



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

Département d'Agronomie

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de

Master

Spécialité : Aménagement hydro Agricole

Thème

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

Présenté par : AOUCHICHE Mohamed Farouk

Devant le jury

Dr. Belhanafi Hamida	Présidente	Université de Mostaganem
Dr. Boualem Abdelkader	Promoteur	Université de Mostaganem
Dr. Tayeb cherif	Examineur	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

Louanges à Allah qui, par Sa grâce et Sa bienveillance, nous a guidés sur le chemin du savoir, et nous a accordé la patience et la force nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon encadreur, le Dr. BOUALEM Abdelkader, pour sa générosité scientifique, ses précieux conseils et son soutien constant tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses orientations judicieuses ont été d'un apport inestimable dans l'aboutissement de cette recherche. Que Dieu le récompense de la meilleure des manières.

Mes remerciements s'adressent également aux honorables membres du jury, Dr Belhanafi Hamida et Dr tayeb cherif. pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer ce travail, ainsi que pour le temps et l'attention qu'ils ont consacrés à sa lecture. Leurs remarques constructives sauront, sans nul doute, enrichir cette étude.

J'exprime aussi toute ma reconnaissance à l'ensemble des enseignants de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, et plus particulièrement à ceux du département d'agronomie, qui nous ont partagé leur savoir et ont été d'un soutien indéfectible tout au long de notre parcours universitaire.

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui, de près ou de loin, par un geste, une parole encourageante ou une prière discrète, m'ont apporté leur aide pour que ce projet puisse voir le jour. J'espère sincèrement que ce travail constituera une contribution utile pour notre cher pays, l'Algérie, en participant à l'amélioration des connaissances sur ses potentialités hydriques.

DEDICAES

À ceux dont je porte le nom avec tant de fierté, et pour qui mon âme déborde d'amour ; mon père et ma mère, source intarissable de générosité et soleils de mon existence. À vous qui avez tissé mon succès de vos prières bienveillantes, et qui avez éclairé mon chemin de patience et de sacrifices pour me voir aujourd'hui à ce niveau, je dédie le fruit de ce grand effort.

À ma précieuse famille, mon soutien indéfectible et mes piliers chaleureux, qui ont partagé avec moi les exigences de ce parcours, et avec qui j'ai partagé des moments d'affection et d'encouragement constants jusqu'à l'accomplissement de cet objectif.

En clôture de ce cheminement, j'adresse mes plus profonds témoignages de respect et de gratitude à mon enseignant encadreur, dont le savoir a été une lumière guidant mes pas, et dont la justesse des conseils a façonné ce travail. Merci pour votre immense générosité, votre grande bienveillance et votre encadrement académique exemplaire envers lequel je serai éternellement reconnaissant.

الملخص

تكتسي دراسة تقلبات المناخ أهمية بالغة في فهم التحولات البيئية وتأثيراتها على النظم الفلاحية. تمحور هذا البحث حول تحليل التغيرات في هطول الأمطار وتوزيعها الزمني والمكاني عبر أربع ولايات بالشرق الجزائري (قسنطينة، سطيف، باتنة، وقالمة) خلال الفترة (2000-2024). اعتمدت الدراسة على معالجة البيانات المناخية باستخدام أساليب إحصائية وهيدرو-مطرية متقدمة. وتوصلت النتائج إلى وجود تذبذب حاد وعدم انتظام في النظم المطرية، مصحوباً بتداخل وإزاحة في أشهر الفصول المناخية، مما أثر مباشرة على الدورات الزراعية، ويستدعي وضع مخططات تكيف مرنة لإدارة الموارد المائية والفلاحية بالمنطقة.

الكلمات الرئيسية : الشرق الجزائري، التغيرات المناخية، النظم المطرية، التحليل الإحصائي، تداخل الفصول، الفلاحة

Résumé

L'étude des fluctuations climatiques est cruciale pour comprendre les transformations environnementales et leurs impacts sur les systèmes agricoles. Cette recherche s'est concentrée sur l'analyse des variations des précipitations et de leur distribution spatio-temporelle à travers quatre wilayas de l'Est algérien (Constantine, Sétif, Batna et Guelma) durant la période (2000-2024). L'étude s'est appuyée sur le traitement des données climatiques via des méthodes statistiques et hydro-pluviométriques avancées. Les résultats ont révélé une forte fluctuation et une irrégularité des régimes pluviométriques, accompagnées d'un décalage et d'un chevauchement des mois des saisons climatiques. Cette variabilité a affecté directement les cycles cultureux, ce qui nécessite la mise en place de plans d'adaptation flexibles pour la gestion des ressources en eau et de l'agriculture dans la région.

Mots-clés : climat, pluviométrie, Statistiques, Est Algérie

Abstract

The study of climate fluctuations is crucial for understanding environmental transformations and their impacts on agricultural systems. This research focused on analyzing precipitation changes and their spatio-temporal distribution across four provinces in Eastern Algeria (Constantine, Setif, Batna, and Guelma) during the period (2000-2024). The study relied on processing climate data using advanced statistical and hydro-rainfall methods. The results revealed sharp fluctuations and irregularity in rainfall patterns, accompanied by a shift and overlap in the months of climatic seasons. This variability has directly affected crop cycles, which calls for the development of flexible adaptation plans for water resource and agricultural management in the region.

Keywords: Eastern Algeria, Climate changes, Rainfall patterns, Statistical analysis, Season overlap, Agriculture.

Sommaire

REMERCIEMENTS

DEDICAES

الملخص

Résumé

Abstract

Liste des Figures

Liste des Tableaux

INTRODUC TION GENERALE.....1

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique des zones d'étude4

1.1.1. Constantine :4

1.1.2. Situation démographique4

1.1.4. Le climat.....5

1.1.6. Les potentialités hydriques6

1.1.7. Agriculture6

1.1.8. Tourisme6

1.2.1. Sétif.....7

1.2.3. Le relief8

1.2.4. Le climat.....9

1.2.5. Forêt9

1.2.7. Agriculture10

1.2.8. Tourisme11

1.3.1. Batna12

1.3.2. Situation démographique12

1.3.3. Le relief12

1.3.4. Le climat.....	13
1.3.5. Forêt	13
1.4.1. Guelma	14
1.4.3. Le relief :	15
1.4.4. Le climat.....	15
1.4.5. Forêt	16

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	19
2 .3.1. Test de Wilcoxon	19
2 .3.1.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Constantine	20
2.3.1.2. Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Sétif	21
2.3.1.3. Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Batna	22
2.3.1.4. Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Guelma	23
2.3.2. Ajustement par la loi Normale	24
2.3. 2. 1. Théorie de l'ajustement à la loi Normale	24
a) Station de Constantine	25
b) Station Sétif	26
C) Station Batna	28
D) Station de Guelma	29
2.3.2.2. Analyse des tracés de la loi Normale :	31
2.3.3. Test du Khi-deux.....	31
2.3.4 Conclusion :	35

Chapitre III :Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

3.1. Introduction	37
3.2. Calcul des récurrences.....	37
3.2.1. Calcul du module sec.....	37
3.2.2. Calcul du Module Humide.....	38
3.2.3. Récurrence du module théorique le plus fort	38
3.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible	38
3.2.5. Analyse du calcul des récurrences.....	40
3.3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles des pluies.....	41
a. la station de Constantine	41
b. La station de Sétif	42
d. la station de Guelma :.....	44
3.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations	46
3.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne.....	47
3.6. Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle	49
3.7. Délimitation des mois secs et des mois humides.....	57

CHAPITRE IV : Caractérisation de la sécheresse météorologique.

4.1. Indices de sécheresse.....	65
4.1.1. Indice de l'écart à la moyenne (Em).....	65
4.1.2. Indice de pluviosité (Ip)	65
4.1.3. Distribution selon les fréquences	65
4.2. Indices de sévérité	66
4.2.1. Indice du nombre d'écart type	66
4.2.2. Indice standardisé de précipitation	67
4.3. Analyse du calcul des indices.....	68
CONCLUSION GENERALE	72
Références bibliographiques	73

Liste des Figures

Figure 1 : géographique de la wilaya de Constantine	4
Figure 2 : Contraste entre le relief accidenté et les plaines céréalières.	5
Figure 3: Forêts de Djebel Ouahch.....	6
Figure 4: Situation géographique de la wilaya Sétif.....	7
Figure 5 : Les quatre grandes zones géographiques de Sétif	9
Figure 6 : Le barrage de wilaya de Sétif.....	10
Figure 7 : L'agriculture de Sétif	11
Figure 8: Tourisme de Sétif.....	11
Figure 9 : Situation de la wilaya de Batna.....	12
Figure 10 : Les espaces géographiques de la wilaya de Batna	13
Figure 11: Les forêts d'ain touta à Batna	14
Figure 12: Situation géographique de la wilaya de Guelma	14
Figure 13: Les reliefs de Guelma	15
Figure 14: Les forêts de wilaya de Guelma.....	16
Figure 15: Localisation des zones d'étude	19
Figure 16: Tracé la loi Normale de la station de Constantine.....	26
Figure 17: Tracé la loi Normale de la station de Sétif	28
Figure 18: Tracé la loi Normale de la station de Batna.....	29
Figure 19: Tracé la loi Normale de la station de Guelma	31
Figure 20: Histogramme des classes de fréquence des moyennes des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Constantine.....	42
Figure 21: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Sétif.....	43
Figure 22: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Batna	44
Figure 23: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Guelma	45
Figure 24 : Evolution des moyennes, des minimas et maximas des Station	47
Figure 25: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Constantine.....	48

Figure 26: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Sétif	48
Figure 27: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Batna.....	49
Figure 28: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Guelma.....	49
Figure 29: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Constantine.....	51
Figure 30: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Sétif	53
Figure 31: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Batna.....	55
Figure 32: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Guelma.....	57
Figure 33: variation moyennes mensuelles des précipitation (4 stations).....	59
Figure 34: Précipitation moyennes saisonnière de Constantine	60
Figure 35: Précipitation moyennes saisonnière de Sétif.....	60
Figure 36: Précipitation moyennes saisonnière de Batna	61
Figure 37: Précipitation moyennes saisonnière de Guelma	61

Liste des Tableaux

Tableau 1: Présentation des stations pluviométriques	18
Tableau 2 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Constantine	21
Tableau 3: Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Sétif	21
Tableau 4 : Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Batna	22
Tableau 5: Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Guelma	23
Tableau 6: Tab de fréquence des pluies annuelles de Constantine	25
Tableau 7: Tab de fréquence des pluies annuelles de Sétif	26
Tableau 8: Tab de fréquence des pluies annuelles de Batna	28
Tableau 9: Tab de fréquence des pluies annuelles de Guelma	29
Tableau 10: Calcul du coefficient de variation pluviométrique	32
Tableau 11: Test de khi deux pour la station de Constantine	33
Tableau 12: Test de khi deux pour la station de Sétif	33
Tableau 13: Test de khi deux pour la station de Batna	33
Tableau 14: Test de khi deux pour la station de Guelma	34
Tableau 15: Résultat du test de χ^2 de la précipitation annuelle des quatre stations	35
Tableau 16: Détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations	39
Tableau 17: Calcule des modules Secs	39
Tableau 18: Calcule des modules Humides	39
Tableau 19: Récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles	40
Tableau 20 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Constantine	41
Tableau 21: Tab des classes des fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de Sétif	42
Tableau 22: Tab des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Batna	43
Tableau 23: Tab des classes des fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de Guelma	44
Tableau 24 : Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles pluviométriques (mm)	46
Tableau 25: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Constantine	50

Tableau 26: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Sétif	52
Tableau 27: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Batna	54
Tableau 28: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Guelma	56
Tableau 29: Présentation de la précipitation moyenne mensuelle (mm)	58
Tableau 30: présentation des précipitations moyennes saisonnières	59
Tableau 31: Distribution selon les fréquences	66
Tableau 32: les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type	66
Tableau 33: Classe de distribution des années selon SPI.....	67
Tableau 34: Calcul des indices de sécheresse	69

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Depuis dix ans, la question du changement climatique est considérée comme l'un des enjeux prioritaires du développement à différents niveaux, local, régional, et même international, aux côtés de la durabilité, de la conservation et de la sauvegarde de l'environnement. Dans les faits, la tendance prévalence considère que les réponses au changement climatique sont intrinsèquement liées à la gestion durable des ressources dans le processus décisionnel. On reconnaît en Algérie qu'il est indispensable de prendre des mesures pour renforcer la capacité à faire face à la variabilité des précipitations et aux événements extrêmes, comme les inondations et les sécheresses. On peut appréhender la sécheresse à diverses échelles : mensuelle, saisonnière et annuelle. Elle devient risquée si elle se maintient pendant deux ou trois ans consécutifs. Ainsi, nous avons également décidé d'examiner la persistance de la sécheresse sur les plans annuel et saisonnier. Notre mission est d'examiner la pluviométrie de la région de (Constantine, Sétif, Batna, Guelma) pour la période allant de 2000 à 2025.

Pour comprendre ce problème, il est crucial de commencer par une analyse du terme précipitation. Nous tenterons de répondre à un certain nombre de questions clés et importantes, telles que :

Comment mesure-t-on la quantité de précipitations dans notre région à l'échelle spatiale ?

Y a-t-il une baisse des précipitations au cours de la dernière décennie ?

Dans ce contexte, nous participons à l'étude de la pluviométrie en employant le traitement statistique et l'évaluation des indices de sécheresse.

Dans le cadre de notre travail, nous avons opté pour une méthodologie que l'on peut caractériser de la manière suivante :

1. collecte des données pluviométriques et création d'une banque des données sur l'ordinateur.

2. prétraitement des données

✓ Test de Wilcoxon

Introduction générale

- ✓ Test d'ajustement à la loi normale
- ✓ Test de coefficient de variation
- ✓ Test de 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

Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique des zones d'étude

1.1.1. Constantine :

La wilaya de Constantine se trouve à l'est de l'Algérie. On la considère comme le centre névralgique de l'est algérien. Elle couvre une superficie de 2 187 Km² et sa situation géographique est la suivante (voir figure 01) :

- Au nord : La wilaya de Skikda.
- À l'ouest : La wilaya de Mila
- À l'est : La wilaya de Guelma.
- Sud : La wilaya d'Oum El Bouaghi (**DPAT la wilaya de Constantine en 2023**)



Figure 1 : géographique de la wilaya de Constantine

1.1.2. Situation démographique

On estime qu'en 2023, la wilaya de Constantine compte près de 1 000 000 résidents, présentant une densité démographique extrêmement forte qui excède les 450 individus au km², principalement concentrée dans les zones urbaines (**ONS, 2023**).

1.1.3. Le relief

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

La structuration du relief de Constantine repose sur trois unités morphologiques principales :

A. Hautes Plaines et Plateaux : Ils couvrent 1 421,55 Km² (65%), comprenant les plateaux d'Aïn Abid et d'El Khroub (600-800 m d'altitude).

B. Montagnes : Ils s'étendent sur 546,75 km² (25%), avec le Djebel Ouahch (sommet à 1 210 m) et le Djebel Chettabah comme points de repère.

C. Gorges et Reliefs Rocheux : S'étendent sur une superficie de 218,70 km² (10%), elles sont marquées par les Gorges du Rhummel et le Rocher calcaire, éléments qui donnent à la ville son caractère tourmenté. (ANRT, 2020)



Figure 2 : Contraste entre le relief accidenté et les plaines céréalières.

1.1.4. Le climat

Constantine a un climat de type continental, avec une température moyenne annuelle de 16,3°C. Ce climat est marqué par des variations de température considérables, avec un été torride atteignant 42°C et un hiver sévère où les températures descendent sous zéro. Les pluies y sont assez fréquentes, variant entre 500 et 600 mm annuellement, avec une prédominance notable pendant la saison hivernale. (ONM, 2021)

1.1.5. Forêt

Ces massifs forestiers jouent un rôle important. La wilaya de Constantine possède une superficie forestière de 28 431 hectares, ce qui représente un taux de couverture boisée d'environ 13%. Ce couvert végétal est distribué sur diverses zones clés :

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

- **Le Massif de Chettabah** : Situé à l'Ouest, il joue un rôle crucial dans la protection des sols contre l'érosion.
- **La forêt de Bekira et de Jebel El Wahch** : Zones à haute valeur écologique et récréative.
- **Le Massif de Djebel Ouahch** : Il constitue l'oxygène de la ville, s'étendant sur plus de 3 000 hectares. On peut y observer une diversité d'espèces, comme le Pin pignon, le Cèdre de l'Atlas et le Chêne-liège. Double rôle : contrôle du microclimat local et fourniture d'espaces de relaxation pour les citadins (**Conservation des Forêts de Constantine, 2023**).

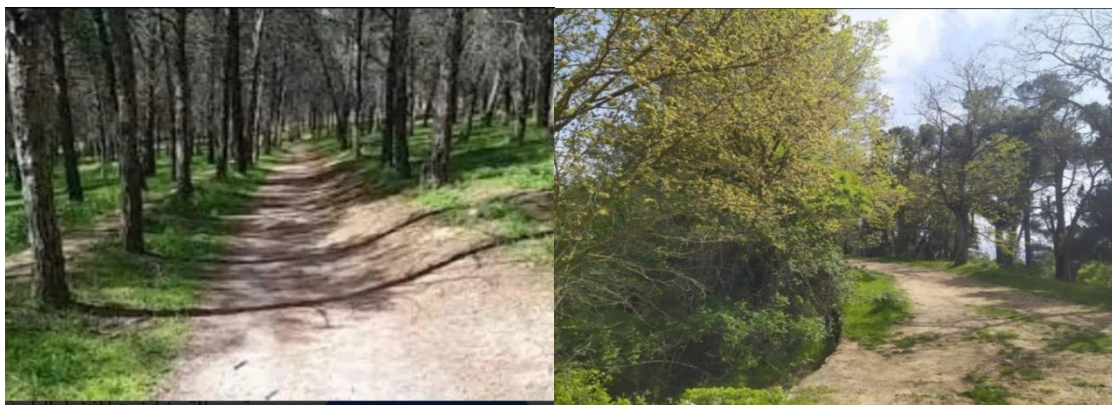


Figure 3: Forêts de Djebel Ouahch

1.1.6. Les potentialités hydriques

La wilaya dispose de ressources hydriques stratégiques :

- Barrages : Le barrage de Hammam Grouz.
- Oueds : L'Oued Rhummel qui traverse la ville et l'Oued Boumerzoug.
- Transferts : Profite du transfert d'eaux provenant du barrage de Beni Haroun situé à Mila.

1.1.7. Agriculture

Grâce à ses terres fertiles, Constantine est un centre important pour la culture des céréales, notamment le blé dur et tendre (Plaine du Khroub). Elle se caractérise aussi par l'élevage de bovins et la production de lait.

1.1.8. Tourisme

À Constantine, le tourisme est principalement axé sur la culture et l'histoire :

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

- Les Ponts Suspendus : (Sidi M'Cid, Sidi Rached, Mellah Slimane).
- Lieux naturels : Les gorges du Rhummel ainsi que le parc de Djebel Ouahch.
- Patrimoine : Le Palais d'Ahmed Bey ainsi que les ruines romaines de Tiddis **(DCT, 2023)**

1.2.1. Sétif

La wilaya de Sétif se trouve dans le nord-est de l'Algérie, au centre des hautes plaines sétifiennes . Elle couvre une superficie de 6 549 Km² et se positionne géographiquement de la manière suivante :

- **Au nord** : Les wilayas de Béjaïa et Jijel.
- **Ouest** : La wilayas de Bordj Bou Arreridj.
- **Localisation** : La wilaya de Mila.
- **Sud** : Les wilayas de Msila et Batna **(DPAT, 2024)**



Figure 4: Situation géographique de la wilaya Sétif

1.2.2. Situation démographique

En 2023, on estime que la wilaya de Sétif compte près de 1 500 000 résidents, la classant parmi les wilayas les plus densément peuplées d'Algérie après Alger. Selon l'**ANIREF de 2018**, sa densité de peuplement est approximativement de 230 personnes par kilomètre carré

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

1.2.3. Le relief

Le paysage de Sétif se distingue par une transition entre les régions montagneuses du Tell et les vastes plaines. On identifie trois zones majeures :

- **La région montagneuse au nord** : Elle couvre approximativement 35% de la superficie de la wilaya. Il s'agit d'une zone montagneuse faisant partie de la chaîne des Babors ; elle englobe les municipalités de : Beni Aziz, Ain El Kebira, Babor, Serdj El Ghoul, Dehamcha, Amoucha, Tizi N'Bechar, Oued El Bared, Bouandas, Ait Tizi, Bousselam, Tala Ifacene, Maoklane et Guenzet. Cette région est caractérisée par des pics qui excèdent les 2000 mètres d'altitude et une forte densité de forêts.

- **Les grandes plaines centrales** : C'est la région la plus étendue, s'étendant sur près de 45% de la superficie totale de la wilaya. Elle se compose de vastes terrains cultivables situés à une élévation moyenne de 1000 mètres ; elle couvre les municipalités de : Sétif, Ain Arnat, Mezloug, Guellal, Ouled Sabor, El Eulma, Bazer Sakra, Bir El Arch, Bellaiba, Tachouda, Hammam Soukhna, Atalla, Ain El Hadjar, Ain Azel et Ain Oulmene.

- **La région Sud (Steppique)** : Elle représente approximativement 20% de la superficie de la wilaya. Il s'agit d'une zone de passage vers les régions sèches et les Chotts ; elle englobe les municipalités de : Salah Bey, Rosfa, Hammam Guergour, Draa Kebila, Maouia, Boutaleb et El Hamma. Elle se distingue par un paysage moins accidenté et un climat généralement continental sec

Chapitre I : présentation de la zone d'étude



Figure 5 : Les quatre grandes zones géographiques de Sétif

1.2.4. Le climat

La région de Sétif se distingue par un climat continental sévère, avec des hivers extrêmement froids et des étés spécifiquement très chauds et arides. Dans cette région, les précipitations sont inégales et oscillent entre 300 et 600 mm par an en fonction de l'altitude, avec des chutes de neige courantes pendant l'hiver. Il y a des variations de température significatives, avec des gelées matinales qui touchent la région pendant plus de 40 jours chaque année en moyenne. De plus, les brises du sud (Sirocco) intensifient la chaleur et la sécheresse pendant l'été (ONM, 2023).

1.2.5. Forêt

La superficie forestière s'étend sur environ 95 400 hectares, ce qui représente un taux de couverture boisée de 14,5%. La forêt des Babors, qui est la plus vaste, héberge des espèces endémiques telles que le Sapin de Numidie (*Abies numidica*).

1.2.6. Les potentialités hydriques

a wilaya possède des ressources en eau importantes pour l'irrigation et la consommation :

- Barrages : Le barrage de Maouane et le barrage de Draa-Dis.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

- Transferts d'envergure : Sétif profite du projet de grande envergure de transfert d'eau à partir des barrages d'Ighil Emda (Béjaïa) et Erraguene (Jijel). La wilaya de Sétif possède un patrimoine hydraulique crucial, qui joue un rôle central dans sa dynamique socio-économique.

Ses moyens reposent sur une infrastructure solide, incluant des barrages structurants comme ceux de Mahouane et Draa-Dis, qui assurent un accès durable aux eaux destinées à l'irrigation et à la fourniture d'eau potable. De plus, la wilaya se démarque par son inclusion dans le gigantesque projet des Grands Transferts, un système hydraulique audacieux qui transporte les eaux des barrages d'Ighil Emda (Béjaïa) et d'Erraguene (Jijel). Cette collaboration entre les barrages régionaux et les transferts inter-wilayas garantit à la région une résilience hydrique face aux variations climatiques. **(DRE, 2023)**

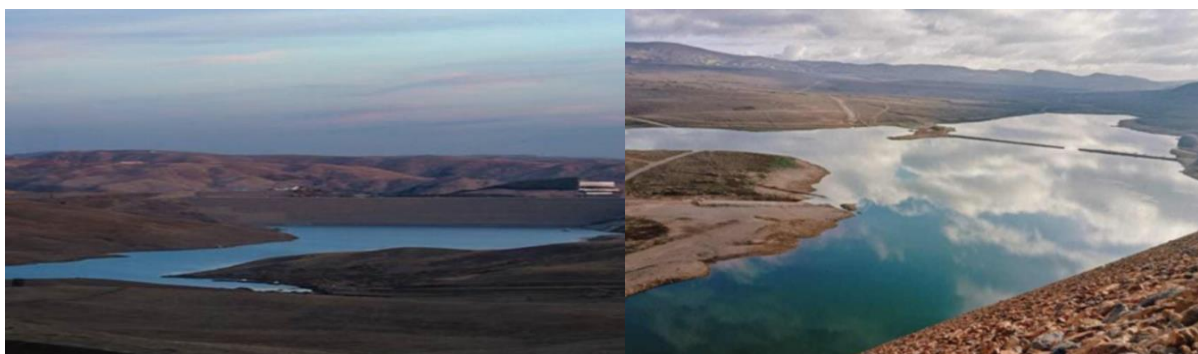


Figure 6 : Le barrage de wilaya de Sétif

1.2.7. Agriculture

La wilaya de Sétif se distingue comme le principal centre de production céréalière du pays, lui conférant ainsi l'appellation de « grenier de l'Algérie ». L'agriculture y joue un rôle essentiel, bénéficiant d'une vaste Surface Agricole Utile (SAU) de plus de 340 000 hectares, dont plus de 150 000 hectares sont dédiés à la production céréalière chaque année. Durant la campagne 2023/2024, le secteur de la production a affiché une performance exceptionnelle avec une récolte qui a excédé 1,5 million de quintaux de blé dur, blé tendre et orge. Cela représente une augmentation notable de 20% comparée à la saison antérieure. En plus de son orientation céréalière, Sétif se positionne comme le leader national dans la production laitière, avec une production annuelle d'environ 250 millions de litres, soutenue par un élevage intensif de bovins. La wilaya encourage aussi une arboriculture vivante dans ses régions montagneuses, en particulier la culture de pommes et d'olives, tout en se concentrant sur l'élargissement des

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

zones irriguées (près de 40 000 ha) sous le contrôle de la Direction des Services Agricoles (DSA), afin de garantir les récoltes face aux enjeux climatiques.



Figure 7 : L'agriculture de Sétif

1.2.8. Tourisme

La wilaya de Sétif constitue un centre touristique important qui combine histoire, thermalisme et environnement naturel. Elle jouit d'une renommée internationale grâce à son exceptionnel héritage archéologique, en particulier la cité antique de Djemila (Cuicul) inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO, sans oublier les ruines de Sitifis et d'Ikjan. La région est également mise en valeur par ses centres thermaux tels que Hammam Guergour, célèbre pour ses eaux aux propriétés curatives. Le massif des Babors est le lieu de prédilection pour le tourisme montagnard, alors que le tourisme citadin se concentre autour de la renommée fontaine d'Ain El Fouara. Cela fait de cette région un point de convergence culturel et touristique immanquable (**DOTW SÉTIF, 2020**).



Figure 8: Tourisme de Sétif

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

1.3.1. Batna

La région de Batna est positionnée au centre de l'Aurès, qui constitue une zone de transition entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud. Elle est flanquée au nord par les wilayas de Sétif et Mila, au sud par Biskra, à l'est par Khenchela et Oum El Bouaghi, et à l'ouest par M'sila. Cette position lui attribue une importance stratégique en tant que point de convergence entre le Nord et le Sud-Est de l'Algérie. La superficie de la wilaya de Batna est de 12 038,76 km². (DPTA Batna, 2021)



Figure 9 : Situation de la wilaya de Batna

1.3.2. Situation démographique

Selon l'ANRH (2019), la population de la wilaya est approximativement de 1 250 000 résidents en 2023, ce qui donne une densité de population d'environ 103 personnes par km².

1.3.3. Le relief

Située à la frontière entre les deux Atlas, la wilaya de Batna se distingue par un relief fortement accidenté et montagneux, caractérisé par des hauteurs qui excèdent les 2000 m (Djebel Chelia). Elle est définie par des bassins et des plateaux en altitude (plaine de Batna, El Madher). Selon l'ANRH (2018), une vaste étendue forestière de 327 024 ha s'étend sur les montagnes, ce qui correspond approximativement à 27% de la superficie totale de la wilaya.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude



Figure 10 : Les espaces géographiques de la wilaya de Batna

1.3.4. Le climat

La région de Batna présente un climat semi-aride frais, caractérisé par d'importants écarts de température saisonniers. L'été est marqué par une grande sécheresse et une chaleur intense, alors que l'hiver se caractérise par sa sévérité, avec des gelées régulières et d'importantes précipitations neigeuses sur les sommets. L'irrégularité des précipitations est notable, avec une moyenne annuelle variant de 250 mm dans le sud à 500 mm sur les sommets du nord (ONM, 2022).

1.3.5. Forêt

La wilaya abrite l'un des patrimoines forestiers les plus abondants et variés d'Algérie, connue tout particulièrement pour ses forêts de cèdres. La superficie totale de son patrimoine végétal s'élève à 327 024 hectares. La wilaya de Batna se caractérise par trois grands groupes écologiques :

- **La région du Cèdre de l'Atlas** : (Parc National de Belezma et massif de Chelia), abritant une espèce rare et protégée.
- **La zone du Chêne Vert et du Pin d'Alep** : Située sur les pentes nord et intermédiaires.
- **La région pré-saharienne** : Elle est caractérisée par une végétation de type steppe et des couches d'Alfa situées au sud de la wilaya.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude



Figure 11: Les forêts d'ain touta à Batna

1.4.1. Guelma

La wilaya de Guelma, qui se trouve à l'est du pays, couvre une superficie de 4 **101** km². Ses limites sont les suivantes :

- Au nord, elle est bordée par les wilayas d'Annaba et El Tarf.
- Au sud ; à travers la wilaya d'Oum El Bouaghi.
- Du côté ouest, on trouve la wilaya de Constantine et Skikda.
- Du côté est, on retrouve la wilaya de Souk Ahras.



Figure 12: Situation géographique de la wilaya de Guelma

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

1.4.2. Situation démographique

On estime qu'en 2023, la wilaya de Guelma compte près de 529 000 résidents, ce qui correspond à une densité de 129 personnes par kilomètre carré.

1.4.3. Le relief :

La région de Guelma se distingue par sa variété topographique associant des plaines riches et d'importants massifs montagneux) :

- ✚ Les régions montagneuses
- ✚ Les vallées et dépressions
- ✚ Les sources thermales. (DPAT, 2020)



Figure 13: Les reliefs de Guelma

1.4.4. Le climat

Guelma présente un climat méditerranéen à tendance continentale, caractérisé par des fluctuations saisonnières :

- L'hiver est caractérisé par des températures douces et des précipitations dans les plaines, alors qu'il fait plus froid sur les hauteurs de la Maouana.
- L'été ; se caractérise par une chaleur intense et une sécheresse, influencée par les vents venant du sud (Sirocco).

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

La région bénéficie d'une moyenne annuelle de précipitations variant entre 450 et 600 mm, ce qui stimule une activité agricole dynamique.

1.4.5. Forêt

La wilaya de Guelma est le foyer de vastes forêts, en particulier celles de Beni Salah et de la Maouna. Ces zones jouent un rôle crucial dans la conservation de la faune et de la flore, hébergeant des espèces telles que le Chêne-liège et le Chêne Vert. Les forêts de Guelma sont reconnues pour leur diversité biologique et constituent des espaces de loisir pour les habitants. La conservation des forêts réalise régulièrement des opérations de reboisement et de prévention incendie dans le but de préserver ce poumon vert et de conserver l'équilibre écologique de la région de la Seybouse.



Figure 14: Les forêts de wilaya de Guelma

Chapitre II :
Analyse des données
Pluviométriques

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

2.1. Introduction

L'objectif de l'analyse climatique est d'identifier et d'évaluer les changements climatiques dans différents espaces et à travers le temps, en employant une étude statistique des données. On examine cette variabilité en se basant sur des séries temporelles longues et continues de variables climatiques ou agro-climatiques uniformes sur une durée de 25 ans.

D'après les informations collectées auprès des quatre stations météorologiques situées dans notre région, la période de référence actuelle s'étend de 2000 à 2024 (**Dagnelie, 1970**)

2.2. Etude des précipitations

2.2.1. Collecte des données

Nous avons recueilli les données mensuelles des précipitations de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). Ces chiffres correspondent aux totaux mensuels consignés à partir des sources primaires des stations situées dans notre domaine d'étude.

2.2.2. Choix de la période d'étude

Dans le cadre de notre travail, nous avons opté pour la période accessible en fonction des stations météorologiques.

Tableau 1: Présentation des stations pluviométriques

Station	Cordonnée Géographique	Année d'étude
CONSTANTINE	36.36°N / 6.61°E	2000-2024
SETIF	36.19° N / 5.41° E	2000-2024
BATNA	35.55°N / 6.17° E	2000-2024
GUELMA	36.46°N / 7.43° E	2000-2024

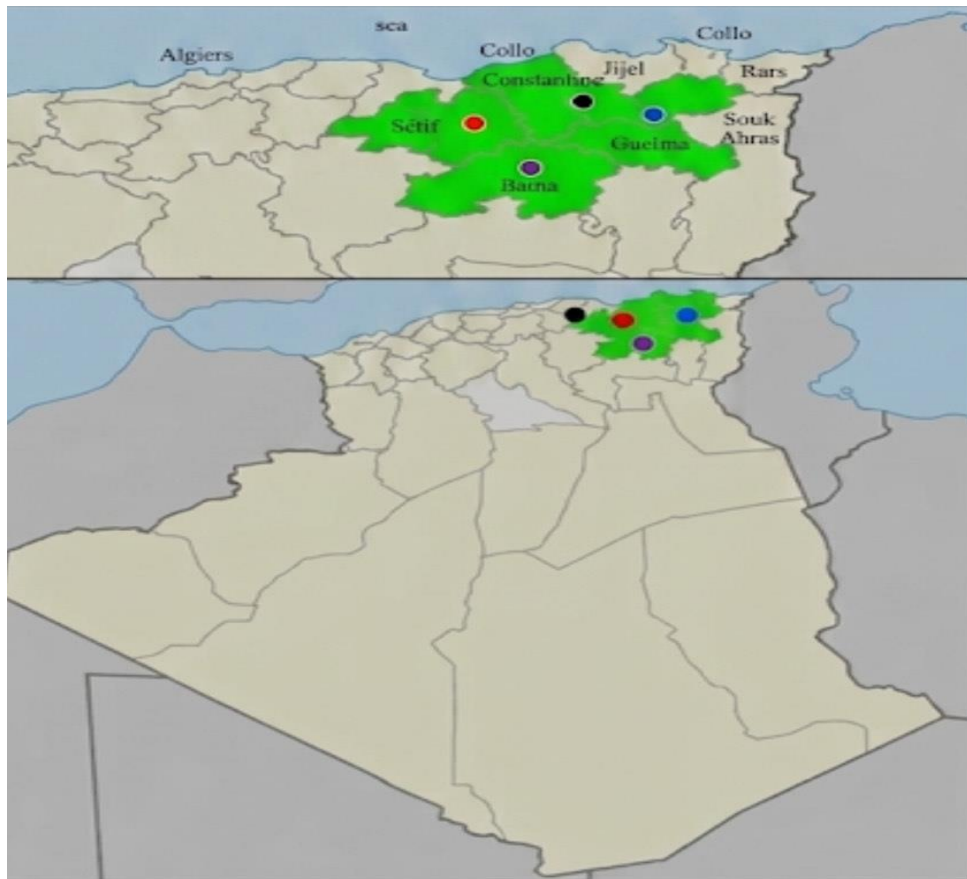


Figure 15: Localisation des zones d'étude

2 .3. Contrôle de l'homogénéité des données

Les recherches en climatologie ou en hydrologie se basent sur l'exploitation de séries de données recueillies sur des périodes variables, continues ou non. L'examen statistique de ces séries exige que leurs composants soient homogènes, il est donc nécessaire, avant de L'adaptation des paramètres de précipitation et la validation de leur fiabilité à l'aide d'outils statistiques et graphiques sont des démarches destinées à minimiser les biais systématiques susceptibles de les altérer (**Habbouchi, 2018**).

2 .3.1. Test de Wilcoxon

Il s'agit d'un test non paramétrique qui se fonde sur les classements des observations plutôt que sur leurs valeurs. L'hypothèse suivante est à la base du test de Wilcoxon : Si X représente un échantillon sélectionné d'une population Y, alors l'union de X et Y (XUY) est également considérée comme un échantillon de cette population.

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

On procède ainsi :

On possède une série d'observations de longueur N , à partir desquelles on extrait deux échantillons, X et Y : N_1 et N_2 représentent le nombre de cas dans ces échantillons, où $N = N_1 + N_2$ et N_1 est inférieur ou égal à N_2 . Nous procédons ensuite à la mise en ordre croissant des valeurs de notre série. Par la suite, on ne

Prenez en compte le classement de chaque élément des deux échantillons dans cette série. Si une valeur se répète, on lui attribue la position moyenne correspondante. On calcule par la suite le total W_x des rangs des éléments du premier échantillon dans la série combinée :

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

Wilcoxon a prouvé que si les deux échantillons X et Y appartiennent à une série homogène, alors la valeur de W_x tombe entre deux bornes $W_{\max}$ et $W_{\min}$ calculées grâce aux formules ci-après :

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

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

$Z_{1-\alpha/2}$: Indique la valeur de la variable normalisée correspondant à $Z_{1-\alpha/2}$ (pour un seuil de confiance de 95%, nous avons $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$).

Nous utiliserons le test de Wilcoxon pour examiner l'homogénéité des données de précipitation des quatre stations au seuil de signification de 5%.

2.3.1.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Constantine

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

Tableau 2 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Constantine

X	Y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	Origine4
524,5	463,1	1	272,8	y	14	473	x
637,3	454,54	2	285,6	y	15	476	x
473	436,44	3	343	x	16	479	x
729,17	654,49	4	344,2	y	17	524,5	x
675,74	390,08	5	349,29	x	18	533,8	y
349,29	375,66	6	375,66	y	19	551	x
452,74	450,34	7	390,08	y	20	639,17	x
479	714,6	8	422,14	y	21	654,49	y
343	344,2	9	436,44	y	22	675,74	x
639,17	272,8	10	450,34	y	23	698,1	x
476	285,6	11	452,74	x	24	714,6	y
551	533,8	12	454,54	y	25	729,17	x
	422,14	13	463,1	y			

On a : $N_1=12$, $N_2=13$

$W_{\min} = 107,71$

$W_{\max} = 204,29$

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

$W_x = 190$

C'est-à-dire $107,71 < 190 < 204,29$

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

2.3.1.2. Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Sétif

Tableau 3: Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Sétif

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

X	Y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	Origine4
599,7	361,34	1	239,14	Y	14	391	X
373,5	365,49	2	288,2	Y	15	398,25	X
398,25	334,25	3	293,25	Y	16	402,82	Y
591	402,82	4	310,6	Y	17	407	X
441,94	293,25	5	324	Y	18	410	X
365	324	6	328,8	Y	19	414	X
379,95	455,14	7	334,25	Y	20	441,94	X
443	455,14	8	342	Y	21	443	X
407	288,2	9	361,34	Y	22	455,14	Y
391	342	10	365	X	23	455,14	Y
410	310,6	11	365,49	Y	24	591	X
414	328,8	12	373,5	X	25	599,7	X
	239,14	13	379,95	X			

On a : $N_1 = 12$, $N_2 = 13$

$W_{\min} = 107,71$

$W_{\max} = 204,29$

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

$W_x = 208$

C'est-à-dire $208 > 204,29$

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

2.3.1.3. Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Batna

Tableau 4 : Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Batna

X	Y	Rang	(x)U(Y)	origine	Rang2	(x)U(Y)3	Origine4
643,7	213,2	1	190,5	Y	14	313	X
450,4	380,96	2	190,8	Y	15	335,2	Y
271	268,95	3	201,41	Y	16	344,3	Y
568	344,3	4	213,2	Y	17	349,92	X
665	228,62	5	228	X	18	366	X
228	201,41	6	228,62	Y	19	372,14	Y
366	372,14	1	239,7	Y	20	380,96	Y

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

270,95	335,2	8	267,35	Y	21	398	X
313	239,7	9	268,95	Y	22	450,4	X
349,92	190,8	10	270,95	X	23	568	X
279,95	190,5	11	271	X	24	643,7	X
398	308,77	12	279,95	X	25	665	X
	267,35	13	308,77	Y			

On a : $N_1=12$, $N_2=13$

$W_{\min} = 107,71$

$W_{\max} = 204,29$

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

$W_x = 202$

C'est-à-dire $107,71 < 202 < 204,29$

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

2.3.1.4. Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Guelma

Tableau 5: Application de méthode de Wilcoxon sur la station de Guelma

X	Y	Rang	(x)U(Y)	origine	Rang2	(x)U(Y)3	Origine4
484,86	610,25	1	336	X	14	525	X
505,21	597,48	2	340,5	Y	15	569,41	Y
398	445,25	3	354,9	Y	16	580,04	Y
742,01	733,5	4	364,64	Y	17	589,24	X
770,24	430	5	372,44	X	18	597,48	Y
525	569,41	6	398	X	19	610,25	Y
476	580,04	7	430	Y	20	733,5	Y
372,44	741,26	8	445,25	Y	21	741,26	Y
336	510,5	9	476	X	22	742,01	X
872,54	340,5	10	484,86	X	23	770,24	X
589,24	354,9	11	505,21	X	24	781,47	X
781,47	524,84	12	510	Y	25	872,54	X
	364,64	13	524,84	Y			

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

On a : $N_1=12, N_2=13$

$W_{\min} = 107,71$

$W_{\max} = 204,29$

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

$W_x = 167$

C'est-à-dire $107,71 < 167 < 204,29$

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

2.3.2. Ajustement par la loi Normale

Les informations recueillies peuvent être sujettes à différentes études statistiques afin de confirmer leur fiabilité et leur exactitude. On peut citer, parmi ces analyses, l'examen

Par la méthode du double cumul et de la régression linéaire, on assure l'homogénéité des données des précipitations annuelles.

Cette approche requiert la présence de stations de référence à proximité de nos sites d'étude.

Le manque de ces données nous contraint à négliger cet aspect et à chercher à gérer les séries de données via une technique d'ajustement, celle de la loi Normale, qui est capable en elle-même de résumer la fiabilité de chaque série.

2.3. 2. 1. Théorie de l'ajustement à la loi Normale

La fonction de la loi Normale (la courbe en forme de cloche symétrique autour de la moyenne) est fréquemment utilisée en statistique comme approximation des distributions d'échantillonnage. Habituellement, la loi normale constitue un modèle adéquat pour selon **Dagnelie (1970)**, c'est 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.

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

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

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

Où U est la variable réduite de GAUSS

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

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

Avec :

x : variable aléatoire

$\bar{X}$: la moyenne de la variable aléatoire

δx : Ecart type de la variable aléatoire

a) Station de Constantine

b)

Tableau 6:Tab de fréquence des pluies annuelles de Constantine

Valeur observée	Effectif n	Effectif cumulé	Fréquence Fi= n/N+1 (%)
272,8	1	1	3,8
285,6	1	2	7,6
343	1	3	11,53
344,2	1	4	15,38
349,29	1	5	19,23
375,66	1	6	23,07
390,08	1	7	26,92
422,14	1	8	30,76
436,44	1	9	34,61
450,34	1	10	38,46
452,74	1	11	42,30
454,54	1	12	46,15
463,1	1	13	50
473	1	14	53,84

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

476	1	15	57,69
479	1	16	61,53
524,5	1	17	65,38
533,8	1	18	69,23
551	1	19	73,07
639,17	1	20	76,92
654,49	1	21	80,76
675,74	1	22	84,61
698,1	1	23	88,46
714,6	1	24	92,30
729,17	1	25	96,15

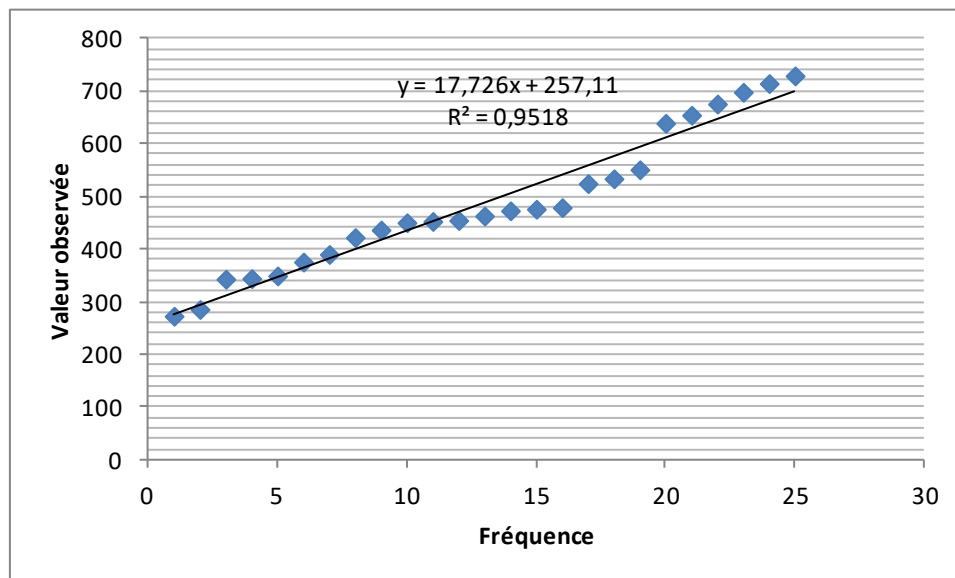


Figure 16: Tracé la loi Normale de la station de Constantine

c) Station Sétif

Tableau 7: Tab de fréquence des pluies annuelles de Sétif

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

Valeur observée	Effectif n	Effectif cumulé	Fréquence Fi= n/N+1 (%)
239,14	1	1	3,8
288,2	1	2	7,6
293,25	1	3	11,53
310,6	1	4	15,38
324	1	5	19,23
328,8	1	6	23,07
334,25	1	7	26,92
342	1	8	30,76
361,34	1	9	34,61
365	1	10	38,46
365,49	1	11	42,30
373,5	1	12	46,15
379,95	1	13	50
391	1	14	53,84
398,25	1	15	57,69
402,82	1	16	61,53
407	1	17	65,38
410	1	18	69,23
414	1	19	73,07
441,94	1	20	76,92
443	1	21	80,76
455,14	1	22	84,61
455,14	1	23	88,46
591	1	24	92,30
599,7	1	25	96,15

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

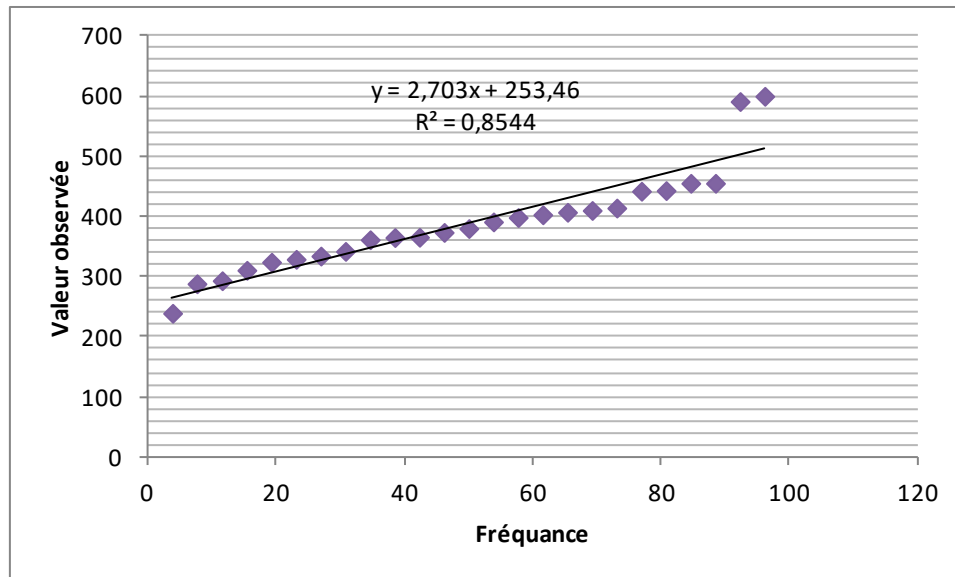


Figure 17: Tracé la loi Normale de la station de Sétif

C) Station Batna

Tableau 8: Tab de fréquence des pluies annuelles de Batna

Valeur observée	Effectif n	Effectif cumulé	Fréquence $F_i = n/N + 1$ (%)
190,5	1	1	3,8
190,8	1	2	7,6
201,41	1	3	11,53
213,2	1	4	15,38
228	1	5	19,23
228,62	1	6	23,07
239,7	1	7	26,92
267,35	1	8	30,76
268,95	1	9	34,61
270,95	1	10	38,46
271	1	11	42,30

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

279,95	1	12	46,15
308,77	1	13	50
313	1	14	53,84
335,2	1	15	57,69
344,3	1	16	61,53
349,92	1	17	65,38
366	1	18	69,23
372,14	1	19	73,07
380,96	1	20	76,92
398	1	21	80,76
450,4	1	22	84,61
568	1	23	88,46
643,7	1	24	92,30
665	1	25	96,15

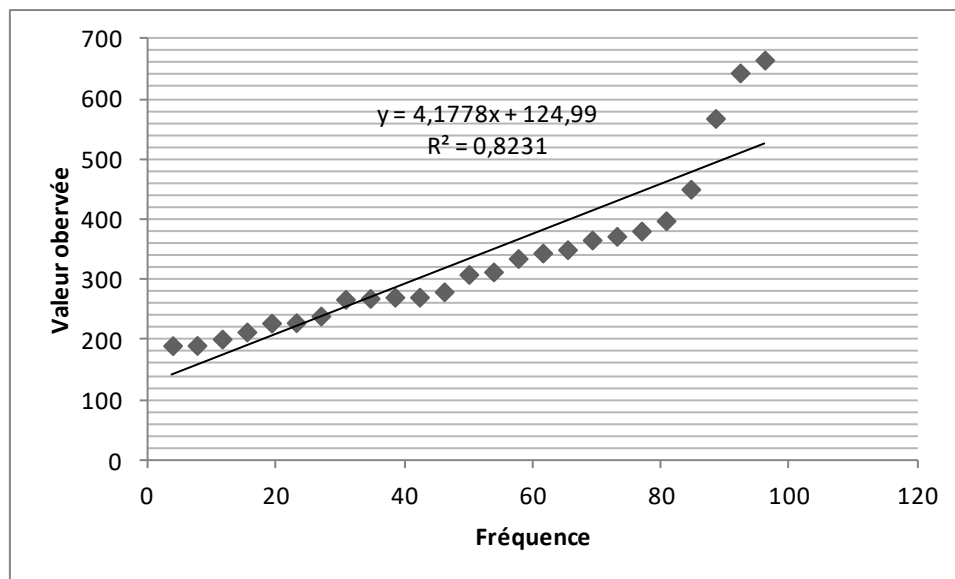


Figure 18: Tracé la loi Normale de la station de Batna

D) Station de Guelma

Tableau 9: Tab de fréquence des pluies annuelles de Guelma

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

Valeur observée	Effectif n	Effectif cumulé	Fréquence $F_i = n/N + 1$ (%)
336	1	1	3,8
340,5	1	2	7,6
354,9	1	3	11,53
364,64	1	4	15,38
372,44	1	5	19,23
398	1	6	23,07
430	1	7	26,92
445,25	1	8	30,76
476	1	9	34,61
484,86	1	10	38,46
505,21	1	11	42,30
510	1	12	46,15
524,84	1	13	50
525	1	14	53,84
569,41	1	15	57,69
580,04	1	16	61,53
589,24	1	17	65,38
597,48	1	18	69,23
610,25	1	19	73,07
733,5	1	20	76,92
741,26	1	21	80,76
742,01	1	22	84,61
770,24	1	23	88,46
781,47	1	24	92,30
872,54	1	25	96,15

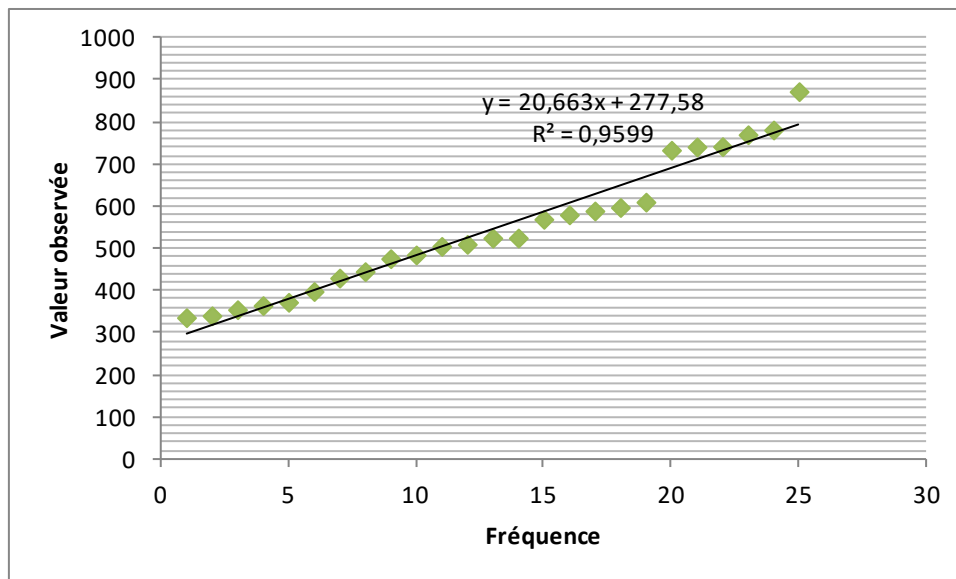


Figure 19: Tracé la loi Normale de la station de Guelma

2.3.2.2. Analyse des tracés de la loi Normale :

L'examen des figures n°14, 15, 16 et 17 illustre les distributions constatées à chaque station sous forme de graphiques. Il est observable que ces graphes se rapprochent plus ou moins d'une forme linéaire, ce qui suggère une éventuelle normalité des distributions. Dans le but de valider cette supposition, nous mettrons en œuvre le test du Khi-deux sur les diverses distributions.

2.3.3. Test du Khi-deux

Avant de commencer l'épreuve du Khi-deux, il est nécessaire pour nous de calculer le coefficient de variation (Cv), ce qui nous aidera à valider la conformité des distributions aux critères requis pour réaliser cette épreuve. Il est vrai que le coefficient de variation devrait être réduit 0,5 pour chaque station.

a). Calcule du coefficient de variation (Cv)

Il s'agit du rapport entre l'écart type et la moyenne. Le coefficient de variation mesure le degré de fluctuation des moyennes de précipitations dans les séries et la déviation des valeurs par rapport à la moyenne. Plus ce coefficient augmente, plus on remarque une variabilité et une irrégularité marquées des précipitations. Il donne aussi l'opportunité d'étudier la pluviosité et ses fluctuations. Étant donné que le coefficient de variation pour les quatre stations est inférieur à 0,5. Nous avons la capacité d'effectuer le calcul du Khi-deux.

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

Tableau 10: Calcul du coefficient de variation pluviométrique

Station	Moyen (mm)	Ecart type	$C_v = \delta / X$
Constantine	482,08	124,6	0,25
Sétif	387,29	82,53	0,21
Batna	334,21	130,31	0,38
Guelma	546,2	155,22	0,28

b) Théorie du test de khi deux:

Si (ou) le nombre escompté (np_i) selon une supposition de distribution spécifique. Les tables de la loi du Khi-deux offrent la valeur seuil critique que le test ne doit pas dépasser pour un niveau de significativité déterminé et un certain nombre de degrés de liberté dans l'échantillon [3].

$$ddl = K - 1$$

Avec ddl: nombre de degrés de libertés

K: nombre de classes

L'examen permet de déterminer si les écarts entre la distribution de l'échantillon et celle théorique sont fortuits, ou si l'échantillon obéit à une autre loi que celle présumée. Pour la mise en œuvre du test, on effectue le calcul de la somme des carrés des écarts proportionnels.

selon la formule suivante, entre les attentes (np_i) et les observations (ni) pour chaque classe :

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

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

$$np_i = n/k$$

Avec **k** : le nombre de classes

n : Effectif observé de classe

$$k = 4$$

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

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

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	272,2 - 375,66	6	6,25	0,01
2	390,08 - 454,54	6	6,25	0,01
3	463,1 - 533,8	6	6,25	0,01
4	551 - 729,17	7	6,25	0,09
Totaux		N= 25	Npi= 25	X²= 0,12

Tableau 12: Test de khi deux pour la station de Sétif

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	239,14 - 328,8	6	6,25	0,01
2	334,25 - 373,5	6	6,25	0,01
3	379,95 - 410	6	6,25	0,01
4	414 - 599,7	7	6,25	0,09
Totaux		N= 25	Npi= 25	X²= 0,12

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

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	190,5_228,62	6	6,25	0,01
2	239,7_279,95	6	6,25	0,01
3	308,77_366	6	6,25	0,01
4	372,44_665	7	6,25	0,09
Totaux		N= 25	Npi= 25	X²= 0,12

Tableau 14: Test de khi deux pour la station de Guelma

Classe K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs Théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	336 - 398	6	6,25	0,01
2	430 - 510	6	6,25	0,01
3	524,84 - 597,48	6	6,25	0,01
4	610,25 - 872,54	7	6,25	0,09
Totaux		N= 25	Npi= 25	X²= 0,12

Chapitre II : Analyse des données Pluviométriques

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

	Constantine	Sétif	Batna	Guelma
X ² Calculé	0,12	0,12	0,12	0,12
Ddl	3	3	3	43
X ² tabulés	7,815			
Observation	Bon ajustement			

C. Résultat du test du Khi deux

X² calculé = 0,12

Le nombre de degré de liberté **ddl** = **k** – 1 = 4-1 = 3

Pour un risque $\alpha = 5 \%$: χ^2 tabulé = 7,815 > χ^2 calculé = 0,12 : 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

L'écoulement de surface, ou plus précisément, son irrégularité à travers les saisons et les années, est fortement déterminé par les précipitations. Elles ont une importance cruciale pour l'approvisionnement en eau des rivières. De plus, les processus de Les bassins versants sont surtout influencés par le climat et les variations hydro climatiques (telles que les températures, les précipitations et l'écoulement des eaux) dans le cadre de la géodynamique externe. Dans sa thèse de maîtrise, **EL MAHI A. (2002)** analyse le manque de précipitations des dernières décennies en Algérie du Nord et son impact sur les ressources hydriques.

Dans cette section, nous visons à analyser les diverses fluctuations relevées dans les données de précipitations et leur progression sur la durée. L'étude de la période de récurrence suivant la loi normale se fait en considérant la moyenne des

Précipitations, la déviation standard et la variable réduite de Gauss. Il est indispensable de procéder au Calcul.

L'évaluation du volume de précipitations qui pourrait être enregistré sur des intervalles de dix(10), cinquante(50) et cent(100) ans est effectuée à l'aide de fréquences spécifiques.

L'équation de la période de récurrence se formule de la manière suivante :

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

3.2. Calcul des récurrences

L'équation de la période de récurrence donnée est :

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

3.2.1. Calcule 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

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

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

F : fréquence

3.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible

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

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Avec T : période de retour de la pluie faible

Tableau 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
Constantine	482,08	124,6	0,25846333	$P=482,08+124,6U$
Sétif	387,29	82,53	0,21309613	$P=387,29+82,53U$
Batna	334,21	130,31	0,38990455	$P=334,21+130,31U$
Guelma	546,2	155,22	0,28418162	$546,20+155,22U$

Tableau 17: Calcule des modules Secs

Station	Equation	Module décennal	Module 50ans	Module centenaire
Constantine	$P=482,08 - 124,6U$	322,592	226,65	191,762
Sétif	$P=387,29 - 82,53U$	281,69	218,1035	194,9951
Batna	$P=334,21 - 130,31U$	167,4132	67,0745	30,5877
Guelma	$P=546,20 - 155,22U$	347,5184	227,999	184,5374

Tableau 18: Calcule des modules Humides

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Station	Equation	Module décennal	Module 50ans	Module centenaire
Constantine	$P=482,08 + 124,6U$	641,568	737,51	772,398
Sétif	$P=387,29 + 82,53U$	492,9284	556,4765	579,5849
Batna	$P=334,21 + 130,31U$	501,0068	601,3455	637,8323
Guelma	$P=546,20 + 155,22U$	744,856	864,36	907,8626

Tableau 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 (Constantine, Sétif, Batna ,Guelma)	0,05	0,95	20 ans	20 ans

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.

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

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 périodes de retour se trouvent dans l'intervalle de 50 ans, ce qui vérifie 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 Constantine: (Tab. N°20 et la Fig. N°20)

. Il est observé que la moitié des données de précipitations pendant la période d'analyse se trouve dans l'échelle de 275-482 mm, tandis que l'autre moitié se situe dans l'échelle de 482-730 mm et au-delà.

Tab.20 :

Tableau 20 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Constantine

Catégorie	effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$X < 275$	1	1	4	4
$275 < X < 345$	3	4	12	16
$345 < X < 415$	3	7	12	28
$415 < X < 485$	9	16	36	64
$485 < X < 555$	3	19	12	76
$555 < X < 625$	0	19	0	76
$625 < X < 695$	3	22	12	88
$695 < X < 765$	3	25	12	100

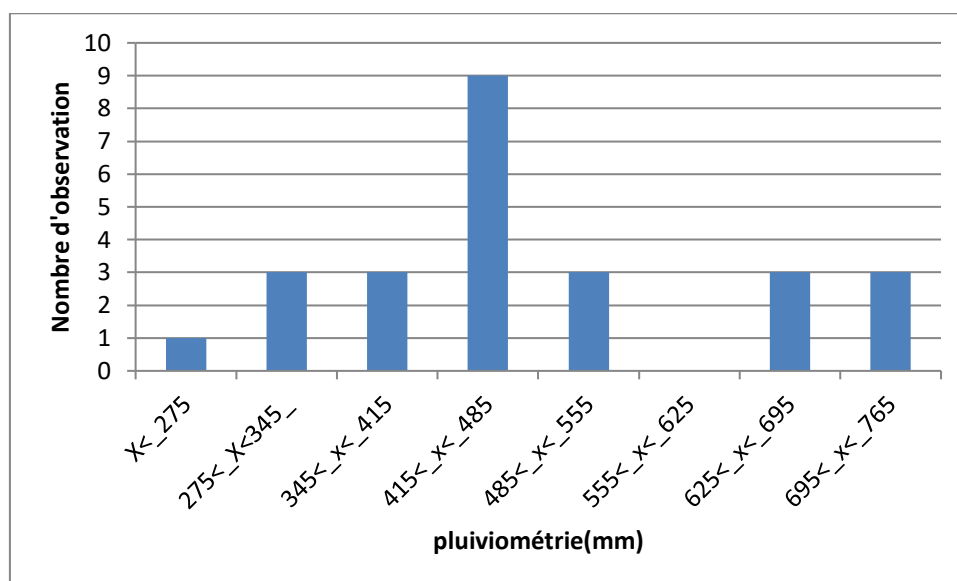


Figure 20: Histogramme des classes de fréquence des moyennes des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Constantine

b. La station de Sétif : (Tab. N°21 et la Fig. N°21)

Il est observé que la moitié des données de précipitations pendant la période d'analyse se trouve dans l'échelle de 240-387 mm, tandis que l'autre moitié se situe dans l'échelle de 387-600 mm et au-delà.

Tableau 21: Tab des classes des fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de Sétif

Catégorie	effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$X < 240$	1	1	4	4
$240 < X < 310$	2	3	8	12
$310 < X < 380$	10	13	40	52
$380 < X < 450$	8	21	32	84
$450 < X < 520$	2	23	8	92

$520 < X < 590$	0	23	0	92
$590 < X < 660$	2	25	8	100

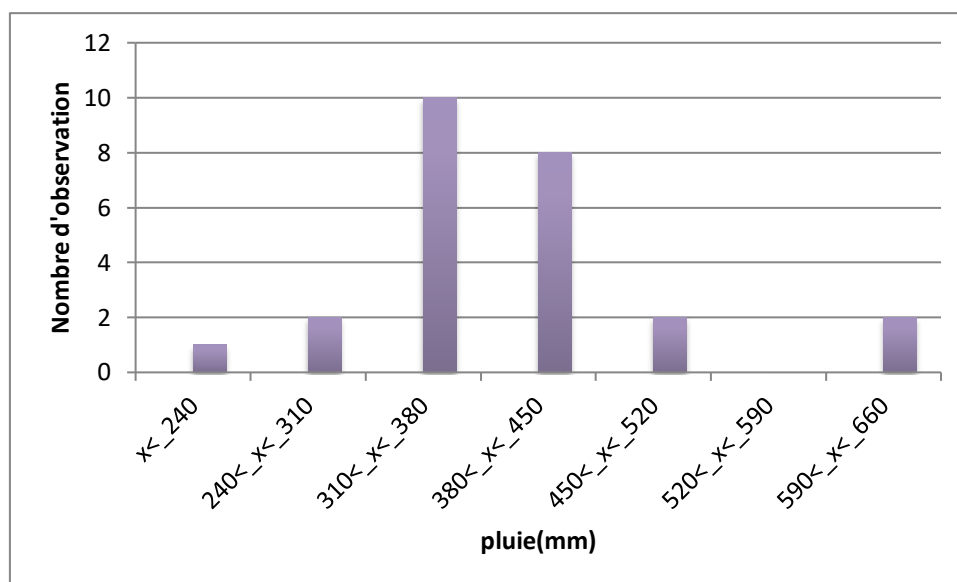


Figure 21: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Sétif

C.la station de Batna : Suivant le Tab. N°22 et la Fig. N°22, on constate que 60% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 185-334mm, et la 40% moitié dans l'intervalle 334-600 mm et plus

Tableau 22: Tab des classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de Batna

Catégorie	effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$X < 185$	2	2	8	8
$185 < X < 255$	5	7	20	28
$255 < X < 325$	7	14	28	56
$325 < X < 395$	6	20	24	80

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

$395 < X < 465$	2	22	8	88
$465 < X < 535$	0	22	0	88
$535 < X < 605$	1	23	4	92
$605 < X < 675$	2	25	8	100

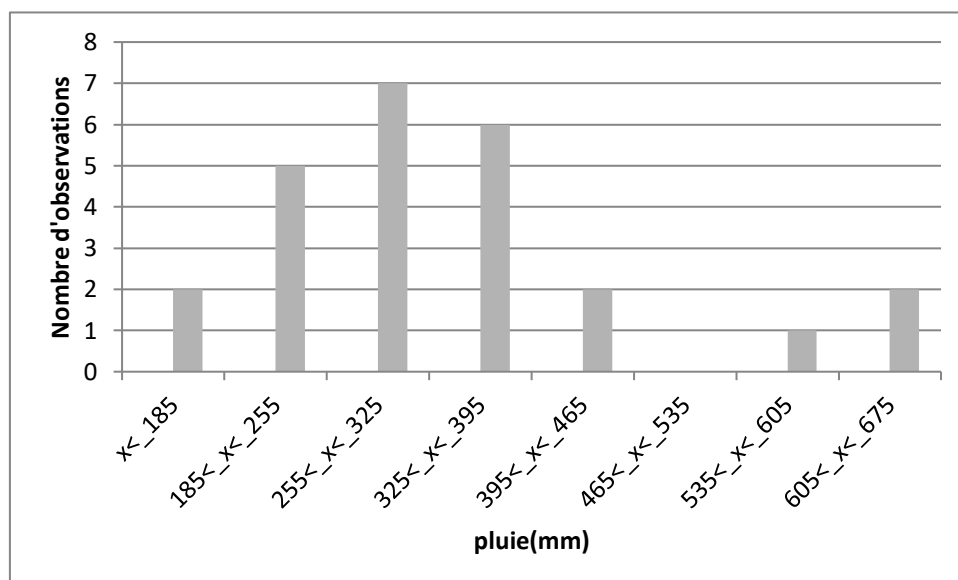


Figure 22: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Batna

d. la station de Guelma :

Suivant le Tab. N°23 et la Fig. N°23, on constate que 55% des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle 335-546 mm, et la seconde moitié dans l'intervalle 546-873 mm et plus.

Tableau 23: Tab des classes des fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de Guelma

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Catégorie	effectif	Effectif cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$X < 335$	1	1	4	4
$335 < X < 405$	5	6	20	24
$405 < X < 475$	2	8	8	32
$475 < X < 545$	6	14	24	56
$545 < X < 615$	5	19	20	76
$615 < X < 685$	0	19	0	76
$685 < X < 755$	3	22	12	88
$755 < X < 825$	2	24	8	96
$825 < X < 895$	1	25	4	100

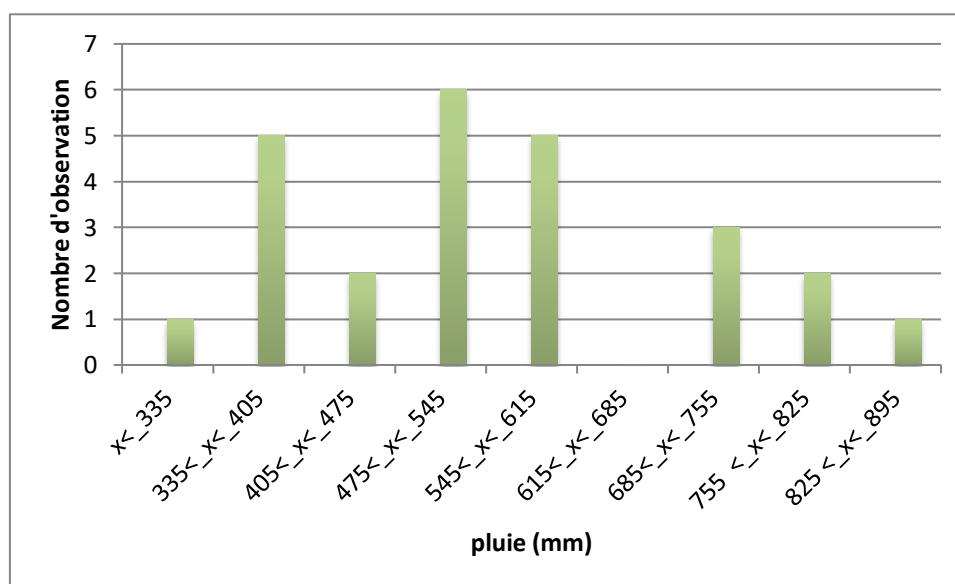


Figure 23: Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Guelma

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

L'analyse des Fig. (20,21, 22, 23) nous a permis de retirer des remarques très importantes concernant les quatre stations :

✓ Le minimum, la moyenne et le maximum de Batna de Guelma illégales à la station de Constantine et Sétif.

✓ la moyenne de la station de Batna les plus faibles par rapport aux autres stations.

✓ Les stations de Constantine et Guelma ont des moyennes et des maximums très différentes pour Station Sétif et Batna

✓ le maximum le plus élevé se trouve au niveau de la station de Guelma.

✓ Du point de vue évolution de la pluviométrie des stations, on remarque que la moyenne des précipitations sont variables de l'Est vers l'Ouest au niveau de ces stations.

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

Station	MIN	MOYENNE	MAX
Constantine	273	482,08	730
Sétif	240	387,29	560
Batna	190	334,21	665
Guelma	336	546,22	734

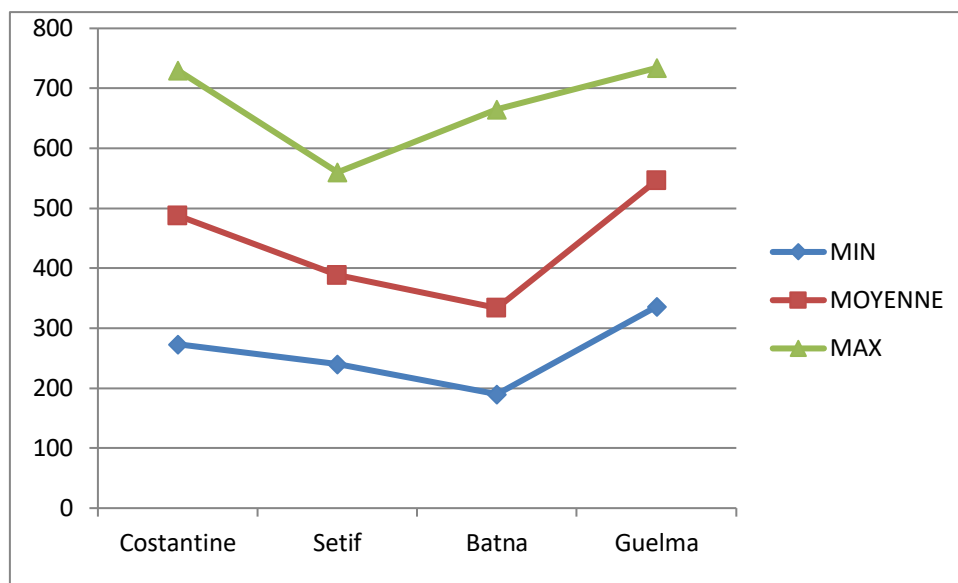


Figure 24 : Evolution des moyennes, des minimas et maximas des Station

3.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne

On utilise souvent des courbes simples pour illustrer et représenter des suites de valeurs, surtout lorsque l'ordre de ces valeurs revêt une importance particulière. Une utilisation typique des tracés de courbes séquentielles est pour représenter des fonctions continues telles que les fonctions d'ajustement ou les distributions théoriques (**Diarra, 2006**).

L'orientation L'analyse des diverses courbes (Fig. 25,26,27 ,28) représentant les moyennes annuelles de précipitations se révèle une tendance générale à des valeurs différentes pour toutes les stations. L'augmentation ou la réduction effective de la pluie ne fait pas obstacle à l'existence d'un écart considérable dans les précipitations d'une année à l'autre. Par suite de l'examen de ces quatre graphiques (Fig. N°16 à 19), les périodes de précipitations élevées pour les stations sont les suivantes :

- Année 2003 pour la Constantine.
- Année 2000 pour la Stations Sétif.
- Année 2004 pour les stations de Batna.
- Année 2009 pour les stations de Guelma

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

D'autre part, Pour les années de faible pluviométrie, on a noté pour la station de Constantine et Batna pour l'année 2021, et la station de Sétif pour l'année 2024, puis la station de Guelma pour l'année 2008

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.

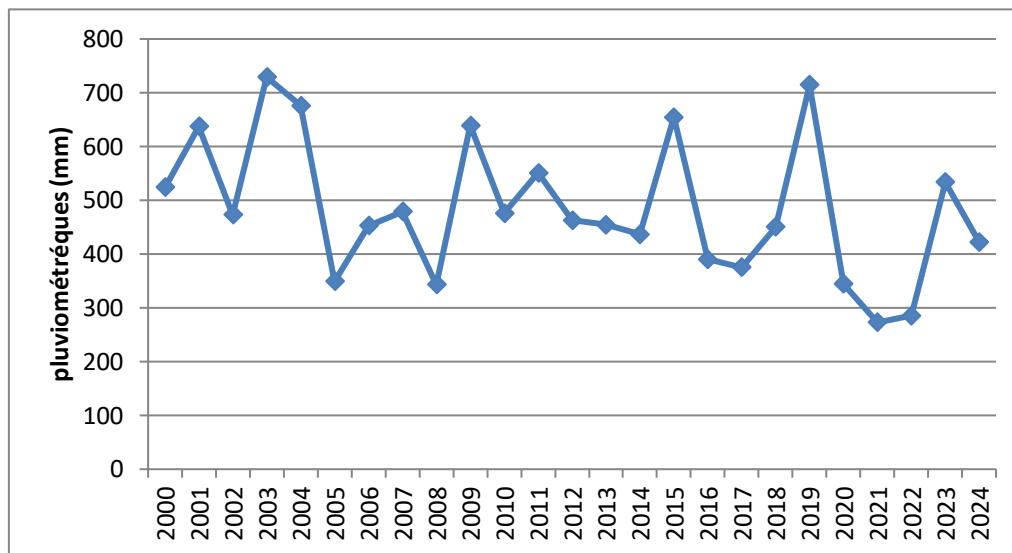


Figure 25: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Constantine

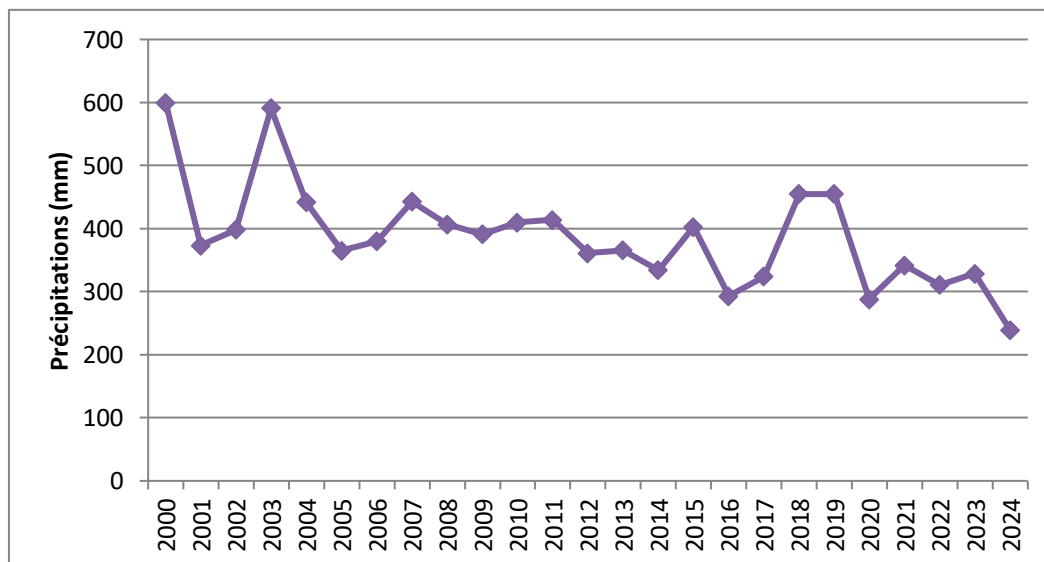


Figure 26: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Sétif

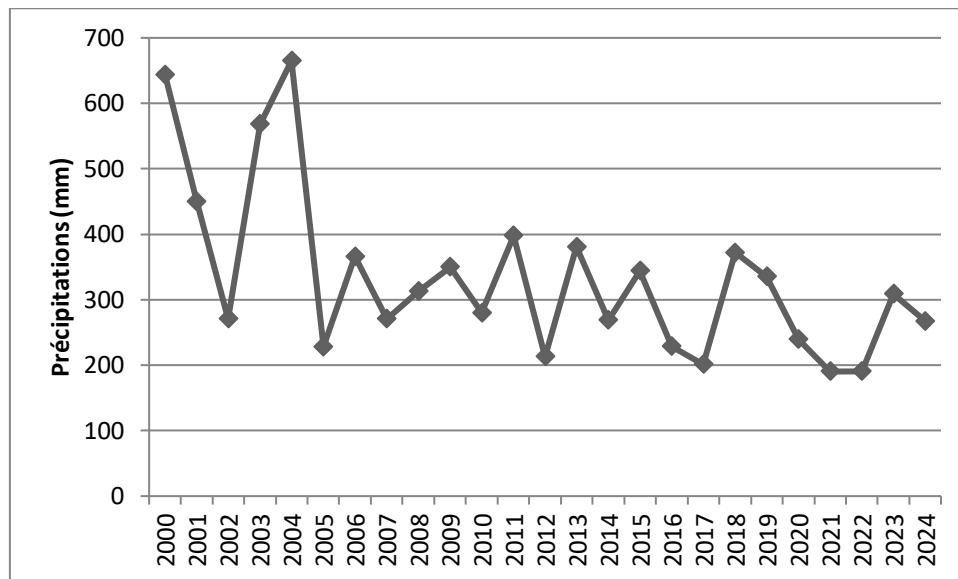


Figure 27: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Batna

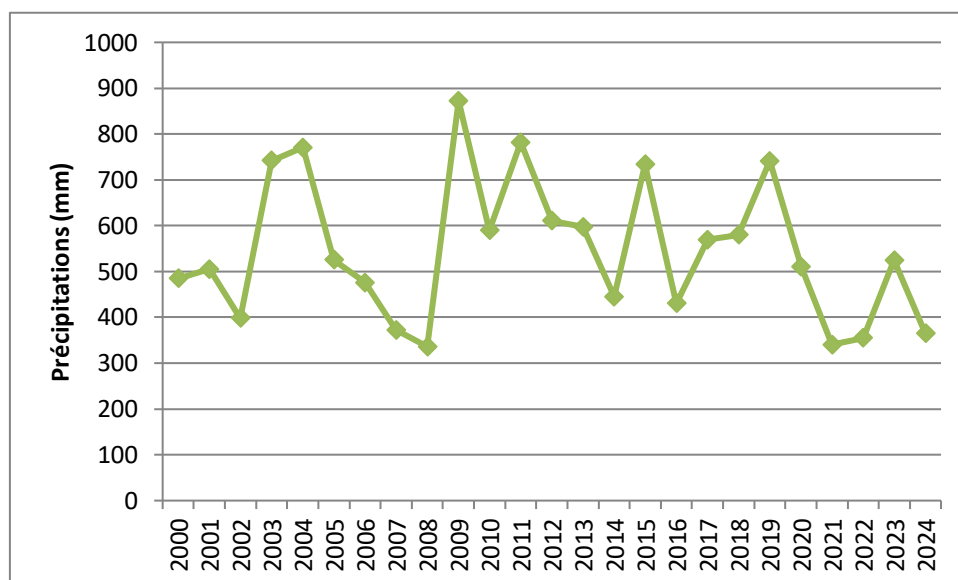


Figure 28: Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométrique pour la station de Guelma

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

Les graphes des déviations par rapport à la moyenne annuelle aident à identifier les périodes sèches dans une série d'observations. La moyenne qui permet la distribution de ses années d'une série est calculée en déterminant la moyenne des taux de précipitation moyens. La méthode la plus couramment employée pour établir les périodes sèches et humides d'une série d'observations repose sur le calcul des déviations par rapport à la moyenne annuelle. Une période de sécheresse se réfère à une série d'années durant laquelle la précipitation moyenne

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

annuelle est inférieure à la moyenne de la série. En ce qui concerne la saison humide, elle présente une pluviométrie moyenne annuelle qui dépasse la moyenne de la série.

a. Station de Constantine :

La station de Constantine se distingue par une série de données couvrant la période de 2000 à 2024, soit un total de 25 ans, avec une moyenne annuelle s'établissant à 482,08 mm. La station se compose de deux périodes :

Une période humide de 9 ans consécutifs (2000 ; 2001 ; 2003 ; 2004 ; 2009 ; 2011 ; 2015 ; 2019 ; 2023) et une autre période sèche de 16 ans également consécutifs (2002 ; 2005 ; 2006 ; 2007 ; 2008 ; 2010 ; 2012 ; 2013 ; 2014 ; 2016 ; 2017 ; 2018 ; 2020 ; 2021 ; 2022 ; 2024).

Ces périodes sont divisées en deux catégories :

Une catégorie excédentaire qui représente une période humide où le record de pluviométrie moyen a été établi avec 729,14 mm en 2003.

Une classe déficitaire qui englobe toutes les périodes sèches, dont la moyenne minimale a été notée en 2021 avec 272,8 mm.

Les graphiques représentant les déviations par rapport à la moyenne annuelle facilitent l'identification des périodes.

Tableau 25: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Constantine.

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2000, 2001, 2003, 2004, 2009, 2011, 2015, 2019, 2023	9	619,75	524,5	729,14	67,04	0,10

Période sèche						
2002, 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017 2018, 2020, 2021, 2022, 2024	16	404,24	272,8	476	68,33	0,16

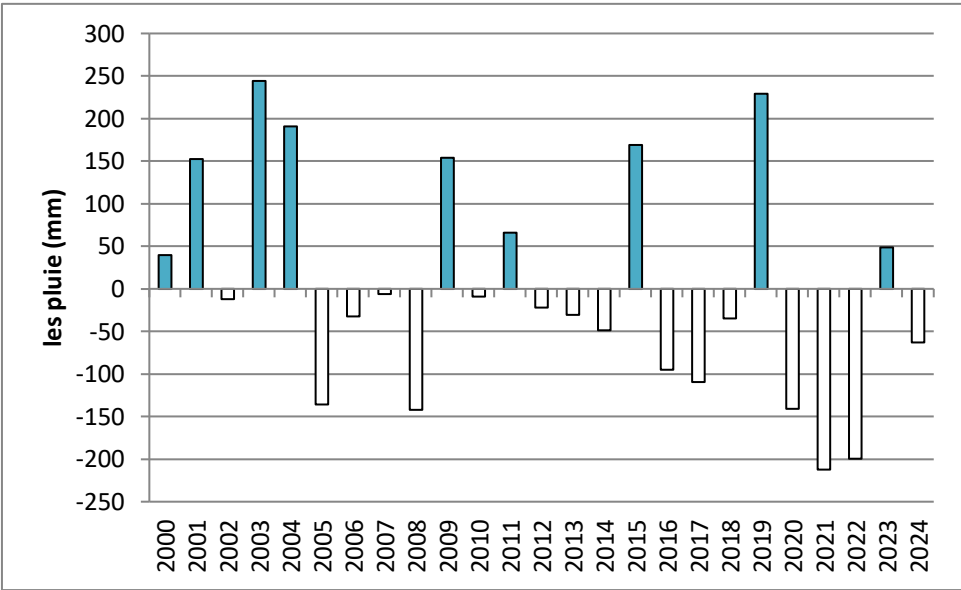


Figure 29: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Constantine

B. Station se Sétif :

La station de Sétif se caractérise par un ensemble de données couvrant la période de 2000 à 2024, soit une série de 25 ans, avec une moyenne annuelle de 387,29 mm. La station se divise en deux périodes distinctes : une première, humide, qui s'étend sur 12 ans consécutifs (2000 ; 2002 ; 2003 ; 2004 ; 2007 ; 2008 ; 2009 ; 2010 ; 2011 ; 2015 ; 2018 ; 2019), et une seconde, sèche, couvrant également huit ans consécutifs (2001 ; 2005 ; 2006 ; 2012 ; 2013 ; 2014 ; 2016 ; 2017 ; 2020 ; 2021 ; 2022 ; 2023 ; 2024).

Ces périodes sont classées en deux catégories :

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

.Une classe excédentaire qui coïncide avec une période humide où la moyenne maximale a été notée à 599,7 mm en 2000.

.Une classe déficitaire qui englobe toutes les périodes sèches ayant enregistré la moyenne la plus basse en 2024, soit 239,14 mm.

Les graphiques représentant les déviations par rapport à la moyenne annuelle facilitent l'identification des périodes.

Tableau 26: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Sétif

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2000, 2002, 2003, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2015, 2018, 2019	12	450,74	391	599,7	71,08	0,15
Période Sèche						
2001, 2005, 2006, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024	13	331,19	239,14	373,5	40,58	0,12

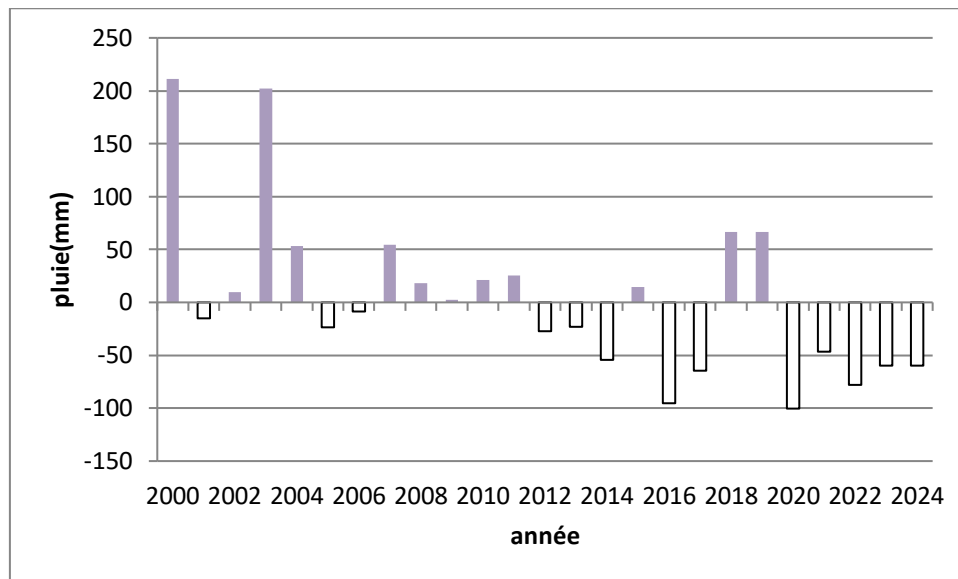


Figure 30: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Sétif

C . Station de Batna :

La station de Batna se démarque avec une longue série de données couvrant la période de 2000 à 2024, soit un total de 25 ans. La moyenne annuelle pour cette série s'établit à 334,21 mm. La station de Batna est constituée de deux phases distinctes : l'une, une phase humide s'étendant sur 11 années consécutives

(2000 ; 2001 ; 2003 ; 2004 ; 2006 ; 2009 ; 2011 ; 2013 ; 2015 ; 2018 ; 2019) et l'autre période sèche de quatorze ans également consécutifs (2002 ; 2005 ; 2007 ; 2008 ; 2010 ; 2012 ; 2014 ; 2016 ; 2017 ; 2020 ; 2021 ; 2022 ; 2023).

Ces périodes sont classées en deux catégories :

Une classe excédentaire qui englobe toutes les périodes humides durant lesquelles la moyenne la plus haute a été notée, s'élevant à 665 mm en 2004.

Une classe déficitaire qui englobe toutes les périodes sèches où la moyenne la plus basse a été notée en 2021 avec 190,5mm.

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Tableau 27: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Batna

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2000, 2001, 2003, 2004, 2006, 2009, 2011, 2013, 2015, 2018, 2019	11	443,05	335,2	665	123,32	0,27
Période Sèche						
2002, 2005, 2007, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2017, 2020, 2021, 2022, 2023,2024	14	370,46	190,5	313	443,23	1,19

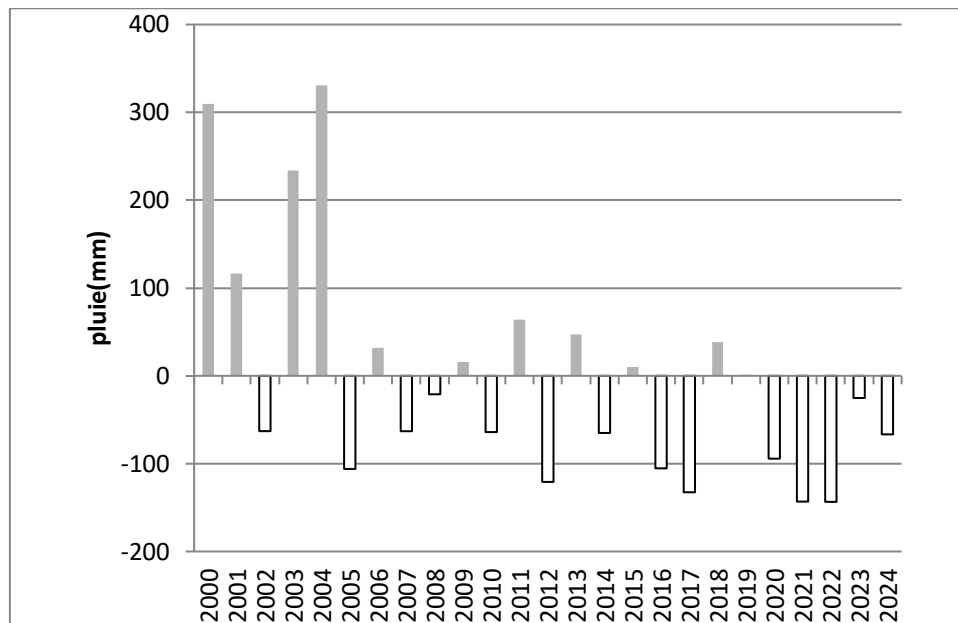


Figure 31: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Batna

D . Station de Guelma :

La station de Guelma se caractérise par une gamme de données couvrant la période de 2000 à 2024, soit un ensemble de 25 ans dont la moyenne annuelle s'élève à 546,22 mm et est composée de deux périodes : l'une, période humide de 11 ans successifs (2003 ; 2004 ; 2009 ; 2010 ; 2011 ; 2012 ; 2013 ; 2015 ; 2017 ; 2018 ; 2019) et l'autre période sèche de 14 ans aussi successifs (2000 ; 2001 ; 2002 ; 2005 ; 2006 ; 2007 ; 2008 ; 2014 ; 2016 ; 2020 ; 2021 ; 2022 ; 2023 ; 2024)

Ces périodes sont classées en deux catégories :

Une catégorie excédentaire qui regroupe toutes les périodes humides pour lesquelles la moyenne la plus haute de 872,54 mm a été notée en 2009.

Une classe déficitaire qui englobe toutes les périodes sèches, dont la moyenne la plus basse a été notée en 2008 avec 336 mm.

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Tableau 28: Analyse des tracés des écarts à la moyenne de Guelma

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2003, 2004, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017, 2018, 2019	11	689,76	569,41	872,54	103,46	0,14
Période Sèche						
2000, 2001, 2002, 2005, 2006, 2007, 2008, 2014, 2016, 2020, 2021, 2022, 2023,2024	14	433,43	354,9	525	71,49	0,16

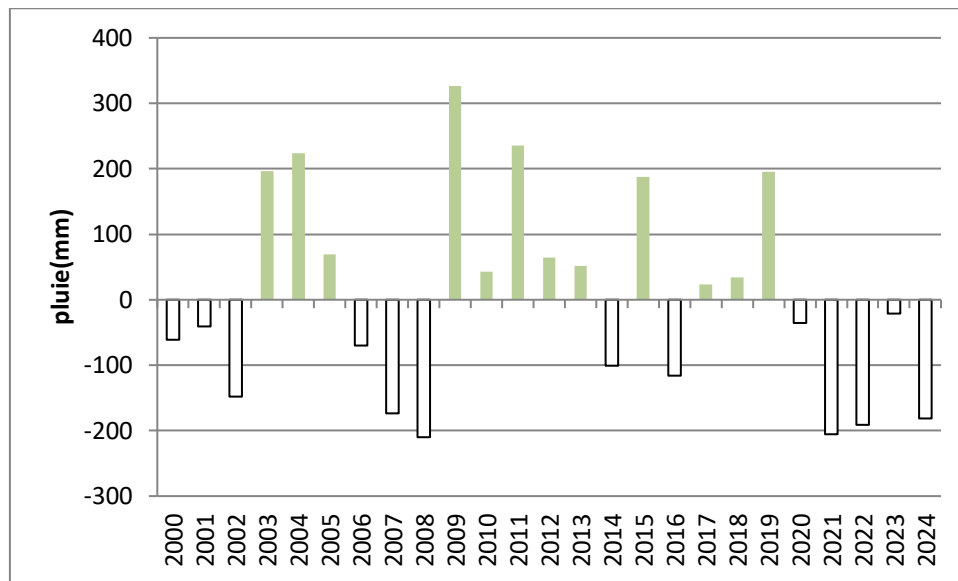


Figure 32: Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Guelma

3.7. Délimitation des mois secs et des mois humides

Nous avons établi un seuil de 20mm pour distinguer les mois secs des mois humides. Un mois sec se définit comme un mois où la moyenne de précipitations mensuelles est inférieure à 20 mm, contrairement au mois humide où elle dépasse 20 mm.

Nous avons suivi la méthode suivante pour la création du Tableau 29 :

Pour chaque station, nous avons déterminé la moyenne mensuelle sur une durée de 25 ans, ce qui donne une seule moyenne pour 25 mois. Considérons le mois de septembre (station à Constantine) : une durée de 25 ans correspond à 25 mois de

On a d'abord identifié les mois secs et humides suivant le seuil, puis on a déterminé cela en septembre. Les conclusions de nos calculs, présentées dans le tableau numéro 30 et la figure numéro 35, démontrent que :

1) Station de Constantine : Le mois Décembre est le plus pluvieux ou humide comparé aux autres mois, avec une moyenne de 52,16 mm. En revanche, juillet est le mois le moins arrosé avec seulement 3,28 mm.

2) La station de Sétif : Pour cette station, le mois d'Avril est le plus pluvieux avec une moyenne de 47,66 mm, tandis que Juillet, qui est considéré comme un mois sec, affiche une moyenne de 10,9 mm.

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

3) La station de Batna : Pour cette station, le mois le plus humide est mai, avec une moyenne de 45,6 mm de précipitations, ce qui constitue la valeur la plus élevée parmi toutes. Le mois de juillet est le plus sec pour les stations avec une moyenne de 7,95 mm.

4) La Station de Guelma : Pour cette station, le mois de janvier est celui qui enregistre le plus de précipitations avec une moyenne de 78,18 mm, tandis que juillet est le mois le moins pluvieux avec une moyenne de seulement 4,24 mm.

Il est possible de déclarer que les mois d'octobre, novembre, décembre, janvier et février sont ceux qui affichent le taux d'humidité le plus élevé dans toutes les stations. Concernant les mois secs, les moments les plus dépourvus de pluie se trouvent généralement en juin, juillet et août, qui sont perçus comme la saison sans précipitations Communiquée par l'ensemble des stations.

On note un changement clair sur le plan saisonnier alors que le pic de précipitations se produit en hiver dans le nord, à Guelma et Constantine, il se déplace vers le printemps pour les stations situées dans les hauts plateaux à Sétif et Batna. Cette recherche appuie l'idée que l'année se divise en deux périodes distinctes : une période humide et une période sèche, ce qui est typique du climat méditerranéen .

Tableau 29: Présentation de la précipitation moyenne mensuelle (mm)

Station	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout
Constantine	34,88	37,27	52,20	62,01	59,44	49,41	52,51	44,19	43,03	16,17	3,78	27,14
Sétif	30,63	29,95	34,52	38,42	34,88	32,32	46,06	47,67	41,54	21,88	10,38	18,93
Batna	29,88	21,28	28,9	30,30	39,02	20,2	33,46	36,98	45,6	19,92	7,95	20,67
Guelma	37,03	49,04	66,75	74,5	78,18	57,83	63,41	42,69	38,71	16,54	4,27	17,23

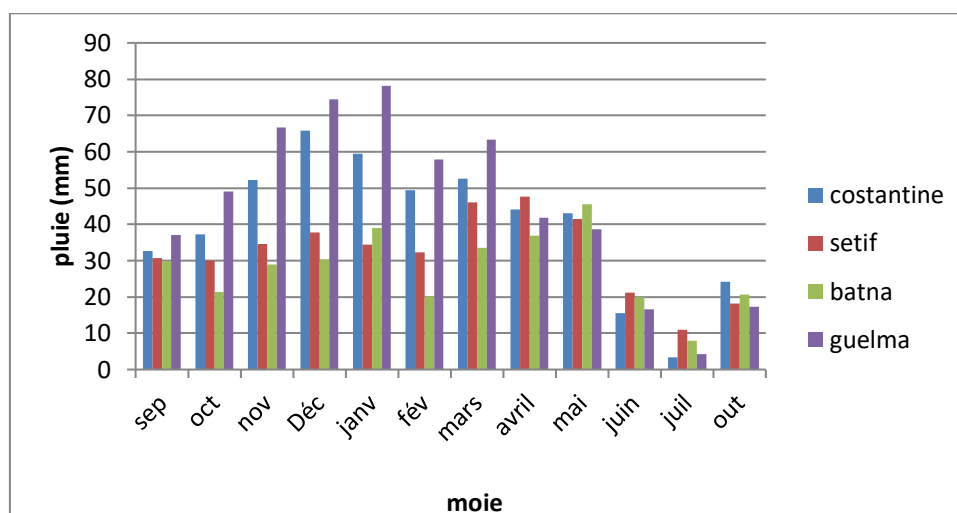


Figure 33: variation moyennes mensuelles des précipitation (4 stations)

Pour aller plus loin, nous réaliserons une étude des moyennes mensuelles sous l'aspect saisonnier pour en déduire des conclusions.

• **Les précipitations saisonnières** : les quatre saisons de l'année se rapportent à :

L'hiver (décembre, janvier, février)

La saison printanière (mars, avril, mai)

La période estivale (juin, juillet, août)

La saison automnale (Septembre, Octobre, Novembre)

La figure 34 et le tableau 30 ci-dessus illustrent les moyennes des précipitations saisonnières.

Tableau 30: présentation des précipitations moyennes saisonnières

Station	Hiver	Printemps	Été	Automne
Constantine	56,95	46,57	15,69	41,45
Sétif	35,22	45,09	17,06	31,7
Batna	29,84	38,68	16,18	26,68
Guelma	70,17	48,27	12,68	50,94

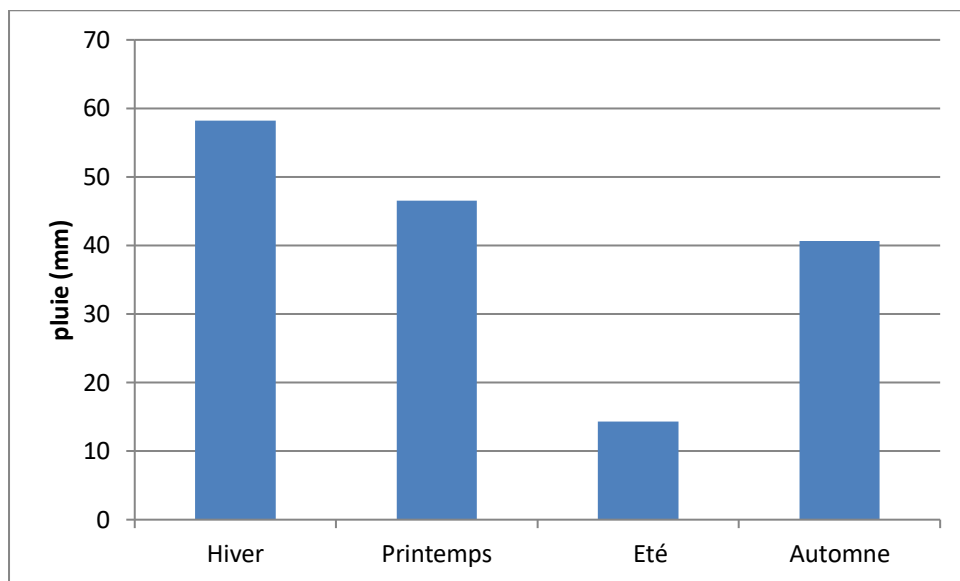


Figure 34: Précipitation moyennes saisonnière de Constantine

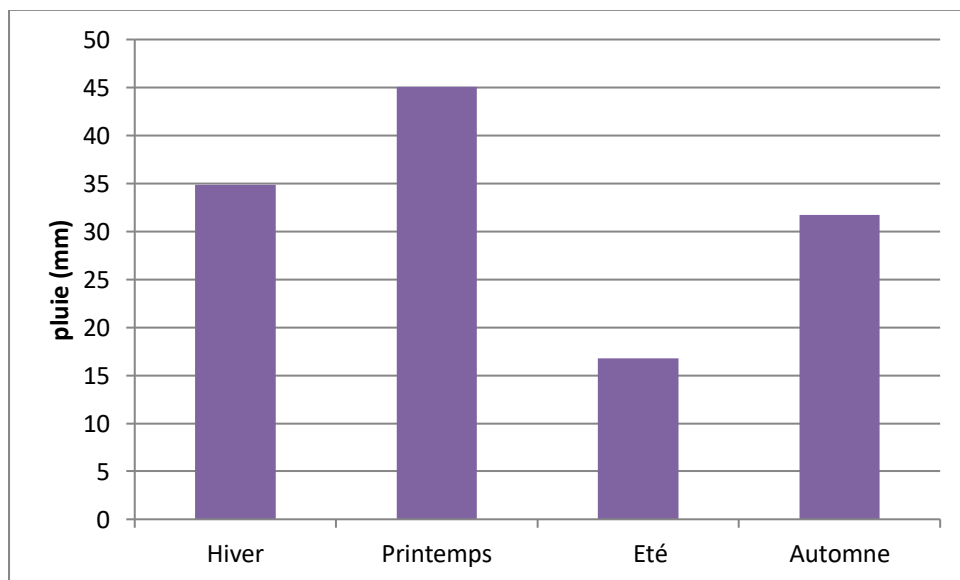


Figure 35: Précipitation moyennes saisonnière de Sétif

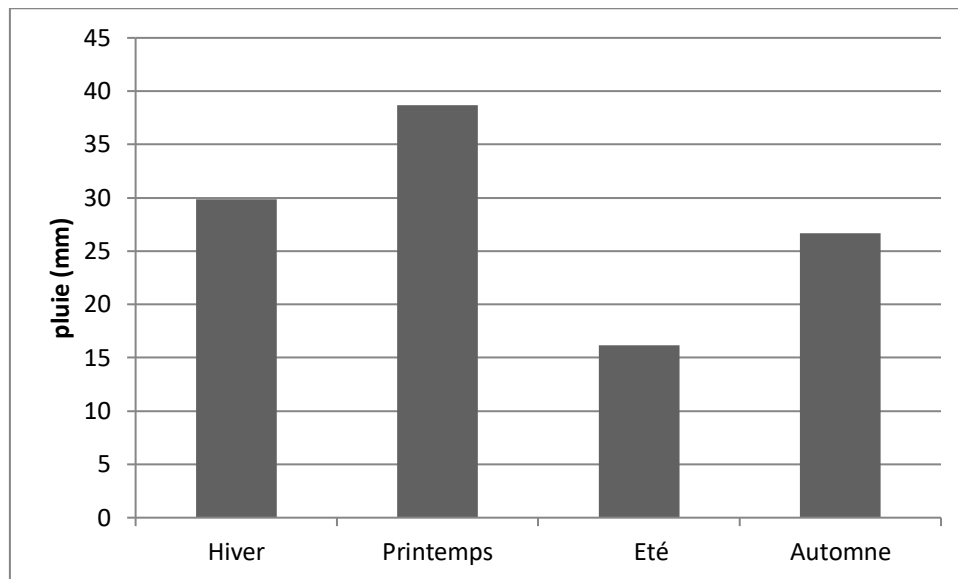


Figure 36: Précipitation moyennes saisonnière de Batna

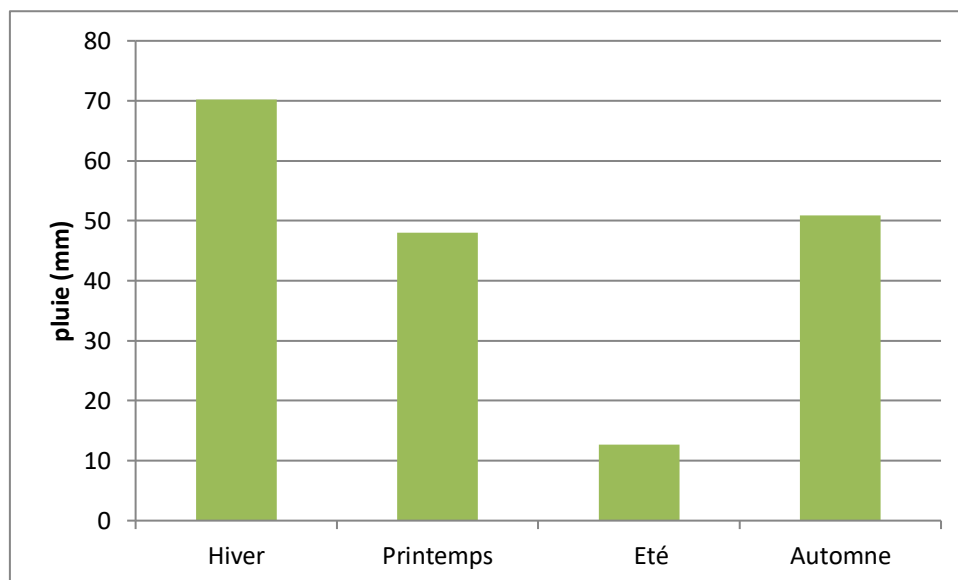


Figure 37: Précipitation moyennes saisonnière de Guelma

Après l'analyse du Tab. N°29 et les Fig. N° (34, 35, 36, 37), Il semble que le régime des précipitations diffère d'une station à une autre. Bien que Guelma et Constantine soient les villes où la pluie est la plus abondante en hiver, Batna et Sétif se démarquent par une pluviométrie plus élevée au printemps.

Cependant, l'été est la saison la plus sèche pour toutes les stations, affichant des valeurs minimales. Il est possible de déduire que la région subit une transition entre un pic hivernal au nord (Guelma, Constantine) et un pic au printemps vers les régions des hauts plateaux (Sétif, Batna).

3.8. Conclusion

Cette recherche révèle clairement une variabilité spatio-temporelle notable de la répartition des précipitations au sein des quatre stations. Une variation distincte du régime est à noter ; tandis que les stations du nord (Guelma et Constantine) conservent un pic durant l'hiver, ce sommet se déplace vers la saison printanière pour les stations situées dans les hauts plateaux (Sétif et Batna).

Le climat méditerranéen de la zone d'étude se reflète directement dans ce passage alterné entre une phase humide significative et une phase sèche marquée (surtout en été). Ces observations suscitent des questions concernant le développement de la sécheresse, ce qui nous conduira, dans le prochain chapitre, à examiner les indices de sécheresse météorologique pour mesurer la gravité et les conséquences de ce phénomène dans la région.

CHAPITRE IV :
Caractérisation de la sécheresse
météorologique.

Chapitre IV : Caractérisation de la sécheresse météorologique

L'indice de sécheresse est un indicateur utilisé pour évaluer le degré de manque d'eau dans une région, un sol ou pour une culture agricole. Il présente plusieurs intérêts importants en agriculture, climatologie et gestion de l'eau.

Intérêts de l'indice de sécheresse ;

Évaluer le déficit en eau Il permet de savoir si les précipitations sont suffisantes par rapport aux besoins en eau des plantes et du sol. Prévoir les risques agricoles

Il aide à détecter les périodes de stress hydrique pouvant réduire :

- La croissance des cultures,
- Le rendement,
- La qualité des récoltes.
- Planifier l'irrigation Les agriculteurs utilisent cet indice pour :
- Déterminer quand irriguer,
- Calculer les besoins en eau,
- Éviter le gaspillage.

Suivre les changements climatiques Il sert à observer Suivre les changements climatiques Il sert à observer l'évolution des périodes sèches et l'impact du climat sur une région.

Gestion des ressources hydriques Les autorités peuvent utiliser cet indice pour : gérer les barrages et nappes phréatiques, prévenir les pénuries d'eau, organiser les mesures de lutte contre la sécheresse.

Classification climatique Certains indices permettent

Exemple simple

Un indice élevé de sécheresse signifie généralement :

- Peu de pluie,
- Forte évaporation,
- Risque de sécheresse important.
- Un indice faible indique des conditions plus humides

.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

Chapitre IV : Caractérisation de la sécheresse météorologique

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.

$$Em = P_i - P_m$$

Avec : **P_i** : pluie annuelle.

P_m : pluie moyenne annuelle.

L'écart par rapport à la moyenne représente la différence entre la quantité de précipitations annuelles observée (P_i) et la quantité moyenne de précipitations annuelles (P_m). 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.

4.1.2. Indice de pluviosité (Ip)

$$Ip = P_i / P_m$$

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**.

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 (Em) et l'indice de pluviosité (Ip) révèlent les années arides ou pluvieuses et

Chapitre IV : Caractérisation de la sécheresse météorologique

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.

Tableau 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 (**Pm**) au nombre d'écart types (σ). Lorsque **Pi** est inférieur à **Pm** – σ , on parle d'une sécheresse forte. Il s'agit d'une sécheresse très sévère si **Pi** est inférieur à **Pm** – 2σ .

Tableau 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	$p_i < p_m - 2\sigma$

Chapitre IV : Caractérisation de la sécheresse météorologique

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 :

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

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

Tableau 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. 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 36 % d'années humides et 64 % d'années sèches au niveau de la station de Constantine, et 48 % d'années humides et 52% d'années sèches pour la station de Sétif, aussi 44 % d'années humides et 56% d'années sèches pour la station de Batna, et 44 % d'années humides et 56% d'années sèches pour la station de Guelma.

Quand à l'analyse fréquentielle on remarque que pour toutes les stations sur 25 ans :

4 ans très secs (TS) et 5 ans secs (S) et 7 ans normaux (N) et 5 ans humides (H) et 4 ans très humides (TH) 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 montre 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 Constantine : sur les 25 ans, elle présente 09 ans humides (soit 6 ans d'humidité forte et 3 ans d'humidité modérée). Pour les 16 ans restants, on a 11 ans de sécheresses modérées et 5 ans de sécheresse forte.

La station de Sétif : sur les 25 ans, elle présente 12 ans humides (soit 2 ans d'humidité extrême et 10 ans d'humidité modérée). Pour les 13 ans restants, on a 10 ans de sécheresses modérées et 3 ans de sécheresse forte.

Chapitre IV : Caractérisation de la sécheresse météorologique

La station de Batna : sur les 25 ans, elle présente 11 ans humides (soit 2 ans d'humidité extrême, 1 ans d'humidité forte et 8 ans d'humidité modérée). Pour les 14 ans restants, on a 11 ans de sécheresses modérées et 3 ans de sécheresse forte.

La station de Guelma : sur les 25 ans, elle présente 11 ans humides (soit 1 ans d'humidité extrême, 5 ans d'humidité forte et 5 ans d'humidité modérée). Pour les 14 ans restants, on a 9 ans de sécheresses modérées et 5 ans de sécheresse forte.

Il est important de noter qu'aucune des quatre stations étudiées n'a enregistré de périodes de sécheresse extrême (SE) durant les 25 ans.

Comme conclusion nous pourrions 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

Tableau 34: Calcul des indices de sécheresse

Chapitre IV : Caractérisation de la sécheresse météorologique

		Constantine		Sétif		Batna		Guelma	
Indice	classe	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%
EM	H	09	36%	12	48%	11	44%	11	44%
	S	16	64%	13	52%	14	56%	14	56%
IP	H	09	36%	12	48%	11	44%	11	44%
	S	16	64%	13	52%	14	56%	14	56%
AF	TS	04	16%	04	16%	04	16%	04	16%
	S	05	20%	05	20%	05	20%	05	20%
	N	07	28%	07	28%	07	28%	07	28%
	H	05	20%	05	20%	05	20%	05	20%
	TH	04	16%	04	16%	04	16%	04	16%
SPI	HE	-	-	02	08%	02	8%	01	4%
	HF	06	24%	-	-	01	4%	05	20%
	HM	03	12%	10	40%	08	32%	05	20%
	SM	11	44%	10	40%	11	44%	09	36%
	SF	05	20%	03	12%	03	12%	05	20%
	SE	-	-	-	-	-	-	-	-

Conclusion

Conclusion

CONCLUSION GENERALE

L'analyse de la pluviométrie dans notre zone d'étude nous a conduit à formuler diverses observations, à savoir :

La pluviométrie de notre région est fortement influencée par sa localisation géographique.

La progression est réalisée à l'aide d'une pluviométrie de 546,20mm pour la station de Guelma. Elle se déplace vers Sétif avec 388,58 mm puis grimpe à Constantine avec 487,54 mm, et enfin se dirige vers Batna où elle mesure 333,83 mm.

Dans la zone de Batna, on observe les valeurs minimales, moyennes et maximales les plus faibles. Par conséquent, on peut la considérer comme une région semi-aride par rapport aux autres régions. La zone de Guelma a noté le pic le plus haut.

L'étude de la moyenne mensuelle a mis en évidence deux phases distinctes : l'une sèche et l'autre humide.

L'étude des moyennes mensuelles a révélé un décalage dans les mois des saisons, ce qui nous permet de qualifier ces saisons de précoces, car elles ne coïncident plus avec la référence définie pour un climat méditerranéen. Les saisons (hiver, printemps, automne et été) se mêlent les unes aux autres.

L'analyse des divers indices indique que nous sommes confrontés à un climat irrégulier, caractérisé par deux saisons prédominantes. L'amplitude de la variation de la pluviométrie est considérable. L'extrême peut survenir à n'importe quel moment de l'année : que ce soit en période d'humidité ou de sécheresse, chacune peut atteindre un niveau de gravité très élevé.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ANRH. (2019). *Rapport hydrologique et inventaire des ressources en eau de la wilaya de Batna*. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Alger.

ANRT. (2020). *Rapport sur l'aménagement et la régulation territoriale de la wilaya de Constantine*. Agence Nationale de la Régulation Territoriale, Alger.

ANIREF. (2018). *Monographie de la wilaya de Sétif*. Agence Nationale de l'Intermédiation et de la Régulation Foncière, Alger.

CFC. (2020). *Rapport statistique sur le patrimoine forestier de Constantine*. Conservation des Forêts de Constantine.

Dagnelie, P. (1970). *Théorie et méthodes statistiques* (Vol. 2). Presses Agronomiques de Gembloux.

DCT. (2023). *Rapport sur le développement touristique de la wilaya de Constantine*. Direction de la Culture et du Tourisme.

Désiré, E. (1975). Recherches statistiques sur les précipitations en Picardie. *Hommes et Terres du Nord*, 2, 5-12.

Diarra, D. (2006). *Contribution à l'étude hydro climatique d'un transept Nord-Sud Khadra – Ammi Moussa Algérie* [Mémoire d'ingénieur]. Centre Universitaire de Mostaganem.

DPAT. (2020). *Monographie de la wilaya de Guelma*. Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, Guelma.

DPAT. (2021). *Monographie de la wilaya de Batna*. Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, Batna.

DPAT. (2023). *Monographie de la wilaya de Constantine*. Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, Constantine.

DPAT. (2024). *Monographie de la wilaya de Sétif*. Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, Sétif.

Références bibliographiques

DRE. (2023). *Rapport technique sur l'état des ressources en eau*. Direction des Ressources en Eau, Sétif.

DTOW. (2020). *Rapport d'activité et potentialités touristiques de la wilaya de Sétif*. Direction du Tourisme et de l'Artisanat, Sétif.

El Mahi, A. (2002). *Déficit pluviométrique des dernières décennies en Algérie du Nord et son impact sur les ressources en eau* [Mémoire de magister]. Centre Universitaire de Mascara.

Habbouchi. (2018). *Étude et analyse des précipitations annuelles et mensuelles dans la région d'Oran* [Thèse de master]. Université de Mostaganem.

ONM. (2024). *Données climatologiques de la station de Batna (période d'étude)*. Office National de la Météorologie, Alger.

ONM. (2024). *Données climatologiques de la station de Constantine (période d'étude)*. Office National de la Météorologie, Alger.

ONM. (2024). *Données climatologiques de la station de Sétif (période d'étude)*. Office National de la Météorologie, Alger.

ONS. (2023). *Données statistiques de la wilaya de Constantine*. Office National des Statistiques, Alger.