

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis De Mostaganem

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des sciences de la Nature et de la Vie

قسم الزراعة

Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

Présenté par

AISSA ABDI FAWZIA

Pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

Thème

**Approche statistique des précipitations
annuelles et mensuelles dans la région
intérieure ouest de l'Algérie**

Devant le jury :

Président : LARID Mohamed Pr Université de Mostaganem

Promoteur : BOUALEM AEK MCA Université de Mostaganem

Examineur : HAMADI Amina MAA Université de Mostaganem

Année universitaire 2023 /2024

Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier Allah le tout puissant pour nous avoir donné la force et la patience, la santé et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

J'adresse vivement mes remerciements à notre encadreur le Dr. BOUALEM Abdelkader d'avoir accepté l'encadrement par ses conseils, recommandations qui m'ont extrêmement aidé, guidé et encouragé tout au long de la réalisation de ce travail, je lui adresse mes remerciements les plus sincères.

Je remercie les membres de jury le Pr LARID Mohamed et Dr HAMADI Amina pour l'honneur qu'ils m'ont fait et pour avoir accepté de juger mon travail.

Je remercie également tous les enseignants de l'université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem et plus particulièrement ceux du département d'agronomie qui nous m'ont guidé tout au long de mon cursus universitaire.

Je remercie enfin toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail qui j'espère servira à améliorer la base de données sur les potentialités hydriques de notre cher patrie l'Algérie.

DEDICACES

*Je dédie ce travail à Ma famille **Aissa Abdi** surtout ;*

*À Mon cher papa « **Aissa** », qui est lumière de ma vie et l'espoir de mon existence ma mère « **Zohra** » ; vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement, mon amour et mon affection, je vous offre ce travail en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez toujours su me combler.*

J'espère qu'un jour, je pourrai leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi.

*Puisse dieu tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur, et le gain du paradis inchaa **ALLAH**.*

*À laquelle qui m'a quitté prématurément et causé une douleur de séparation, à l'a mémoire de ma grand -mère « **Zinabe** » paix à son âme.*

*À Ma chère sœur « **Saadia** » et son mari « **Abdullah** » et ses petites filles « **Sondous, Salsabil, Anfal** ».*

*À mon adorable frère « **Balkacem** », qu'il a été toujours là pour moi, c'est le meilleur soutien dans la vie, à mes belles sœurs, « **Saliha** », « **Khadija** », « **Wiame** ».*

Je vous souhaite une vie pleine de joie, de bonheur, et de réussite a toute ma famille.

*À tout mes amis ; surtout ma belle fille « **Amina** » qui a partagé avec moi les bons et les mauvais moments. Sans oublier « **Selma** », « **Ikram** », « **Sohila** », « **Fatima** », et À tous mes amies qui étudier en spécialité De Aménagement hydro-agricole.*

Aissa Abdi Fowzia

المخلص: إن فهم تغير المناخ وتقلباته في الآونة الأخيرة أمر بالغ الأهمية، وخاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. وهذا يجعل من الممكن توقع التأثيرات المحتملة على البيئة والمجتمعات، ووضع استراتيجيات التكيف المناسبة. قمنا في دراستنا بدراسة التغيرات في هطول الأمطار في غرب الجزائر. تعد المعرفة المتعمقة بتوزيع هطول الأمطار في الزمان والمكان أمرًا حيويًا لاكتشاف فترات الجفاف التي تهدد الزراعة، وكذلك لتحديد المناطق المناسبة أو غير المناسبة للزراعة. ركز بحثنا على تحليل هطول الأمطار، وهو عنصر أساسي في التوازن المائي استخدمنا الأساليب الإحصائية لفحص مؤشرات الجفاف وأنشأنا قاعدة بيانات حاسوبية لإدارة معلومات هطول الأمطار. تشير المؤشرات المحسوبة لمحطات الأرصاد الجوية المختلفة بوضوح إلى مرحلتين متميزتين: واحدة جافة والأخرى رطبة. على الرغم من ملاحظة اتجاه تنازلي عام في هطول الأمطار خلال فترة الدراسة، إلا أن هذا الاتجاه توقف بسبب سنوات من هطول الأمطار الغزيرة في مناطق مثل سعيدة. ويبدو أن تأثير الجفاف يشتد مع تحرك المرء نحو الغرب.

الكلمات الرئيسية: الغرب الجزائري، التغيرات المناخية، الجفاف، الأمطار، المناخ

Résumé : Comprendre l'évolution récente et la variabilité du climat est crucial, surtout dans les zones arides et semi-arides. Cela permet d'anticiper les impacts potentiels sur l'environnement et les sociétés, et de développer des stratégies d'adaptation appropriées. Dans notre étude, nous avons examiné les changements dans les précipitations dans l'ouest de l'Algérie. Une connaissance approfondie de la distribution des précipitations dans le temps et l'espace est vitale pour repérer les périodes de sécheresse qui menacent l'agriculture, ainsi que pour identifier les régions propices ou défavorables à la culture. Notre recherche a porté sur l'analyse de la pluviométrie, un élément clé du bilan hydrique. Nous avons utilisé des méthodes statistiques pour examiner les indicateurs de sécheresse et avons établi une base de données informatique pour gérer les informations sur les précipitations. Les indices calculés pour différentes stations météorologiques indiquent clairement deux phases distinctes : l'une sèche et l'autre humide. Bien qu'une tendance générale à la baisse des précipitations ait été observée pendant la période étudiée, cette tendance a été interrompue par des années de précipitations abondantes dans des régions comme Tiaret et Saïda. Il apparaît que l'impact de la sécheresse s'intensifie à mesure que l'on se déplace vers l'ouest.

Mots-clés : Climat ; Pluviosité ; Sécheresse; changement climatique ; Ouest algérien

Abstract: Understanding recent climate change and variability is crucial, especially in arid and semi-arid areas. This makes it possible to anticipate potential impacts on the environment and societies, and to develop appropriate adaptation strategies. In our study, we examined changes in precipitation in west en Algeria. In-depth knowledge of the distribution of precipitation in time and space is vital to spot periods of drought that threaten agriculture, as well as to identify regions suitable or unfavorable for cultivation. Our research focused on the analysis of rainfall, a key element of the water balance. We used statistical methods to examine drought indicators and established a computer database to manage precipitation information. The indices calculated for different weather stations clearly indicate two distinct phases: one dry and the other wet. Although a general downward trend in precipitation was observed during the study period, this trend was interrupted by years of abundant precipitation in regions such as Tiaret and Saïda. It appears that the impact of drought intensifies as one move westward.

Keywords: Climate; rainfall; drought; climat change; western Algeria

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	01
Chapitre I : Présentation des zones études	
I.1.La situation géographique des zones étude	03
111. Sidi bel abbés.....	03
1111. Situation démographique	03
1112. Relief.....	03
1113. Le climat	04
1114. Forêt	04
1115. Les potentialités économiques des wilayas.....	05
1116. Agriculture.....	05
1117. Tourisme.....	05
112. Mascara.....	05
1121. Situation démographique	06
1122. Relief.....	06
1123. Le climat	07
1124. Forêt	07
1125. Les potentialités économiques des wilayas.....	08
1116. Agriculture.....	08
1117. Tourisme.....	08
113. Saïda.....	09
1131. Situation démographique	10
1132. Relief.....	10
1133. Le climat	10
1134. Forêt	10
1135. Les potentialités économiques des wilayas.....	10
114. Tiaret	11
1141. Situation démographique	12
1142. Relief.....	12
1143. Le climat	12
1144. Forêt	12
1145. Les potentialités économiques des wilayas.....	12
Chapitre II : Analyse des données pluviométriques	
2.1. Introduction.....	18
2.2. Etude des précipitations	18
2.2.1. Collecte des données.....	18
2.2.2. Choix de la période d'étude	18
2.3. Contrôle de l'homogénéité des données	20
2.3.1. Test de Wilcoxon	20
2.3.1.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Sidi Bel Abbes...	21

2.3.1.2. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Mascara	21
2.3.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Saida	22
2.3.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Tiaret	23
2.3.2. Ajustement par la loi Normale.....	23
2.3.2. Théorie de l'ajustement à la loi Normale	23
a) Station de Sidi Bel Abbas	24
b) Station de Mascara.....	25
c) Station de Saida	26
d) Station de Tiaret.....	27
2.3.2.2 Analyse des tracés de la loi Normale	28
2.3.3. Test du khi deux.....	28
a) Calcul du coefficient de variation(Cv)	28
b) Théorie du test de Khi deux	29
c) Résultat du test du Khi deux	31
2.3.4. Conclusion	32
Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles	
3.1. Introduction.....	34
3.2. Calcul des récurrences	34
3.2.1. Calcul du module sec	34
a) Calcul du module décennal sec	34
b) Calcul du module de cinquante(50) ans sec	35
c) Calcul du module centenaire sec	35
3.2.2. Calcul du Module Humide.....	35
a) Calcul du module décennal humide.....	35
b) Calcul de module cinquante (50) ans humide	35
c) Calcul de module centenaire humide.....	35
3.2.3. Récurrence du module théorique le plus fort	35
3.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible.....	35
3.2.5. Analyse du calcul des récurrences	37
3.3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles des pluies	37
a. la station de Sidi Bel Abbas	37
b. La station de Mascara	38
c. la station de Saida.....	39
d. La station de Tiaret	40
3.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations.....	42
3.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne	43
3.6. Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle.....	46
a. la station de Sidi Bel Abbas	46
b. La station de Mascara	47
c. la station de Saida	49
d. La station d Tiaret	50
3.7. Délimitation des mois secs et humides	51
a. La station de Sidi Bel Abbas.....	52
b. La station de Mascara	52

c. La station de Saida	52
d. La station de Tiaret	52
3.8. Précipitations saisonnières	53
3.9. Conclusion	56
Chapitre VI : Caractérisation de la sécheresse	
4. Caractérisation de la sécheresse météorologique.....	60
4.1. Indices de sécheresses.....	60
4.1.1. Indice de l'écart à la moyenne (Em)	60
4.1.2. Indice de pluviosité (IP)	61
4.1.3. Distribution selon les fréquences	61
4.2. Indices de sévérité.....	61
4.2.1. Indice du nombre d'écart type	61
4.2.2. Indice standardisé de précipitation.....	62
4.3. Analyse du calcul des indices	63
CONCLUSION GENERALE	66
Bibliographie	

Liste des Figures

Chapitre I

Fig. 01 : Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbas	02
Fig. 03 : Situation géographique de la wilaya de Mascara.....	07
Fig.05 : Les quatre grandes zones géographiques de Mascara.....	09
Fig. 06 : Les barrages de wilaya de Mascara.....	10
Fig. 07 : L'agriculture de Mascara	10
Fig. 09 : Situation de la wilaya de Saida	11
Fig. 11 : Les espaces géographiques de Saida	13
Fig.12 : Chutes Tifrit Saïda	14
Fig. 13 : Situation géographique de wilaya de Tiaret.....	14
Fig. 15 : Les reliefs de Tiaret.....	16
Fig. 16 : Les forêts de wilaya de Tiaret	17

Chapitre II

Fig. 17 : Localisation des zones d'études	19
--	----

Fig. 18 : Tracé de la loi Normal de la station de Sidi Bel Abbes	25
Fig. 19 : Tracé de la loi Normal de la station de Mascara.....	26
Fig.20: Tracé de la loi Normal de station de Saida	27
Fig.21: Tracé de la loi Normal de station de Tiaret.....	28

Chapitre III

Fig.22: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Sidi Bel Abbes.....	38
Fig.23: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Mascara	39
Fig.24: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Saida	40
Fig.25: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Tiaret	41
Fig. 26 : Evolution des moyennes, des minimas et maximas des stations	43
Fig.27: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Sidi Bel Abbes	44
Fig. 28 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Mascara.....	45
Fig.29: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Saida	45
Fig.30: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Tiaret	46
Fig. 31 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Sidi Bel Abbes	47
Fig.32: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Mascara	49
Fig.33: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Saida.....	50
Fig.34: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Tiaret	51
Fig. 35 : Variation moyennes mensuelles des précipitations (4station)	53
Fig. 36 : Précipitations moyennes saisonnière de Sidi Bel Abbés.....	54
Fig. 37 : Précipitations moyennes saisonnière de Mascara	55

Fig. 38: Précipitations moyennes saisonnière de Saida.....	55
Fig. 39 : Précipitations moyennes saisonnière de Tiaret	56

Liste des Photos

Photo 01: Plaine de la wilaya de Sidi Bel Abbas	04
Photo 02 : Les steppes de la wilaya de Sidi Bel Abbas	04
Photo 03 : Forêt de Tessela	05

Liste des Tableaux

Chapitre II

Tab. 01 : Présentation des stations pluviométriques	18
Tab. 02 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Sidi Bel Abbas	21
Tab. 03 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Mascara	21
Tab. 04 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Saida	22
Tab. 05 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Tiaret ...	23
Tab. 06 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Sidi Bel Abbas.....	24
Tab. 07 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Mascara	25
Tab. 08 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Saida	26
Tab. 09 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Tiaret	27
Tab. 10 : Calcul du coefficient de variation	29
Tab.11: Test de khi deux pour la station de Sidi Bel Abbas	30
Tab.12: Test de khi deux pour la station de Mascara.....	30
Tab.13: Test de khi deux pour la station de Saida	30
Tab.14: Test de khi deux pour la station de Tiaret.....	31
Tab. 15 : Résultat du test de χ^2 des précipitations annuelles des quatre stations	31

Chapitre III

Tab.16 : Détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations	36
Tab. 17 : Calcul des modules Secs	36

Tab. 18 : Calcul des modules Humides	36
Tab. 19 : Récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles	37
Tab. 20 : Tab.des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Sidi Bel Abbes	38
Tab. 21 : Tab.des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Mascara.....	39
Tab. 22 : Tab.des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Saida	40
Tab. 23 : Tab.des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Tiaret	41
Tab. 24 : Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles Pluviométriques	42
Tab. 25 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Sidi Bel Abbes	47
Tab. 26 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Mascara	48
Tab. 27 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Saida..	50
Tab. 28 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Tiaret .	51
Tab.29 :Présentation des précipitations moyennes mensuelles (mm).....	53
Tab. 30 : Présentation des précipitations moyennes saisonnières.....	54

CHAPITRE IV

Tab. 32 : Distribution selon les fréquences	61
Tab. 33 : Les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type	62
Tab. 34 : Classe de distribution des années selon SPI	63
Tab.35 : Calcul des indices de sécheresse.....	65

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

La question du changement climatique a été identifiée au cours des dix dernières années comme l'un des enjeux majeurs du développement durable à l'échelle locale, régionale et même internationale. La capacité d'adaptation à la variabilité pluviométrique et aux événements météorologiques extrêmes (inondations et sécheresses) est reconnue en Algérie. On peut prendre en compte la sécheresse à diverses échelles : mensuelle, saisonnière et annuelle. Il devient dangereux quand il dure deux ou trois ans de suite. Notre recherche se focalise sur les précipitations dans les régions de l'Ouest de l'Algérie (Sidi Bel Abbés, Mascara, Saida, Tiaret) pendant la période (2001-2021).

1. Afin de répondre à cette question, il est primordial d'abord étudier le concept de précipitations. Nous avons pour but de la Collecte de données pluviométriques et création d'une base de données sur ordinateur.

Comment peut-on mesurer la quantité de pluie dans notre région dans l'espace? Existe-t-il une baisse des précipitations au cours de la dernière décennie? À cet égard, nous participons à l'étude de la pluviométrie par le biais du traitement statistique et de l'analyse des indices de sécheresse.

2. Prétraitement des données :

- ❖ Test de Wilcoxon
- ❖ Test d'ajustement de normalité
- ❖ Test du coefficient de variation
- ❖ Test du Khi carré

3. Traitement statistique des données et calcul des indices de sécheresse :

- ❖ Variabilité des moyennes annuelles, mensuelles et saisonnières.
- ❖ Caractérisation de la sécheresse à l'aide d'indices.

Chapitre I

Présentation des zones d'étude

I.1. Situation géographique des zones d'étude**111. Sidi Bel Abbès :**

La wilaya de Sidi Bel Abbès est située au nord-ouest de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 9150,63 Km². Elle occupe environ 15% du territoire de la région et se situe (cf. fig.01) :

- Nord, par la wilaya d'Oran.
- Nord-ouest, par la wilaya d'Ain T'émouchent.
- Nord-est, par la wilaya de Mascara.
- Ouest, par la wilaya de Tlemcen.
- Est, par les wilayas de Mascara et Saïda.
- Sud, par les wilayas de Nâama et El-Bayad.
- Sud-est, par la wilaya de Saïda (ANIREF, 2020)



Fig. 01 : Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbès

1111. Situation démographique

En 2023, la population totale de la wilaya de Sidi Bel Abbès est estimée à 724 598 habitants avec une densité de 79 habitants /Km² (ANIREF, 2020)

1112. Le relief

Le relief de wilaya de Sidi Bel est assez varié. Elle se compose de trois zones principales :

A. Les plaines : Elles occupent 3239,44 Km², soit 35,40% du territoire de la wilaya.

On distingue la plaine de Sidi Bel Abbès, qui s'étend sur 2102,85 Km² et dont l'altitude oscille entre 400 et 800 m, et les hautes plaines de Telagh, qui couvrent 1136,59 Km², et dont l'altitude varie de 400 à 1000 m (Wiki mémoires, 2019).



Photo. 01 : plaine de la wilaya de Sidi Bel Abbas.

B. Les steppes : Elles représentent 40% de la wilaya, soit 3 660,82 Km². Situées au sud de la wilaya, leur altitude est comprise entre 1000 et 1400 m. (ANIREF, 2020)



Photo .02 : les steppes de la wilaya de Sidi Bel Abbas

1113. Le climat

Sidi Bel Abbas à un climat méditerranéen .Il se caractérise par des hivers froids et humides, et des étés secs et chauds. Les saisons intermédiaires sont très courtes. Les précipitations sont beaucoup plus abondantes en hiver qu'en été .La température annuelle moyenne est de 17,3°C. Le total des pluies sur l'année est de 427m. (ANIREF, 2022)

1114. Forêt

La wilaya de Sidi Bel Abbas dispose d'une couverture forestière de 22,26%, soit 203 724 hectares de forêts. Le massif forestier le plus étendu se trouve dans la daïra de Merine, qui représente 33,63% de surface boisée total. Les daïra de Telagh et Moulay-Slissen viennent ensuite avec respectivement 11,94% et 10,07% de la

superficie forestière. Ces trois daïras concentrent plus de la moitié (55,64%) des forêts de wilaya. (Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2014)



Photo. 03 : Forêt de Tessela

1115. Les potentialités hydriques

La wilaya de Sidi Bel Abbes comprend les barrages suivants :

- Barrage de Sarno (commune de Sidi Hamadouche).
- Barrage de Taïba.
- Barrage de Sidi Abdel li.
- Barrage de Ben Bahdel.
- Barrage de Sidi Khaled.
- Barrage de Mostefa Ben Brahim.

1116. Agriculture

Plaine fertile avec des sols riches et un climat favorable à la culture de céréale, de fruits et légumes, et de la vigne.

1117. Tourisme : La wilaya de Sidi Bel Abbes possède plusieurs sites naturels touristiques et qui se définissent comme suit :

- Le lac artificiel de Sidi Mohamed Ben Ali Djebel Tessala.
- La forêt récréative de Ténira.
- La forêt récréative de Louza.
- La forêt récréative de Taouzizine (**Boukraa, 2019**)

112. Mascara

La wilaya de Mascara est située au nord-ouest de l'Algérie, à 361 Km à capitale Alger. Elle s'étend sur une superficie de 5 135 Km² et elle est limitée:

- Au nord, par les wilayas de Mostaganem et d'Oran ;
- Au sud, par les wilayas de Saida, Sidi Bel Abbes et Tiaret ;
- A l'ouest, par les wilayas d'Oran et de Sidi Bel Abbes ;
- A l'est, par les wilayas de Mostaganem, Relizane et Tiaret. (khelladi,2015)

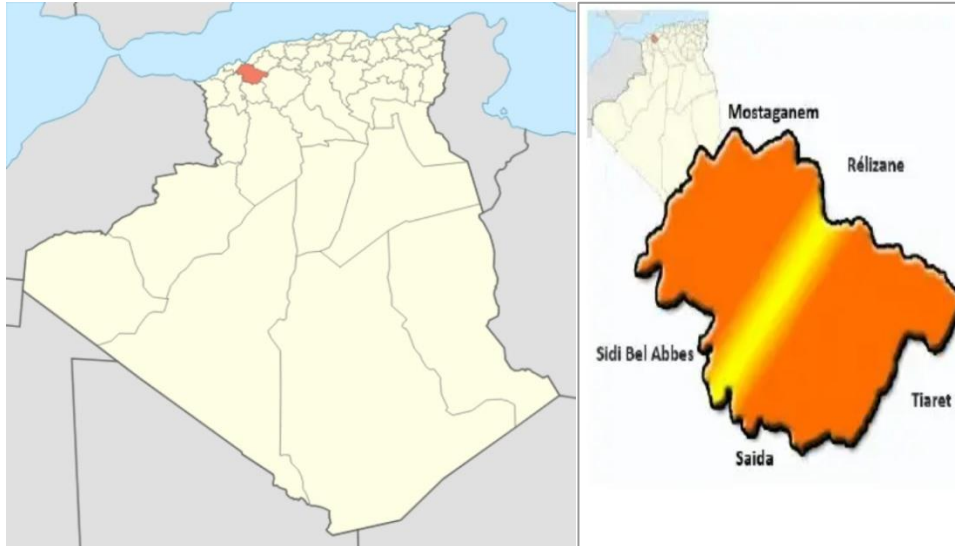


Fig. 03 : Situation géographique de la wilaya de Mascara

1121. Situation démographique

La wilaya de Mascara estimée à 828 434 habitants (2010), soit une densité de 161 habitants par Km² (ANIREF, 2018)

1122. Le relief

La wilaya de Mascara appartient à la région du tell. Elle se compose de quatre grandes zones géographiques distinctes :

- **Les plaines de Sig et de Habra au Nord** : qui regroupent les communes de zahana, Sig , Bouhenini, Mohamadia ,El ghomri, Sidi Abdel Moumene, Amirouche, Oggaz , Alaimia . Elle représente 25% du territoire de la wilaya
- **Les monts des Beni-chougrane, en amont** : qui forment une chaîne montagneuse continue entre les plaines de Habra-Sig au nord et la haute plaine de Ghriss au sud . Ils englobent 18 communes : Mascara, Chorfa , El Guethena , Ain Frasse , Bouhanifia , Hacine , El keurt , El Gaada , Mamounia , Ain Fares , Khalouia , El bordj , Sehailia , Sidi Abdel Djebbar , Oued El Abtal , El menaouer , Ferraguig , Sed Jerara . Ils occupent 32% de la superficie de la wilaya.

- **Les hautes plaines, au centre :** qui se caractérisent par un potentiel agricole très important et qui s'étendent sur 12 communes : Ain Fekan , Guerdjoum , O/Taria, Tizi, Froha , Ghriss, Matemore , Sidi Boussaid , Maoussa, Tighennif , Hachem , Sidi Kada . Elles couvrent 27% de la superficie de la wilaya.
- **Les monts de saida , au sud :** qui se situent au sud de la wilaya et qui comprennent 7 communes : Makdha , Nesmoth , Zelamta , Aouf , Gharrouss, Ain Ferrah , Beniane . Ils constituent 16% de la superficie de la wilaya. (1)

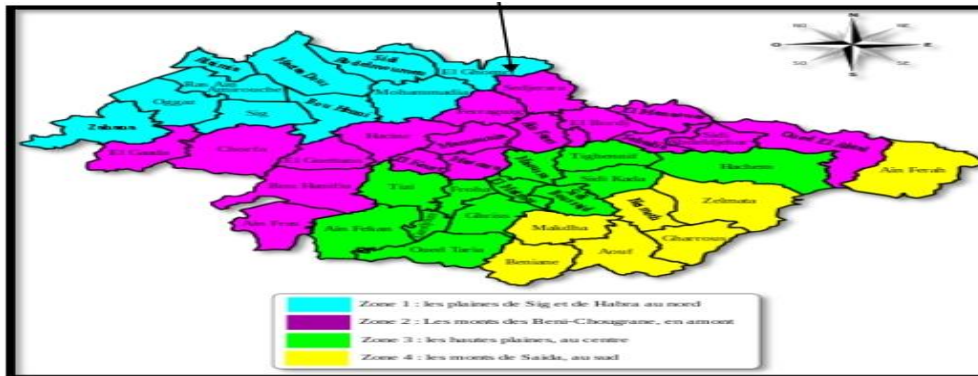


Fig.05 : Les quatre grandes zones géographiques de Mascara. (1)

1123. Le climat

La wilaya de Mascara a un climat méditerranéen semi-aride, avec des précipitations plus abondantes en fin d'automne et en début de printemps. Le gel affecte le territoire de la wilaya pendant environ 22 jours par an en moyenne .Les vents marins modèrent les pluies dans les plaines du nord pendant une partie de l'année, ou l'on observe aussi du brouillard dense en fin de printemps. L'altitude et les vents d'ouest confèrent de l'humidité aux monts des Beni-chougrane et aux monts de Saida. Le climat devient semi-aride dans les hautes plaines du sud. (Boualem,2020).

1124. Forêt

La forêt de wilaya de mascara est située dans la province de Mascara, en Algérie. Elle a une superficie de 90 233 hectares et un taux de boisement de 17, 57%. Elle abrite des espèces végétales et animales variées, dont certaines sont rares ou menacées, comme le Zardi (Genette). Elle est gérée par la conservation des forêts, qui veille à sa protection et à sa valorisation.

1125. Les potentialités économiques de wilaya

La wilaya de Mascara en Algérie compte plusieurs barrages, notamment le barrage de « Fergoug », le barrage de « Bouhanifia », le barrage de « Ouizert », le barrage de « Chorfa », et le barrage de « Oued Taht »^{1 2}. Ces barrages jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources hydriques de la région et dans le soutien des activités agricoles et industrielles (**Bouزيد & Boudoukha, 2020**).



Fig. 06 : Le barrage de wilaya de Mascara.

1126. Agriculture

La wilaya de Mascara est une province algérienne qui se distingue par sa diversité agricole. Elle produit entre autres des pommes de terre, des raisins, des oranges et des olives. Elle ambitionne de mettre en valeur 61 300 hectares de terres cultivables, ou elle fait pousser différentes céréales comme le blé, l'orge et l'avoine. La direction de l'agriculture est responsable de la gestion des activités agricoles dans la wilaya. En avril 2015, la wilaya a récolté 281 600 QX de blé tendre, 796 000 QX d'orge et 60 000 QX d'avoine. La wilaya est en train de réaliser un recensement général du secteur agricole.



Fig. 07 : l'agriculture de Mascara.

1127. Tourisme

La wilaya de Mascara, située au nord-ouest de l'Algérie, offre une variété de patrimoine historique et culturel. La région est reconnue pour avoir abrité plusieurs cités romaines telles qu'Aqua sirence (Bouhanifia), Alami Liaria, castra Nova (Mohammedia), Tasakora (Sig), et Sirat (Hasine).

Mascara est également liée à l'histoire d'Emir Abdelkader, dont l'arbre « Dardera de Ghriss » et de la mosquée de Ain El Beida sont des lieux importants où se sont tenues des rencontres historiques (Bouziid, 2019)



Fig.08 : Touristime de Mascara

113.Saida

La wilaya de Saida se situe au cœur de l'Oriane, entre les montagnes du Tell au nord et les hauts plateaux steppiques au sud. Elle est bordée par les wilayas de Mascara au nord, d'El Bayad au sud, de Tiaret à l'est et de Sidi Bel Abbès à l'ouest (voir Fig. 09). Cette localisation lui donne une importance stratégique comme zone de passage et de liaison (Conservation des forêts de Saida, 2008). La wilaya de Saida s'étend sur une superficie 6765 km² pour une population de 3400000 habitants (D.P.A.T ,2011).



Fig.09 : Situation de la wilaya de Saida.

1131. Situation démographique

La population de la wilaya est estimée à 415 438 habitants en 2020.

1132. Le relief

Entre les monts de Dahia au nord les hauts plateaux au sud, la wilaya de Saida se situe au bas de ces deux chaînes de l'Atlas tellien, traversées par oued Saida. Une grande forêt de 156401 ha couvre la vallée, ce qui représente 23.5% de la superficie total de la wilaya (**Boukacem & Boukacem, 2012**)



Fig.11 : Les espaces géographiques de Saida.

1133. Le climat

La région de Saida connaît un climat semi-aride frais, marqué par des contrastes thermiques et pluviométriques importants. L'été est sec et chaud, l'hiver est froid et humide, mais les précipitations restent faibles (353mm) et irrégulières d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre. La période de sécheresse dure environ six mois. (**Bouzid & Bouchelkia, 2017**)

1134. Forêt

La wilaya possède l'un des plus importants potentiels forestiers de l'ouest de l'Algérie, avec Sidi Bel Abbes et Tlemcen. Son patrimoine végétal s'étend sur une superficie totale de 156.401 hectares, comprenant diverses formations végétales. Elle comprend également une zone steppique de 120.000 hectares, dont 29.000 hectares de nappes alfatières qui peuvent être exploitées pour des usages industriels et artisanaux. La wilaya de Saida se distingue par trois grands ensembles écologiques différents qui représentent des atouts pour le développement forestier. Il s'agit de :

- ✓ la zone écologique du chêne vert (chênaie d'El Hassasna).
- ✓ La pineraie de Saïda.
- ✓ La zone steppique (DPAT, 2008)



Fig.12 : chutes Tifrit Saïda.

114.Tiaret

Située à l'ouest du pays, la wilaya de Tiaret s'étend sur une superficie de 20.086,62 km², elle est limitée par :

- Au nord ; par les wilayas de Tissemsilet et Relizane .
- Au sud ; par les wilayas de Laghouat et Bayad.
- A l'ouest ; par les wilayas de Mascara et Saïda.
- A l'est ; par la wilaya de Djelfa.



Fig.13 : Situation géographique de wilaya de Tiaret.

1141. Situation démographique

La population totale de wilaya de Tiaret est estimée à 988 139 habitants en 2018, soit une densité de 49 habitants par km².

1142. Le relief

Une grande superficie, présente une diversité de paysages :

- ✚ Au nord, on trouve une zone montagneuse ;
- ✚ Au centre, on observe des plateaux élevés ;
- ✚ Au sud, on rencontre des régions semi-désertiques (Selmi & Bouzid, 2020)



Fig .15 : les reliefs de Tiaret.

1143. Le climat

Le climat de Tiaret se distingue par deux saisons marquées par une forte différence de température et de précipitation :

- L'hiver est froid et neigeux, avec une moyenne de 7,2°C.
- L'été est chaud et sec, avec une moyenne de 24°C.

En moyenne, la wilaya de Tiaret reçoit entre 300 et 400 mm de pluie par an, mais la répétition est inégale : l'hiver est plus arrosé avec 157,1 mm, tandis que l'été est plus sec avec 31mm.

1144. Forêt

La région de Tiaret, en Algérie, abrite des espaces forestiers comme Blato et Tagdempt. Ces espaces sont appréciés pour la détente, les activités ludiques et la conservation de la biodiversité. La forêt de Blato est réputée pour sa beauté, qui attire de nombreux visiteurs. Des actions de prévention sont organisées pour éviter les feux de forêts dans la région, mettant en avant l'importance de préserver ces milieux naturels. Les forêts de Tiaret offrent un havre de paix où l'on peut observer une faune diversifiée et contempler la splendeur sauvage de la nature alentour.



Fig.16 : les forêts de wilaya de Tiaret

Chapitre II :

Analyse des données pluviométriques

2.1. Introduction

L'analyse climatique vise à mettre en évidence et à évaluer la variation du climat dans l'espace et dans le temps en utilisant une analyse statistique des données. Cette variabilité est étudiée en utilisant des séries temporelles longues, continues et homogènes de variables climatiques ou agro climatiques sur une période de 21 ans. Selon les données des quatre stations climatologiques de notre région, la période de référence actuelle est 2001-2021. (Dagnelie, 1970)

2.2. Etude des précipitations

2.2.1. Collecte des données

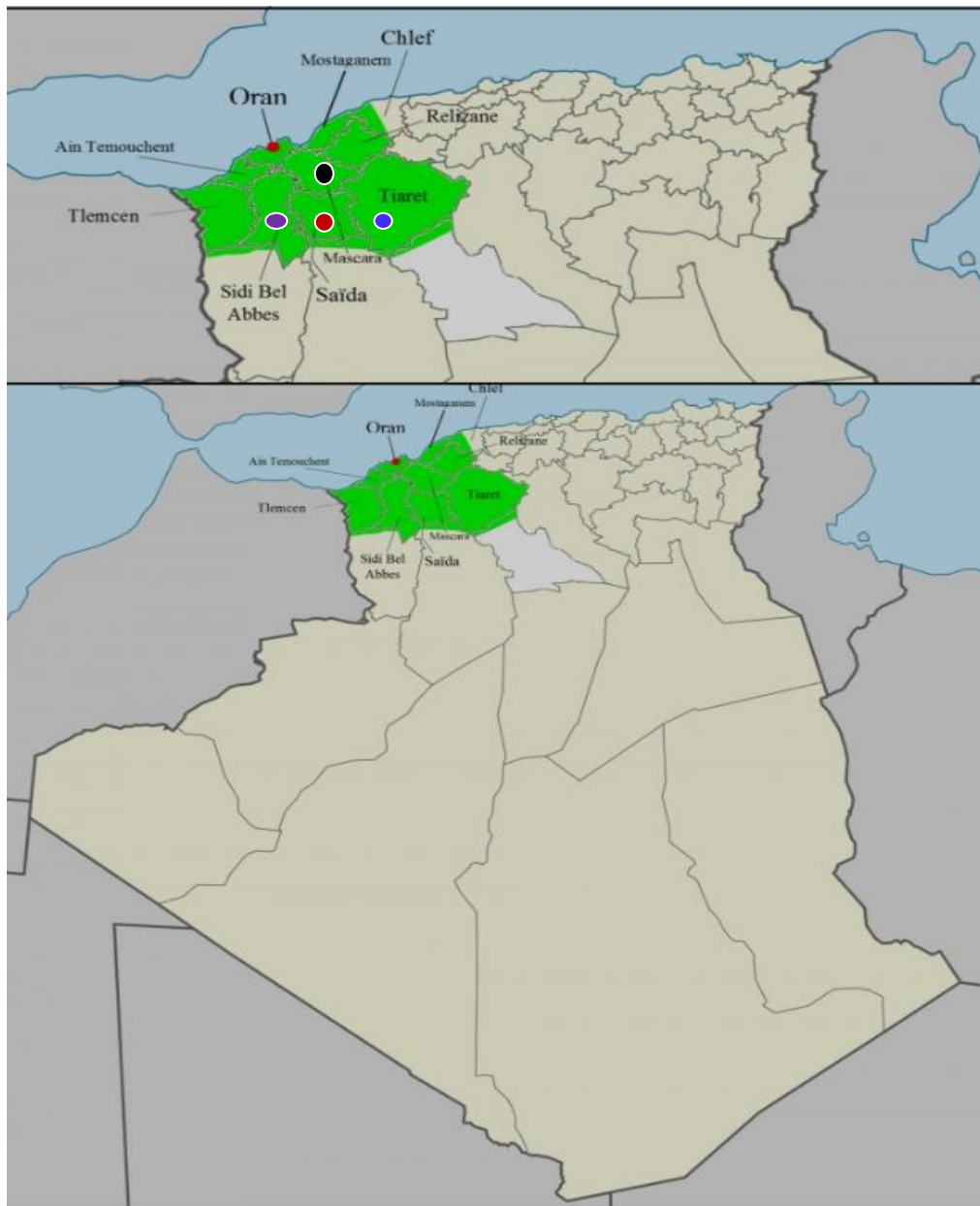
Nous avons obtenu les valeurs mensuelles des précipitations auprès d'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). Ces valeurs correspondent aux totaux mensuels enregistrés à partir des sources originales des stations de notre zone d'étude.

2.2.2. Choix de la période d'étude

Pour notre travail, nous avons choisi la période disponible selon les stations météorologiques.

Tab.01 : Présentation des stations pluviométriques

Station	Cordonnées Géographiques	Année d'étude
Sidi Bel Abbes	35.17°N/0.60°O	2001-2021
Mascara	35.20°N/0.13°E	2001-2021
Saida	35.87°N/0.15°E	2001-2021
Tiaret	35,25°N/1,43°E	2001-2021



● Mascara

● Saïda

● : Sidi Bel Abbas

● : Tiaret

Fig.17 : Localisation des zones d'étude

2.3. Contrôle de l'homogénéité des données

Les études climatiques ou hydrologiques reposent sur l'utilisation de séries de données collectées sur durées variables, continues ou non. L'analyse statistique de ces séries, nécessite que leurs éléments soient homogènes, il faut donc, avant de manipuler les variables pluviométriques, vérifier leur fiabilité à l'aide d'outils statistiques et graphiques, afin de minimiser les erreurs systématiques qui pourraient les altérer (**Habbouchi , 2018**)

2 .3.1. Test de Wilcoxon

C'est un test non paramétrique qui se base sur les rangs de l'observation, plutôt que sur leurs valeurs. Le test de Wilcoxon repose sur l'hypothèse suivante : Si X est un échantillon tiré d'une population Y, alors XUY (union de X et Y) en est également issue.

On procède ainsi :

Dispose d'une série d'observations de longueur N, dont on extrait deux échantillons X et Y : N₁ et N₂ sont les effectifs de ces échantillons, avec N = N₁ + N₂ et N₁ ≤ N₂ on ordonne ensuite les valeurs de notre série par ordre croissant. Par la suite, on ne considère que le rang de chaque élément des deux échantillons dans cette série. Si une valeur apparaît plusieurs fois, on lui attribue le rang moyen correspondant. On détermine ensuite la somme W_x des rangs des éléments du premier échantillon dans la série commune : $W_x = \sum \text{rang } x$

Wilcoxon a démontré que, si les deux échantillons X et Y font partie d'une série homogène, alors la valeur de W_x se situe entre deux limites W_{max} et W_{min} calculées par les formules suivantes :

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

$$W_{\max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{\min}$$

Z_{1-α/2} : Représente la valeur de la variable centrée réduite de la loi normale correspondant à 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 quatre stations au niveau de signification de 5%.

2.3.1.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Sidi Bel Abbas :

Tab.02 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Sidi Bel Abbas

x	y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	origine4
523,06	399	1	191,4	y	12	360,16	x
257,86	192,52	2	192,52	y	13	389,26	y
360,16	392,2	3	198,8	x	14	392,2	y
404,46	418,26	4	252,69	x	15	399	y
252,69	343,72	5	257,86	x	16	404,46	x
276,26	389,26	6	266,5	y	17	408	x
347,46	266,5	7	276,26	x	18	418,26	y
426,76	458,36	8	288,7	y	19	426,76	x
356,27	288,7	9	343,72	y	20	458,36	y
408	191,4	10	347,46	x	21	523,06	x
	198,8	11	356,27	x			

On a : $N_1 = 10$, $N_2 = 11$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{\min} = 71,17 \\ W_{\max} = 148,83 \\ W_x = 125 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{On vérifie l'inégalité : } W_{\min} < W_x < W_{\max} \\ \text{C'est-à-dire } 71,17 < 125 < 148,83 \end{array}$$

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

2.3.1.2. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Mascara :

Tab.03 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Mascara

x	y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	origine4
404,3	413,77	1	182,5	y	12	404,3	x
275,14	321,16	2	215,4	y	13	413,77	y
335,77	389,05	3	261,87	x	14	418,77	x
418,77	428,53	4	275,14	x	15	427,7	x
261,87	437,44	5	278	y	16	428,53	y
287,76	443,91	6	287,76	x	17	437,44	y
427,7	340,14	7	321,16	y	18	443,91	y
466,64	498,67	8	335,77	x	19	445,71	x
374,47	278	9	340,14	y	20	466,64	x
445,71	215,4	10	374,47	x	21	498,67	y
	182,5	11	389,05	y			

On a : $N_1= 10, N_2= 11$

$W_{\min} = 71,17$

$W_{\max} = 148,83$

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

$W_x = 111$

C'est-à-dire $71,17 < 111 < 148,83$

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

2.3.1. 3. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Saida :

Tab.04 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Saida.

x	y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	origine4
317,24	321,35	1	205,3	y	12	412,47	x
503,9	346,35	2	205,9	y	13	415	x
415	370,47	3	249	y	14	419,47	x
442	460,97	4	274,43	x	15	440,42	x
274,43	371,64	5	317,24	x	16	442	x
383,64	365,41	6	321,35	y	17	458,17	x
440,42	468,87	7	346,35	y	18	460,97	y
458,17	249	8	365,41	y	19	468,87	y
489	205,9	9	370,47	y	20	489	x
412,47	205,3	10	371,64	y	21	503,9	x
419,47		11	383,64	x			

On a : $N_1= 10, N_2= 11$

$W_{\min} = 71,17$

$W_{\max} = 148,83$

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

$W_x = 148$

C'est-à-dire $71,17 < 148 < 148,83$

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

2.3.1. 4. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Tiaret :

Tab. .05 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Tiaret.

X	y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	origine4
431,8	345,18	1	212,4	y	12	375,5	x
777,25	548,35	2	265,15	x	13	380,15	y
471	543,65	3	276,9	y	14	431,8	x
349	380,15	4	296,65	y	15	462,65	x
265,15	333,8	5	330,9	y	16	471	x
342	296,65	6	333,8	y	17	543	x
364,24	608,65	7	342	x	18	543,65	y
369	330,9	8	345,18	y	19	548,35	y
543	276,9	9	349	x	20	608,65	y
462,65	212,4	10	364,24	x	21	777,25	x
375,5		11	369	x			

On a : $N_1= 10, N_2= 11$

$W_{\min} = 71,17$

$W_{\max} = 148,83$

$W_x = 134$

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

C'est-à-dire $71,17 < 134 < 148,83$

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

2.3.2. Ajustement par la loi Normale

Les données collectées peuvent être soumises à diverses analyses statistiques pour vérifier leur fiabilité et leur précision. Parmi ces analyses, on peut mentionner l'étude

De l'homogénéité des données par la méthode de double masse et la régression linéaire, entre autres.

Cette démarche nécessite des stations de référence proches des nos stations d'étude. L'absence de ces dernières nous oblige à écarter cet aspect et à essayer de traiter les séries de données en utilisant une méthode d'ajustement, celle de la loi Normale, qui peut à elle seule synthétiser la fiabilité de chaque série.

2.3. 2. 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 souvent employée en statistique comme une approximation des distributions d'échantillonnage. En général, la loi normale fournit un bon modèle pour une variable aléatoire lorsque : **(Dagnelie, 1970)**

- 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.

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

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-a}^u t^{-u^2/2}$$

Où U est la variable réduite de GAUSS

$$U = \frac{x - \bar{x}}{\delta x}$$

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

Avec :

x : variable aléatoire

\bar{x} : la moyenne de la variable aléatoire

σx : Ecart type de la variable aléatoire

a) Station de Sidi Bel Abbas :

Tab.06 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Sidi Bel Abbas.

Valeur observée	effectif n	Effectif cumulé	Fréquence Fi= n /N+1 (%)
191,4	1	1	4,54
192,52	1	2	9,09
198,8	1	3	13,63
252,69	1	4	18,18
257,86	1	5	22,72
266,5	1	6	27,27
276,26	1	7	31,81
288,7	1	8	36,36
343,72	1	9	40,90
347,46	1	10	45,45
356,27	1	11	50
360,16	1	12	54,54
389,26	1	13	59,09
392,2	1	14	63,63
399	1	15	68,18
404,46	1	16	72,72
408	1	17	77,27
418,26	1	18	81,81
426,76	1	19	86,36
458,36	1	20	90,90
523,06	1	21	95,45

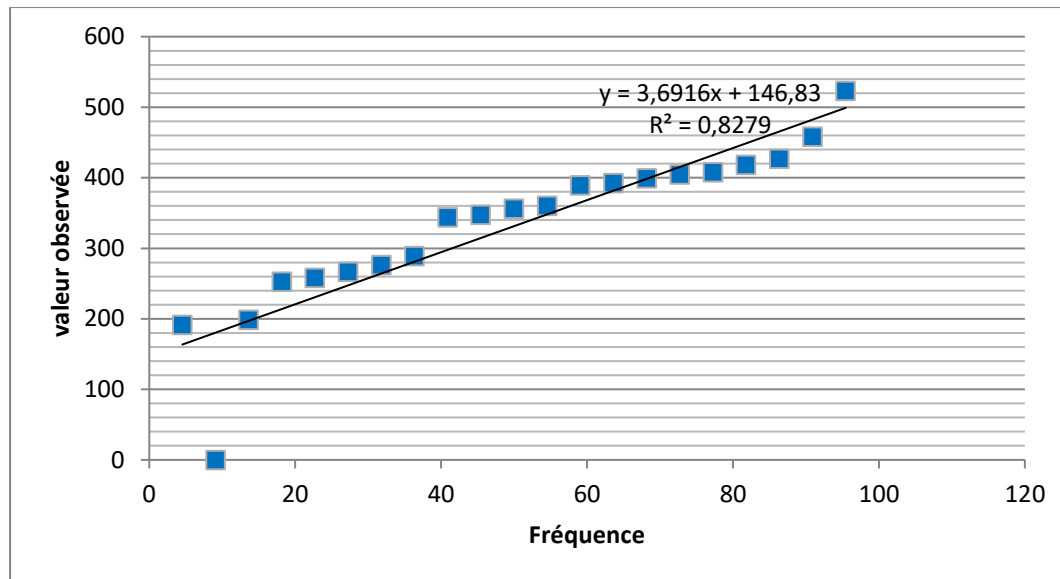


Fig. 18 : Tracé la loi Normale de la station de Sidi Bel Abbes

b) Station Mascara

Tab.07 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Mascara.

Valeur observée	effectif n	Effectif cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
182,5	1	1	4,54
215,4	1	2	9,09
261,87	1	3	13,63
275,14	1	4	18,18
278	1	5	22,72
287,76	1	6	27,27
321,16	1	7	31,81
335,77	1	8	36,36
340,14	1	9	40,90
374,47	1	10	45,45
389,05	1	11	50
404,3	1	12	54,54
413,77	1	13	59,09
418,77	1	14	63,63
427,7	1	15	68,18
428,53	1	16	72,72
437,44	1	17	77,27
443,91	1	18	81,81
445,71	1	19	86,36
466,64	1	20	90,90
498,67	1	21	95,45

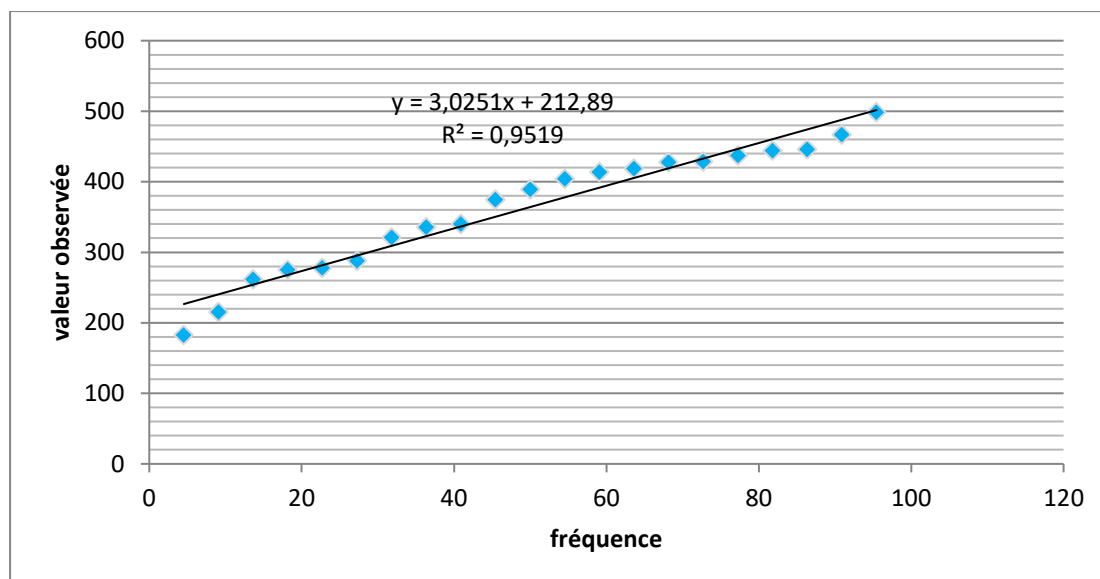


Fig. 19 : Tracé la loi Normale de la station de Mascara

c) Station Saida

Tab.08 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Saida.

Valeur observée	effectif n	Effectif cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
205,3	1	1	4,54
205,9	1	2	9,09
249	1	3	13,63
274,43	1	4	18,18
317,24	1	5	22,72
321,35	1	6	27,27
346,35	1	7	31,81
365,41	1	8	36,36
370,47	1	9	40,90
371,64	1	10	45,45
383,64	1	11	50
412,47	1	12	54,54
415	1	13	59,09
419,47	1	14	63,63
440,42	1	15	68,18
442	1	16	72,72
458,17	1	17	77,27
460,97	1	18	81,81
468,87	1	19	86,36
489	1	20	90,90
503,9	1	21	95,45

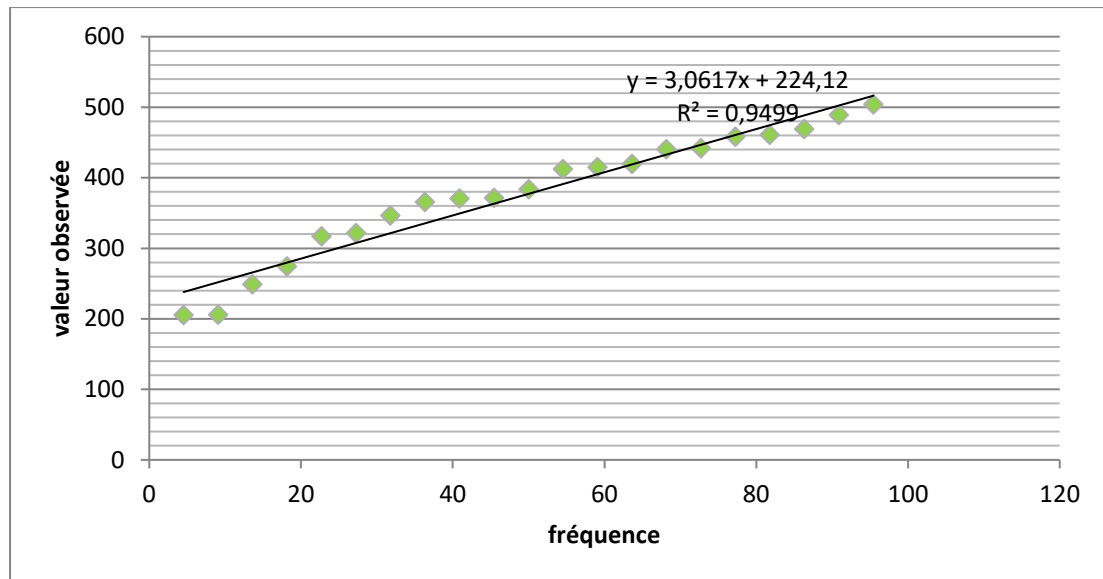


Fig. 20 : Tracé la loi Normale de la station de Saïda.

d) Station Tiaret :

Tab .09 : Tab.de fréquence des pluies annuelles de Tiaret.

Valeur observée	effectif n	Effectif cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
212,4	1	1	4,54
265,15	1	2	9,09
276,9	1	3	13,63
296,65	1	4	18,18
330,9	1	5	22,72
333,8	1	6	27,27
342	1	7	31,81
345,18	1	8	36,36
349	1	9	40,90
364,24	1	10	45,45
369	1	11	50
375,5	1	12	54,54
380,15	1	13	59,09
431,8	1	14	63,63
462,65	1	15	68,18
471	1	16	72,72
543	1	17	77,27
543,65	1	18	81,81
548,35	1	19	86,36
608,65	1	20	90,90
777,25	1	21	95,45

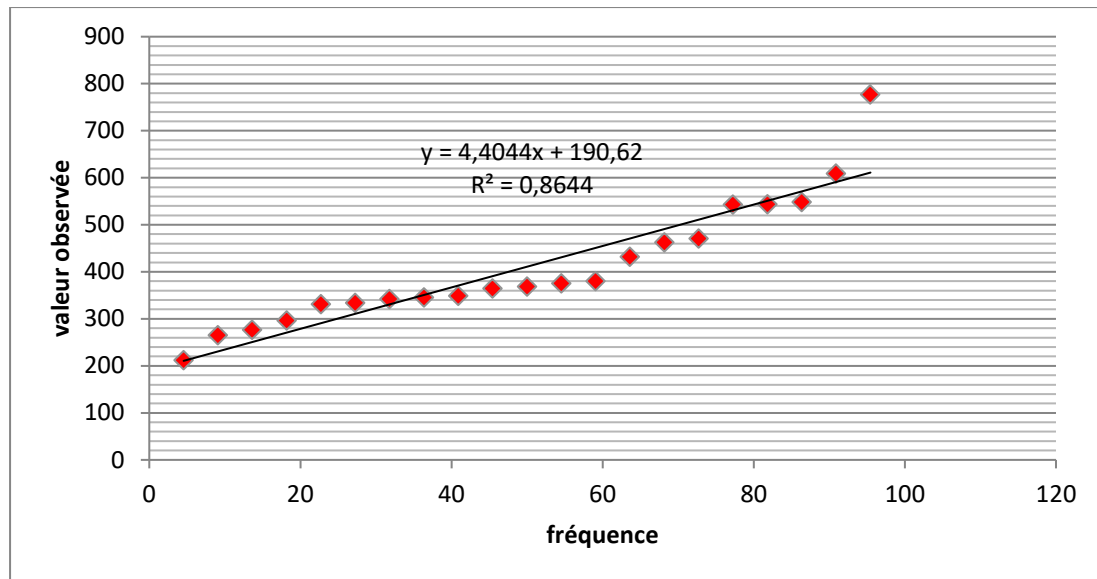


Fig. 21 : Tracé la loi Normale de la station de Tiaret.

2.3.2.2. Analyse des tracés de la loi Normale :

L'analyse des Fig. N°7, 8, 9, et 10 présentent les distributions observées dans chaque station sous forme de courbes. On constate que ces courbes sont plus ou moins proches de droites, ce qui indique une possible normalité des distributions. Pour vérifier cette hypothèse, nous allons appliquer le test de Khi-deux aux différentes distributions.

2.3.3. Test du Khi-deux

Pour réaliser le test du Khi-deux, nous devons d'abord calculer le coefficient de variation (Cv) qui nous permettra de vérifier si les distributions respectent les conditions requises pour ce test. En effet, le coefficient de variation doit être inférieur à 0,5 pour chaque station.

a). Calcul du coefficient de variation (Cv)

Il s'agit du quotient de l'écart type par la moyenne. Le coefficient de variation exprime numériquement le degré de variabilité des moyennes pluviométriques dans les séries et la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. Plus ce coefficient n'est élevé, plus la variabilité et l'irrégularité des pluies sont importantes. Il permet également d'analyser la pluviosité et ses fluctuations. Comme le coefficient de variation est inférieur à 0,5 pour les quatre stations, nous pouvons effectuer le calcul du Khi-deux.

Tab. 10 : Calcul du coefficient de variation pluviométrique

Station	Moyenne (mm)	Ecart type δ	Cv= δ /x
Sidi Bel Abbes	354,19	83,79	0,23
Mascara	373,2	87,49	0,23
Saida	377,19	88,59	0,23
Tiaret	410,82	133,61	0,32

b) Théorie du test de khi deux:

Si (n_i) le nombre attendu (np_i) selon une hypothèse de distribution donnée. Les tables de la loi du Khi-deux fournissent la valeur critique du test à ne pas dépasser pour un seuil de significativité choisi et un nombre de degrés de liberté de l'échantillon [3].

$$ddl = K - 1$$

Avec **ddl**: nombre de degrés de libertés **K**: nombre de classes

Le test permet de vérifier si les différences entre la distribution de l'échantillon et la distribution théorique sont aléatoires ou si l'échantillon suit une autre loi que celle supposée. Pour appliquer le test, on calcule la somme des carrés des écarts relatifs entre les observations (n_i) et les attentes (np_i) pour chaque classe, selon la formule :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^p \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

On détermine ensuite le nombre attendu de chaque classe par la formule :

$$np_i = \frac{n}{k}$$

Avec **k** : le nombre de classes

n : Effectif observé de classe **k** = 4

Tab. 11 : Test de khi deux pour la station de Sidi Bel Abbas.

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	191,4 -252,69	4	4,2	0,009
2	257,86-288,7	4	4,2	0,009
3	343,72-360,16	4	4,2	0,009
4	389,26-404,46	4	4,2	0,009
5	408 - 523,06	5	4,2	0,15
Totaux		N=21	Npi= 21	X²= 0,18

Tab. 12 : Test de khi deux pour la station de Mascara

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	182,5-275,14	4	4,2	0,009
2	278 - 335,77	4	4,2	0,009
3	340,14-404,3	4	4,2	0,009
4	413,77-428,53	4	4,2	0,009
5	437,44-498,67	5	4,2	0,15
Totaux		N=21	Npi= 21	X²= 0,18

Tab. 13 : Test de khi deux pour la station de Saïda.

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	205,3-274,43	4	4,2	0,009
2	317,24-365,41	4	4,2	0,009
3	370,47-412,47	4	4,2	0,009
4	415-442	4	4,2	0,009
5	458,47-503,9	5	4,2	0,15
Totaux		N=21	Npi= 21	X²= 0,18

Tab. 14 : Test de khi deux pour la station de Tiaret.

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	212,4-296 ,65	4	4,2	0,009
2	330,9-345,18	4	4,2	0,009
3	349-375,5	4	4,2	0,009

4	380,15-471	4	4,2	0,009
5	543-777,25	5	4,2	0,15
Totaux		N=21	N _{pi} = 21	X ² = 0,18

Tab. 15 : Résultat du test de χ^2 de la précipitation annuelle des quatre stations.

	Sidi Bel Abbes	Mascara	Saida	Tiaret
X ² Calculé	0,18	0,18	0,18	0,18
Ddl	4	4	4	4
X ² tabulé	9,488			
Observation	Bon ajustement			

C. Résultat du test du Khi deux

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 0,18$$

Le nombre de degré de liberté $ddl = k - 1 = 5 - 1 = 4$

Pour un risque $\alpha = 5\%$: $\chi^2_{\text{tabulé}} = 9,488 > \chi^2_{\text{calculé}} = 0,18$; donc l'adéquation à la

Loi normale est acceptable.

2.3.4 Conclusion :

Nous avons pu observer à travers les divers graphes de la loi normale que les séries pouvaient avoir une distribution normale. Afin de confirmer cette supposition de normalité, nous avons réalisé le test du khi deux qui a confirmé que la loi normale était appropriée. Au chapitre suivant, nous allons tenter de déterminer les précipitations pluviométriques pour des périodes de récurrence spécifiques, en particulier le module sec et humide pour les périodes de dix, cinquante et cent ans, et analyser les fluctuations et les précipitations pluviométriques annuelles et mensuelles des différentes stations de la zone d'étude.

Chapitre III:

Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

3.1. Introduction

La variabilité, ou plutôt l'irrégularité, de l'écoulement de surface à travers les saisons et les années est grandement influencée par les précipitations. Elles jouent un rôle essentiel dans l'alimentation en eau des cours d'eau. En outre, les processus de géodynamique externe dans les bassins versants sont principalement influencés par le climat et les fluctuations hydro climatiques (comme les températures, les précipitations et le drainage). Dans son mémoire de magister, EL MAHI A. (2002) examine le déficit pluviométrique des dernières décennies en Algérie du Nord et son influence sur les ressources en eau.

Dans ce chapitre, notre objectif est d'examiner les différentes variations observées dans les données de pluviométrie et leur évolution au fil du temps. La période de récurrence selon la loi normale est étudiée en prenant en compte la moyenne des précipitations, l'écart type et la variable de Gauss réduite. Il est nécessaire de calculer la fréquence pour des périodes de dix(10) ans, cinquante(50) et cent(100) ans afin d'évaluer le volume de précipitations qui pourrait être enregistré pendant ces périodes.

L'équation de la période de récurrence est exprimée comme suit :

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

3.2. Calcul des récurrences

L'équation de la période de récurrence donnée est :

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

3.2.1. 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 la quelle correspond $U=1,28$ pour la variable réduite de GAUSS.

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

Il correspond à une fréquence d'espacement de 0,98 à la quelle correspond $U= 2,05$ pour la variable réduite de GAUSS.

Calcul du module centenaire sec

C'est la fréquence d'espacement de 0,99 à la quelle correspond $U= 2,33$ pour la variable réduite de GAUSS.

3.2.2. Calcul du Module Humide

$$P = X + \delta .U^{-}$$

a. calcul du module décennal humide

C'est la fréquence d'espacement de 0,9 à la quelle correspond $U= 1,28$ pour la variable réduite de GAUSS.

b. calcul de module cinquante (50) ans humides

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

c. calcul de module centenaire humide

C'est la fréquence d'espacement de 0,99 à la quelle correspond $U= 2,33$ pour la variable réduite de GAUSS.

3.2.3. Récurrence du module théorique le plus fort

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

Avec T' : période de retour de la pluie plus fort

F : fréquence

3.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible

On a :
$$T = \frac{1}{F}$$

Avec T: période de retour de la pluie faible

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

Station	Moyenne X	Ecart type δ	$C_v = \delta / X$	Equation
Sidi bel abbés	345,63	89,59	0,23	$P = 345,63 + 89,59U$
Mascara	364,12	87,44	0,23	$P = 364,12 + 87,44 U$
Saida	377,19	88,59	0,23	$P = 377,19 + 88,59 U$
Tiaret	410,82	133,61	0,32	$P = 410,82 + 133,61 U$

Tab. 17 : Calcul des modules Secs.

Station	Equation	Module décennal	Module 50ans	Module centenaire
Sidi bel abbés	$P = 345,63 - 89,59U$	230	161	136
Mascara	$P = 364,12 - 87,44 U$	252	184	160
Saida	$P = 377,19 - 88,59 U$	264	195	170
Tiaret	$P = 410,82 - 133,61 U$	240	137	99

Tab .18 : Calcul des modules Humides.

Station	Equation	Module décennal	Module 50ans	Module centenaire
Sidi bel abbés	$P = 345,63 + 89,59U$	460	529	554
Mascara	$P = 364,12 + 87,44 U$	476	543	567
Saida	$P = 377,19 + 88,59 U$	490	558	583
Tiaret	$P = 410,82 + 133,61 U$	582	685	722

Tab. 19 : Récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles.

Station	Fréquence la plus faible	Fréquence la plus forte	Récurrence pour la plus faible (T)	Récurrence la plus forte (T')
Régions (Sidi bel Abbès, Mascara, Saida, Tiaret)	0.05	0,95	20 ans	20ans

NB : On a les mêmes valeurs des fréquences et des récurrences dans toutes les stations

3.2.5. Analyse du calcul des récurrences

Du point de vue théorique, le calcul des modules secs et humides nous à permet de constater que tout les stations ont des modules secs faibles varient d'une région à l'autre station.

De la région a l'autre, on constate une augmentation progressive des modules humides de 10 à 100ans dans chaque station.

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

L'analyse du Tab. N°19 nous montre que dans chaque station, la pluie la plus forte et la pluie la plus faible ont la même période de retour. Ces différentes période de retour se trouvent dans l'intervalle de 50 ans, ce qui vérifier la condition posée par les modules secs et humides.

3.3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles des pluies.

a.la station de Sidi bel Abbès: (Tab. N°20et la Fig. N°9)

On constate que 50% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 190-340 mm et la seconde moitié dans l'intervalle 340-540 mm et plus.

Tab.20 : Tab. des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Sidi bel Abbas.

Catégorie	effectif	effectif cumulé	pourcentage %	pourcentage cumulé%
$x \leq 190$	0	0	5	5
$190 \leq x \leq 240$	3	3	15	20
$240 \leq x \leq 290$	5	8	25	45
$290 \leq x \leq 340$	0	8	0	45
$340 \leq x \leq 390$	5	13	25	70
$390 \leq x \leq 440$	6	19	30	100
$440 \leq x \leq 490$	1	20	5	105
$490 \leq x \leq 540$	1	21	5	110

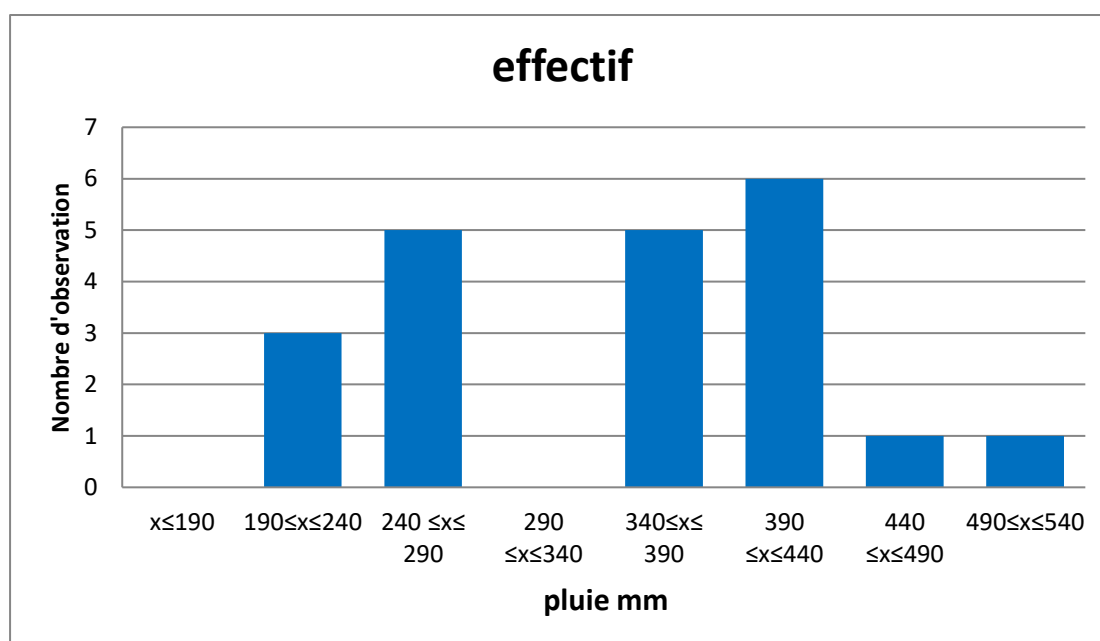


Fig.22: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Sidi bel Abbas.

b. La station de Mascara:

Suivant le Tab. N°21 et la Fig. N°10, on constate que 60% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 180-360mm, et la seconde moitié dans l'intervalle 360-540 mm et plus.

Tab.21 : Tab.des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Mascara.

Catégorie	effectif	effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage Cumulé%
$x \leq 180$	0	0	5	5
$180 \leq x \leq 240$	2	2	10	15
$240 \leq x \leq 300$	4	6	20	25
$300 \leq x \leq 360$	3	9	15	40
$360 \leq x \leq 420$	5	14	25	65
$420 \leq x \leq 480$	6	20	30	95
$480 \leq x \leq 540$	1	21	5	100

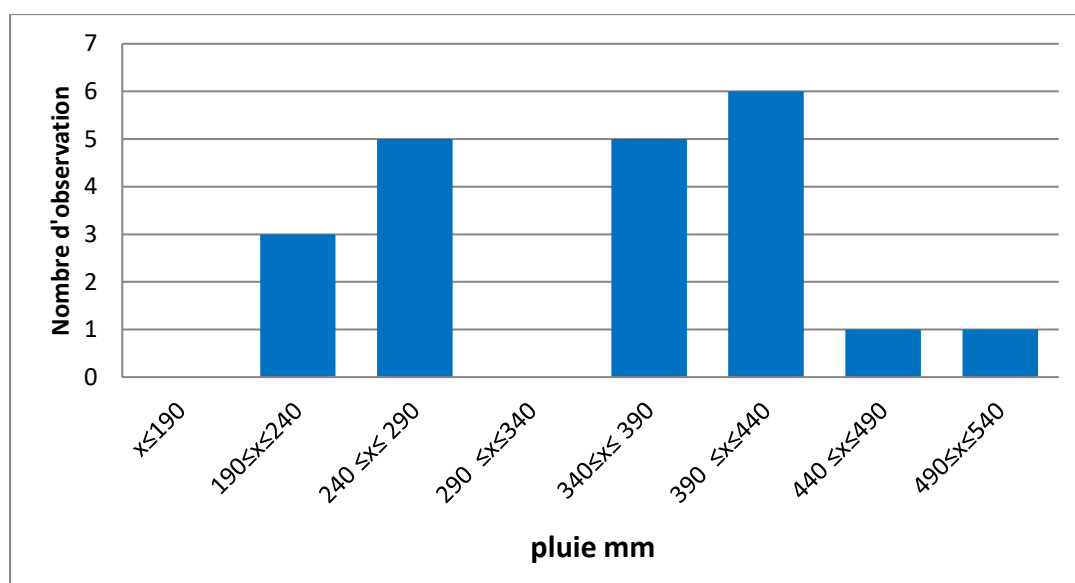


Fig.23:Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Mascara.

c.la station de Saida: (Tab. N°22 et la Fig. N° 11)

On constate que 50% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 200-350 mm et la seconde moitié dans l'intervalle 350-550 mm et plus.

Tab.22 : Tab. des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Saida.

Catégorie	effectif	effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé%
$x \leq 200$	0	0	5	5
$200 \leq x \leq 250$	3	3	15	20
$250 \leq x \leq 300$	1	4	5	25
$300 \leq x \leq 350$	3	7	15	40
$350 \leq x \leq 400$	4	11	20	60
$400 \leq x \leq 450$	5	16	25	85
$450 \leq x \leq 500$	4	20	20	105
$500 \leq x \leq 550$	1	21	5	115

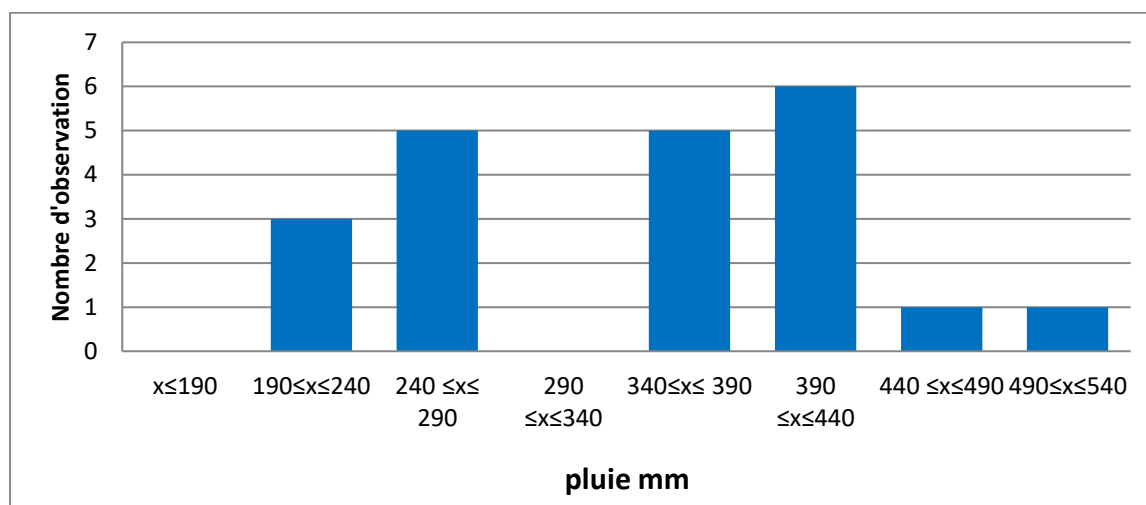


Fig..24: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Saida .

d. La station de Tiaret: (Tab. N°23 et la Fig. N°12)

On constate que 70% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 200-550 mm et la seconde moitié dans l'intervalle 550-830 mm et plus.

Tab.23 : Tab.des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Tiaret.

Catégorie	Effectif	Effectif cumulé	Pourcentage	Pourcentage cumulé
$x \leq 200$	0	0	5	5
$200 \leq x \leq 270$	2	2	10	15
$270 \leq x \leq 340$	4	6	20	35
$340 \leq x \leq 410$	7	13	35	70
$410 \leq x \leq 480$	3	16	15	85
$480 \leq x \leq 550$	3	19	15	100
$550 \leq x \leq 620$	1	20	5	105
$620 \leq x \leq 690$	0	20	0	105
$690 \leq x \leq 760$	0	20	0	105
$760 \leq x \leq 830$	1	21	5	110

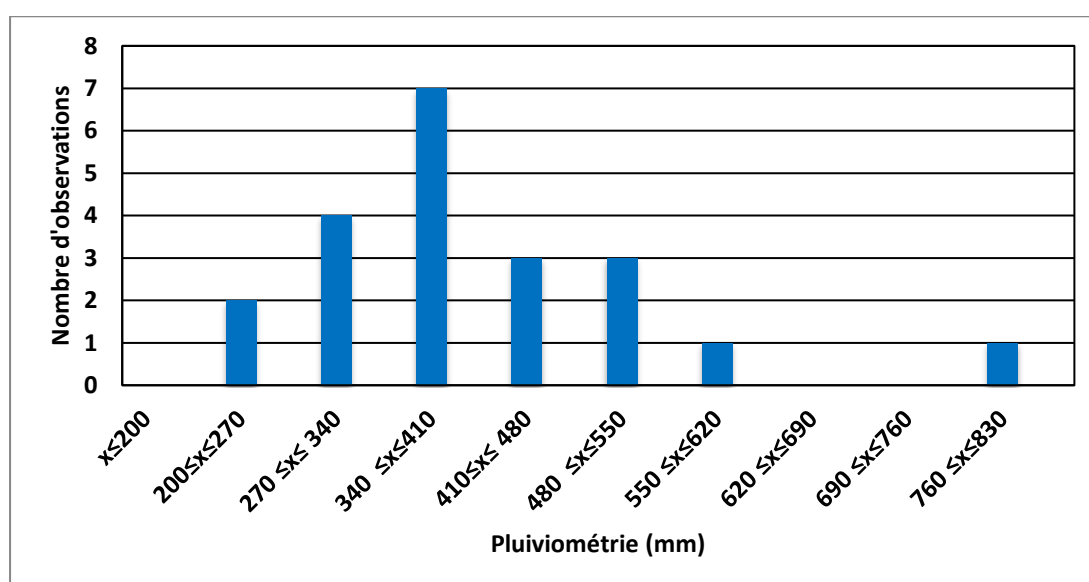


Fig. 25: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Tiaret.

3.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations

L'analyse des Fig.s (9,10, 11,12) nous a permis de retirer des remarques très importantes concernant les quatre stations :

- ✓ Le minimum, la moyenne et le maximum de Sidi bel abbés et de Mascara sont sensiblement égales à la station de Saïda.

- ✓ la moyenne de la station de sidi bel abbés les plus faibles par rapport aux autres stations.
- ✓ Les stations de Sidi bel abbés et Mascara et Saida ont des moyennes et des maximums très proches.
- ✓ le maximum le plus élevé se trouve au niveau de la station de Tiaret.
- ✓ Du point de vue évolution de la pluviométrie des stations, on remarque que la moyenne diminue du l'Est vers l'Ouest au niveau de ces stations : Sidi bel Abbés, Mascara, Saida, Tiaret.

Tab.24 : Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles pluviométriques (mm).

station	MIN	MOYENNE	MAX
Sidi bel abbés	191	345,63	523
Mascara	182	364,12	498
Saida	205	377,19	503
Tiaret	212	410,82	777

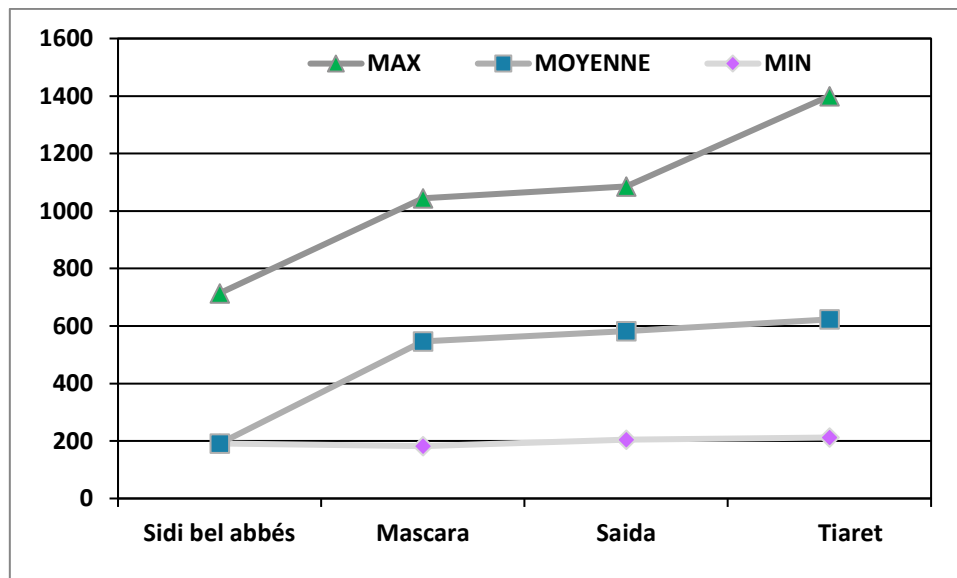


Fig.26 : Evolution des moyennes, des minimas et maximas des stations.

3.5. 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 (Diarra, 2006). La tendance générale qui émerge de la lecture des différentes courbes (Fig. 14, 15, 16, 17) de l'évolution des moyennes annuelles des précipitations, est caractérisée par un décroissement des valeurs pour toutes les 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. Après l'analyse de ces 4 tracés (Fig. N°14 à 17), les années de forte pluviométrie pour les stations sont :

- Année 2001 pour la station de Sidi Bel Abbés.
- Année 2018 pour la station de Mascara.
- Année 2002 pour les stations de Saida et Tiaret.

D'autre part, Pour les années de faible pluviométrie, on a noté pour la station de Sidi Bel Abbés pour l'année 2020. Est les stations de Mascara et Saida et Tiaret concernant l'année 2021. 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.

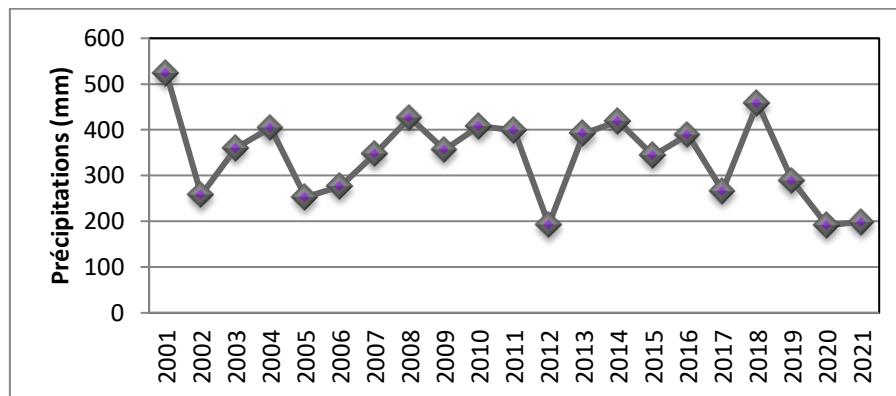


Fig. 27 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Sidi Bel Abbés.

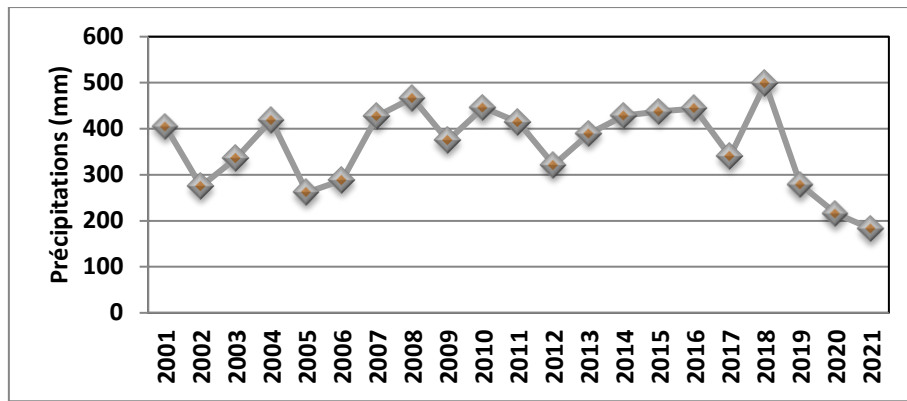


Fig. 28 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Mascara.

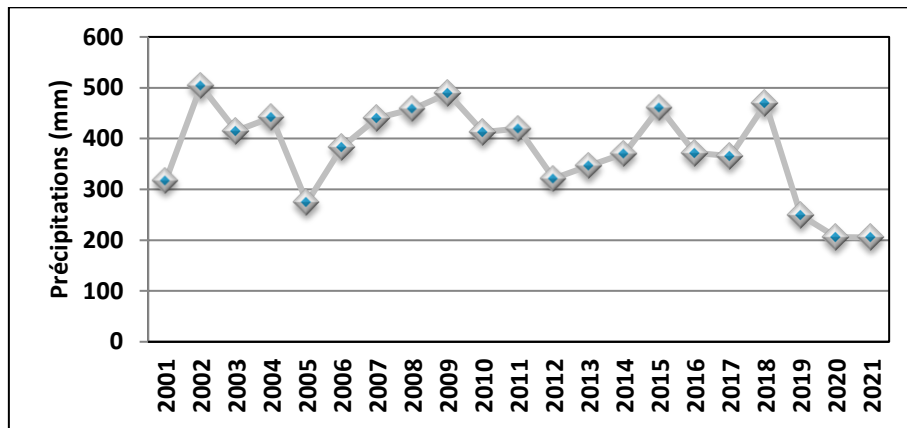


Fig.29: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques (station de Saida).

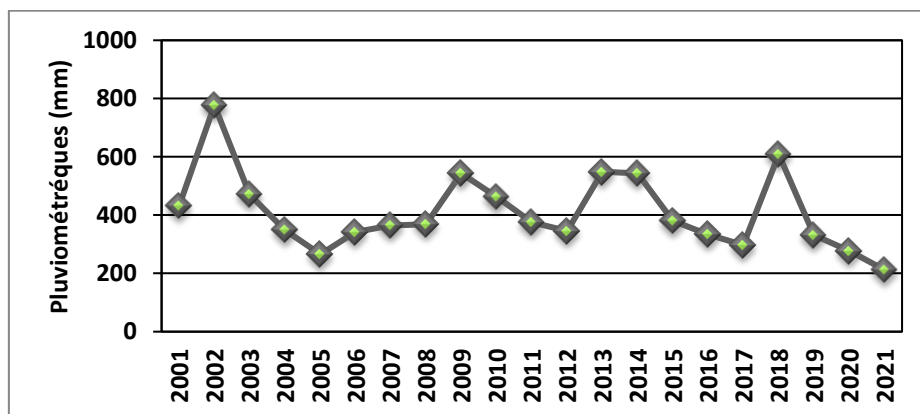


Fig. 30: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques (station de Tiaret).

3.6. 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 Sidi Bel Abbès : La station de Sidi Bel Abbès se distingue par une série des données allant de 2001 à 2021 soit une série de 21 ans dont la moyenne annuelle de la série est de 345,63 mm. La station est composée de deux périodes : l'une, période humide de 9 ans successifs (2001 -2004) ;(2008-2010-2011) ;(2013-2014) ; (2016-2018) et l'autre période sèche de 7 ans aussi successifs (2002-2005-2006-2012-2017- 2020-2021) . Ces périodes se regroupent en 2 classes :

- Une classe excédentaire qui correspond à une période humide dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 523,06 mm en 2001.
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2020 avec 191,4 mm.

Les tracés des écarts par rapport à la moyenne annuelle permettent de situer les périodes.

Tab. 25 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Sidi Bel Abbès.

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2001 ; 2004 ; 2008 ; 2010 ; 2011 ; 2013 ; 2014 ; 2016 ; 2018	9	424,37	389,26	523,06	42,59	0,10
Période sèche						
2002 ; 2005 ; 2006 ; 2012 ; 2017 ; 2020 ; 2021	7	233,71	191,4	276,26	37,71	0,16

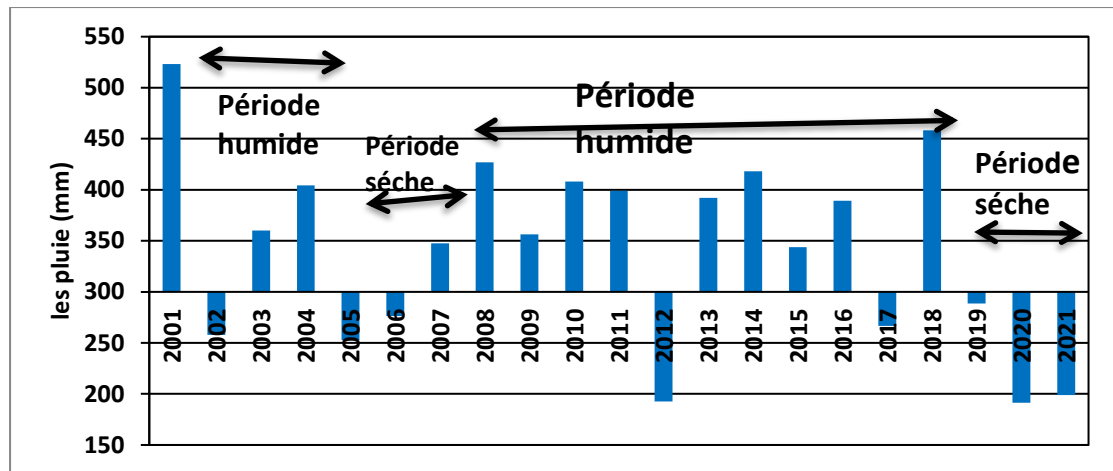


Fig.31 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station Sidi Bel Abbas

B .Station de Mascara :

La station de Mascara se distingue par une série des données allant de 2001 à 2021 soit une série de 21 ans dont la moyenne annuelle de la série est de 364,12 mm. La station est composée de 02 périodes : l'une, période humide de 7ans successifs (2001 ; 2004 ,2007 ; 2008 ; 2010 ; 2016 ; 2018) et l'autre période sèche de 8 ans aussi successifs (2002 ; 2005;2006 ; 2012 ; 2017) (2019-2021).

Ces périodes se regroupent en 2 classes :

- Une classe excédentaire qui correspond à une période humide dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 498,67 mm en 2018.
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2021 avec 182,5 mm.

Les tracés des écarts par rapport à la moyenne annuelle permettent de situer les périodes.

Tab. 26 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Mascara.

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2001 ; 2004 ; 2007 ; 2008 ; 2010 ; 2016 ; 2018	7	443,67	404,3	498,67	31,57	0,07
Période sèche						
2002 ; 2005 ; 2006 ; 2012 ; 2017	5	297,21	261,87	340,14	32,56	0,10
2019/2021	3	225,3	182,5	278	48,51	0,21

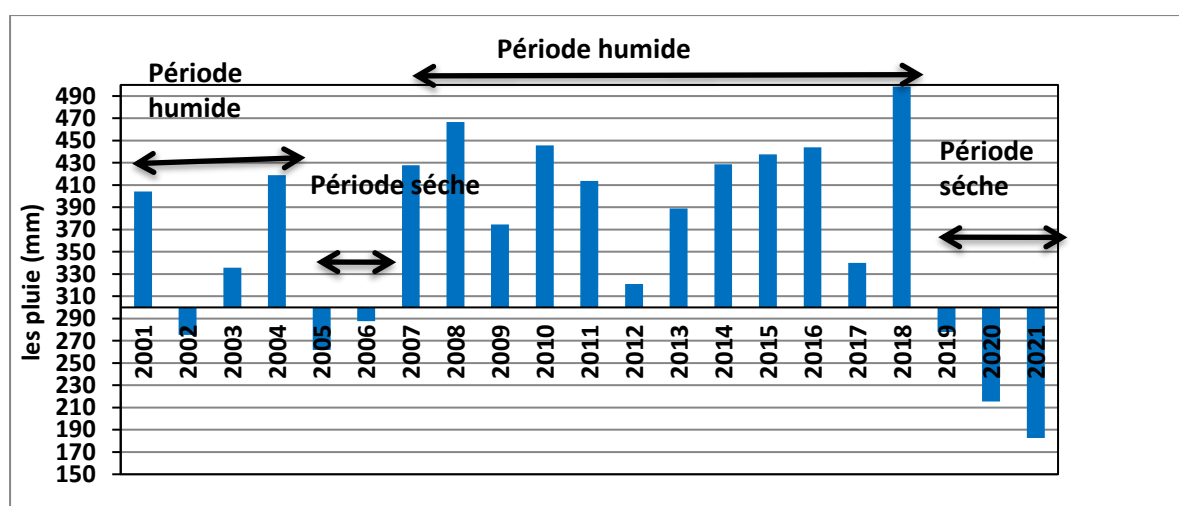


Fig. 32: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Mascara.

PH : période humide, **PS** : période sèche,

B . Station de Saida

La station de Saida se distingue par une série des données allant de 2001 à 2021 soit une série de 21ans dont la moyenne annuelle de la série est de 377,19 mm. La station de Saida est composée de deux périodes : l'une, période humide de 5 ans successifs (2002 ; 2004 ; 2009 ; 2015 ; 2018) et l'autre période sèche de 5 ans aussi successifs (2001 ; 2005 ; 2012 ; 2020 ; 2021).

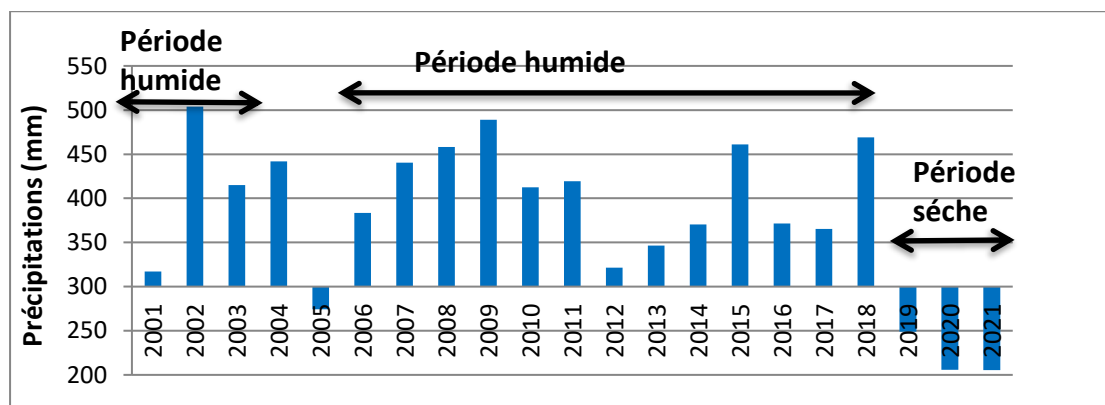
Ces périodes se regroupent en 2 classes :

- Une classe excédentaire qui correspond à l'ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 503,9 mm en 2002.
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2021 avec 205,3 mm.

Tab. 27 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Saida.

période	Nombres Années	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart type	Cv
Période humide						
2002 ; 2004 2009 ; 2015 ; 2018	5	472,94	442	503,9	24,15	0,05
Période sèche						
2001 ; 2005 ; 2012 2020 ; 2021	5	264,84	205,3	321,35	57,11	0,21

Fig. 33: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Saida.



D. Station de Tiaret : La station de Tiaret se distingue par une série des données allant de 2001 à 2021 soit une série de 21 ans dont la moyenne annuelle de la série est de 410,82 mm. La station de Tiaret est composée de deux périodes : l'une, période humide de 5 ans successifs (2002 ; 2009 ; 2013 ; 2014 ; 2018) et l'autre période sèche de 5 ans aussi successifs (2005 ; 2012 ; 2017 ; 2020 ; 2021).

Ces périodes se regroupent en 2 classes :

- Une classe excédentaire qui correspond à l'ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 777,25 mm en 2002.
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2021 avec 212,4mm.

Tab.28 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Tiaret.

Période (ans)	Nombres Années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2002, 2009, 2013, 2014, 2018	5	604,18	543	777,25	100,61	0,16
Période sèche						
2005, 2012, 2017, 2020, 2021	5	279,25	212,4	345,18	48,27	0,17

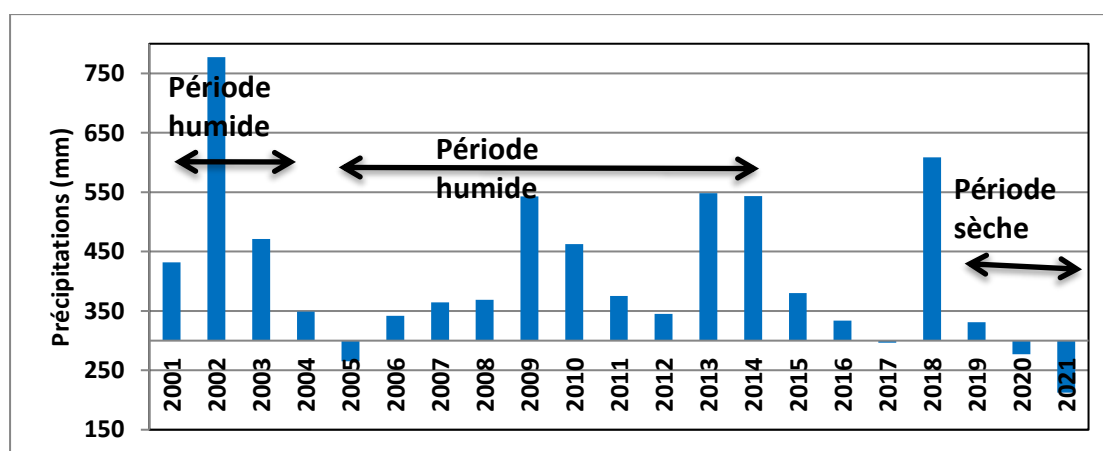


Fig.34: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles (station de Tiaret).

3.7. Délimitation des mois secs et des mois humides

Pour la délimitation des mois secs et des mois humides nous avons adopté le seuil de 20mm. Un mois sec est un mois dont la pluviométrie moyenne mensuelle inférieure à 20mm contrairement au mois humide qui est supérieure à 20mm

Pour l'établissement du Tableau 28, nous avons procédé comme suit :

Pour chaque station on a calculé la moyenne de chaque mois pendant une période de 21 ans ce qui est résulte pour 21 mois une seule moyenne. Prenons le mois de Septembre (station de Sidi bel Abbès) : une période de 21 ans soit 21 mois de septembre, ensuite on a déterminé les mois secs et les mois humide en fonction du seuil. Les résultats de notre calculs qui sont illustrés par le Tab. N° 31 et la Fig. N°19 montrent que :

1) La station de Sidi Bel Abbés: Le mois de Novembre est le plus pluvieux ou humide par rapport aux autres mois avec une moyenne pluviométrique de 52,55 mm tant que le mois le plus sec c'est le mois de juillet avec 0,77 mm.

2) La station de Mascara : Pour cette station le mois le plus pluvieux c'est le mois de janvier avec une moyenne pluviométrique de 51,37 mm, et le mois de Juillet qui est un mois sec avec une moyenne pluviométrique de 2,87 mm.

3) La station de Saida :

Le mois humide pour cette station est le mois de janvier par une moyenne pluviométrique de 47,21mm qui représente la valeur la plus supérieure parmi toutes les stations et le mois le plus sec c'est le mois de août avec 9,65 mm.

4) La station de Tiaret: Le mois de Décembre est le plus pluvieux pour cette station, par une moyenne pluviométrique de 66,61 mm, mais le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec 2,31 mm, où cette valeur est faible.

Nous pouvons dire que les mois d'Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février sont les plus humides dans toutes les stations. En ce qui concerne les mois secs, le mois le plus sec est les mois de Juin, Juillet et Août comme étant la période sèche commune à toutes les stations.

A partir de cette analyse on peut dire que la saison se divise en deux périodes : période sèche et période humide qui est typique d'un climat tropical, au lieu de quatre saisons : Hiver, automne, printemps et été.

Tab. 29: présentation de la précipitation moyenne mensuelle (mm).

Station	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril.	Mai	Juin	Juil.	Aout
Sidi Bel Abbés	20,83	37,72	52,55	49,44	47,93	31,32	34,66	31,18	22,20	7,71	0,77	4,17
Mascara	22,85	33,28	50,7	49,63	51,37	33,40	33,58	40,78	25,55	13,25	2,87	6,8
Saida	27,36	43,53	40,45	39,26	47,21	31,70	33,76	35,60	33,44	14,51	20,67	9,65
Tiaret	32,57	37,83	48,56	66,61	46,91	40,47	40,31	43,67	27,61	14,57	2,31	9,31

ANRH (2001-2021)

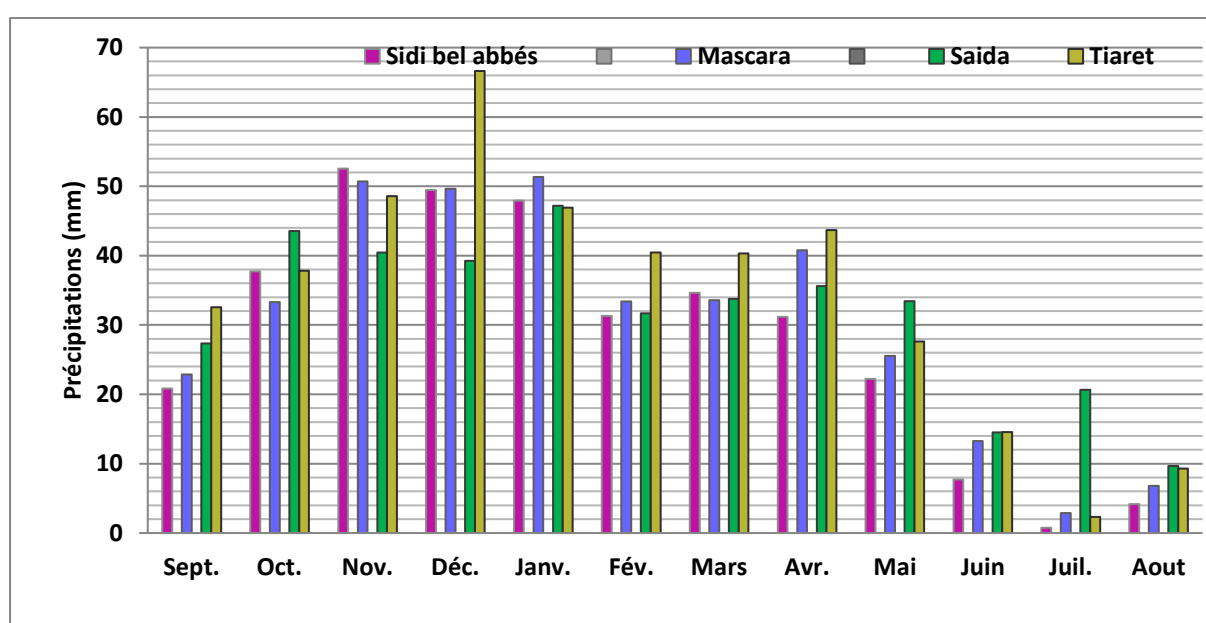


Fig. 35: Variation moyennes mensuelles des précipitations (4 stations)

Pour approfondir, nous procéderons à une analyse des moyennes mensuelles sous l'angle saisonnier afin d'en tirer des 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)

Le tableau 29 et la figure 35 ci-dessus présente les précipitations moyennes saisonnières.

Tab. 30 : présentation des précipitations moyennes saisonnières

Stations	Hiver	printemps	Eté	Automne
Sidi Bel Abbés	42,89	29,34	4,21	37,03
Mascara	44,8	33,30	7,64	35,61
Saida	39,39	34,26	14,94	37,11
Tiaret	51,33	37,19	8,73	39,65

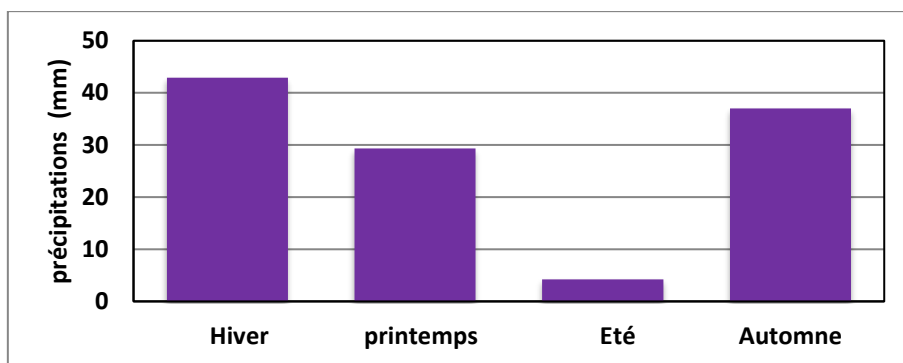


Fig. 36: Précipitations moyennes saisonnière de Sidi Bel Abbés

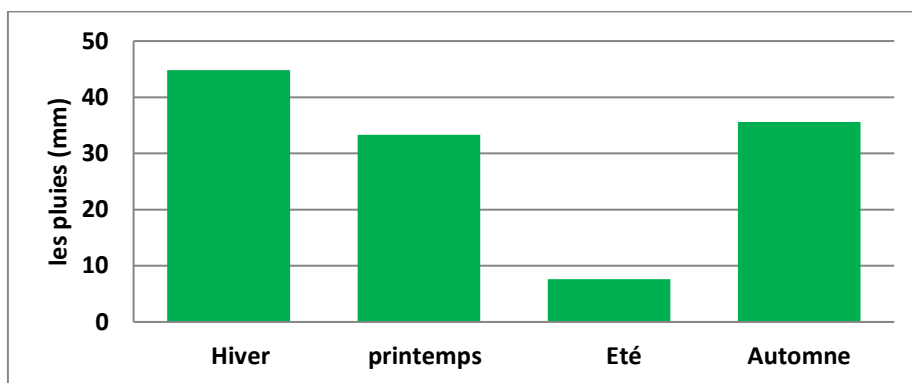


Fig. 37: Précipitations moyennes saisonnière de Mascara

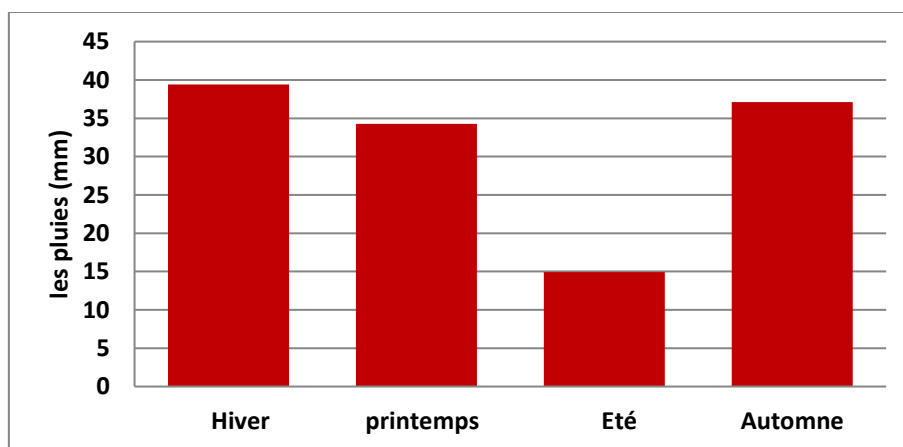


Fig. 25: Précipitations moyennes saisonnière de Saida

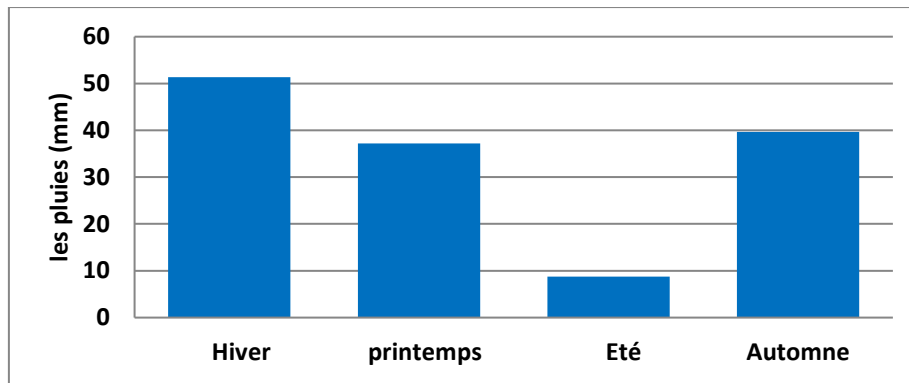


Fig.38: Précipitations moyennes saisonnière de Tiaret

Après l'analyse du Tab. N°29 et les Fig.s N° (23, 24, 25,26), on remarque que l'hiver est la saison la plus humide pour toutes les stations. En analysant la pluviométrie saisonnière, il apparaît que les saisons hivernales sont marquées, contrairement aux saisons estivales qui ne le sont pas autant. En effet, le printemps et l'automne se caractérisent par une humidité constante dans toutes les stations météorologiques, ce qui indique une certaine régularité des saisons.

3.8. Conclusion

D'après les recherches antérieures, la pluviométrie est généralement plus importante dans les régions de l'Est et du Nord-est, tandis qu'elle diminue progressivement vers l'Ouest. On a constaté une alternance entre des périodes humides, avec des précipitations importantes, et des périodes sèches, qui sont présentes dans toutes les stations météorologiques étudiées. L'étude des différences avec les moyennes pluviométriques met en évidence une tendance à l'augmentation des années sèches à mesure que l'on se dirige vers l'Ouest, Comme c'est le cas pour Sidi bel abbés, qui connaît moins de périodes humides que Tiaret.

La succession des années sèches pose la question de savoir si cela entraîne une amélioration de la sécheresse au fil du temps. Afin de répondre à cela, nous prévoyons d'effectuer, dans le chapitre suivant, une série de calculs basés sur des indices de sécheresse afin d'évaluer la gravité des périodes sèches et humides. On sait que des périodes de sécheresse peuvent se répéter sur une période de quatre ans. Toutefois, une série prolongée d'années sèches signifie-t-elle obligatoirement un niveau élevé de sécheresse pendant ces périodes? Nous aborderons également cette question dans notre prochaine analyse.

CHAPITRE IV :
Caractérisation
de la sécheresse météorologique

La sécheresse climatique est une baisse naturelle des précipitations dans une région donnée, sur une période d'un an ou de plusieurs années successives. On mesure généralement la quantité de pluie tombée en une année par rapport à la moyenne des précipitations annuelles. (**Desire, 1975**). Cette mesure revêt une importance capitale pour saisir la sécheresse. Nous prévoyons d'examiner les données de pluviométrie collectées dans notre région afin de déterminer les particularités de la sécheresse actuelle. Afin d'accomplir cela, nous utiliserons des indicateurs de sécheresse et de gravité pour définir la sécheresse dans notre zone d'étude.

4.1. Indices de sécheresse

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

4.1.1. 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.

$$Em = Pi - Pm$$

Avec : **Pi** : pluie annuelle.

Pm : pluie moyenne annuelle.

L'écart par rapport à la moyenne représente la différence entre la quantité de précipitations annuelles observée (Pi) et la quantité moyenne de précipitations annuelles (Pm). Cet indicateur est utilisé pour classer les années en termes d'humidité : un écart positif signale des années plus humides que la moyenne, tandis qu'un écart négatif indique des années plus sèches. Les années sont considérées comme déficitaires lorsque les précipitations sont inférieures à la moyenne, et excédentaires lorsque les précipitations dépassent la moyenne habituelle (**Lubes, Masson, Servate, Paturel, Kouame et Boyer, (1994)**).

4.1.2. Indice de pluviosité (Ip)

$$Ip = Pi / Pm$$

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**.

4.1.3. Distribution selon les fréquences

Les données annuelles de précipitations sont organisées en ordre ascendant selon leur fréquence de non-dépassement et ensuite segmentées en cinq catégories distinctes. Tandis que l'écart moyen (E_m) et l'indice de pluviosité (I_p) révèlent les années arides ou pluvieuses et indiquent les tendances globales, l'analyse de fréquence nous offre la possibilité de repérer les années particulièrement sèches parmi celles ayant un déficit en précipitations.

Tab. 31 : 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	$F > 0,85$

4.2. 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.

4.2.1. 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 $P_m - 2\sigma$.

Tab. 32 : 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	$P_i < P_m - 2\sigma$

4.2.2. Indice standardisé de précipitation

SPI (standardisé précipitation index) a été introduit en 1993 pour évaluer les anomalies de précipitation sur une période spécifique. Cet indice mesure l'effet de la sécheresse sur la disponibilité de l'eau dans différentes ressources. Son avantage principal réside dans sa capacité à déterminer avec précision la durée d'une période de sécheresse. Le SPI est particulièrement utile pour analyser les précipitations lorsqu'elles ne suivent pas une distribution normale. Mathématiquement.

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

$$\text{SPI} = (\text{Pi} - \text{Pm}) / \sigma$$

On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs des SPI citées dans le Tab..

Tab. 33: 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

4.3. Analyse du calcul des indices

En analysant le Tab. 37 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 57 % d'années humides et 43 % d'années sèches au niveau de la station de Sidi Bel Abbés, et 57 % d'années humides et 43% d'années sèches pour la station de Mascara, aussi 52 % d'années humides et 48% d'années sèches pour la station de Saida, et 38 % d'années humides et 62 % d'années sèches pour la station de Tiaret.

Quand à l'analyse fréquentielle on remarque que pour toutes les stations sur 21 ans, 3 ans très secs et 4 ans secs et 7 ans normaux et 4 ans humides et 3ans très humide pour toutes les stations.

B) Pour les indices de sévérité

Il existe deux catégories de périodes : sèches et humides. Chaque catégorie est subdivisée en plusieurs classes selon la sévérité de la condition. Le classement des années en fonction de Trois indices de sévérité montrent des résultats similaires.

L'Indice Standardisé de Précipitation (SPI) est l'indice le plus précis et sera utilisé pour interpréter les données climatiques des différentes stations.

L'indice standardisé de précipitation

- La station de Sidi Bel Abbes : sur les 21 ans, 12 ans humides soit 1ans d'humidité fort et 1 ans d'humidité extrême et 10 ans d'humidité modérée. Pour 9ans restant, on a 5 ans de sécheresses modérées et 4 ans sécheresse extrême.
- La station de Mascara : sur les 21 ans, 12 ans humides soit 2ans d'humidité fort et 10 ans d'humidité modérée. Pour 9ans restant, on a 5 ans de sécheresse modérées et 3 ans sécheresse extrême et 1ans forte.
- La station de Saïda : sur les 21 ans, 11 ans humides soit 3ans d'humidité fort et 8 ans d'humidité modérée. Pour 10ans restant, on a 6 ans de sécheresses modérées et 4 ans sécheresse extrême.
- La station de Tiaret : sur les 21 ans, 8 ans humides soit 2ans d'humidité fort et 4 ans d'humidité modérée et 1 ans d'humidité extrême. Pour 13ans restant, on a 11 ans de sécheresses modérées et 2 ans sécheresse extrême.

Comme conclusion nous pourrons dire que le degré de sévérité n'est pas très 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.

Tab.34: Calcul des indices de sécheresse.

		Sidi Bel Abbas		Mascara		Saïda		Tiaret	
Indice	classe	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%
Em	H	12	57%	12	57%	8	52%	11	38%
	S	9	43%	9	43%	13	48%	10	62%
Ip	H	12	57%	12	57%	8	52%	11	38%
	S	9	43%	9	43%	13	48%	10	62%
AF	TS	3	14%	3	14%	3	14%	3	14%
	S	4	19%	4	19%	4	19%	4	19%
	N	7	33%	7	33%	7	33%	7	33%
	H	4	19%	4	19%	4	19%	4	19%
	TH	3	14%	3	14%	3	14%	3	14%
SPI	HE	1	5%	-	-	-	-	1	-
	HF	1	5%	2	9%	3	14%	2	17%
	HM	10	48%	10	48 %	8	38%	4	39%
	SM	5	24%	5	24%	6	29%	11	28%
	SF	-	-	1	5%	-	-	-	-
	SE	4	19%	3	14%	4	19%	2	10%

CONCLUSION GENERALE

À l'occasion de notre recherche sur cette région, nous avons fait plusieurs observations sur les précipitations et les variations climatiques.

- La localisation géographique joue un rôle essentiel dans l'influence de nos précipitations. Quant à l'aménagement Est-Ouest, les données indiquent que les précipitations sont différentes :
- Elles sont de 377,19 mm à la station de Saïda, légèrement réduites à 364,12 mm à la station de Mascara, puis diminuées à 345,63 mm à la station de Sidi Bel Abbes. La moyenne la plus élevée est enregistrée à la station de Tiaret avec 410,82 mm.

La moyenne la plus basse est observée à Saïda, ce qui suggère qu'il s'agit d'une zone relativement sèche par rapport aux autres régions étudiées.

- La moyenne la plus élevée dans la région de Tiaret pourrait être attribuée à la fréquence des orages dans cette région.

L'étude des moyennes mensuelles met en évidence une disparité dans les mois de précipitations, ce qui laisse entendre que les saisons traditionnelles ne correspondent plus aux normes du climat méditerranéen.

Ces observations montrent que le climat de la région est à deux saisons, avec une grande irrégularité. Les précipitations sont très variables, avec des pics à n'importe quel moment de l'année, entre l'humidité et la sécheresse, les deux extrêmes atteignant des niveaux importants.

En analysant les divers indices, il est possible de conclure que nous sommes confrontés à un climat irrégulier avec deux saisons prédominantes. L'écart de variation des précipitations est très large. L'extrême peut se produire à n'importe quel moment de l'année : en période d'humidité ou de sécheresse, l'une comme l'autre peuvent être extrêmement sévères

Références bibliographiques

- ANIREF. (2018).**Mascara. [http:// www.aniref.dz/ indie. php?Layout=edit&id= 135](http://www.aniref.dz/indie.x.php?Layout=edit&id=135).
- ANIREF. (2020).** Sidi Bel Abbas. <https://www.aniref.dz/index.php?layout=edit&id=157>.
- ANIREF (2022).**Sidi Bel Abbas. <https://www.aniref.dz/index.php?layout=edit&id=157>.
- Boualem, M. (2020).** Climat et environnement de la wilaya de Mascara. [http:// www. Climat-environnement-mascara. Dz](http://www.Climat-environnement-mascara.Dz).
- Boukacem,Z. &BoukacemL.(2012).** les bibliothèques universitaires algériennes : état des lieux et perspectives. Bulletin des bibliothèques de France, 57(6), 50-58.
- Bouzid, S, &Boudoukha, A. (2020).** Evaluation de la qualité de l'eau des barrages de la wilaya de mascara (Algérie). Hydrologie et Environnement, 14(1), 25-36. [http:// doi. Org / 10.4000/ hydrologie](http://doi.Org/10.4000/hydrologie).
- Bouzid,A. (2019).** Le patrimoine culturel et historique de la wilaya de Mascara. Revue algérienne d'histoire et de civilisation, 4(2), 45-60.
- Bouzid,A,&Bouchelkia, H.(2017).** Etude de la variabilité climatique et des ses impacts sur la ressource en eau dans la région de Saida (Algérie). Revue des sciences et de la technologie, 8(2), 1-14.
- Boukraa, A. (2019).** Les potentialités touristiques de la wilaya de Sidi Bel Abbas. Mémoire de master, Université Djilali liabès de Sidi Bel Abbas. [http:// d'espace. Sba. Dz/ bitstream / 123456789 / 2460 / 1/ M%C 3% A9miore% 20 de % 20 Master% 20 en % 20 G % C 3% A9ographie% 20 Touristique. Pdf](http://d'espace.Sba.Dz/bitstream/123456789/2460/1/M%C3%A9moire%20de%20Master%20en%20G%C3%A9ographie%20Touristique.Pdf).
- Conservation des forêts, (2008).** Schéma directeur d'aménagement des forêts urbaines de Madinet El Ogbane .Saida, Mission.90p.
- D.P.A.T, (2008).** Monographie de la wilaya de Saïda.
- D.P.A.T. (2011)** .Monographie de la wilaya de Saïda, 151p. 10 fig., 170 tab.
- DAGNELIEP. (1970).** Théorie et méthodes statistiques. Edit. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, vol.2, 451p.
- Diarra. D (2006).** Contribution à l'étude hydro climatique d'un transept Nord-Sud Khadra Ammi Moussa Algérie. Mémoire d'ingénieur. Université de Mostaganem »
- Habbouchi, R. (2018)** .Etude et Analyse des Précipitation annuelles et mensuelles dans la région d'Oran. Mémoire d'ingénieur. Université de Mostaganem
- Khelladi, L. (2015).** Mascara, d'un paysage à l'autre. La Géographie, 2015/4(N°1559), 30-7.
- Ministère de l'agriculture et de développement rural. (2014).**Monographie de wilaya de Sidi Bel Abbas. Alger : Direction des statistiques et de la documentation. P.34.

Références bibliographiques

Selmi, A., & Bouzid, S. (2020) .Géographie de la wilaya de Tiaret : Caractéristiques du relief . Revue Algérienne de Géographie, 14(2), 45-58.

Wiki-mémoires. (2019). Présentation de la zone d'étude : wilaya de Sidi Bel Abbes. [http:// wiki-mémoires. net/2019/11/presentation-on-de-la-zone-detude-wilaya-de-sidi-bel-abbès /](http://wiki-memoires.net/2019/11/presentation-on-de-la-zone-detude-wilaya-de-sidi-bel-abbès/).

Les Sites :

[http:// mapcarta . com /fr/17316916](http://mapcarta.com/fr/17316916).

[http:// www. Larousse.fr /](http://www.Larousse.fr/)

[http://www.interieur.gov dz/ wilaya/ 14 /climat.htm](http://www.interieur.gov.dz/wilaya/14/climat.htm).

<http://tiaret.mta.gov.dz/fr/circuit-forestier-naturel>.

