

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**

**Université de Saad Dahleb (Blida)**  
**Faculté des sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Biotechnologie**

**Mémoire de fin d'étude**

En vue de l'obtention du diplôme de

**Master en sciences Agronomiques**

**Option : Sol, Eau et Environnement**

**Thème**

**Homogénéisation des données pluviométriques**

**Réalisée : Mebarki Amina**

**Jury :**

Président : Dr Zella L. Professeur Blida 1  
Promotrice : Dr Smadhi D. Maître de recherche 'A' INRA, Alger  
Examineur : Mr Bachir H. Attaché de recherche, INRA, Alger

**Année : 2017**

## REMERCIEMENTS

**Mes plus vifs remerciements** s'adressent plus particulièrement

A ma promotrice, le Docteur Smadhi D. Maître de Recherche. Ici malgré la charge de Son emploi du temps et les conditions difficiles de travail, ma guidée pas à pas dans le présent Travail en me prodiguant directives et recommandations. Grâce à son aide et à ses encouragements, J'ai pu approcher l'objectif fixé dans cette étude.

- Au Professeur Zella L., le chef d'option qui m'a guidé pendant 3 ans.
- A Monsieur Bachir H. examinateurs, qui ont bien voulu m'honorer de leur présence à cette soutenance.

## **DEDICACES**

Je dédie ce travail

A

Toute ma famille mes parents, mes frères et mes sœurs, mes neveux Aya, Sami,

Anes, Baraa, mes manières, Mohamed, Sid Ali, Mounir, Fatma Zohra, Wael,

Amine, Dayaa aldine, qui ma également toujours encouragée à aller de

L'avant pour une vie meilleur.

Mon marie quima encouragée pour termine cette mémoire.

Ma belle famille et toute mes amies.

# SOMMAIRE

- Dédicace
- Remerciement
- Résumé
- Introduction

## Chapitre I : Synthèse Bibliographie

### 1- La répartition du Agro-climatique :

1-1Climat.....	4
1-2-Biogéographie.....	4
2- Aperçu du climat en Algérie.....	4
3- La précipitation.....	5
4- Origine de la précipitation.....	5
5- Les caractéristiques de la précipitation.....	5
6- Les types de précipitations.....	5
6-1-Précipitation de convection.....	5
6-2-Précipitation orographique.....	6
6-3-Précipitation cyclonique.....	6
7- La variabilité des précipitations en Algérie.....	6
8- Mesure de la précipitation.....	6
9- Le changement climatique.....	7
10- Le changement climatique à la région méditerranéenne.....	7
11- Le changement climatique en Algérie.....	7
12- Les effets de changement climatique sur l'agriculture.....	8
13- La variabilité climatique.....	9
14- L'effet de l'altitude.....	9
15- Les lacunes dans une série pluviométrique.....	10

## SOMMAIRE

16- Les méthodes de comblement des lacunes.....	11
16-1- La régression linéaire.....	11
16-2- La régression linéaire simple avec R.....	11
16-3- La régression polynomiale locale.....	12
16-4- La régression linéaire pas à pas.....	12
16-5- La méthode de simple masse.....	12
16-6- La méthode de double cumul.....	13
16-7- Les méthodes testées pour le comblement des lacunes de pluie journalière.....	13
16-8- Méthode de comblement des données de précipitation quotidienne (la méthode de local Scaling).....	13
16-9- Vecteur des indices annuels de précipitation.....	14
16-10- Méthode de Vecteur Régionale.....	14
16-11- La méthode de moindre carrée.....	15
16-12- Les méthodes statistiques.....	15
16-13- Méthode manuelle.....	15
16-14- Méthode automatique.....	15
16-15- La méthode d'homogénéisation.....	15
16-16- La méthode des rapports.....	16
17- Les erreurs dans une série pluviométrique.....	17
17-1- Les erreurs aléatoires (accidentelles).....	17
17-2- Les erreurs systématiques.....	17

## Chapitre II : Matériel et Méthode

### 1- La Région D'étude.

1-1-Le choix de la région d'étude.....	20
1-2-La situation Géographique.....	20
1-3-Le relief.....	21
1-4-L'Agriculture.....	21
1-5-Le sol.....	21
1-6-Les ressources en eau.....	21
1-6-1-Les ressources en eau superficielles.....	21
1-6-2-Les ressources en eau souterraines.....	22
1-7-Le Climat.....	22

### 2-La pluie

2-1- Préparation des données.....	22
2-2- La méthode de comblement des lacunes.....	23
2-3- Les paramètres de dispersion.....	23

## Chapitre III : Résultat et Discussion

1-Descriptions des stations pluviométriques.....	25
1-1-Les pourcentages des ruptures dans la région.....	29
2-Comblement des lacunes.....	30
2-1-Répartition des précipitations annuelles à l'échelle régionale.....	30
2-2- La répartition spatio-temporelle des précipitations annuelles décennales.....	30
2-3- La répartition mensuelle à l'échelle régionale.....	34
2-4- La répartition de la précipitation annuelle à l'échelle temporelle.....	35
2-5- La répartition de la précipitation mensuelle à l'échelle temporelle.....	38
2-6- La répartition de la précipitation saisonnière à l'échelle temporelle.....	42

## SOMMAIRE

<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>47</b>
<b>Synthèses Bibliographique.....</b>	<b>49</b>

### Liste du tableau

<b>Tableau 1 : Classement des pays à risques de changement climatique.....</b>	<b>8</b>
<b>Tableau 2 : Répartition Géographique des wilayas composant la région d'étude.....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 3 : le déficit de la précipitation au niveau de la wilaya de Guelma, période 1970-2004.....</b>	<b>27</b>
<b>Tableau 4 : le déficit de la précipitation au niveau de la wilaya de Mila, période 1970-2004.....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau 5 : le déficit de la précipitation au niveau de la wilaya de BBA, période 1970-2004.....</b>	<b>28</b>
<b>Tableau 6 : Evolution des pluies moyennes annuelles (mm) par décennie dans la région d'étude.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 7 : La variabilité des précipitations annuelles des wilayas exprimées par l'évolution statistique.....</b>	<b>33</b>

### Liste des figures

<b>Figure 1 : : Représentation d'une série de précipitation, cas de Guelma, période (1970-2004).....</b>	<b>25</b>
<b>Figure 2 : Représentation d'une série de précipitation, cas de Mila, période (1970-2004).....</b>	<b>26</b>
<b>Figure 3 : Représentation d'une série de précipitation, cas de BBA, période (1970-2004).....</b>	<b>26</b>
<b>Figure 4 : Les Pourcentages des ruptures dans la région .....</b>	<b>29</b>
<b>Figure 5 : Répartition des précipitations annuelle à l'échelle spatiale à la période (1970-2004).....</b>	<b>30</b>
<b>Figure 6 : Répartition de la précipitation moyenne mensuelle dans la région à la période (1970-2004).....</b>	<b>36</b>
<b>Figure 7 : La répartition de la précipitation annuelle de la wilaya du Sétif à la période (1970-2004).....</b>	<b>35</b>
<b>Figure 8 : La répartition de la précipitation annuelle de la wilaya du Constantine à la période (1970-2004).....</b>	<b>36</b>

## SOMMAIRE

<b>Figure 9</b> : La répartition de la précipitation annuelle de la wilaya du Guelma à la période (1970-2004).....	37
<b>Figure 10</b> : La répartition de la précipitation annuelle dz la wilaya du Mila à la période (1970-2004).....	37
<b>Figure 11</b> : La répartition de la précipitation annuelle de wilaya du Bordj Bou Arreridj à la période (1970-2004).....	38
<b>Figure 12</b> : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Sétif à la période (1970-2004).....	39
<b>Figure 13</b> : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Constantine à la période (1970-2004).....	40
<b>Figure 14</b> : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Guelma à la période (1970-2004).....	40
<b>Figure 15</b> : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Mila à la période (1970-2004).....	41
<b>Figure 16</b> : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Bordj Bou Arreridj à la période (1970-2004).....	42
<b>Figure 17</b> : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Sétif.....	43
<b>Figure 18</b> : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Constantine.....	44
<b>Figure 19</b> : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Guelma.....	44
<b>Figure 20</b> : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Mila.....	45
<b>Figure 21</b> : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Bordj Bou Arreridj.....	46

### Liste abréviation

**ANDI** : Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

**A.P.E** : Agence des eaux potables.

**BB** : Bordj Bou Arreridj.

**E** : Est.

**G** : générale.

**N** : Nord.

**M** : moyenne.

**G** : générale.

**SAU** : Surface Agricole Utile.

**SAT** : Surface Agricole Totale.



## Résumé

Notre étude porte sur l'évolution des séries pluviométriques dans la région des hauts plateaux de l'Est algérien, semi-aride, représenté par les wilayas de Sétif, de Constantine, de Guelma, de Mila et de Bordj Bou Arreridj. Ces séries considérées sur la période allant de (1970-2004) sont contaminées par des lacunes qui peuvent interférer avec les variations réelles du climat. La détection et la correction des lacunes ont été réalisées, par la méthode des rapports. Cette méthode appuyée par des analyses statistiques, nous a permis de construire des bases de données pluviométriques qui ont servi à analyser l'évolution pluviométrique dans le temps et dans l'espace.

**Mots clés : semi-aride, précipitation, homogénéisation des données, la précipitation, méthode des rapports.**

## Summary

Our study focuses on the evolution of rainfall series in the Algerian, semi-arid eastern Algeria, represented by the Wilayas of Sétif, Constantine, Guelma, Mila and Bordj Bou Arreridj. These series considered during the 1970-2004 period are contaminated by gaps that can interfere with actual climate variations. Detection and correction of shortcomings were carried out using the ratio method. This method, supported by statistical analyzes, allowed us to build rainfall databases that were used to analyze the rainfall evolution over time and in space.

**Keywords: semi-arid, precipitation, data homogenization, precipitation, method of reporting.**

## الملخص

تركز دراستنا على تطور سلسلة هطول الأمطار في المناطق الجزائرية وشبه القاحلة الشرقية، ممثلة في ولايات سطيف وقسنطينة ووقالمة وميلة وبرج بوعريريج. وهذه السلاسل التي تم النظر فيها خلال الفترة 1970-2004 ملوثة بفجوات يمكن أن تتداخل مع الاختلافات المناخية الفعلية. وقد تم الكشف عن أوجه القصور وتصحيحها باستخدام طريقة النسبة. وقد سمحت لنا هذه الطريقة، التي تدعمها التحاليل الإحصائية، ببناء قواعد بيانات عن هطول الأمطار استخدمت لتحليل تطور هطول الأمطار على مر الزمن وفي الفضاء.

**الكلمات الرئيسية: شبه القاحلة، الأمطار، تجانس البيانات، طريقة النسبة.**

*Introduction Générale*

## Introduction Générale

Les données pluviométriques mesurées directement sur le terrain par les services météorologiques nationaux, ont l'avantage de fournir souvent de longues séries d'observations indispensables à la détection des changements climatiques. Mais, ces séries montrent parfois, la présence de valeurs manquantes ou lacunes. Les lacunes peuvent être la conséquence de différents problèmes d'enregistrements, comme une défaillance mécanique dans le cas des pluviomètres automatiques, une absence temporaire d'observateurs dans le cas de pluviomètres manuels ou encore l'arrêt temporaire et/ou définitif de la mesure. Ces lacunes prennent une importance considérable dans les régions où la densité de pluviomètres, est faible, c'est le cas de la plupart des pays africains.

Pour traiter notre thème, le travail a été divisé en trois parties. La première partie est consacrée à la recherche bibliographique sur les éléments qui forment notre étude (la précipitation, les méthodes de comblement des lacunes). La deuxième partie, expose la méthodologie d'approche et la troisième partie est consacrée à l'analyse de la pluviométrie dans la région des hautes plaines semi-aride (Sétif, Constantine, Guelma, Mila, Bordj Bou Arreridj). L'objectif d'étude c'est l'homogénéisation des séries de données pluviométriques par la méthode des rapports et la construction des bases de données qui permettent d'analyser les précipitations dans le temps et dans l'espace.

***Chapitre I : Synthèse Bibliographie***

## 1- Répartition Agro- Climatique

### 1-1-Climat

Le climat est le facteur physique le plus prépondérant qui conditionne l'évolution biogéographique, physiologique et agro-climatique des plantes. Pour mettre en évidence les rapports plante-climat en région semi-arides caractérisées par les conditions climatiques variables et aléatoires, il est important d'étudier les climats de manière statistiques en considérant celui-ci en tant que facteur géographique doté de caractère définis et uniformes (Koteswaram, 1974).

Cependant, la localisation géographique et la diversité des facteurs de l'environnement (pente, relief, exposition) font que le climat se manifeste à plusieurs échelles topographiques et spatiales, qu'il faudrait prendre en compte. Parmi les échelles spatiales, notons le macroclimat. Le climat peut présenter des dimensions non seulement spatiales, mais aussi temporelles et donc peut exercer un effet très distinct sur le fonctionnement des cultures au cours des cycles agricoles.

### 1-2-Biogéographie

La répartition biogéographique des cultures en fonction des facteurs géographique (latitude et altitude) se distinguent à travers les tendances générales du climat (Seltzer, 1949 ; Emberger, 1955).

## 2-Aperçu du climat en Algérie

L'Algérie présente un climat de type méditerranéen, extra tropical tempéré, caractérisé par une longue période de sécheresse estivale (3 à 4 mois sur le littoral, 5 à 6 mois au niveau des hautes plaines et plus de 6 mois au niveau de l'atlas Saharien). Cette caractéristique est due essentiellement, à l'influence de trois paramètres conjuguée : la mer, le relief et l'altitude

Le climat Nord algérien comme précité est de type méditerranéen; ce climat peut être observé en Europe occidentale où les phénomènes météorologiques ont leurs sources à l'extérieur (à des milliers de kilomètres), le type de climat est dans ce cas dit «dépendant » et en Californie où le climat résulte de facteurs liés au milieu local. Dans l'Est algérien comme en Californie et à la différence de l'Europe occidentale, le climat est régi par la structure du flux en altitude, mais à l'opposé de la Californie, la structure des courants n'est pas une conséquence intrinsèque à la région en elle-même ; elle est plutôt la conséquence de mécanismes toujours

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique.

lointains, réalisés soit sur l'Atlantique, soit en abordant la Méditerranée (Pédelaborde et Delanoy, 1958).

### 3- La précipitation

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée, blanche, givre) (Brahmi, 2014).

### 4- Origine de précipitation

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

### 5- Les caractéristiques de la précipitation

Les caractéristiques d'une précipitation dépendent à la fois des propriétés de l'air soulevé et des mécanismes de soulèvement. Les pluies les plus intenses surviennent quand l'apport d'humidité est élevée quand la structure thermique de l'air favorise les courants d'air ascendants. L'approvisionnement en humidité et la nature de la plupart de mécanismes, varient avec les saisons, de même le caractère de la précipitation suit ces variations dans la plupart des régions (Gordon et McKay, 1968).

### 6- Types de précipitations

#### 6- 1- Précipitation de convection

Le système convectif apparaît lorsque deux masses d'air de températures différentes entre en contact, plus particulièrement une masse d'air froide recouvrant un sol plus ou moins chaud. Lorsque, les basses couches sont chauffées par les radiations solaires, l'air se dilate, s'allège et s'élève sous l'effet de la poussée d'Archimède. Il s'élève ainsi, en se refroidissant jusqu'au niveau de condensation, altitude à laquelle se forme la base du nuage. Celui-ci peut atteindre des altitudes de l'ordre de 12 km pour les situations les plus convectives (Roche, 1963).

### 6-2-Précipitation orographiques

La présence d'un relief sur la trajectoire d'une masse d'air provoque son élévation. Le refroidissement induit, peut entraîner la formation d'une couverture nuageuse et déclencher des précipitations (Roche, 1963).

### 6-3-Précipitation cycloniques

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

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

### 7-La variabilité des précipitations en Algérie

Les précipitations diminuent du nord au sud et d'Est en Ouest. Les moyennes pluviométriques annuelles sur 32 ans varient de moins de 31 mm dans les régions sahariennes à plus de 822 mm dans certaines localités du nord. Cette variation dépend de la latitude, de la continentalité et du relief.

La partie Nord de l'Algérie son pluviométrie annuelle atteint 284 mm à l'Ouest, 611 mm au centre, 657 mm à l'Est à les chaînes de l'Atlas tellien où l'on enregistre sur les sommets orientaux des totaux variant de 800 à 1 600 mm, alors que les valeurs s'abaissent vers le centre (600 à 1 000 mm) et vers l'ouest (600 mm) (Meddi et Meddi, 2002).

### 8-Mesure de la précipitation

La précipitation est mesurée par le pluviomètre. Le pluviomètre est un instrument, qui comptabilise les quantités de précipitations tombant sur une surface donnée. Le but de mesurer la précipitation est obtenir des valeurs, qui soient représentatives d'un lieu donnée (Gordon et McKay, 1968).

### 9-Le changement climatique

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres. Selon CCNUCC (2007, 2013), les changements climatiques sont attribués directement ou indirectement, à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale, contribuant à la variabilité naturelle du climat actuel.

### 10-Le changement climatique en région méditerranéenne

Il est aujourd'hui, largement reconnu que la région Méditerranéenne est un « hot spot » du changement climatique. Selon le GIEC (2007) une hausse des températures de 2 à 3°C est à prévoir en région méditerranéenne à l'horizon 2050, et de 3 à 5°C à l'horizon 2100. Les précipitations estivales, pourraient diminuer de 35 % sur la rive sud et de 25 % sur la rive nord d'ici la fin du siècle (Giorgi, 2007). Les pays méditerranéens sont déjà confrontés à d'importants problèmes de stress hydriques, de désertifications, de pertes de biodiversités et d'évènements climatiques extrêmes tels que, les inondations et les sécheresses. Le changement climatique se traduira très probablement par une aggravation de ces problèmes, entraînant des pertes humaines et économiques considérables (Anthon, 2015).

### 11-Le changement climatique en Algérie

L'Algérie figure parmi les pays à forts risques de changement climatiques. C'est ce que révèle le rapport de l'université des Nations unies pour l'environnement et la sécurité humaine.

Avec un indice de 7,63 % de vulnérabilité, l'Algérie se situe au top 50 des pays à risque. Baptisé le World Risk Index (WRI), cet indice est calculé en se basant sur les facteurs naturels, tel que les séismes, les inondations et les sécheresses, sur la prédisposition du pays à être touché par une catastrophe, les capacités à faire face et enfin, la stratégie d'adaptation (Amokrane, 2017).



**Tableau 1. Classement des Pays à Risques de changements climatiques**

<b>Les pays Risques</b>	<b>Les Indices</b>
<b>Vanuatu</b>	36.50%
<b>Philippines</b>	28.25%
<b>Tonga</b>	28.23%
<b>Guatemala</b>	20.68%
<b>Bangladesh</b>	19.37%
<b>Solomon Islandes</b>	19.18%
<b>Costa Rica</b>	17.33%
<b>El Salvador</b>	17.12%
<b>Cambodia</b>	17.12%
<b>Papouasie-Nouvelle-Guinée</b>	16.74%

**Source ; Amokrane, 2017**

### **12- effets de changement climatique sur l'agriculture**

Selon la FAO(2013), les changements du climat se manifestent par une augmentation de la température moyenne, des changements dans les régimes de pluies et dans la disponibilité de l'eau. Ces modifications du climat, ont des impacts profonds sur l'agriculture, la sylviculture et la pêche

Selon une étude prospective réalisée au Maroc, la réduction des précipitations et l'augmentation des températures tendent à augmenter progressivement l'aridité entraînant ainsi, des effets négatifs sur les rendements agricoles (FAO, 2013).

Une autre étude réalisée au Brésil, a démontré que les changements climatiques peuvent avoir des impacts dramatiques sur différentes cultures, indépendamment de leur répartition géographique.

Les effets du changement climatique sur l'agriculture ne sont pas seulement négatifs. Des températures supérieures sont un facteur de stress pour les plantes, mais elles peuvent également allonger la période de croissance et permettre un plus large choix de cultures. Une concentration supérieure en CO<sub>2</sub> peut accélérer la croissance. Mais par ailleurs, les maladies

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique.

peuvent se diffuser plus rapidement sous un climat plus doux. L'agriculture possède une grande faculté d'adaptation : de nouvelles variétés peuvent supporter d'autres conditions, une bonne gestion du sol peut combattre le stress hydrique. Pour l'agriculture, dans des régions à climat plus tempéré, le changement climatique peut même s'avérer avantageux.

Toutefois, dans les régions (sub)tropicales, les conséquences du changement climatique pour l'agriculture, sont toujours catastrophiques. Moins de pluies et de sécheresses, ou inversement, de fortes pluies et une érosion des sols occasionneront de graves dégâts dans l'agriculture.

### 13- La variabilité climatique

La variabilité climatique désigne des variations par rapport à l'état moyen. Il peut être exprimé par les paramètres statistiques tels que les écarts standards, les coefficients de variations, la variance et du climat à toutes les échelles de temps et d'espace. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe) (ONERC, 2007).

### 14- l'effet de l'altitude

Le régime pluviométrique d'une région est déterminé par les traits géographiques, orographiques, les principaux paramètres climatiques qui varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition. La tranche pluviométrique est dépendante de la position des principaux reliefs par rapport à la mer donc aux vents humides. Elle diminue d'est en ouest et du nord vers le sud, elle est importante sur les versants nord et sur les sommets élevés. L'influence de la mer, le compartimentage du relief imposent des nuances aux rythmes des précipitations (Brahim, 2014).

L'influence de l'altitude sur la distribution géographique des précipitations est variée. Il y a une hausse des précipitations en fonction de l'altitude dans les stations exposées aux flux pluvieux, avec une variation du gradient de l'Ouest vers l'Est. Quoi qu'il en soit, l'altitude n'est pas toujours le facteur le plus important dans la distribution géographique des précipitations. D'autres facteurs tels que la distance de la station par rapport au sommet, la position du relief par rapport à la mer, la morphologie de l'orographie jouent aussi un rôle important (Madjerab et Henia, 2005).

### 15-Les lacunes dans une série pluviométrique

Les séries des données de pluie annuelles sont souvent incomplètes.

Le manque de la donnée dans une station peut être dû à une panne de l'appareil, absence de l'observation, arrêt de la station.

Dans le cas le plus simple, on peut procéder par le comblement d'une lacune de pluie journalière et remplacer la pluie manquante par celle observée à la station la plus proche. Il faut vérifier la position en altitude des deux stations ou estimer la pluie manquante par la moyenne des pluies des stations voisines. Cette méthode est fiable lorsque les précipitations ne sont très irrégulières d'un poste à l'autre, une différence de 10% est tolérable, ou méthode basée sur la tendance annuelle des pluies observée à l'échelle régionale (Serhir, 2013).

### 16-Les méthodes de comblement des lacunes

#### 16-1-La régression linéaire

Un modèle de régression linéaire, est défini par une équation de la forme :

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (2,19)$$

- Y est un vecteur aléatoire de taille n; il s'agit du vecteur d'observations de la variable d'intérêt Y sur n individus de la population.
- X est une matrice de taille  $n \times p$ ; sa colonne j est le vecteur des observations de la variable explicative  $Y_j$  sur les individus.
- $\beta$  est un vecteur de taille p des p paramètres inconnus à estimer.
- $\varepsilon$  est un vecteur de taille n constitué des erreurs, inobservables (Taka Soh, 2013).

#### 16-2-La régression linéaire simple avec R

R est un logiciel libre et gratuit et un langage de traitement statistique. Le langage R (R développement Core Team, 2013) est dit orienté objet comme Python ou Ruby. Un des avantages de R réside dans la possibilité de communiquer des scripts par écrit, car le plus souvent on l'utilise en mode console. Cela évite de se soucier des problèmes techniques produits par la variété de versions des systèmes d'exploitation et d'avoir recours à des copies

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique.

d'écrans, mais permet surtout de communiquer des calculs et des analyses statistiques en quelques lignes de texte (Cornillon, 2010).

### 16-3-La régression polynômiale locale

Soient  $D$ , un domaine géographique tel que  $D \subset \mathbb{R}^3$ ,  $s_1, s_2, \dots, s_n \in D$ , des sites d'observation d'une variable réelle spatiale  $Z$ . On a ainsi observé :  $z_1 = Z(s_1) \in \mathbb{R}$ , ...,  $z_n = Z(s_n) \in \mathbb{R}$  (Abekwe, 2014).

### 16-4-La régression linéaire pas à pas

C'est le cœur de la chaîne méthodologique, qui suppose le développement du modèle d'estimation des précipitations de la station cible construit via une RLM pas à pas ascendante, cette méthode consiste à intégrer les prédicteurs un à un dans le modèle tout en vérifiant la qualité de la régression en s'appuyant sur les coefficients de détermination ( $r^2$ ) et en minimisant les résidus. Le modèle intègre le premier prédicteur qui est simplement celui qui a la plus forte corrélation avec le prédicteur. Ensuite, il continue à intégrer de nouveaux prédicteurs qui aident à améliorer la prévision du prédicteur tant que l'amélioration de cette prévision reste significative. L'ajout de nouveaux prédicteurs stoppe lorsque le gain, en termes de coefficient de détermination, entre deux itérations de la procédure, est non significatif (selon le test de Fisher, avec un seuil de confiance de 95 %). Dans le but de limiter l'apport d'information redondante dans le modèle, le nombre maximum de prédicteurs pouvant être introduit dans le modèle RLM est fixé ici à 5 (ce nombre maximal de prédicteurs a été déterminé à partir de tests de cohérence spatiale non montré ici (Boyard-Micheau et Camberlin).

### 16-5-la méthode de simple masse

Elle consiste à représenter le cumul des pluies annuelles enregistrée à la station à contrôler en fonction des années. Le linéaire du graphique est un indice d'homogénéité. L'hétérogénéité de la série se traduit par un changement de pente indiquant année de l'hétérogénéité (Serhir, 2013).

### 16-6-La méthode des doubles cumuls

Le but de cette méthode c'est de confirmer ou d'infirmier l'existence d'une hétérogénéité au sein d'une série pluviométrique d'une station donnée.

L'utilisation de cette méthode requiert la disponibilité d'une station de référence dite station témoin (X) dont les valeurs sont supposées complètes et homogènes, avec lesquelles on va comparer les valeurs de la station qu'on veut contrôler (Y), il est à noter que la comparaison ne se fait pas entre les valeurs observées mais entre leur cumul; un effet de lissage est obtenu au cours de la comparaison, en fonction de la variable temps choisie (année, saison, mois, décade) (Farah, 2014).

### 16-7-Les méthodes testées pour le comblement des lacunes de pluie journalières

Il existe deux méthodes ont été testée pour le comblement des lacunes de pluie journalières

Exercice difficile et rarement précisément décrit. La première consiste en une multi

Corrélation classique entre stations d'une même zone climatique ce qui donne des

Coefficients  $R^2$  très faibles dans tous les cas ( $R^2_{max} = 0.35$  et  $R^2_{moyen} = 0.18$ ). Ceci est

Principalement due au fort éloignement entre les stations et à l'étroitesse des lignes de grain.

La seconde méthode est fondée sur la complémentarité de deux approches différentes. Les corrélations ne sont cette fois réalisées que pour les mois de novembre à mars, c'est-à-dire les mois de faible pluviométrie. Dans ce cas présent on peut combler les lacunes en gardant comme critère limite un coefficient  $R^2 > 0.6$ . Les lacunes restantes seront comblées via une méthode fondée sur une distribution statistique (Roudier, Gil, 2010).

### 16-8-Méthode de comblement des données de précipitation quotidienne

#### 16-8-1-La méthode de "Local Scaling"

Initiée par Widmann et Bretherton (2003) la méthode dite de "Local Scaling" (LOC) est employé pour calibrer les pluies saisonnières de sortie de modèle.). Des études récentes (Moron et al, 2008) ont adapté la méthode LOC pour corriger les lacunes au sein des enregistrements journaliers de pluie observée par le calibrage préalable des données journalières de ré analyses. Le principe de cette technique de calibrage des pluies suggère que

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique.

l'information contenue dans un cumul de précipitations est la somme de deux éléments : la fréquence des pluies et l'intensité des précipitations (Widmann et Bretherton, 2003).

### 16-9-Vecteur des indices annuels de précipitation

Vecteur des indices annuels de précipitation (Hibz, 1977 puis Brunbt-Morbt, 1979). Cette méthode ressemble à la classique méthode des doubles cumuls (double mass analysis), cependant, ici, les cumuls annuels ne sont pas comparés un h un aux autres stations, mais à un seul indice moyen calculé à partir de toutes les observations annuelles disponibles à toutes les stations d'une région homogène. La série des indices annuels est appelée "vecteur régional"(Zurich, 1986).

### 16-10-Méthode du Vecteur Régional (BRUNET-MORET, 1977)

Cette méthode (MVR) est un modèle simple qui permet de représenter les informations pluviométriques d'une station par une séquence d'indices annuels, représentatifs des précipitations dans la région, et par des coefficients caractéristiques de chaque poste d'observation (G. Hiez. 1986 ; G. Hiez et al. 1992). Pour chaque station pluviométrique est calculé un indice, rapport de la pluie annuelle sur la pluie annuelle moyenne, donc supérieur à un lorsque l'année est excédentaire et inférieur à un lorsqu'elle est déficitaire. La moyenne des indices obtenus pour l'ensemble des stations constitue la valeur représentative de la zone d'étude considérée (Z.A. Trabi, 2013). La série des indices annuels représentatifs est appelée vecteur régional, car elle prend en compte l'information d'une région supposée climatiquement homogène (G. Mahé et Y. L'hote, 1995).

Deux méthodes sont couramment utilisées pour appliquer le vecteur régional : la méthode de G. Hiez (1977) et celle d'Y. Brunet-Moret (1979). La première est basée sur le mode (valeur la plus fréquente) ; la seconde sur la moyenne, en éliminant les valeurs trop particulières, afin d'éviter de contaminer les estimations par des données manifestement erronées (Z.A. Trabi, 2013). Pour cette étude, considérant que la moyenne est le meilleur estimateur (Z.A. Trabi, 2013), c'est la méthode de Brunet-Moret qui a été retenue.

Mise en œuvre à l'aide du logiciel Hydraccess (P. Vauchel, 2000 et 2004), cette méthode permet de combler les lacunes par des données calculées. La validation des résultats a été effectuée par une régression linéaire entre les données observées et celles calculées, en utilisant le test de FISHER (F test) (Brunet et Moret, 1977).

### **16-11-La méthode de moindre carrée**

La méthode de moindre carrée a été utilisée pour combler des données manquantes dans les séries, elle s'effectue par le calcul de régression multiple de type linéaire entre les séries lacunaires et les séries dans stations complètes environnantes aux latitudes semblables et quasi immédiates (Doukpolo, 2007).

### **16-12-les méthodes statistiques**

Les méthodes statistiques ont pour intérêt d'analyser l'organisation de l'espace géographique sur le plan pluviométrique ou hydrologique. C'est dans cette optique que Bouroche et Saporta (1980), cités par Houndénou (1999) et Vissin (2001), ont montré l'importance des techniques statistiques qui donnent un aperçu général des paramètres météorologiques et mettent en relief les liaisons, les ressemblances et les dissemblances qui existent entre les données de différentes stations (Doukpolo, 2007).

### **16-13-Méthode manuelle**

La connaissance des conditions météorologiques permet de combler manuellement certaines lacunes. Les valeurs complétées sont marquées afin de pouvoir comprendre par la suite comment elles sont apparues et, plus tard encore, de les remettre en question (Louameri, 2013).

### **16-14- Méthode automatique**

Les lacunes temporelles relativement brèves à une station sont automatiquement comblées par interpolation. Les données sont également marquées. L'importance admissible de la lacune dépend du paramètre mesuré. Pour la pression atmosphérique, des lacunes plus conséquentes peuvent être réparées automatiquement, ce qui n'est pas le cas des précipitations : en effet, la pression atmosphérique varie moins dans le temps et l'espace que les précipitations (Louameri, 2013).

### **16-15- La méthode d'homogénéisation**

La méthode de Rosenberg (1969) en Palestine reprise par Heusch (1970) au Maroc à l'échelle régionale expliquant la répartition des précipitations dans l'espace en fonction des facteurs climatiques, géographique et topographique. La formule est de type :

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique.

$$P= a*H-b*D+c*L+d*I+e*S$$

P= Précipitation moyenne en mm.

H= Altitude en m.

L= Latitude.

I= Longitude.

S= pente du versant en m/m.

Nous constatons que tous les calculs sont basés sur la méthode de la régression Multiple. Cette méthode permet de rapprocher au mieux des séries de donnée appartenant à plusieurs variables considérées pour plusieurs stations. Les stations sont aussi voisines que possible, car l'efficacité de l'ajustement dépend de la corrélation entre les stations. En effet, une station située en moins de 80 km et jouissant d'une même régime climatique offre des conditions requises (Smadhi, 2002).

### 16-16- La méthode des rapports

Méthode des rapports (1952) citée par Halimi (1980) et Branucci et al (1998), cette méthode prend en considération deux stations voisines dont l'une représente la série complète comme série de référence pour interpoler les valeurs manquantes de la série incomplète. La relation est de type :

$$Pa= Pb*Na/Nb$$

Pa= Précipitation manquante.

Pb= Précipitation de la station référence.

Na et Nb= Moyenne des périodes communes aux stations considérés.

Le principe est basé sur la comparaison des données au sein de la même série ou bien aux séries des stations voisines. Celles-ci sont comparées sur la base des caractéristiques des méthodes classiques statistiques (Smadhi, 2002).



### **17-Les erreurs dans une série pluviométrique :**

Il y'a deux types d'erreur dans la série pluviométrique les erreurs aléatoires et les erreurs systématiques :

#### **17-1-Les erreurs aléatoires (accidentelles)**

Elles affectent la précision des données et sont non corrélées. Ce type d'erreur est dû à des raisons nombreuses et variées, généralement inconnues, affectant différemment chaque mesure individuelle. Généralement on considère que ces erreurs sont les réalisations d'une variable aléatoire normale centrée en 0 et de variance  $s^2$ . Ces erreurs étant inévitables, il faut en estimer l'importance afin de pouvoir en tenir compte lors de l'évaluation de l'incertitude finale. Dans la mesure du possible, la technique de mesure induisant les erreurs aléatoires les plus faibles devrait être préférée (Serhir ,2013).

#### **17-2-Les erreurs systématiques**

Elles affectent la fiabilité des données et sont totalement corrélées. On parle aussi d'inconsistance. Supposons qu'aucune erreur aléatoire n'affecte les mesures. La différence entre la vraie valeur et la valeur mesurée, si elle existe, est alors due à une erreur systématique. L'origine des erreurs systématiques est le plus souvent liée à la calibration de l'appareil de mesure qui n'est pas parfaite ou à un phénomène extérieur qui perturbe la mesure (erreur d'appareillage, changement d'observateur.etc) (Serhir ,2013).

***Chapitre II : Matériels et Méthodes***

## Chapitre II : Matériels et Méthodes.

Période					1970-2004			
Région	Mila	Mila	Mila	Mila	Mila	Mila	Mila	Mila
Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	Ao
1970	0	0	0	0	0	5	12	5
1971	35,5	54,4	35	37,8	32,3	14,3	0	0
1972	106,6	42	25	.....	17	19,5	6	9
1973	78,1	30	55,8	64,6	12	4	24,1	0
1974	113,4	58,8	64,6	24.0	129	0	0	0
1975	149,1	42	110,3	62.0	48	12	0	2,5
1976	112,2	50,4	47,1	12.4	44,9	0	6	5,5
1977	20,3	75,1	99	52.3	30,4	3,2	0	0
1978	82,7	.....	82,3	83,5	54,1	0,7	1,2	4,8
1979	38	81,7	12,1	31.3	53,7	13,7	.....	8
1980	87,7	44,1	37,7	45.4	36,8	5,2	0	0
1981	115,7	107,5	52,3	48.0	16	3	9	0
1982	27	15,1	67	47.0	27,4	5	12	5
1983	35,5	52,3	37,1	37.8	32,3	11,1	11,4	2,6
1984	109,6	42	25	17.2	17	19,5	6	9
1985	78,1	30	55,8	64.6	12	4	24,1	0
1986	38,8	25,2	70,9	34	.....	0	0	8,4
1987	104,9	172,9	74,6	47,5	33,7	21,6	5,2	2,3
1988	55,3	54,8	24,4	14,1	22,6	5,7	3,6	4,3
1989	103,3	110,9	.....	.....	8,2	22,2	0	1,1
1990	90,6	74,2	85,9	19,3	0	15,6	2,4	3,4
1991	53,3	97,2	29,7	46,7	15,9	3,3	9,6	2,2
1992	67,4	53,5	36,9	.....	15,1	26,6	13,9	.....
1993	62,9	29,5	39,3	48,3	52,4	.....	.....	0
1994	57,9	49,9	59,2	35,2	60,2	8,6	2,1	13
1995	44,4	57,4	.....	98,5	91,9	12,6	5,6	0,8
1996	61	42,2	37,7	69,6	52	13,9	5,5	5,6
1997	53,8	76,2	.....	74,7	32	17,3	0	1,8
1998	18,6	79,2	90,4	58.6	18,4	0	0	16
1999	22	0	121	0	.....	16	21	0
2000	67,2	45,2	31,5	22,8	19	7,4	0,9	3,2
2001	42	5	25,5	55	59	0	.....	52
2002	.....	16	19	0	.....	0	0	60,5
2003	6	21,5	23	77,5	23,5	0	0	58,3
2004	56,5	9,5	.....	29,5	0	0	2,5	32

Source : ONM

Station : Mila

..... : Donnée manquante

## Chapitre II : Matériels et Méthodes.

### 1-Région d'étude

#### 1-1-Choix de la région

Notre étude est portée sur les hautes plateaux Est à l'étage bioclimatique semi-aride ces plateaux connus par leur variabilité de la précipitation, sont représentés par la wilaya de bordj Bou Arreridj, Sétif, Guelma, Mila, Constantine.

#### 1-2-Situation Géographique

La région d'étude, se distingue par sa localisation géographique qui s'étale entre 35°39' et 36°43' de latitude Nord (N) et entre 4°20' et 6°26' de longitude Est (E). Au Nord, elle est limitée par la chaîne des Bibans, d'orientation sud-ouest et nord-est, d'altitude relativement élevée, dont les points culminant atteignent, 2000m. A l'Est, elle est limitée par les Monts de Constantine et au Sud par les Monts du Hodna. La région d'étude, elle s'étend sur une superficie 1 6454, 68 Km<sup>2</sup> (Andi, 2013).

**Tableau 2 : Répartition Géographique des wilayas composant la région d'étude (altitude, latitude et longitude).**

Wilaya	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
Bordj Bou Arreridj	36° 04'	04° 40'	928
Sétif	36° 13'	01° 20'	1100
Guelma	36° 28'	07° 28'	227
Constantine	36° 17'	06° 37'	694
Mila	36°28'	7° 82'	680
Région	35°39' et 36°43'	4°20' et 6°26'	2000

### 1-3-Relief

Elles se présentent comme une large plateforme compartimentée et s'étendant d'Ouest en Est entre les deux alignements, du tell au Nord et les Monts de Hodna, des Aurès et Nemecha au Sud avec des Altitudes plus ou moins important 1200 m elles sont parsemées de dépression salées, de chotts et de sebkha surtout celle de Ain M'lila (Farah, 2014).

### 1-4-L'Agriculture

La région est à vocation agricole, notamment céréalière

Les potentialités des SAU sont 679275, 338 ha, et des terres agricoles dont 544016, 618 ha (Andi, 2013).

### 1-5-Le Sol

Les sols les plus dominants dans la région, se composent en grande partie de sols bruns calcaires, qui se développent sur alluvions, sur collivions ou marnes ; et de sols calciques, qui sont dominants au sud de la daïra d'El Eulma et de Bordj Bou Arreridj.

### 1-6-Les ressources en eau

#### 1-6-1-Les ressources en eau superficielle

La région d'étude est constituée par un ensemble de sous bassin versant.

Le régime hydrique qui alimente les principaux cours d'eau, est lié au régime pluviométrique caractérisé par une irrégularité et une variabilité des précipitations dans le temps et dans l'espace.

Les différents sous bassin versants qui constituent, la région d'étude sont les suivants :

-Sous bassin versant de l'oued Boussellam, portant successivement le nom de sous bassin versant de Boussellam amont au sud et moyen au nord ouest. Cet oued se déverse dans le bassin versant nord-nord-ouest de la région d'étude en portant le nom de l'oued el Main. Aussi, il alimente le sous bassin versant amont du barrage d'Irhilemda au nord.

## Chapitre II : Matériels et Méthodes.

-Sous bassin versant de l'oued Kebir Rumel. Celui-ci est représenté principalement par les sous bassins versants de l'oued Rhumel amont et de l'oued Rhumel Seguin à l'est. Ces derniers se déversent dans les sous bassins versants nord et nord-nord-est sous les noms de l'oued Dehamcha, oued Kebir Endja et oued Rhumel.

-Sous bassin versant de l'oued Ksob et de l'oued Soubella bordent la région d'étude dans sa partie sud ouest sur la cuvette de bordj Bou Arreridj et de Sétif.

-sous bassin versant de Chott Beida représentant la partie sud de la région considérée.

-sous bassin versant Merdja Zana limitant la région d'étude dans sa partie sud Est.

-barrage de beni-harroune (Smadhi, 2002 et Andi, 2013).

### 1-6-2- Ressources en eau souterraine

Les ressources en eau souterraines restent limitées par rapport à la superficie globale de la région d'étude.

Les potentialités des nappes ne sont pas connues, et que la plupart des puits sont taris suite à la succession des années sèches.

Les sources et les retenues colinéaires existantes sont en nombre négligeable. La construction de petits barrages destinés à l'irrigation et qui restent en nombre limité, sont actuellement destinée à l'A.P .E Cette contribue à la réduction des superficies des terres irrigables.

### 1-7-Le Climat

Le climat de la région est défini, comme une transition entre le climat de l'atlas tellien qui gêne l'effet des vents marins chargés d'humidité, sur les hautes plateaux et les zones situées au sud ; et le climat des montagnes de l'atlas saharien, qui empêchent en grand partie, l'influence des vents désertiques (Andi, 2013).

### 2-la pluie

#### 2-1-Données

Les séries de données pluviométriques concernées par l'étude, porte sur les stations météorologiques de l'Office National de Météorologie (ONM). Ces stations en nombre de cinq (05) appartiennent respectivement aux wilayas de Sétif, de Guelma, de Constantine, de

## Chapitre II : Matériels et Méthodes.

Mila et de Bordj Bou-Argeridj de la région des hautes plaines semi-arides. La période d'étude porte sur les années 1970 à 2004.

Parmi les stations choisies, les stations météorologiques de Sétif et de Constantine restent des références, elles sont représentées par des séries de données pluies complètes. Quant aux autres stations représentatives des autres wilayas, les séries pluviométriques qui les constituent, présentent des valeurs manquantes, les quelles doivent être reconstitué par les méthodes de comblements des lacunes.

### 2-2-Méthode de comblement des lacunes

La méthode retenue pour combler les lacunes dans les différentes séries pluviométriques, est la méthode des rapports.

Le principe de la méthode est basé sur la comparaison des données au sein de la même série ou bien dans des séries des stations voisines.

Méthode des rapports (1952) citée par Halimi (1980) et Branucci et al (1998), cette méthode prend en considération deux stations voisines dont l'une représente la série complète comme série de référence pour interpoler les valeurs manquantes de la série incomplète. La relation est de type :

$$P_a = P_b * N_a / N_b$$

$P_a$  = Précipitation manquante

$P_b$  = Précipitation de la station référence

$N_a$  et  $N_b$  = Moyenne des périodes communes aux stations considérés.

### 2-3- Evaluation statistique

L'évaluation statistique des séries pluviométriques homogénéisées, est basée sur les paramètres de dispersions, qui contribuent à renseigner sur la répartition des pluies dans le temps et dans l'espace, et à préciser le degré de leurs dispersions, autour de la valeur centrale ou moyenne. Parmi les paramètres pris en compte, nous citons :

## Chapitre II : Matériels et Méthodes.

L'écart-type, la variance et le coefficient de variation permettent de mesurer et de préciser l'intensité des irrégularités pluviométriques. En effet, le coefficient de variation et L'écart type permettent de comparer la dispersion des données pluviométriques (Smadhi, 2002).

**L'écart-type** de la distribution de la série de pluie, représente l'erreur type de la moyenne. C'est la racine carrée de la variance. Il est l'indicateur de la variabilité par excellence, et de ce fait, détermine la dispersion des différentes valeurs autour de la moyenne. Le calcul de l'écart-type permet de standardiser les données pour les transformer en anomalies centrées et réduites, donnant ainsi à chaque valeur le même poids.

$$\sigma = (\sigma^2)^{1/2}$$

**La variance** est basée sur la dispersion des observations autour des moyennes.

$$\sigma^2 = 1/N \sum (\bar{X}_i - \bar{X})^2$$

**Le coefficient de variation (CV)** qui est le rapport de l'écart-type à la moyenne s'exprime en %. Il permet d'apprécier le degré de variabilité des pluies dans chaque station, il est calculé par la formule

$$CV = \sigma / \bar{X} * 100$$

Avec

$\bar{X}$  : Moyenne de séries (mm)

$\sigma$ : Ecart type (mm)

$\sigma^2$ : variance

CV : Coefficient de variation (%)



***Chapitre III :***

***Résultats et Discussions***

### 1-Descriptions des stations pluviométriques :

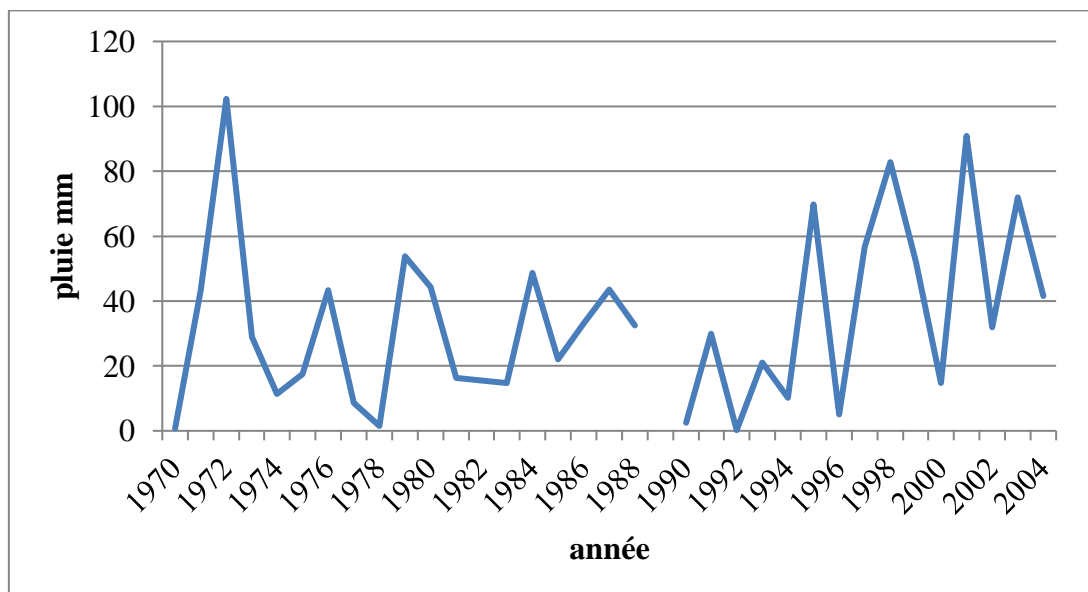
Parmi les différentes séries de données pluviométriques qui représentent la base de données de notre étude, la précipitation a été recueillie sur des périodes très hétérogènes.

L'hétérogénéité des séries, nous a amené à réfléchir au choix de la période d'étude. Ce choix a tenu compte des séries de données de la station pluviométriques, qui sont représentatives du régime semi-aride.

Malgré cette représentativité, il est pratiquement impossible de choisir une période d'étude exhaustivement, du fait que ces séries de précipitations présentent des ruptures de mesures (Figure 1, 2, 3).

Néanmoins, l'analyse globale des séries de données enregistrées dans les différentes stations, a relevé que parmi les différentes dates enregistrées sur la période distinctes, la période qui s'avère plus ou moins homogène, est la période comprise entre 1970-2004.

Après la figure 1, nous décelons que il y'a une rupture de la précipitation à 1988 et 1989.

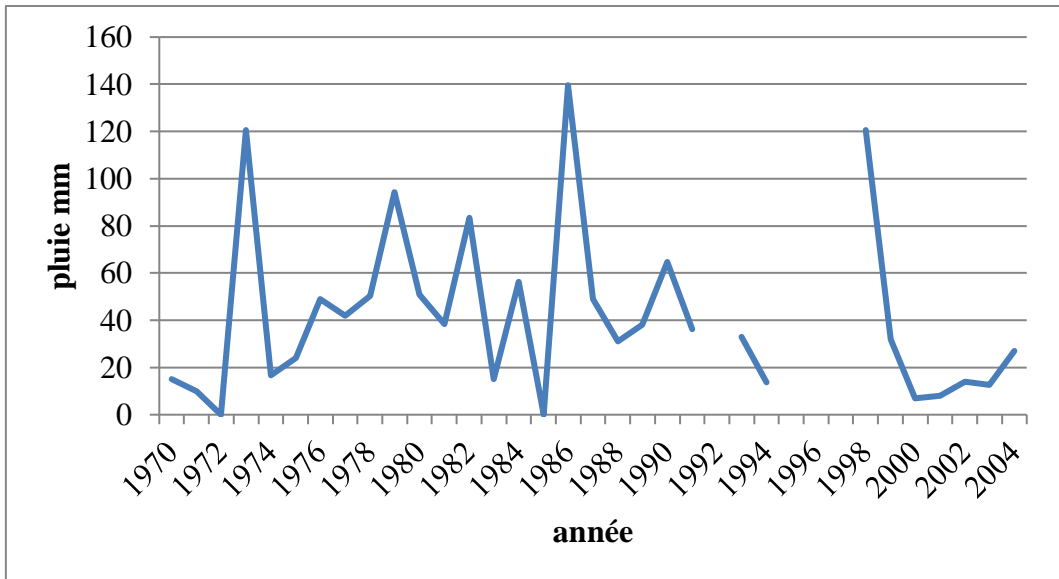


**Figure 1 : Représentation d'une série de précipitation, cas de Guelma, Période (1970-2004)**

### A Mila

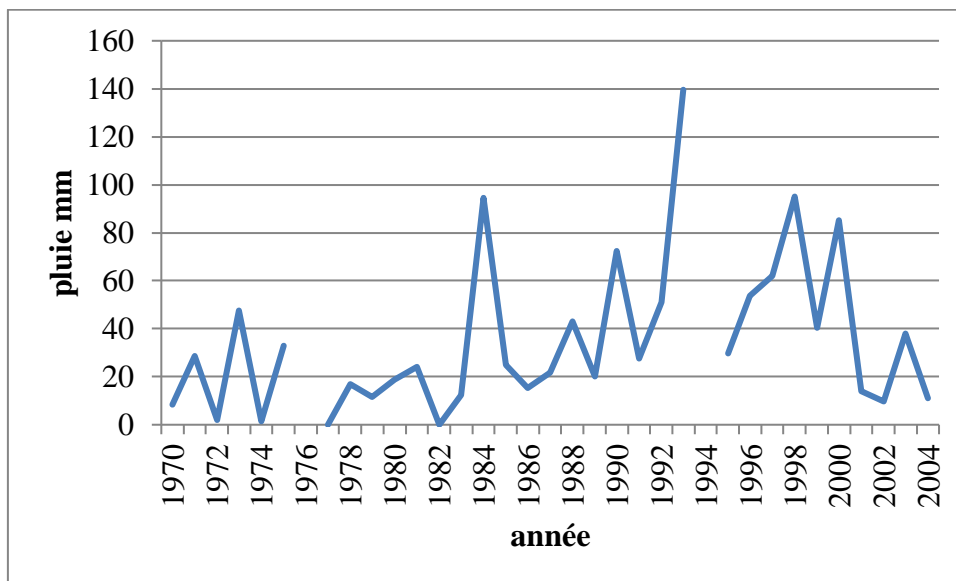
Après la figure 2 nous constatons que il y'a des ruptures à 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2001, 2002.

### Chapitre III : Résultats et Discussions.



**Figure 2 : Représentation d'une série de précipitation, cas de Mila, Période (1970-2004)**

Après la figure 3, nous décelons que il y'a beaucoup de rupture à 1974 jusqu'à 1979 et à 1993, 1995.



**Figure 3 : Représentation d'une série de précipitation, cas de BBA, Période (1970-2004)**

### Chapitre III : Résultats et Discussions.

A partir de ces tableaux (4, 5, 6), la moyenne de la pluie estimée sur 34 ans. Elle varie dans le temps entre 47,39 et 28,74 mm.

La wilaya de Guelma registre la moyenne la plus élevée (47,39mm), et la minimum enregistré à BBA (28,74mm). Mais ces moyennes n'est pas des moyennes définitives car ces wilayas marquées des ruptures :

A Guelma marquée des ruptures à différents années, et marquées des déficits à 1977, 1989, 1991, 1993, 1993 (tableau 4) avec une moyenne atteinte 54,62%. Mais Mila marquée un déficit plus élevée par rapport à Guelma avec une moyenne qui égale 87,6% à les années suivantes : 1972, 1978, 1979, 1981, 1986, 1989, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004. Mais à BBA le déficit marquée une diminution par rapport à Mila avec une moyenne qui atteint 65,78% à 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1983, 1989, 1992, 1994, 1999, 2001.

**Tableau 3 : le déficit de la précipitation au niveau de la wilaya de Guelma, période 1970-2004**

Année	Wilaya	P <sub>mm</sub> moyen avant rupture	P <sub>mm</sub> moyen après rupture	La moyenne générale	Déficit %
1977		37,23	40,02	47,39	78,56
1989		0	41,39	47,39	0
1990		69,25	24,96	47,39	
1991	<b>Guelma</b>	29,9	21,46	47,39	63,04
1992		62,3	28,85	47,39	
1993		40,85	12,69	47,39	86,19
1994		21,45	44,12	47,39	45,26
1995		60,3	49,5	47,39	
1997		56,8	41,78	47,39	
<b>La moyenne de déficit</b>					<b>54,62</b>

### Chapitre III : Résultats et Discussions.

**Tableau 4 : le déficit de la précipitation au niveau de la wilaya de Mila, période 1970-2004**

Année	Wilaya	P <sub>mmoy</sub> avant rupture	P <sub>mmoy</sub> après rupture	La moyenne générale	Le déficit %
1972		40,67	16,41	40,14	
1978		65,16	39,54	40,14	
1979		49,42	26,64	40,14	
1981		38,5	41,62	40,14	95,91
1986		71,62	15,22	40,14	
1989		83,18	16,91	40,14	
1992		71,62	18,53	40,14	
1993		44,27	19,92	40,14	
1995	Mila	56,28	43,08	40,14	
1997		57,45	27,55	40,14	
1999		39,5	17,27	40,14	98,4
2001		35,66	31,08	40,14	88,83
2002		42,66	11,66	40,14	
2003		44,16	26,76	40,14	
2004		27	14,68	40,14	67,26
<b>La moyenne du déficit</b>					<b>87,5</b>

**Tableau 5 : le déficit de la précipitation au niveau de la wilaya de BBA, période 1970-2004**

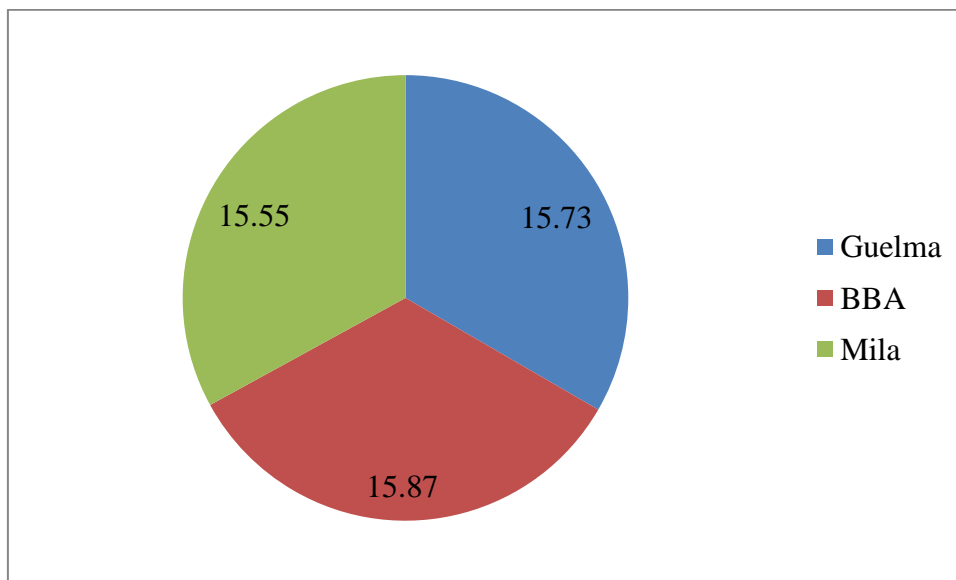
Année	Wilaya	P <sub>mmoy</sub> Avant rupture	P <sub>mmoy</sub> Après rupture	La moyenne générale	La déficit %
1973		24,8	0	28,74	86,29
1974		22,81	12,3	28,74	79,36
1975		22,17	54,46	28,74	77,13
1976		42,25	15,25	28,74	

## Chapitre III : Résultats et Discussions.

1977	BBA	3,05	34,44	28,74	10,61
1978		16,84	15,57	28,74	58 ,59
1979		20,4	20,7	28,74	70,98
1983		32,27	20,88	28,74	
1989		32,38	25,79	28,74	
1992		51	14,44	28,74	
1994		34,77	11,84	28,74	
1999		19,78	15,8	28,74	68,82
2001		21,42	20,18	28,74	74,57
<b>La moyenne du déficit</b>					<b>28,74</b>

### 1-1-Les pourcentages des ruptures

Nous utilisons les séries des données de 5 wilayas des hauts plateaux (Sétif, Guelma, Constantine, Mila), le pourcentage des valeurs manquantes sont : à Guelma 15,74%, à Bordj Bou Arreridj 15,87%, à Mila 15,55%, et la série de Sétif et la série de Constantine reste des séries de référence pour travail par la méthode des rapports.



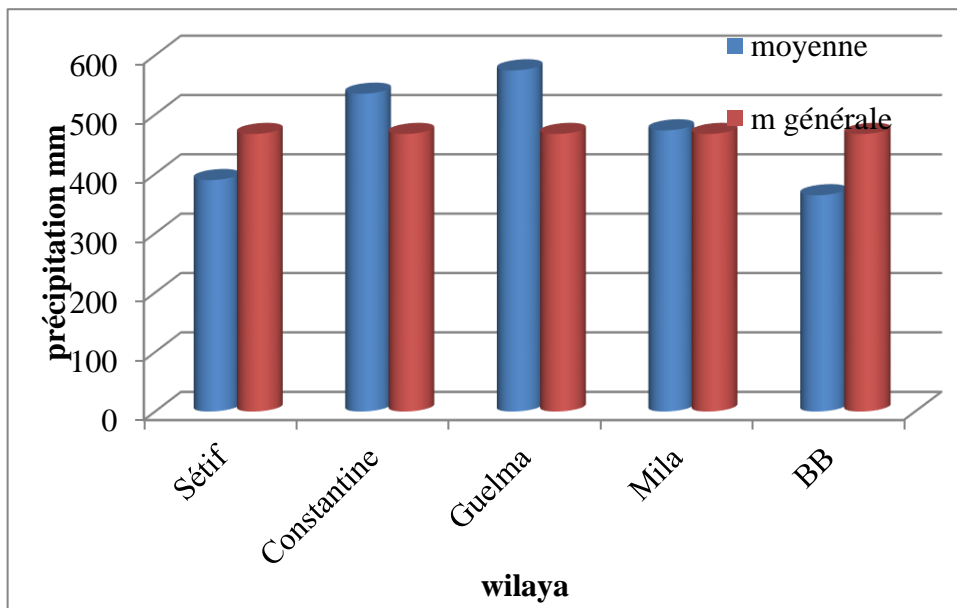
**Figure 4 : Les Pourcentages des ruptures dans la région**

Les analyses effectuées sur les séries de bases, nous ont permis de construire de nouvelles séries, validées à un intervalle de confiance équivalent à 95,07%.

### 1- Comblement les lacunes

#### 2-1-Répartition des précipitations annuelles à l'échelle spatiale

La pluie annuelle moyenne à l'échelle régionale, est estimée sur 34 ans à 467,41 mm. Elle varie dans le temps, entre des moyennes 364,09 mm et 574,62 mm, le maximale elle est marquée à la wilaya du Guelma, et la wilaya le plus moins pluvieux par apport à d'autre wilaya c'est la wilaya du Bordj Bou Arreridj (Figure 5).



**Figure 5 : Répartition des précipitations annuelles à l'échelle spatiale à la période (1970-2004)**

#### 2-2-Répartition spatio-temporelle des précipitations annuelles décennales

##### A Sétif

Durant La première 10 ans (1970-1979) la quantité de la précipitation elle est inférieure par apport à la moyenne générale de la précipitation de la wilaya du Sétif (=389,69) c'est-à-dire cette décennie, elle accepte une quantité de pluie moins élevée.

La deuxième décennie (1980-1989), la wilaya du Sétif reçoit une quantité élevée de la pluie par apport à leur moyenne générale.

## Chapitre III : Résultats et Discussions.

La troisième décennie (1990-1999), la précipitation de cette décennie a diminué par rapport à la moyenne générale.

Durant la dernière période (2000-2004), la wilaya de Sétif accepte une quantité de la précipitation qui a été supérieur par rapport à la moyenne générale.

### **A Constantine**

La première 10 ans (1970-1979) la wilaya du Constantine accepte une grande quantité de la pluie parce que la moyenne de la première 10 ans elle est supérieur à la moyenne générale de la précipitation annuelle (535,2 mm).

La deuxième décennie (1980-1989) cette wilaya elle reçoit une quantité plus élevée (535,52 mm) qui est plus élevée par rapport à la moyenne générale.

La troisième décennie (1990-1999) décelé une précipitation élevée par rapport à la deuxième décennie.

A la dernière période (2000-2004), la quantité de la précipitation qui accepte la wilaya de Constantine à cette période et peu élevée par rapport à la moyenne générale.

### **A Guelma**

Durant la première 10 ans (1970-1979) la wilaya du Guelma reçut une quantité de pluie moins élevée par rapport à leur moyenne générale annuelle (565,19 mm).

Durant la deuxième décennie (1980-1989), la quantité de la pluie qui est tombe cette décennie est augmentée par rapport à la première décennie mais elle reste inférieur à la moyenne générale.

Durant la troisième décennie (1990-1999), la quantité de la pluie elle diminue par rapport à la deuxième décennie mais encore reste inférieur à la moyenne générale.

Durant la période (2000-2004) la wilaya de Mila connue une précipitation très élevée par rapport à la moyenne générale (574,62 mm).



## Chapitre III : Résultats et Discussions.

### A Mila

Durant la première 10 ans (1970-1979), la quantité de la pluie qui tombe à cette décennie elle presque égale la moyenne générale annuelle (473,47).

Durant la deuxième décennie (1980-1989), la quantité de la pluie cette décennie est supérieur par apport à la moyenne générale de la précipitation annuelle, et la quantité de la pluie qui est tombe est augmenté par apport à la première décennie.

Durant la troisième décennie (1990-1999), la wilaya du Mila reçoit une grand quantité de la pluie est cette quantité est supérieur à la moyenne générale. La période de 2000-2004, a connu une précipitation plus élevée par rapport à la moyenne de la précipitation annuelle, qui atteint 473,47 mm.

### A Bordj Bou Arreridj

La première décennie (1970-1979), la wilaya reçoit une quantité de la pluie plus élevée par apport à la moyenne générale qui égale 378,18 mm.

La deuxième décennie la quantité de la pluie est augmentée par apport à la première décennie et élevée par apport à la moyenne générale.

La troisième décennie (1990-1999), la quantité de la pluie qui reçoit à cette wilaya est inférieure par apport à la moyenne générale de la précipitation annuelle.

Et la dernière période 2000-2004 accepte une quantité de précipitation supérieure par apport à la moyenne de la précipitation annuelle qui égale 364,09 mm.

**Tableau 6 : Evolution des pluies moyennes annuelles (mm) par décennie dans la région d'étude**

Wilaya	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2004
Sétif	339,2	414,41	394,3	409,92
Constantine	539,20	542,7	531,33	558,8
Guelma	541,2	543,89	513,37	801,04
Mila	469,12	477,04	521,7	378,54

### Chapitre III : Résultats et Discussions.

BBA	388,58	392,94	359,17	348,54
-----	--------	--------	--------	--------

De manière générale, la région des hauts plateaux Est Algérien, a connu une précipitation variée chaque 10 ans.

D'après le tableau 5, nous décelons que il y'a une grand variabilité de précipitation dans la région d'étude, surtout à la wilaya du Guelma, et le maximum de la pluie marquée à la wilaya du Guelma aussi, mais le minimum de la précipitation marquée à Mila. Le coefficient de variation c'est une mesure relative de dispersion (puisque l'écart-type est rapporté à la moyenne), et la wilaya qui connue la grande valeur du coefficient de variation c'est Constantine, et la wilaya qui obtenue la valeur minimal c'est Bordj Bou Arreridj, et la wilaya qui marquée la valeur maximal de l'écart type c'est Constantine, et la minimal marquée à Mila.

**Tableau 7 : Variabilité des précipitations annuelles des wilayas exprimées  
Par les paramètres statistiques, période (1970-2004).**

Paramètres	Sétif	Constantine	Guelma	Mila	BB
<b>Moyennes (mm)</b>	389,69	535,52	574,68	473,47	364 ,09
<b>Max (mm)</b>	3091,20	4571,6	5099,8	4057,6	3005,40
<b>Min (mm)</b>	64,10	77,9	24,7	6,4	119
<b>Ecart type (mm)</b>	28,03	142,98	48,51	20,04	26,07
<b>Variance (mm)</b>	785,68	1782,70	2353,64	1487,22	679,67
<b>CV %</b>	7,19	26,69	8,44	4,23	3,54

### 2-3- Répartition mensuelle à l'échelle régionale

La pluviométrie mensuelle moyenne, est estimée à travers le calcul des quantités des pluies reçus mensuellement.

#### Septembre, Octobre, Novembre

Septembre (S) avec une pluie moyenne 36,9 mm, représente le début des pluies de la saison automnale, et les pluies atteint leur maximum en Novembre avec une moyenne atteint 45,59 mm à l'échelle régional.

#### Décembre, janvier, février

Le mois Décembre (D) avec une moyenne de 61,97 mm et janvier (J) avec 60,18 mm sont les mois les plus pluvieux à l'échelle régionale, et le mois février (F) ici enregistre une diminution des quantités de pluie relevant une moyenne de 48,8 mm dans les wilaya de Sétif, Constantine, Guelma, Mila, Bordj Bou Arreridj.

#### Mars, avril, mai

Le mois de mars (M) enregistre une moyenne générale 49,49 mm, et le mois d'avril (A) avec une moyenne 51,16 mm, et la saison sèche début au mois de mai avec une moyenne 41,28mm.

#### Juin, juillet, aout

Les mois juin, juillet, aout sont les mois les plus sèche avec une moyenne ne dépassant pas 10mm.

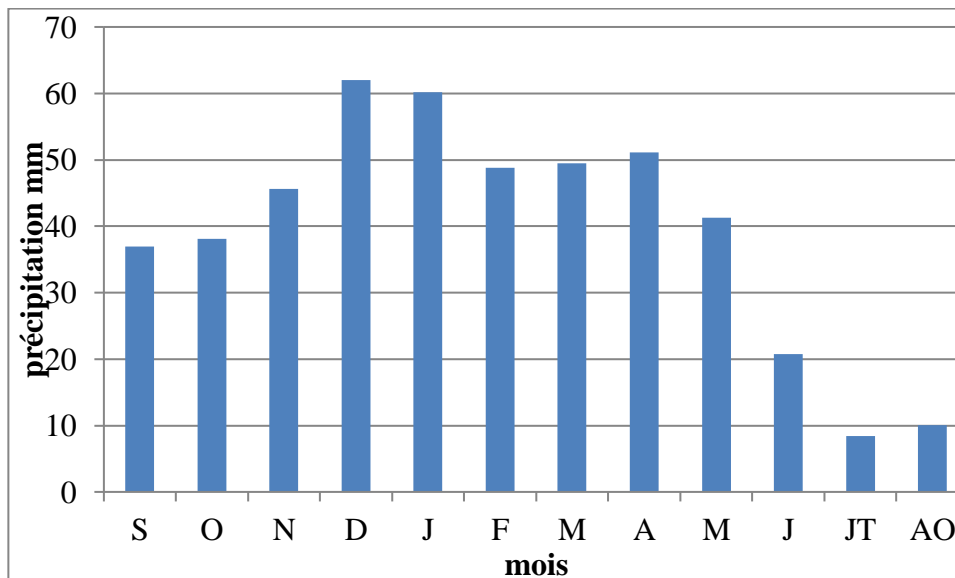


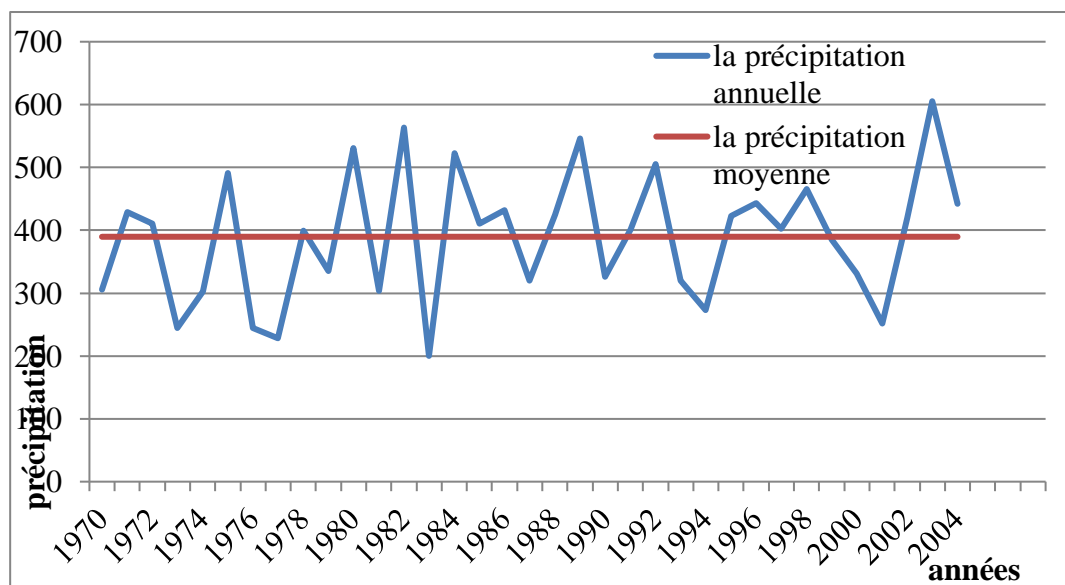
Figure 6 : Répartition de la précipitation moyenne mensuelle dans la région à la période (1970- 2004)

### 2-4-La répartition de la précipitation annuelle à l'échelle temporelle

#### À la wilaya du Sétif

A partir de ce graphe nous déceler l'hétérogénéité de la précipitation annuelle de la wilaya du Sétif, parce que nous avons marquées des années très pluvieux et des années moins pluvieux par apport à la moyenne général ce cette wilaya qui égale 389,69mm.

Nous remarquons que les années 1982 et 2004 sont des années les plus pluvieuses car la quantité de la précipitation elle presque t'égale 600mm, par apport aux années 1984, 1995, 2002 qui marquée une période le plus moins pluvieuse, car la précipitation aux ces années ne dépasse pas 200mm.



**Figure 7 : La répartition de la précipitation annuelle de la wilaya du Sétif à la période (1970-2004)**

#### A wilaya du Constantine

La précipitation annuelle au niveau de la wilaya du Constantine, elle différent à l'année à l'autre par apport à la moyenne générale de la précipitation du Constantine, les années le plus pluvieux sont 1976 et 1985 qui est dépasse 885mm, et les années le moins pluvieux sont 1970,

### Chapitre III : Résultats et Discussions.

1974, 1977, 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1994, 2001, 2002, car elles sont inférieure à la moyenne générale qui égale 535,20 mm.

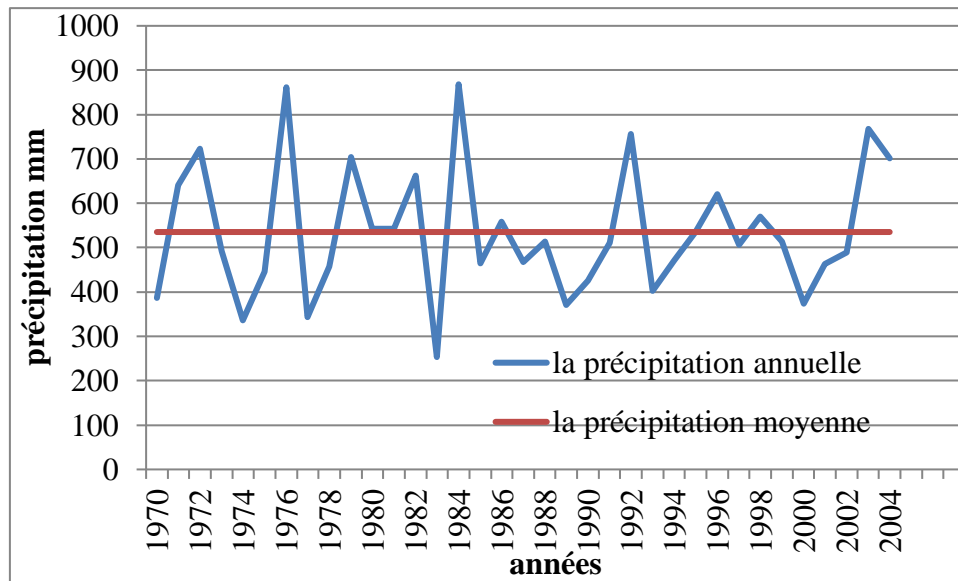


Figure 8 : La répartition de la précipitation annuelle de la wilaya du Constantine (1970-2004).

#### A Guelma

La précipitation annuelle à la wilaya du Guelma est différent année à l'autre, l'année le plus pluvieux à cette wilaya est 1983, 2001, 2003 et marquée une précipitation moyenne à 1971, 2002 et 2004, et les années les moins plus pluvieux sont 1973, 1975, 1976, 1977, 1979, 1980, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, Par apport à la moyenne qui égale 574,62 mm.

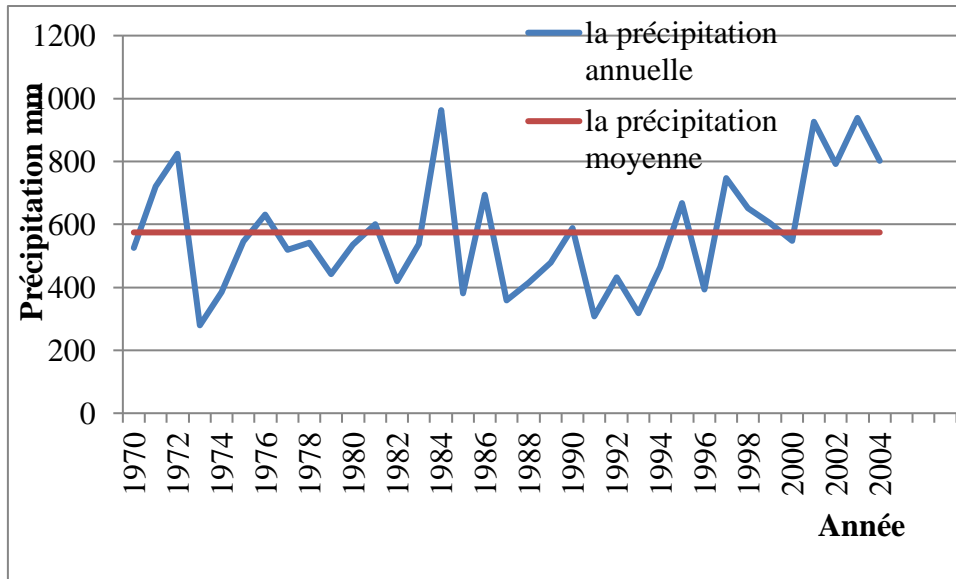


Figure 9 : La répartition de la précipitation annuelle de la wilaya du Guelma à la période (1970-2004)

**A Mila**

A partir de ce graphe je remarque que il ya une l'hétérogénéité entre les années, et les années le plus pluvieux sont 1988, 1990, 1998, et la précipitation à ces années est dépasse 600 mm par apport à la moyenne générale qui égale 473,47 mm, les plus moins pluvieux sont 2001, 2002, et 2003 et ces années reçoit une précipitation ne dépasse pas 500 mm.

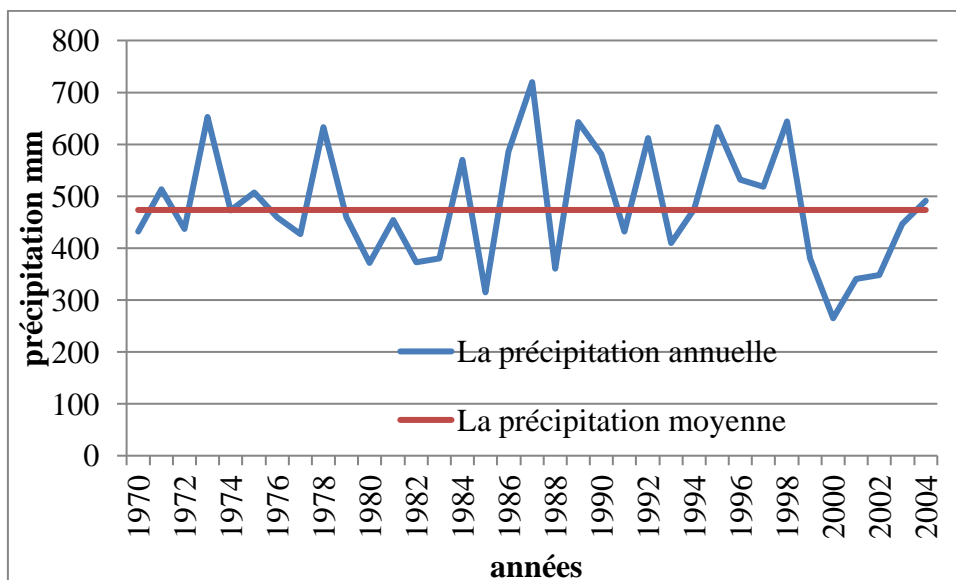
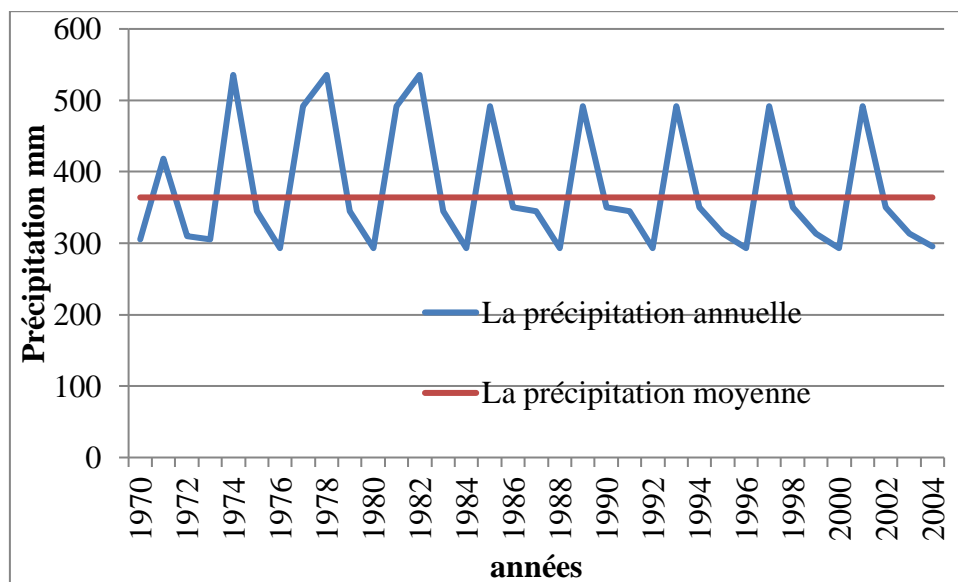


Figure 10 : La répartition de la précipitation annuelle de la wilaya du Mila à la période (1970-2004)

### A Bordj Bou Arreridj

A partir de cette figure, la précipitation de la wilaya du Bordj Bou Arreridj na varié pas beaucoup il y'a un petit différence entre les années, les années les plus pluvieux à la wilaya de Bordj Bou Arreridj sont 1974, 1978, 1982 la précipitation à ces années dépassent 500 mm par rapport à la moyenne qui égale 364,09mm, et marquée une précipitation moyenne à 1986, 1990, 1994, 1999, 2003 (490mm), et d'autre année (1972, 1973, 1977, 1980, 1981, 1983, 1985, 1989, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2003, 2004) sont les années les moins pluvieux car la quantité de la précipitation à ces années est inférieur à la moyenne (364,09 mm).



**Figure 11 : La répartition de précipitation annuelle de la wilaya du BBA à la période (1970-2004)**

### 2-5-La répartition de la précipitation mensuelle à l'échelle temporelle

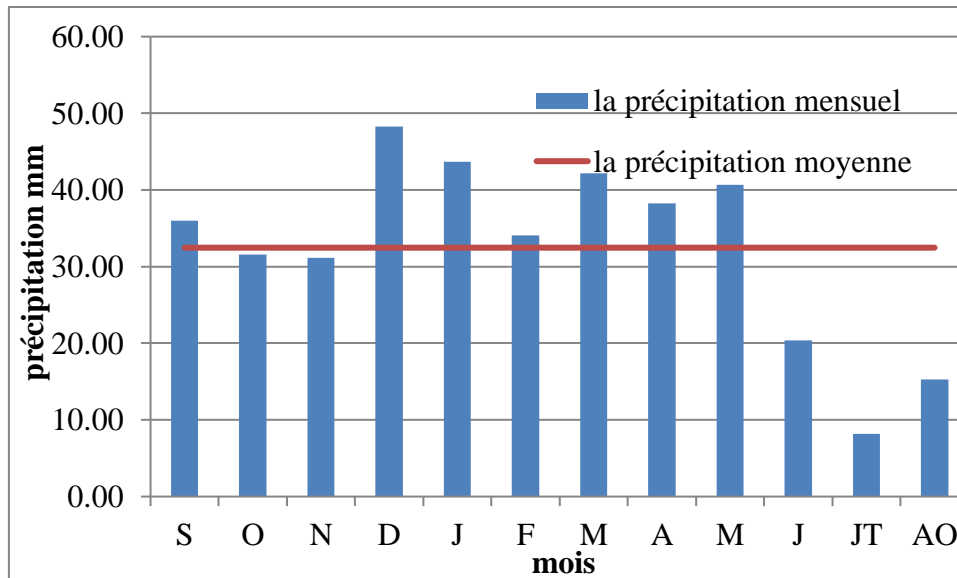
#### A wilaya du Sétif

L'ensemble des séries pluviométriques affiche des périodes pluvieuses qui se démarrent pour la plus part des années aux mois septembre et s'achèvent aux mois de mai à aout.

A partir de ce graphe la quantité de la précipitation mensuelle de la wilaya du Sétif elles sont différent à mois à l'autre les mois décembre, et janvier sont les mois les plus pluvieuses par apport à la moyenne (32,47mm) car la quantité de la précipitation à cet mois elle est presque

## Chapitre III : Résultats et Discussions.

égale 50mm, et nous marquons de précipitation moyenne aux mois mars, avril et mai, et les mois le moins pluvieux sont juin, juillet, aout.



**Figure 12 : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Sétif à la période (1970-2004)**

### A Constantine

D'Après de cette figure, nous constatons qu'il y'a une variation de la précipitation au cours de toute l'année.

Les mois le plus pluvieux sont décembre et janvier et novembre, février, mars, avril, et le mois qui reçoit une précipitation moyenne c'est mai car elle est presque égale la moyenne générale de la précipitation mensuelle (44,62 mm) et les mois le moins pluvieux sont juin, juillet, aout.



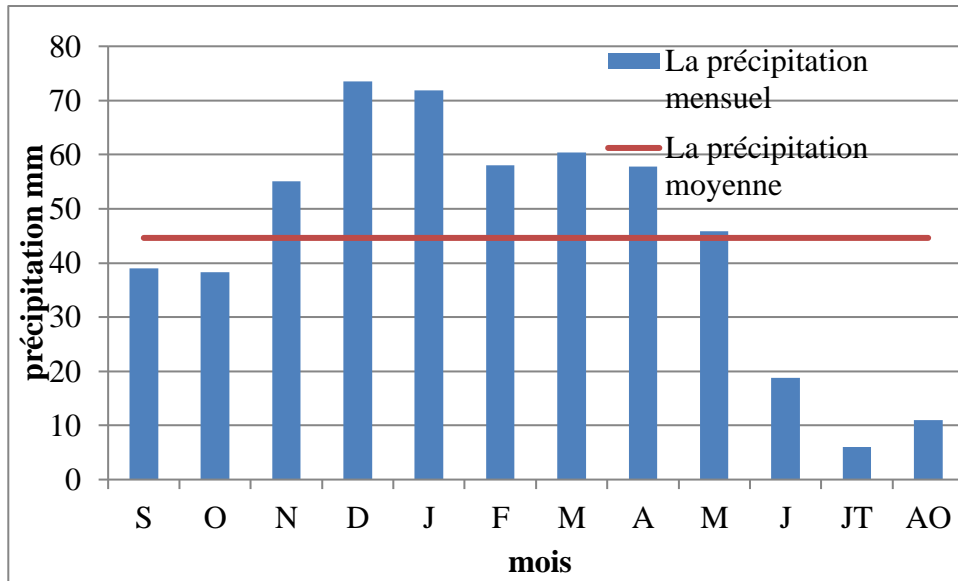


Figure 13 : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Constantine période (1970-2004)

#### A Guelma

La précipitation est tous jour marquée une grand quantité de la précipitation à le mois du décembre, janvier, et marquée une précipitation moyenne à les mois novembre, février, mars, avril, et les mois septembre, octobre, mai, juin, juillet, aout sont les mois le plus moins précipité par apport à la moyenne (=47,93).

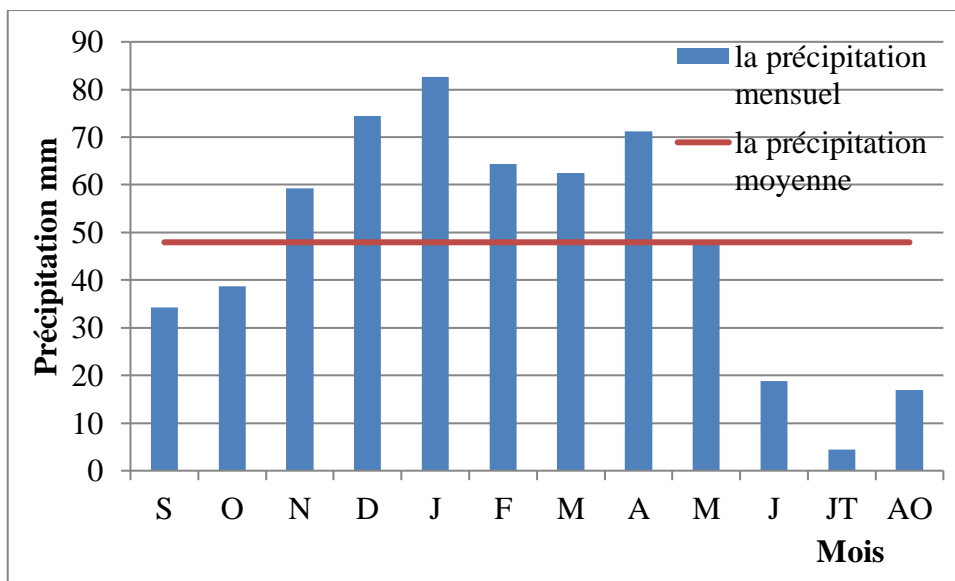
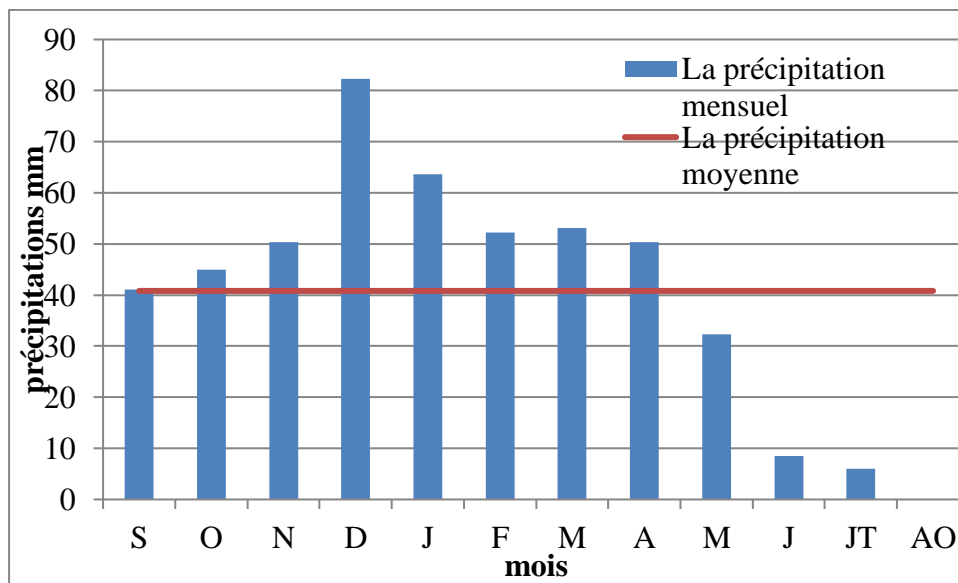


Figure 14 : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Guelma à la période (1970-2004)

### A Mila

Le mois le plus pluvieux c'est décembre car elle marquée une quantité de précipitation qui dépasse 80 mm par apport à la moyenne générale qui égale 40,81 mm suivi par le mois de janvier qui marquée une précipitation qui dépasse 60 mm et les mois de février, mars, avril marquée une précipitation moyenne (= supérieurs à 50 mm), et les mois les plus sèche sont mai, juin, juillet.



**Figure 15 : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Mila à la période (1970-2004)**

### A Bordj Bou Arreridj

Les mois les plus pluvieux par apport à la moyenne (=31,12 mm) sont septembre, octobre, janvier, avril, mai, juin, et le mois qui reçoit une précipitation moyenne est décembre et les mois arrosée sont juillet et aout.

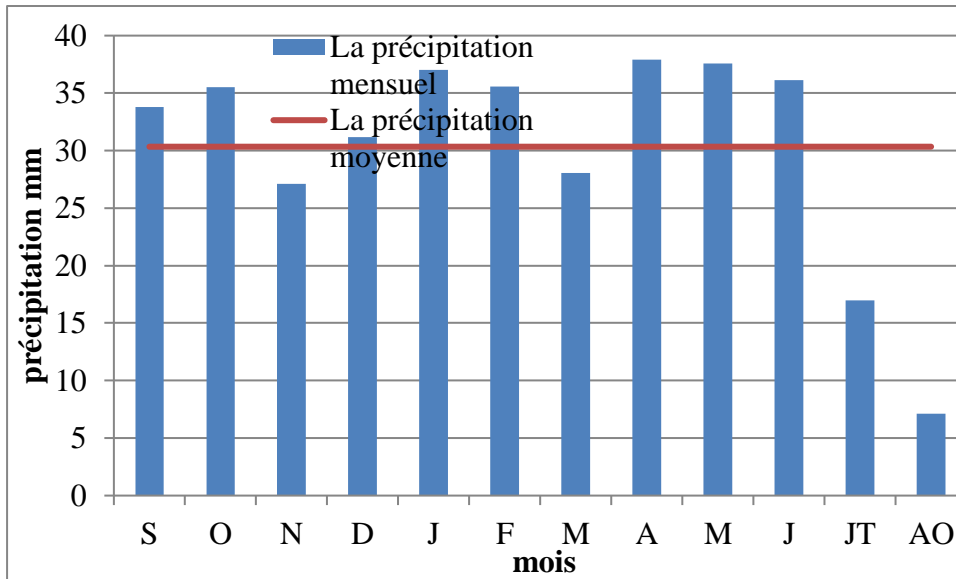


Figure 16 : La répartition de la précipitation mensuelle de la wilaya du Bordj Bou Arreridj à période (1970-2004)

## 2-6-La répartition de la précipitation saisonnière à l'échelle temporelle

### A Sétif

La saison la plus pluvieuse c'est l'automne avec une moyenne saisonnière qui atteint 42,02mm, suivi par la saison de hiver avec une moyenne 40,37 mm et les saisons les plus secs sont le printemps (=14,62 mm) et l'été avec une moyenne qui égale 1,83 mm.

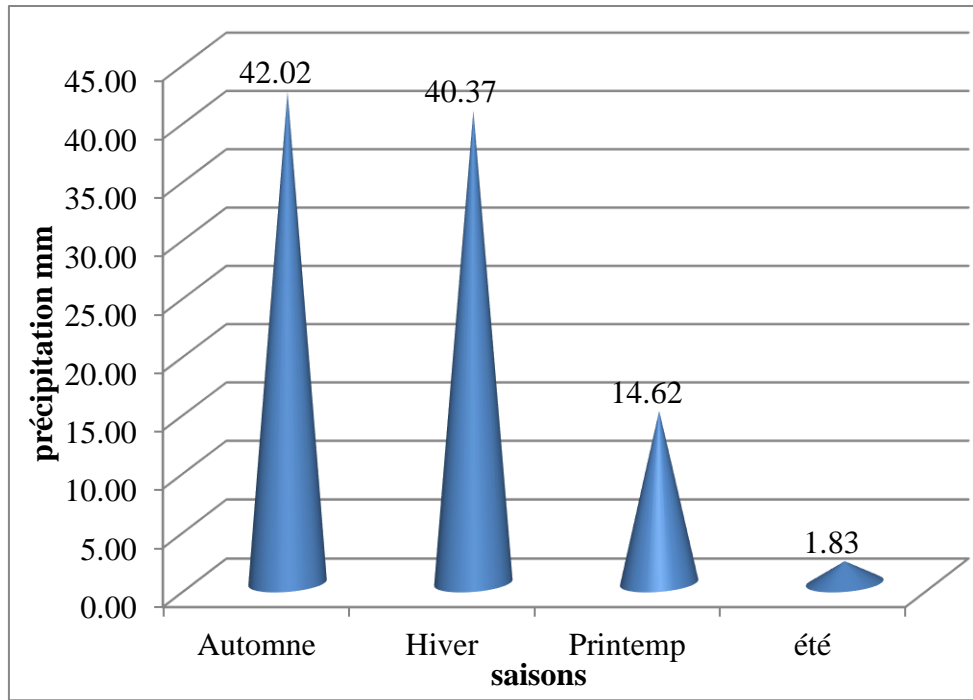


Figure 17 : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Sétif

#### A Constantine

En Hiver la moyenne de la précipitation est atteinte 67,80 mm c'est la saison la plus pluvieuse par rapport à toute autre saison (automne, printemps) qui reçoivent une précipitation moyenne (44,13 mm, 54,67 mm) et la saison la moins pluvieuse c'est l'été et c'est la saison la plus sèche à la wilaya de Constantine.

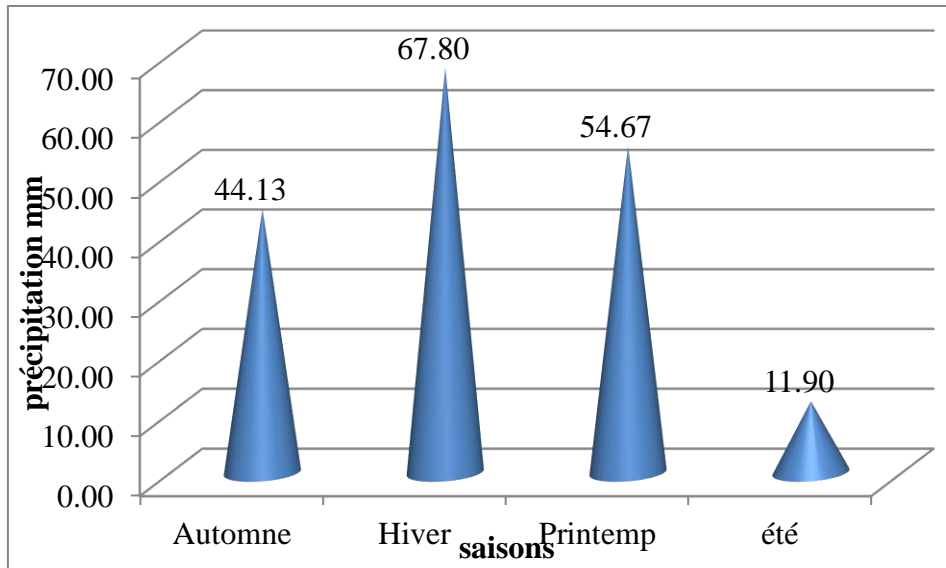


Figure 18 : La répartition de la précipitation saisonnière se la wilaya du Constantine

**A Guelma**

Les saisons les plus pluvieuses l'hiver et printemps, et la saison qui reçoit une précipitation moyenne c'est l'automne, et la saison le plus sèche c'est la saison de l'été.

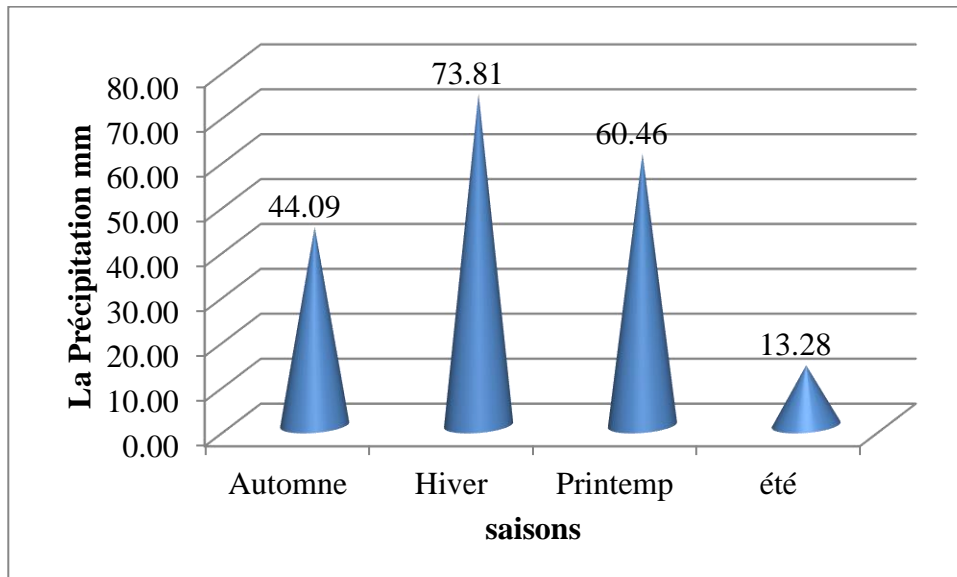


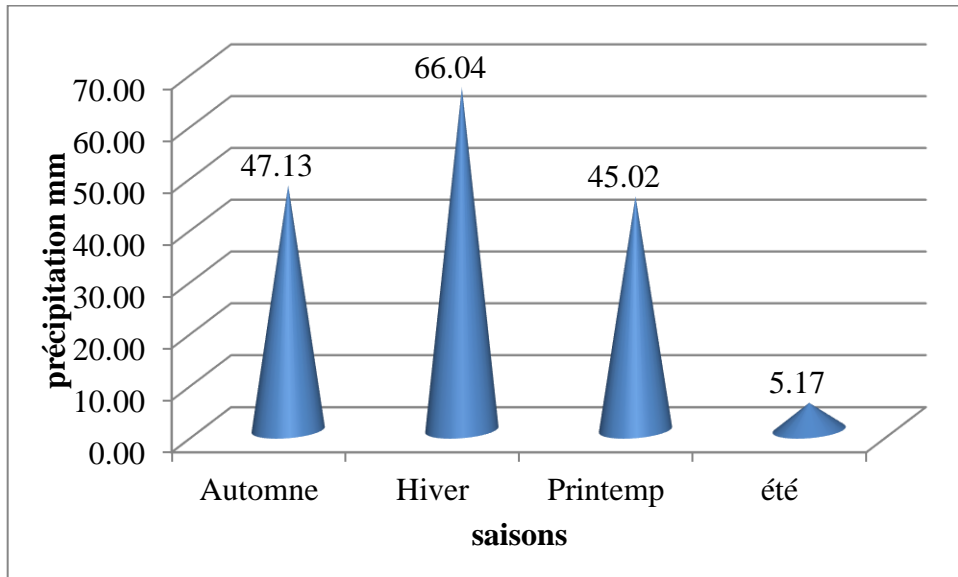
Figure 19 : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Guelma

**A Mila**

A la wilaya du Mila la saison qui reçoivent une grand quantité de précipitation c'est l'Hiver avec une moyenne atteint 66,04 mm suivi par la saison de automne avec une moyenne qui

## Chapitre III : Résultats et Discussions.

égale 47,13 mm suivi par la saison de printemps (45,02 mm), et la saison la plus sèche c'est la saison de l'été (5,17 mm).



**Figure 20 : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du Mila**

### **A Bordj Bou Arreridj**

Les saisons les plus pluvieuses sont l'hiver avec une moyenne qui égale 34,55 mm, suivi par la saison du printemps qui atteint 34,53 mm, suivi par la saison de l'automne (=32,14 mm), et comme les autres wilayas le mois le plus sec c'est l'été (=20,10 mm).

### Chapitre III : Résultats et Discussions.

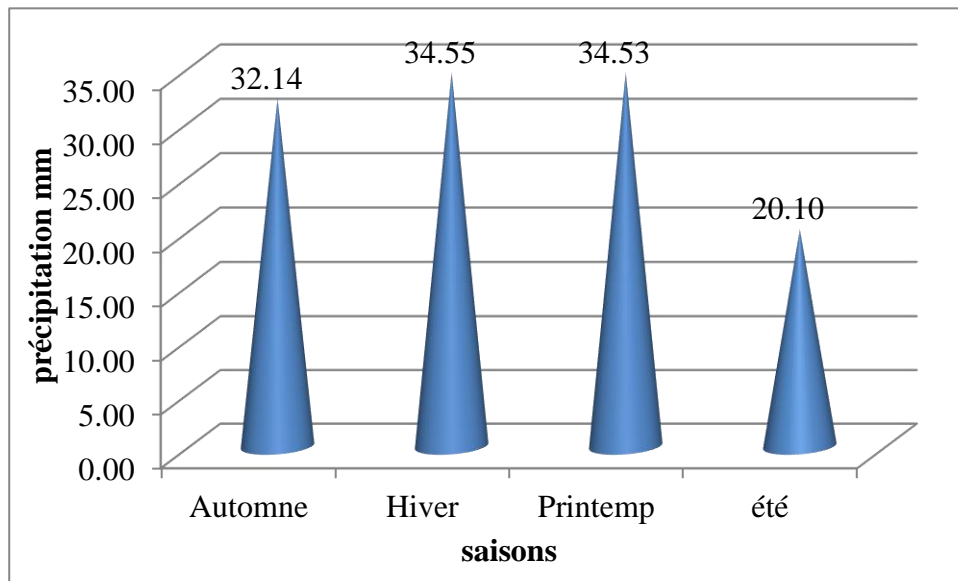


Figure 21 : La répartition de la précipitation saisonnière de la wilaya du BBA

***Conclusion Générale***



## Conclusion Générale

L'objectif de cette étude est l'homogénéisation des données pluviométriques dans les hauts plateaux Est Algérien. Cette région est caractérisée par un relief contrasté et une vaste superficie, pour cela, nous avons étudié les 5 wilayas suivants : Sétif, Constantine, Guelma, Mila et Bordj Bou Arreridj, de période assez longue (1970-2004).

La méthode d'analyse, que nous avons utilisée pour homogénéiser les données, est la méthode des rapports qui sont puissant outil pour mise en évidence de région pluviométrique homogènes. Cette méthode devient plus efficace lorsqu'elles sont utilisées de façon complémentaire.

Après analyse, la wilaya qui a connu une forte pluviométrie, est la wilaya du Guelma avec une moyenne de 574,62 mm et Bordj Bou Arreridj s'opposant à une pluviométrie faible, et la série le plus lacune c'est la série de Bordj Bou Arreridj avec un pourcentage de 15,87% suivi par la série de Guelma (15,74%) suivi par la série de Mila (15,48%).

En fin, la caractérisation de la pluie effectuée au sein de ce travail se limite essentiellement, à l'analyse de structure spatiale et temporelle de la précipitation, il faudrait également analyser la variabilité spatio-temporelle de la précipitation.

*Références Bibliographiques*

## Références Bibliographiques

- Abekweyapang A. 2014, Incomplétude des données climatiques : prévision temporelle et estimation spatiale cas des précipitations au Cameroun, 29-49p.
- Amokrane I. 2017, L'Algérie est un pays à fort risque de changement climatique, Algérie. 1-2p.
- Andi. 2013, la situation géographique des hauts plateaux Est Algérien, 1-11p.
- Brahim D. 2014, analyse spatio-temporelle pluie en Algérie, université de Tlemcen. B, 1-12p.
- Boyard-micheau Jet Camberline P. 1988, Institut Català de Ciències Del Climat (IC3) Carrer Doctor Trueta, 213p.
- Brunet-Moret Y. 1977, Test d'homogénéité. *Cahiers ORSTOM*, série Hydrologie, vol. XIV, n° 2, 119-129p.
- Cornillon P. A. et Collectif. 2010, Statistique avec R. Presses Universitaires de Rennes.
- Doukopolou B. 2007, variabilité et tendance pluviométrique dans Nord-Ouest de la centrafricaine, enjeux environnement par université d'Albomey-calavi-DEA, 3-8p.
- Emberger L. 1955, une classification biogéographique des climats, Trav, St, Bot, Montpellier, 3-43p.
- Farah A.K. 2013-2014, changement climatique ou variabilité climatique dans l'EST algérien, université de Constantine, 36-52p, 127p.
- FAO. 2013, Changement Climatique : l'Algérie pourrait devenir un désert d'ici 2100, 1-2p.
- Fратиanni S et Acquaozia F. 2010, département de science de la terre, université de torino, 1-5p.
- Gordon A. McKay. 1968, Mesure de la précipitation, 29-64p.
- Hiez G. 1977, Homogénéisation des données pluviométriques. *Cahiers ORSTOM*, série Hydrologie, vol. XIX, n° 2, 129-172p.
- Hiez G. 1986, Bases théoriques du "vecteur régional". Les premières applications et leur mise en œuvre informatique. In : Deuxièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM (Montpellier), 1-35p.

## Références Bibliographiques

Hiez G. Cochonneau G. Sechet P. Fernandes U.M. 1992, Application de la méthode du vecteur régional à l'analyse de la pluviométrie annuelle du bassin versant amazonien. *Veille Climatique Satellitaire*, vol. 43, 39-52p.

Koteswaram, 1974, *Climat et météorologie* Edit, ISBN, UNESCO, Paris, 29-52p.

La Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, 2013, *La changement climatique*, 1p.

Louamri A, Faculté des Sciences de la Terre de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. Université de Constantine, Algérie, 70p.

Mahé G. et L'hote Y. 1995, Utilisation de la méthode du vecteur régional pour la description des variables pluviométriques interannuelles en Afrique de l'Ouest et centrale. *In : Régionalisation en hydrologie : application au développement*, Huitièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM (Montpellier, 1992), L. LE BARBÉE et É. SERVAT édit, Édit. ORSTOM, 175-192p.

Medjerab A. Henia L. 2005, Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale, PFE, 1-4p.

Morel M. 1999, Acquisition et constitution d'une information hydrologique de Base, Edition H.G.A, Bucarest, 160-200p.

Medjrab A. 2005, Étude de la pluviométrie de l'Algérie Occidentale : approche statistique cartographie automatique. Thèse de doctorat d'État, Université de Bab Ezzouar, Alger, 120p.

Medjerab A. Henia L. 2005, Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale, PFE, 320-350p.

Meddi M. Meddi H. 2002, Sécheresse météorologique et agricole dans le nord-ouest de l'Algérie. Deuxième colloque méditerranéen sur l'eau et l'environnement, Alger, 60-120p.

ONERC. 2007, Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, Paris, ISBN : 978-2-11-00-6618-0, 58p.

Pédelaborde P. et Delanoy H. 1958, Recherches sur les types de temps et le mécanisme des pluies en Algérie. *Annales de géographie*, 1958, n°361, 216-244pp.

## Références Bibliographiques

Roche M. 1963, Hydrologie de surface, Edition Gauthier-Villars, Paris. Sanchez-Diesma R, Zawadski I. Semper–Torres D, 200-210pp.

Roudier P. Gil M. 2010, Calculation of design rainfall and runoff on the Bani basin (Mali): a study of the vulnerability of hydraulic structures and of the population since the drought. Hydrological Sciences Journal, 351-363pp.

Sadou S. Assoumane I. D. 2007 Impacts anthropiques sur le cycle de l'eau vers une approche durable, PFE pour l'obtention du diplôme d'ingénieur, département d'hydraulique, Tlemcen, 95p.

Sawalki A. 2015, le changement climatique à la région méditerranéenne, 1p.

Seltzer P. 1949, Le climat de l'Algérie, Alger, 219p.

Smadhi D. 2002, étude agro-climatique des grandes cultures pluviales en région semi-aride, Cas des hauts plateaux telliens de l'Est d'Algérie, 42p.

Serhir N. 2013, chapitre de contrôle et régionalisation, 1-7p.

Zurich. 1986, Workshop on the Correction of Precipitation Measurements, p 288.

Taka Soh p. 2013, Cours sur les modèles linéaires. Ecole polytechnique, Yaoundé Cameroun, 97p.

Trabi Z. A. 2013, Étude de l'impact des activités anthropiques et de la variabilité climatique sur la végétation et les usages des sols, par utilisation de la télédétection et des statistiques agricoles, sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc). Thèse de Doctorat en cotutelle, Université d'Artois et Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan, 190 p.