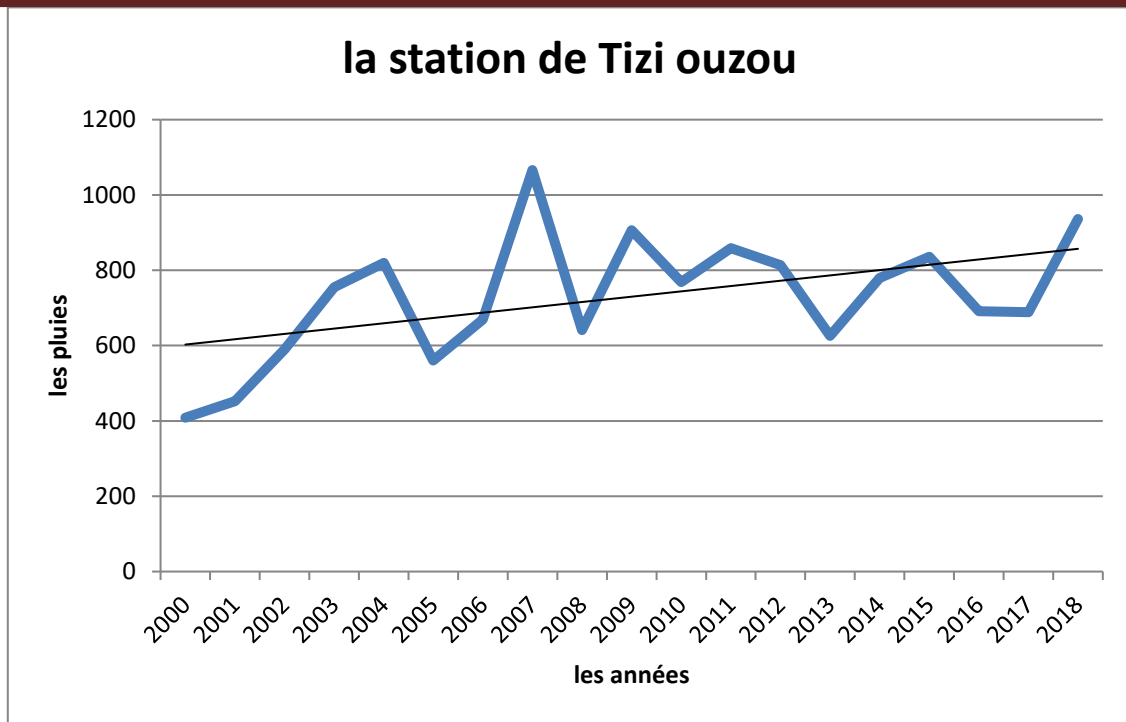


Figure 15: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Tizi ouzou

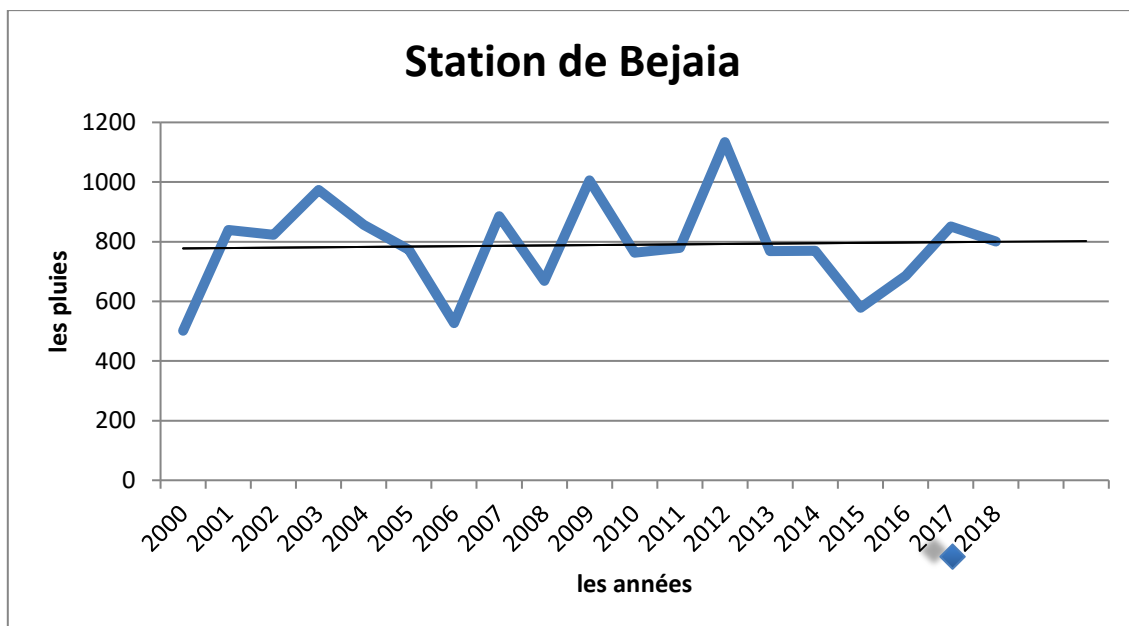


Figure 16: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Bejaia

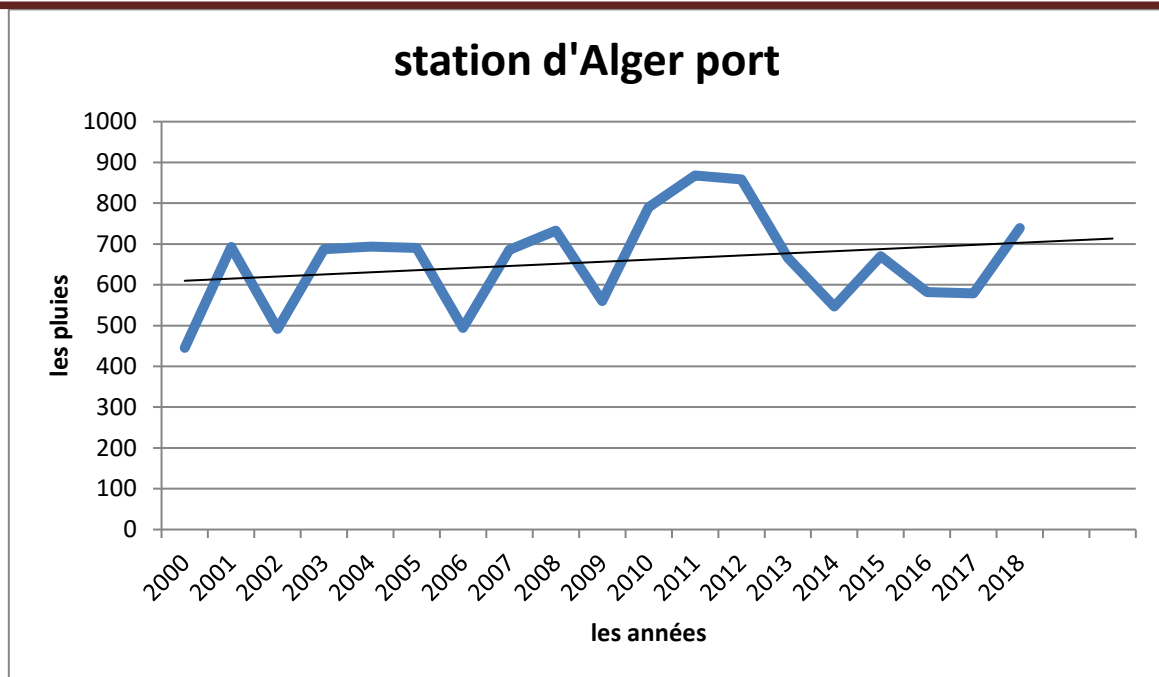


Figure 17: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'Alger port

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. Quand à la période humide, elle a une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à la moyenne de la série.

a. Station de Miliana (tableau N° 25 et figure N° 18)

La station de **Miliana** 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 **748.6**

la station de miliana est composée de deux périodes, l'une, période humide de 7 ans successifs (2009/2012) et (2016/2018), et l'autre période sèche de 12 ans aussi successifs (2000/2008) et (2013/2015).

Ces périodes se regroupent en 2 classes

- Une classe excédentaire qui correspond à l'ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée été enregistrée avec 1103 mm en 2018
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistré en 2014 avec 50 mm

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2009/2012	4	857,75	789	921	62,09	0,07
2016 /2018	3	893,66	756	1103	130,91	0,14
Période sèche						
2000/2008	9	667,08	497	842,8	205,59	0,30
2013/2015	3	476,23	50	729,7	303,18	0,63

Tableau 25 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Miliana

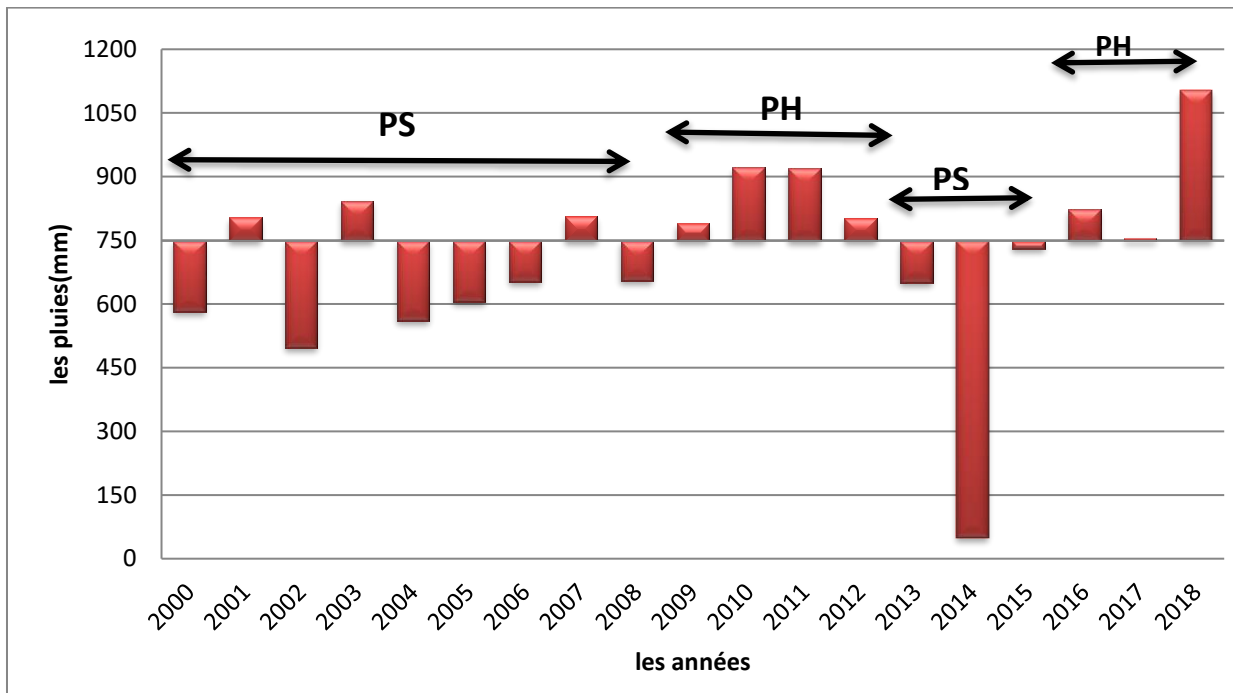


Figure 18: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Miliana

Station de Tizi Ouzou (tableau N° 26 et figure N° 19)

La station de Tizi ouzou 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 735.14

la station de Tizi ouzou est composée de deux périodes ,l'une, période humide de 6 ans successifs (2007/2012) , et l'autre période sèche de 13 ans aussi successifs (2000/2006) et (2015/2018) .

Ces périodes se regroupent en 2 classes

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

- Une classe excédentaire qui correspond à l'ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée été enregistrée avec 1066 mm en 2007
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistré en 2000 avec 408.5 mm

Période (ans)	N.années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2007/2012	6	842,33	641	1066	129,79	0,15
Période sèche						
2000/2006	7	607,81	408,5	820	139,88	0,23
2015/2018	6	759,83	626,2	936,1	103,96	0,14

Tableau 26: Analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Tizi ouzou

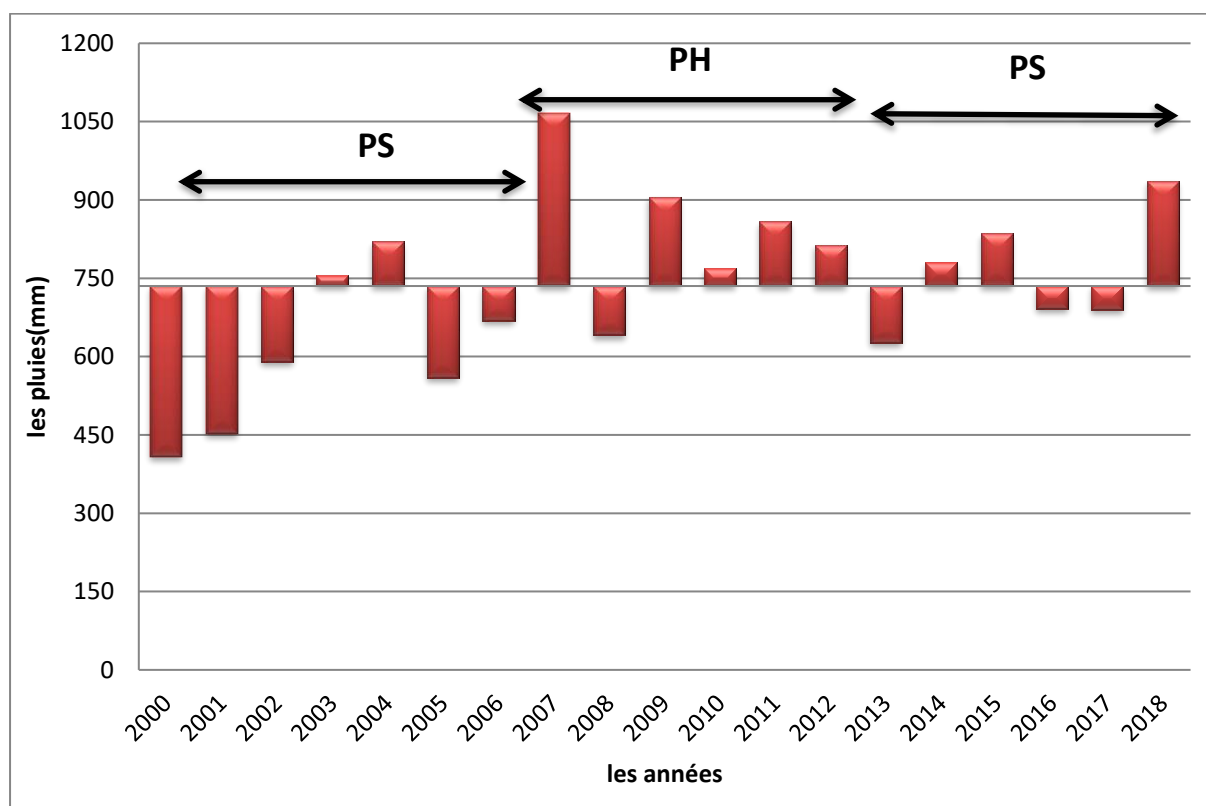


Figure 19: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Tizi ouzou

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

b. Station de Bejaia (tableau N° 27 et figure N° 20)

La station de Bejaia 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 833.32 mm

la station de Bejaia est composée de deux périodes , l'une, période humide de 4 ans successifs (2009/2012) , et l'autre période sèche de 15 ans aussi successifs (2000/2008) et (2013/2018) .

Ces périodes se regroupent en 2 classes

- Une classe excédentaire qui correspond à l'ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée été enregistrée avec 1133.9 mm en 2012
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistré en 2000 avec 501.4 mm

Période (ans)	N. Années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2009/2012	4	920,6	763	1133,9	156,15	0,17
Période sèche						
2000/2008	9	760,75	501,4	973	152,78	0,20
2013/2018	6	742,66	581,1	851	87,4	0,11

Tableau 27: Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la station de Bejaia

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Station d'Alger port (tableau N° 28 et figure N° 21)

La station d'alger port 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 627.7

la station de Tizi ouzou est composée de deux périodes , l'une, période humide de 7 ans successifs (2007/2013) , et l'autre période sèche de 12 ans aussi successifs (2000/2006) et (2014/2018) .

Ces périodes se regroupent en 2 classes

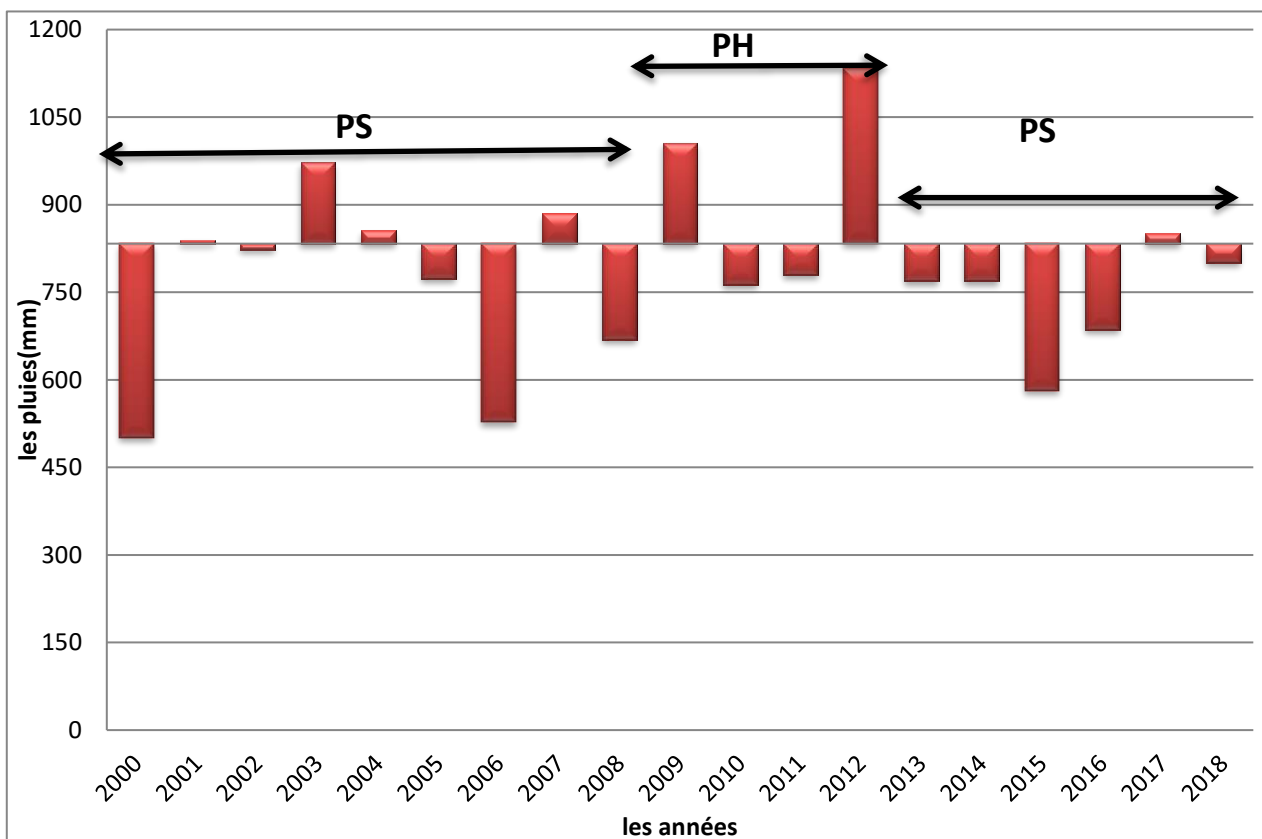


Figure 20: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Bejaia

- Une classe excédentaire qui correspond à l'ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée été enregistrée avec 868 mm en 2011.
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistré en 2000 avec 445.4 mm .

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Période (an)	Nombre d'année	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2007/2013	7	737,38	560	868	102,62	0,14
Période sèche						
2000/2006	7	599,24	445,4	693,4	106,78	0,17
2014/2018	5	623,3	546,5	739	70,89	0,11

Tableau 28 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la Station d'Alger port

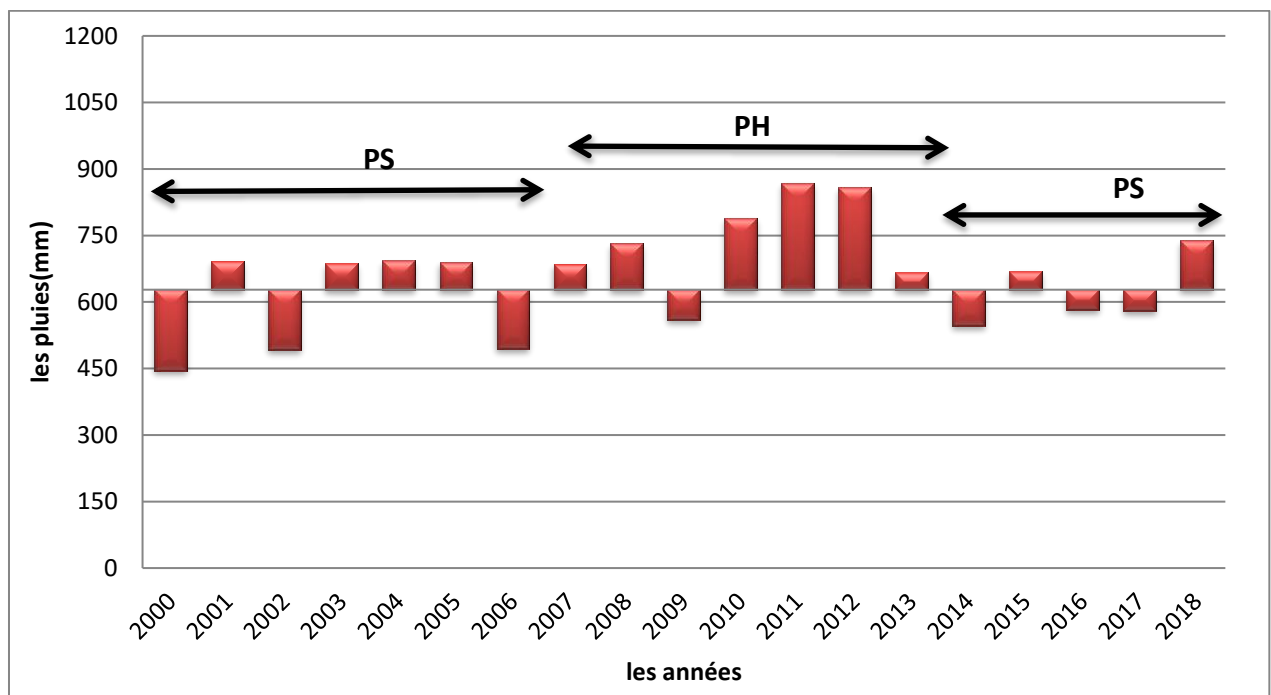


Figure 21: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station d'Alger port

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 **70 mm**. Un mois sec est un mois dont la pluviométrie moyenne mensuelle inférieure à **70 mm** contrairement au mois humide qui est supérieur à **70 mm**.

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 résulte pour 19 mois une seule moyenne. Prenons le mois de septembre (station de Msila) : une période

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

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°22 montrent que :

Pour la station de Miliana

Le mois de Janvier est le plus pluvieux (humide) par rapport aux autres mois avec une moyenne pluviométrique de **189 mm**, tant que le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec **4 mm**.

Pour la station de Tizi ouzou

Le mois le plus humide est le mois de décembre avec une moyenne pluviométrique de **110.9mm**, et le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec **3.8 mm**.

Pour la station de Bejaia

Le mois le plus humide pour cette station est le mois de janvier avec **127.8** qui représente la valeur la plus élevée par rapport aux autres stations, et le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec une moyenne pluviométrique de **6.6 mm**

Pour la station d'Alger port

Le mois le plus humide c'est le mois de Novembre avec **117.9mm**, tant que le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec **2.2 mm**.

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 , décembre ,et janvier**.

Mois	Miliana		Tizi ouzou		Bejaia		Alger port	
	L'état de période	Valeur	L'état de période	Valeur	L'état de période	Valeur	L'état de période	Valeur
Septembre	Sèche	29	Sèche	35,9	Sèche	53,9	Sèche	34,3
Octobre	Sèche	56,2	Sèche	56,3	Sèche	64,1	Sèche	61,2
Novembre	Humide	107,6	Humide	108,3	Humide	111,7	Humide	117,9
Decembre	Humide	120,1	Humide	110,9	Humide	112,4	Humide	114,2
Janvier	Humide	189	Humide	99,5	Humide	127,8	Humide	86
Février	Humide	151,3	Humide	86,4	Humide	103,6	Humide	81,7

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Mars	Humide	91,2	Humide	86,5	Humide	75,8	Sèche	50,6
Avril	Sèche	65,1	Humide	71,1	Sèche	61,7	Sèche	55,1
Mai	Sèche	39	Sèche	47,6	Sèche	44	Sèche	35,1
Juin	Sèche	11,2	Sèche	11,4	Sèche	12,3	Sèche	8,5
Juillet	Sèche	4	Sèche	3,8	Sèche	6,6	Sèche	2,2
Aôut	Sèche	9,2	Sèche	6	Humide	15,5	Sèche	9,3

Tableau 29: Délimitation des mois secs et humides des différentes stations

Station	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Miliana	29	56,2	107,5	120,1	189	151,3	91,2	65,1	39	11,2	4	9,2
Tizi ouzou	35,9	56,3	108,3	110,9	99,5	86,4	86,5	71,1	47,6	11,4	3,8	6
Bejaia	53,9	64,1	111,3	112,4	127,8	103,6	75,8	61,7	44	12,3	6,6	15,5
Alger port	34,3	61,2	117,9	114,2	86	81,7	50,6	55,1	35,1	8,5	2,2	9,3

Tableau 30: Présentation des précipitations moyennes mensuelles

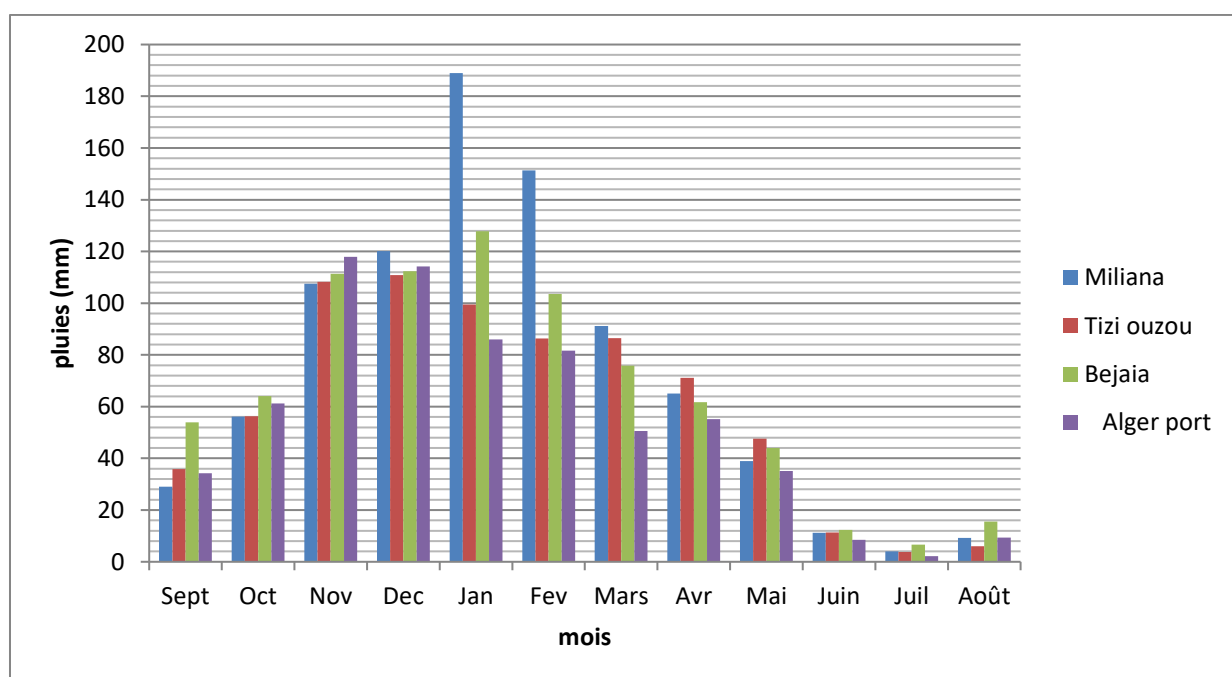


Figure 22: Variation moyennes mensuelles des précipitations (4 stations).

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

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

- **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) ^[18]

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

	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Miliana	64,23	153,46	65,1	8,13
Tizi ousou	66,83	98,93	68,4	7,06
Bejaia	76,43	114,6	60,5	11,46
Alger port	71,13	93,96	46,93	6,66

Tableau 31: Présentation des précipitations moyennes saisonnière

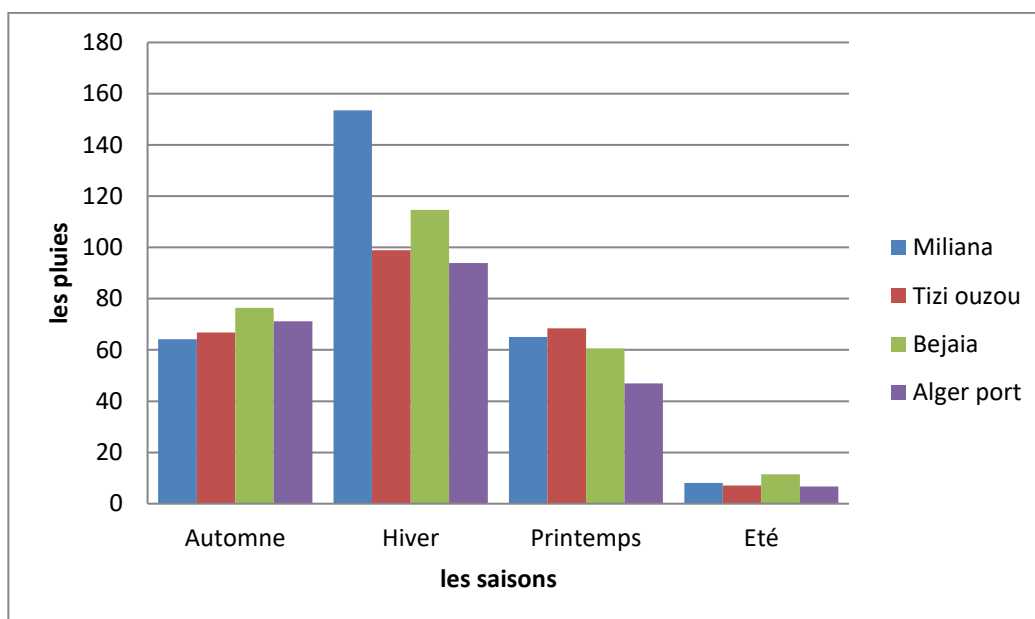


Figure 23 :Précipitations moyennes saisonnière des quatre stations

Après l'analyse du tableau № 31 et la figure № 23, on remarque que l'hiver est la saison la plus humide pour les stations de **Miliana**, **Tizi ousou**, **Bejaia** et **Alger port**.

D'un point de vue pluviométrie saisonnière, on constate que les périodes hivernales sont bien présentes aux contraires les périodes estivales qui ne sont pas dominantes.

Chapitre III Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

III.8. Conclusion

D'après l'analyse des études qui sont fait auparavant, la pluviométrie est parait favorable dans les zones situés au nord , et elle a connu une évolution en dirigeant vers l'est .

Il existe des périodes humides (la pluviométrie élevée) commune entre toute les quatre stations, et aussi à il existe une période sèche (de faible pluviométrie) commune entre les stations

Le calcul des écarts par rapport à la moyenne nous a permis de constater que plus on va vers l'Ouest, plus les années humide se succèdent comme c'est le cas d'Alger avec peu de période sèche par rapport à Bejaia.

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 calcul 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, Es- qu'une longue succession des années sèches signifie que le degré de sévérité de la sécheresse est élevé pendant ses périodes ?

CHAPITRE IV
CARACTERISATION DE LA
SECHERESSE

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. [19]

IV.1. Indices de sécheresses

Pour caractériser et identifier la sécheresse, plusieurs indices sont utilisés. [20]

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 déficitaire quand la pluie est inférieur à la moyenne est d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. [21]

IV.1.2. Indice de pluviosité (Ip)

$$I_p = P_i / P_m$$

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. [22]

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. [23]

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	$F > 0,85$

Tableau 32: Distribution selon les fréquences

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. [24]

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 $P_m - 2\sigma$. [25]

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	$P_i < P_m - 2\sigma$

Tableau 33: Les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type

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. [26]

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.

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

Tableau 34: classe de distribution des années selon SPI

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 53% d'années humides et 47 % d'années sèches au niveau des stations : Miliana, Tizi ouzou.

47 % d'années humides et 53% d'années sèches pour la station de Bejaia.

et 63 % d'années humides et 37% d'années sèches pour la station d'Alger.

Quand 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 indices de sévérité les

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 Miliana sur les 19 ans, on a 9 ans humides soit 1 ans d'humidité extrême 2 ans d'humidité forte et 6 ans d'humidité modérée. Pour les 11 ans restant, on a 7 ans de sécheresse modérées et 3 ans de sécheresse forte .
- La station de Tizi ouzou: sur les 19 ans, on a 10 ans humides soit 1 ans d'humidité extrême, 2 ans d'humidité forte et 7 ans d'humidité modérée. Pour les années sèches on a 6 ans de sécheresse modérée , 2 ans de sécheresse forte et 1 ans de Sécheresse extrême.
- La station de Bejaia pour 19 ans, on a 10 ans d'humidité soit 1ans d'humidité extrême , 2 ans d'humidité forte et 7 ans d'humidité modérée. Pour 9 ans de sécheresse on observe 6 ans de sécheresse modérée , 2 ans de sécheresse forte et 1 ans de Sécheresse extrême .
- La station d'Alger port pour 19 ans, on constate 12 ans d'humidité soit 1 ans d'humidité extrême, 2 ans d'humidité forte et 9 ans d'humidité modérée, pour 7 ans de sécheresse on observe 4 ans de sécheresse modérée et 3 ans 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 humide [27]

		Miliana		Tizi ouzou		Bejaia		Alger port	
Indice	classe	Nombr e	%	nombre	%	Nombr e	%	nombre	%
Em	H	10	53%	10	53%	9	47%	12	63%
	S	9	47%	9	47%	10	53%	8	37%
Ip	H	10	53%	10	53%	8	42%	11	58%
	S	9	47%	9	47%	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%	1	5%	-	-	1	5%
	HF	2	10%	2	10%	2	10%	2	10%
	HM	6	32%	7	37%	6	32%	9	47%
	SM	7	37%	6	32%	7	37%	4	21%
	SF	3	16%	2	10%	3	16%	3	16%
	SE	-	-	1	5%	1	5%	-	-

Tableau 35: Calcul des indices de sécheress

CONCLUSION GENERALE

V. CONCLUSION GENERALE

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

- Dans cette région la pluviométrie est irrégulière caractérisée par des années successives de sécheresse aussi une succession des années humides.
- La moyenne (748,6 mm) et le maximum (1103 mm) de Meliana sont sensiblement égale à la moyenne (735,14 mm) et le maximum (1066 mm) station de Tizi ouzou .
- La station d'Alger port a la moyenne (627,7 mm) et le maximum (868 mm) les plus faibles par rapport aux autres stations.
- le maximum le plus élevé se trouve au niveau de la station de Bejaia (1133,9 mm) .
- Le calcul des écarts par rapport à la moyenne nous a permis de constater que plus on va vers l'Ouest, plus les années humide se succèdent comme c'est le cas d'Alger avec peu de période sèche par rapport à Bejaia.
- Du point de vue évolution de la pluviométrie des stations, on remarque que la moyenne augmente du l'Ouest vers l'Est.
- L'irrégularité des saisons nous a démontré que le climat n'est pas stable et qu'il pourra continuer à évoluer dans le temps et dans l'espace.
- le degré de sévérité n'est pas trop élevé dans nos stations, on constate qu'il y a une dominance des classes de la période humide.

Toutes ces remarques nous permettent de dire que nous sommes en face d'un climat irrégulier. Le changement climatique pourrait placer notre pays dans des situations inconfortables puisque le volume maximal d'eau mobilisable serait déficitaire d'ici 2025. [28]

En Algérie, des pratiques d'adaptation sont déjà utilisées, car les épisodes de sécheresse, d'inondation, d'augmentation anormale de température de l'air se manifestent Continuellement. Ces actions doivent être intégrées dans une politique globale d'adaptation du pays, du fait que les initiatives d'adaptation qui seront prises dans ce secteur auront des Conséquences importantes dans plusieurs autres secteurs. [29]

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1_ http://library.ensh.dz/images/site_lamine/pdf/these_master/2018/6-0007-18.pdf
- 2_ https://bu.univ-ouargla.dz/production%20scientifique/national/2008/abs383_article.pdf
- 3_ https://www.firdaous.com/0072-la-geographie-de-l-algerie.htm?fbclid=IwAR141gcf2YnlqgNEMypEFlgC5QPJFhr-BO_XU-50BSk3z4R2E7DbE1Nzyus
- 4_ <http://www.miliana.com/geographie/00geo00.html>
- 5_ (Andi 2013) Agences Nationale de développement de l'investissement
- 6_ <http://www.fao.org/3/i3825e/i3825e0.pdf>
- 7_ 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.
- 8_ O.M.M.-United Nations Framework Convention on Climate Change. Genève 1992.
- 9_ O.M.M. -Climate change issues - Genève, OMM, 1994.-Coll.:WMO 798
- 10_ O.M.M. : Normales climatologiques (CLINO-1931-1960) N° 117.TP.52 - 1971.
- 11_ O.M.M. : Normales climatologiques (CLINO) pour la période 1961-1990 N° 847 – 1996.
- 12_ 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.
- 13_ 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.
- 14_ 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.
- 15_ 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.
- 16_ KLEIN J., TABARLY S. (2003), Les espaces littoraux : gestion, protection, aménagement, Géo confluentes, Glossaires spécialisés, URL,<http://geoconfluentes.ens-lsh.fr>
- 17_ DAGNELIE P.(1970)-Théorie et méthodes statistiques. Edit .Press agronomiques de Gembloux, Belgique, vol. 2, 451 p.

- 18_ 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
- 19_ 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.
- 20_ BERAN MA, Rodier JA : aspects hydrologiques des sécheresses. Contribution au programme hydrologique international. Rapport préparé par un comité mixte UNESCO/OMM,(1987) 172p
- 21_ 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.
- 22_ ELOUISSI. A. (1992) : Contribution à la formation des micro-régions climatiques pour la région de Mascara, Mémoire d'Ingénieur, Centre Universitaire de Mascara.
- 23_ 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.
- 24_ 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.
- 25_ 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.
- 26_ Bouanani A. 2005. Hydrologie, Transport solide et modélisation, étude de quelques sous bassin de la Tafna. (N-W – Algérie), Doctorat d'état, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 250p
- 27_ TINTHOIN, (1952) :L'Oranie, sa géographie, son histoire, ses centres vitaux, Oran, Édition L. Fouque Oran, 56 p.
- 28_ Anonyme 2010 – Vulnérabilité du secteur de l'eau aux changements climatiques en Algérie. Projet GEF/PNUD.
- 29_ Medjrab A. (2005) : Etude de la pluviométrie de l'Algérie occidentale : approche statistique cartographie automatique. Thèse de doctorat d'Etat. Université de Bab Ezzouar Alger, Algérie, 330 pages.