



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريبيج  
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض و الكون  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
قسم العلوم الفلاحية  
Département des Sciences Agronomiques

## Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master  
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

## Thème

**Analyse des pluies journalières maximales annuelles dans le  
bassin versant de Chott El Hodna**

Présenté par : **BEDIAF Chahrazed**  
**LADJAL Samira**

Devant le jury composé de :

**Président :** BIBAK Mohamed

MAA (Univ. Bordj Bou Arréridj)

**Encadrant:** BENAINI Mohamed

MAB (Univ. Bordj Bou Arréridj)

**Examineur:** CHOURGHAL Nacira

MCA(Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

Année universitaire : 2018/2019



## Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à remercier **Allah**, le clément et Le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à notre encadreur monsieur «**BENAJNI Mohammed**» enseignant à l'université **Mohammed El Bachir El Ibrahimi – Bordj Bou Arreridj**.

Nous voudrions aussi remercier tous les enseignants qui ont Contribué à notre formation «**Aménagement Hydro-Agricole**».

Merci aussi à toute l'équipe de notre **département d'Agronomie**. Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de nos profonds Respects pour avoir pris la peine d'examiner notre mémoire.

Nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement.

Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

## *Dédicaces*

Je dédie ce mémoire à :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et celui qui atoujours sacrifie pour me voir  
réussir mon père **Ahmed**, que dieu te garde pour moi.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts la flamme de mon cœur, ma maman **Djawida**.

A Mon bras droit, la source de joie et de bonheur moncher mari **Oussama Benmessahel** que Dieu le  
protège.

A Mon chère frère **Zakariya** que Dieu le protège.

A mes chères sœurs **Amina, Asma** et ma belle **Salsabil** que Dieu les protèges.

A mes chère adorable mes amis **Manel, Dina, Soumiya et Noha, Najat**.

A ma Binôme **Ladjal Samira**.

A mon promoteur **Mr. BENAINI Mohammed**.

A tous mes enseignants de tous les cycles d'étude.

**Chahrazed**

## *Dédicaces*

Je dédie ce mémoire à :

Celle qui a souffert pour moi et qui s'est sacrifié pour m'offrir un milieu favorable pour ma croissance

morale : **Ma mère et Mon père.**

A mes très chers frères **Ali, Abdalghani, Abdaslam, Kamal, Assil, Chouchou**, que Dieu les protèges.

A mes chères sœurs : **Salima, Nassira, Sabrina, Aicha, Rima, Hind, Ranya**, que Dieu les protèges.

A ma chère belle-sœur **Samah.**

A ma chère nièce **Fereil.**

A toute ma grande famille

A mes chères fidèles Amis **Nada, Nassima, Ratiba, Samah, Zinab, Amina, Imen, Nasma, Manal, Zina**, et

tous les amis.

A ma Binôme **Chahra Bedaif.**

A mon promoteur **Mr BENAINI Mohammed.**

A tous mes enseignants de tous les cycles d'étude.

**SAMIRA**

## Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
La Liste des abréviations.....	I
La Liste des figures.....	II
La Liste des tableaux.....	III
<b>Introduction générales.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : Recherche Bibliographique</b>	
I.1.Introduction.....	3
I.2 .Climat .....	3
I.3.Les éléments du climat .....	5
I.3.1. Précipitation .....	4
I.3.1.1.L'origine des précipitations .....	4
I.3.1.2. Les différents types des précipitations.....	4
I.3.1.2.1. Précipitation de convection .....	4
I.3.1.2.2. Précipitation orographique .....	5
I.3.1.2.3. Précipitation cyclonique .....	6
I.3.1.3. Régime des précipitations .....	6
I.3.2.Température .....	7
I.3.3. Humidité.....	7
I.3.3.1. Humidité Relative .....	8
I.3.3.2. Humidité Absolue .....	8
I.3.4.Vent.....	8
I.3.5. Evaporation .....	8
I.4. La variabilité climatique .....	8
I.2.1. Variabilité climatique dans le monde.....	9
I.2.2. Variabilité climatique en Algérie .....	9
I.5. I.5.Les précipitations journalières maximale .....	10
I.5.1. Les précipitations journalières maximales annuelles dans le monde .....	10
I.5.2. Les précipitations journalières maximales annuelles en l'Algérie .....	10

I.6. Testes statistique .....	11
I.6.1. Test d'indépendance (Test de Wald-Wolfowitz) .....	11
I.6.2. Test de stationnarité (Test de Kendall) .....	12
I.6.3. Test d'homogénéité à l'échelle annuelle (Test de Wilcoxon ou de Mann-Whitney) .....	12
I.7. Conclusion .....	13
<b>CHAPITRE II : présentation de la zone d'étude</b>	
II.1. Introduction .....	13
II.2. Situation Géographique « Chott El-Hodna ».....	13
II.3. Aspect Morphologique .....	14
II.4. Aspect Administrative .....	15
II.5. Aspect physique .....	16
II.5.1.Géologie6 .....	16
II.5.1.1. Stratigraphie .....	16
II.5.1.2.Cadre structural .....	16
II.5.2.Géomorphologie .....	17
II.5.3. Pédologie .....	17
II.5.4.Couvert végétal .....	18
II.6. Hydrologie .....	19
II.7. Description climatique.....	19
II.7.1. L'origine des données.....	19
II.7.2. La pluviométrie .....	20
II.7.2.1. La variation mensuelle annuelle.....	20
II.7.2.2. La variation interannuelle de précipitation.....	21
II.7.2.3. Le régime saisonnier.....	22
II.7.3. Température .....	23
II.7.3.1. Température moyenne .....	23
II.7.3.2. Température maximale.....	23
II.7.3.3. Température minimale.....	23
II.7.4. Le vent .....	25
II.8.Climagramme de L.EMBERGER .....	26
II.9. Estimation du bilan hydrologique.....	27
II.10. Conclusion .....	30
<b>CHAPITRE III : Collecte et traitement des données</b>	

III.1. Introduction .....	31
III.2. Définition de l'analyse fréquentielle .....	31
III.3. Analyse fréquentielle des intensités maximales .....	31
III.4. Les lois statistiques de l'Analyse fréquentielle .....	31
III.4.2. Aperçu sur l'Hyfran-Plus .....	32
III.5. Le choix et distributions de la station pluviométrique .....	33
III.6. Statistique des données.....	33
III.7. Vérification des hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité .....	34
III.8. Interprétation des résultats .....	35
III.9. Résultats d'Ajustements .....	35
III.9.1. Modèle GEV.....	35
III.9.2. Modèle Gumbel .....	36
III.9.3. Modèle Log-Normal II .....	36
III.9.4. Modèle Log-Normal III.....	37
III.9.5. Modèle Pearson type 3 .....	38
III.10. Analyse des résultats .....	38
III.11. Calcul des quantiles.....	39
III.12. Validation d'ajustement par les critères Akaïke et Bayésien.....	39
III.13. Estimation des pluies maximales journalières pour chaque période de retour.....	41
III.14. Conclusion .....	41
<b>Conclusion générales.....</b>	<b>42</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

**m** : Mètre. (Unité de longueur ou distance).

**Km** : Kilomètre (unité de longueur ou distance)

**Km<sup>2</sup>** : Kilomètre carré (superficie).

**ha** : Hectare.

**mm** : millimètre

**hm<sup>3</sup>** : Hectomètre cube.

**C°** : Degré Celsius

**K°** : kelvin

**m/s** : Mètre par seconde.

**E(t)** : moyenne

**Var(t)** : variance

**Kn** : valeur statistique du test de Pettitt

**H1** : Hypothèse null

**H0** : Hypothèse alternative

**Q** : quantité du seuil de signification

**T** : période de retour

**Ts** : intervalle de temps

**Kc** : nombre de classe

**N** : taille de l'échantillon

**I** : intensité de pluie

**H** : hauteur de pluie

**a, b** : paramètres climatiques

**t** : Temps

**Δt** : Pas de temps

**K** : paramètre de la loi de GEV

**u** : paramètre de la loi de Gumbel

**χ<sup>2</sup>** : Khi deux

**Tmin** : Température minimale.

**Tmax** : Température maximale.

**Tmoy**: Température moyenne.

**ETP** : évapotranspiration potentielle (mm).

**T<sup>up</sup>**: température moyenne mensuelle (°C)

**K** : Terme correctif fonction de la durée théorique de l'insolation, la latitude et du mois.

**ETR** : évapotranspiration réelle (mm).

**P** : précipitation moyenne annuelle.

**L** : le pouvoir évaporant de l'atmosphère

**Q<sub>2</sub>** : quotient pluviométrique d'EMBERGER.

**P** : précipitation moyenne annuelle en (mm).

**M(C°)** : température moyenne maxima du mois le plus chaud.

**m(C°)** : température moyenne minima du mois le plus froid.

**ANRH** : Agence National des Ressources Hydrauliques.

**ONM** : office National de la Météorologie.

**GEV** : Valeurs extrêmes généralisée

**Ln II** : Log normale a deux paramètre

**Ln III** : log normal a trois paramètre

**BIC** : Bayesian information criterion.

**AIC** : Akaike information criterion.

## La Liste des figures

### CHAPITRE I : Recherche Bibliographique

<b>Figure I.1.</b> Les précipitations convectives .....	5
<b>Figure I.2.</b> Précipitation orographiques .....	5
<b>Figure I.3.</b> Front chaud et froid .....	6

### CHAPITRE II : présentation de la zone d'étude

<b>Figure II.1.</b> La situation du bassin versant du Hodna (ANRH) .....	13
<b>Figure II.2.</b> Orographie du bassin versant de Chott El Hodna.....	14
<b>Figure II.3.</b> Extrait simplifié de la carte géologique de l'Algérie du nord .....	16
<b>Figure II.4.</b> Coupe géologique schématique à travers Chott El Hodna.....	17
<b>Figure II.5.</b> Le réseau hydrographique de Bassin de Chott el Hodna .....	19
<b>Figure II.6.</b> Variation des précipitations moyenne mensuelle de station météorologiques de M'sila .....	21
<b>Figure II.7.</b> Variation des précipitations moyenne mensuelle de station météorologiques de M'sila et Bordj Bou Arreridj .....	21
<b>Figure II.8.</b> Variation interannuelle des précipitations de la station M'sila.....	22
<b>Figure II.9.</b> Variation interannuelle des précipitations de la station Bordj Bou Arreridj .....	22
<b>Figure II.10.</b> Variation des moyenne mensuelle interannuelle de température des stations météorologiques M'sila.....	25
<b>Figure II.11.</b> Variation de la moyenne mensuelle interannuelle de température des stations météorologiques Bordj Bou Arreridj .....	25
<b>Figure II.12.</b> Représentation graphique selon Q2 des stations M'sila et Bordj Bou Arreridj .....	27
<b>Figure II.13.</b> Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite de la station de M'sila.....	29
<b>Figure II.14.</b> Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite de la station de Msila Bordj Bou Arreridj .....	29

### CHAPITRE III : Collecte et traitement des données

<b>Figure III. 1.</b> Schéma présente les principales étapes de l'analyse fréquentielle ...	31
<b>Figure III.2.</b> Distribution des stations pluviométriques dans un bassin versant de Chott El Hodna.....	33

<b>Figure III.3.</b> Ajustement graphique des Lois statistiques avec les séries des stations Ain El Hadjel et Oued Chair .....	36
<b>Figure III.4.</b> Ajustement graphique des Lois statistiques avec les séries des stations de Ain Kerman Et Ain Riche .....	36
<b>Figure III.5.</b> Ajustement graphique des Lois statistiques avec les séries des stations de (les 06 stations) :Attouta Barrage , Slim, Ain Nssisa ,Meida, Sidi Ouadeh et Sidi Amour .....	37
<b>Figure III.6.</b> Ajustement graphique des Lois statistiques avec la station Attouta Barrage et Sidi Ouadah .....	37
<b>Figure III.7.</b> Ajustement graphique des Lois statistiques avec la station Bordj Bouarreridj et Ain Kherrmane .....	38

## La Liste des Tableaux

### CHAPITRE II : présentation de la zone d'étude

<b>Tableaux II.1.</b> Les sous-bassins d'El-Hodna .....	15
<b>Tableaux II.2.</b> Les coordonnées géographiques .....	20
<b>Tableaux II.3.</b> Précipitation moyenne interannuelle et annuelle (mm) de la station météorologique de M'sila (2006-2017).....	20
<b>Tableaux II.4.</b> Précipitation moyenne intra-annuelle et annuelle (mm) de la station météorologique de Bordj Bou Arreridj (1995-2017) .....	20
<b>Tableaux II.5.</b> Le régime saisonnier de la station météorologique .....	23
<b>Tableaux II.6.</b> Moyenne mensuelle interannuelle des températures de stations météorologique M'sila .....	24
<b>Tableaux II.7.</b> Moyenne mensuelle interannuelle des températures de stations météorologique Bordj Bou Arreridj .....	24
<b>Tableaux II.8.</b> Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) de la station de M'sila (2006-2017).....	25
<b>Tableaux II.9.</b> Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) de station Bordj Bou Arreridj (1995-2017) .....	26
<b>Tableaux II.10.</b> Climagramme de L.EMBERGER .....	26
<b>Tableaux II.11.</b> Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite de la station M'sila Bordj Bou Arreridj .....	28
<b>Tableaux II.12.</b> Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite a la station Bordj Bou Arreridj .....	29

### CHAPITRE III : Collecte et traitement des données

<b>Tableau III.01.</b> Les lois de distribution utilisées statistiques utilisées dans la présente étude .....	32
<b>Tableaux III.02.</b> Statistique des précipitations journalières maximales annuelles dans le bassin Chott Honda .....	34
<b>Tableaux III.03.</b> Test statistique .....	35
<b>Tableaux III.04.</b> Résultat d'ajustement des séries pluviométriques aux lois statistique (Test Pearson Khi Deux) .....	38
<b>Tableaux III.05.</b> Équations des droites d'ajustement simplifié des séries pluviométriques .....	39
<b>Tableau III.06.</b> Validation des lois d'ajustement selon les critères AIC et BIC ...	40

**Tableaux III.07.** Hauteur pluviométriques (mm) pour différente période de retour .....41

## Introduction générale

Face à l'accroissement du risque climatique à travers le monde, plusieurs chercheurs ont travaillé sur le développement des théories et modèles pour l'étude des valeurs extrêmes. Le mérite en revient à d'éminents mathématiciens, qui, par leurs travaux ont tracé le chemin de la théorie des valeurs extrêmes (EVT) comme : **Fréchet(1927), Fisher et Tippett (1928),Gnedenko (1943)**et surtout **Gumbel(1942,1955, 1957)** qui a contribué le plus à la généralisation de cette théorie. Les deux dernières décennies ont vu le développement de la modélisation statistique des valeurs extrêmes, comme en témoignent les nombreux travaux récents a l'échelle mondiale: **Embrechets et al. (2003),Katz et al.(2002),Beirlant et al. (2004),** Malamud et**Turcotte ,(2006)et ElAdlouni et al. (2008). (Hebal., Remini ,2011).**

En Algérie, Celles-ci affectent le territoire national algérien de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social. Les inondations de 1968 en Algérie, celles de 1974 des bassins versants de l'algérois et de Sebaou, celles de 2001 d'Alger, et celles de 2008 de Ghardaïa sont des exemples. D'après le recensement effectué par les services de la protection civile une commune sur trois (485 communes) est susceptible d'être inondée en partie ou en totalité. Ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus destructrices en Algérie, provoquant d'importants dégâts humains et matériels (**Hebal., Remini ,2011**).

La pluviométrie est une valeur proportionnelle à la quantité d'eau qui tombe du ciel sous forme de précipitations (ce terme comprend tous les formes : pluies, neige...etc), pendant une durée déterminée. (**Aissaoui ,2014**).Les précipitations sont des processus variables aussi bien dans l'espace que dans le temps. Lorsque cette variabilité est caractérisée par une certaine cohérence, celle-ci définit leur structure.

Les pluies maximales fréquentielles fournissent des données d'entrée pour les modèles hydrologiques utilisés pour prédire les événements extrêmes, comme les sécheresses et les inondations, et d'estimer les quantités d'eau de surface et des eaux souterraines (**KiefferetBois, 2002**).L'analyse fréquentielle des pluies maximales journalières, s'appuie sur l'ajustement des données(informations ponctuelles) à des lois de probabilité pour le calcul des quantiles, après avoir traité statistiquement la série de donnée(**St-Hilaire et al., 2003**).

L'objectif de cette étude est d'appliquer la méthode d'analyse de fréquence régionale devant permettre d'estimer des quantiles de précipitations journalières maximales annuelles, le but d'obtenir une qualité fiable de l'estimation des quantiles extrêmes dans les stations de notre zone d'étude. C'est dans ce contexte que notre étude fait objet et s'intitule : les analyse de pluies maximales journalières annuelle dans un contexte climatique .C'est donc pour répondre à ces objectifs, que ce mémoire a été structuré comme suit :

- Chapitre I : aperçue bibliographique.
- Chapitre II : présentation de zone d'étude.
- Chapitre III : collecte et traitement des données

## I.1. Introduction

La climatologie est la discipline scientifique relative au climat. Elle a pour objet caractérisation et la classification des différents types du climat, leur localisation géographique, l'étude des causes de leur diversification et, en un lieu donné ainsi l'analyse de leur variabilité temporelle (**Guyot, 1999**).

La climatologie se base sur des observations et des relevés d'un maximum des paramètres possibles comme la température, les précipitations, l'humidité. Ces relevés doivent avoir été faits sur 30 ans au minimum pour avoir une idée précise sur le climat (**Arléryet al.1973**).

## I.2. Climat

Le climat s'agit plus précisément d'une description statistique en fonction de la moyenne et de la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années. Dans un sens plus large, le climat est la description statistique de l'état du système climatique (**Dumas et al.,2005**).

Les éléments du climat sont des paramètres physiques et des observations visuelles qui caractérisent le climat, ils résultent : soit directement de la lecture ou de l'enregistrement d'un appareil de mesure (**Givoni, 1978**).

Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat tant pour les habitants et les écosystèmes. L'augmentation des précipitations pourrait être bénéfique en compensant pour la hausse de l'évaporation causée par l'augmentation de la température. Par contre, dans le cas d'une hausse de l'évapotranspiration causée par une augmentation des températures sans changement au régime de précipitations, le stress hydrique subi par les arbres pourrait être accentué considérablement. Les effets du stress hydrique sur les plantes sont nombreux. Ils varient selon la sévérité et la durée du stress, le stade du développement de la plante et selon les espèces (**Forget, 2003**).

## I.3. Les Eléments du climat

Les éléments du climat sont des paramètres physiques et des observations visuelles qui caractérisent le climat, ils résultent : soit directement de la lecture ou de l'enregistrement d'un appareil de mesure (thermomètre, pluviomètre...) soit des observations visuelles codifiées directement par l'observateur (ingénieur de station) (**Givoni, 1978**). Et en générale les principaux éléments climatiques sont :

### **I.3.1. Les Précipitations**

Une précipitation est le processus où une particule d'eau liquide (gouttelette) ou solide (glace) chute vers le sol sous l'action de la pesanteur (**Frédéric, 2010**)

#### **I.3.1.1.L'origine des précipitations**

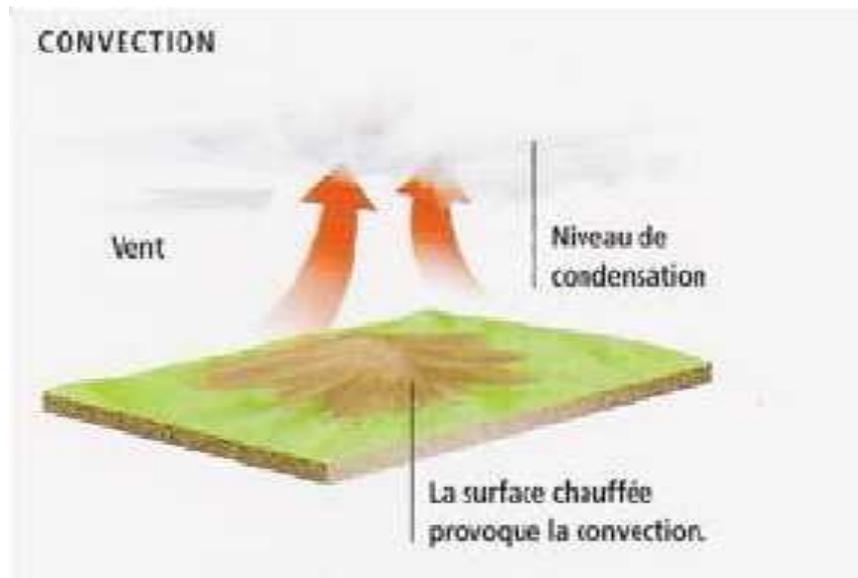
Les précipitations se produisent lorsque la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère se condense en nuages et retombe sur terre. Elles constituent l'unique «entrée» des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. Elles constituent un phénomène physique qui décrit le transfert 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 al., 2007**).

#### **I.3.1.2. Les différents types des précipitations**

Les précipitations sont classées en trois types :

##### **I.3.1.2.1.Précipitation de convection**

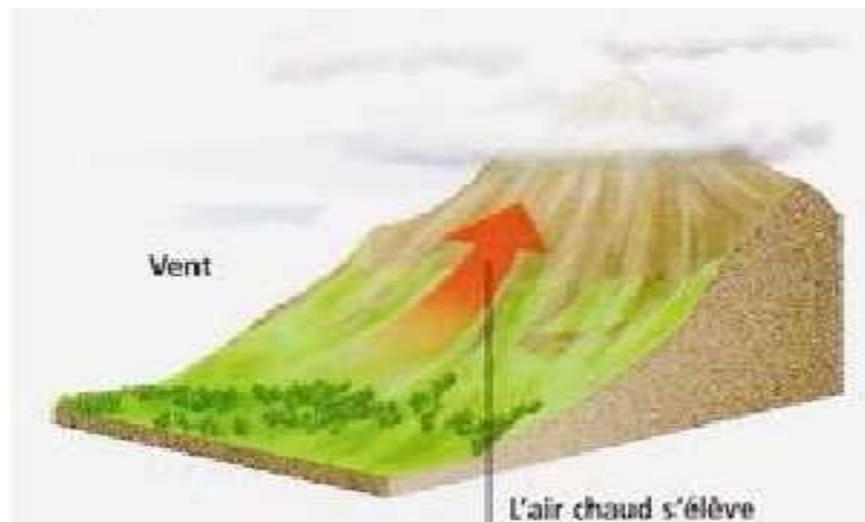
Le système convectif apparaît lorsque deux masses d'air de températures différentes entrent en contact et plus particulièrement une masse d'air froide recouvre un sol plus ou moins chaud ou lorsque les basses couches sont chauffées par les radiations solaires, l'air de ces basses couches se dilate alors, s'allège et s'élève sous l'effet de la poussée d'Archimède, il s'élève en se refroidissant jusqu'au niveau de condensation, altitude à laquelle se forme la base du nuage. L'air continue de s'élever en se condensant ainsi jusqu'au niveau d'équilibre thermique, altitude du sommet du nuage. Celui-ci peut atteindre des altitudes de l'ordre de 12 km pour les situations les plus convectives (**Morel, 1999**). Ce système est décrit par 3 phases : développement, maturité et dissipation tel qu'il est représenté sur la (figure I.1)



**Figure I.1.** Les précipitations convectives.

#### I.3.1.2.2. Précipitation orographique

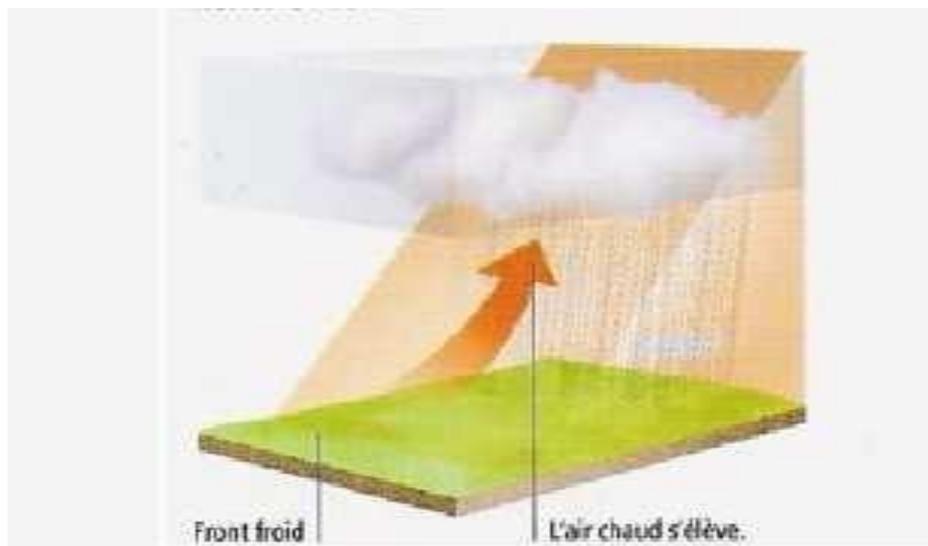
La présence d'un relief (une chaîne de montagne par exemple) sur la trajectoire d'une masse d'air provoque l'élévation de celle-ci. Le refroidissement induit peut entraîner la formation d'une couverture nuageuse et déclencher des précipitations (Figure I.2)(Morel, 1999).



**Figure I.2.** Précipitation Orographiques.

#### I.3.1.2.3. Précipitation cyclonique

Ces de précipitations sont engendrés au voisinage des surfaces de contact entre deux masses d'air de température et d'humidité différentes, que l'on appelle un front. La masse d'air chaud est toujours 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 (Figure I.3). 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 que pour le front froid (**Morel, 1999**).



**Figure I.3.** Précipitations Cyclonique(Front chaud et froid).

### I.3.1.3. Régime des précipitations

En utilisant la seule donnée de précipitation dans une nomenclature climatique, on parvient à définir une répartition mondiale des différents régimes pluviométriques. Pour identifier et classer les diverses régions pluviométriques du globe, on a habituellement recouru aux précipitations moyennes mensuelles ou annuelles (évaluées sur une longue période) et à leurs variations. La précipitation moyenne annuelle établie sur un grand nombre d'année (hauteur moyenne des précipitations annuelles tombant à un endroit donné) est aussi appelée sa valeur normale, son module annuel ou sa valeur interannuelle. Une classification pluviométrique générale basée sur les données annuelles.

Finalement, les précipitations sont un des processus hydrologiques les plus variables. D'une part, elles sont caractérisées par une grande variabilité dans l'espace et ceci quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte (régionale, locale, etc.). D'autre part, elles sont

caractérisées par une grande variabilité dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux (Aksouh, 2017).

### I.3.2.La Température

La température est un paramètre clé dans l'étude et la caractérisation des climats vue son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan énergétique, d'où son importance capitale dans les études qui touchent de près ou de loin le domaine du changement climatique. Ainsi que La température de l'air est un facteur qui a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur le déficit d'écoulement (évapotranspiration) (Touhami, 2017).

**I.3.2.1.Température moyenne :** est la représentation de l'ambiance thermique générale d'une période donnée (année, saison, mois.....etc). C'est le paramètre qui est fréquemment utiliser pour la modélisation des évolutions des écosystèmes ou des cultures sou l'influence du changement climatique.

**I.3.2.2.Température maximale :** est un indicateur adapter pour suivre les fortes chaleurs, il est plutôt représentative des débuts d'après -midi.

**I.3.2.3.Température minimale :** est une caractéristique en générale, des fins de nuit, trouve notamment sa pleine importance en été ou l'on sait qu'un repos physiologique pas trop perturbé nécessite une baisse suffisante des températures nocturne. L'unité internationale de température est de kelvin (K°). Le degré Celsius est une autre unité réponde en Europe. Certain pays anglo-saxon et les Etats Unis utilisent une autre unité : le degré Fahrenheit (F°). La plus basse température de système Celsius est -273,15 °correspondant à 0 k° (Vincent et al ., 2013).

Les formules de transformation d'unité de la Température sont :

$$C = 0,55 \times (F^{\circ} - 32) \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

$$K = C^{\circ} + 273,15 \dots\dots\dots(\text{II.2})$$

$$F = 32 + (1,8 \times C^{\circ}) \dots\dots\dots(\text{II.3})$$

### I.3.3.Humidité

L'humidité est un facteur plus important pour caractériser un climat, sa valeur dépend principalement de la température de l'air ainsi que des caractéristiques hygrométriques des masses d'air(Touhami, 2017).

### **I.3.3.1. Humidité Relative**

Représente le rapport exprimé en pour-cent (%) de la tension de vapeur d'eau observée à la tension de vapeur de saturation pour une température donnée. Donc L'air humide est le mélange de deux gaz : l'air sec et la vapeur d'eau (**Frédéric, 2010**).

### **I.3.3.2. Humidité Absolue**

L'humidité absolue d'une masse d'air représente la quantité en grammes de vapeur d'eau (g vapeur/Kg air sec) présente dans un volume d'air sec donné ( $m^3$ ) et sa valeur reste constante même si la température de l'air varie en restant supérieure à la température du point de rosée. La vapeur contenue dans une masse d'air est invisible, mais si on sature d'humidité de l'air sec au-delà d'une certaine limite on voit apparaître du brouillard et de la condensation, l'eau forme alors des gouttelettes en suspension dans l'air, on dit alors que l'air est saturé, la température de rosée c'est la température où la vapeur d'eau contenue dans l'air commence à se condenser dans l'air (<https://googleweblight.com>).

### **I.3.4. Le Vent**

Est un agent climatique influent directement sur le climat d'une région. Le vent est l'air en mouvement ou l'agitation de l'air. C'est le déplacement de l'air des zones de hautes pressions vers les zones de basses pressions. Le vent a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation. Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable (**Touhami, 2017**).

### **I.3.5. Evaporation**

C'est le phénomène physique de la transformation de l'eau en vapeur d'eau. Il intervient à toutes les phases du cycle de l'eau. L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres (**Touhami, 2017**).

## **I.4. La variabilité climatique**

La variabilité climatique désigne la modification ou variation significative du climat, qu'elle soit naturelle ou due aux facteurs d'origine anthropique (**Dorsouma, 2008**).

La variabilité climatique désigne des variations de l'état moyen et d'autres statistiques du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne par exp : l'effet de serre), ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (les gazes dégager par les usines) (**ONERC, 2007**).

### **I.4.1. Variabilité climatique dans le monde**

Durant cette dernière décennie, la communauté internationale est de plus en plus préoccupée par l'évolution du climat et ses conséquences socio-économiques et environnementales. Depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> Siècle une tendance à, une augmentation de la température, qui se poursuivent en ce début du 21<sup>ème</sup> siècle, sont mises en évidences par plusieurs études (**Matariet al., 2007**).

En Afrique du Nord, le Maghreb est soumis au climat de type méditerranéen ou dominant les étage bioclimatiques semi-aride, aride et hyper aride. Les données climatiques relevées dans la région durant le 20<sup>ème</sup> siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estime à plus de 1°C avec une tendance accentuées pour les 30 dernières années et une baisse de la pluviométrie depuis la moitié des années 1970 (**Benyatouet Bouklikha, 2017**)

#### **I.4.2. Variabilité climatique en Algérie**

L'Algérie se situe sous un climat de transition, entre la zone tempérée et la zone tropicale, cette position la met sous l'influence directe du climat méditerranéen au Nord et du climat désertique au Sud (**Benyatou et Bouklikha, 2017**). Le rythme saisonnier est simple :

En été, l'Algérie est soumise à l'influence des hautes pressions subtropicales qui, eu égard à sa latitude, donne des temps très chauds, très secs et tempérés, mais seulement, aux bords de la mer.

En hiver, le retrait des hautes pressions vers des latitudes plus basses livre la région à la circulation zonale d'Ouest : le temps est plus frais et plus humide. Cette circulation d'Ouest envahit le bassin méditerranéen, mais, en réalité, seules quelques perturbations atlantiques arrivent jusqu'au bassin méditerranéen, à cause des reliefs qui entravent l'écoulement de l'air. Les deux tiers des perturbations activant dans la région sont d'origine locale. Elles sont dues à des circulations d'air polaire froid qui atteignent la Méditerranée et y provoquent, au contact de ses eaux chaudes, une cyclogenèse active. Cet air froid qui touche le bassin méditerranéen progresse lentement vers le sud en saison froide. Ainsi, s'expliquent la diminution progressive des pluies vers le sud et l'allongement de la saison sèche (**BenyatouetBouklikha, 2017**)

Au nord, les précipitations diminuent du nord au sud et d'Est en Ouest. Sur la bande littorale, le climat est tempéré, avec des hivers pluvieux ou très pluvieux, avec des moyennes pluviométriques annuelles pouvant atteindre plus de 1500 mm dans la région de Jijel et Bejaia. Cette variation dans le nord dépend de la latitude, de l'altitude, de la continentalité et

du relief. En outre, une dissymétrie très nette existe entre les versants, ceux qui sont exposés au nord sont les mieux arrosés et ceux qui le sont au sud sont les plus secs (**Azzi, 2011**).

La moyenne des températures varie entre 8°C et 15°C en hiver en moyenne, et 25°C en juillet et août (26,5°C à Annaba, 26°C à Bejaia). En été, le sirocco, vent sec et chaud (baptisé le Chehili localement), souffle du Sahara en direction du nord durant la saison estivale, amenant des nuages de poussières et de sable vers les régions côtières (**Azzi, 2011**). Le climat dans la région de l'Atlas tellien est aussi tempéré, mais plus froid à cause de l'altitude. Il est caractérisé par des précipitations plus importantes (**BenyatouetBouklikha, 2017**).

## **I.5. Les précipitations journalières maximales**

### **I.5.1. Les précipitations journalières maximales annuelles dans le monde**

Ce sont des pluies qui apportent sur une courte durée (d'une heure à une journée) une importante quantité d'eau. Cette quantité peut égaler celle reçue habituellement en un mois, voire en plusieurs mois.

Des cumuls de l'ordre de 50 mm en 24 heures dans la plupart des régions de plaine et de l'ordre de 100 mm en 24 heures dans les régions montagneuses sont considérés comme des seuils critiques. Le dépassement de ces seuils peut provoquer, lorsque la nature du terrain s'y prête, de graves inondations (<http://pluiesextremes.meteo.fr>).

L'évaluation des valeurs extrêmes de crues revêt un grand intérêt en hydrologie pour la résolution des problèmes relatifs à l'occupation des sols et au dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Durant les vingt-cinq dernières années, cinq milliards de personnes ont été affectées par des désastres naturels ayant pour conséquence des pertes économiques autour du monde avoisinant 1 trillions USD (**Stromberg, 2007**). Les inondations, en particulier, sont les phénomènes hydrologiques les plus dangereux (**Hebal et Remini, 2011**).

### **I.5.2. Les précipitations journalières maximales annuelles en l'Algérie**

Les pluies maximales fréquentielles fournissent des données d'entrée pour les modèles hydrologiques utilisés pour prédire les événements extrêmes, comme les sécheresses et les inondations, et d'estimer les quantités d'eau de surface et des eaux souterraines (**Kieffer et Bois, 2002**).

Le Nord Algérien c'est l'une des régions les plus arrosées d'Algérie. Il est soumis au climat méditerranéen, caractérisé par un été sec et ensoleillé. Les moyennes annuelles des précipitations sont du Sud au Nord très variables de 450 mm à 1000 mm (**Bahroun et Kherici, 2011**).

L'estimation des statistiques liées aux précipitations représente un vaste domaine qui pose de nombreux défis aux météorologues et hydrologues. Parfois, il est nécessaire, voir indispensable d'approcher en valeur les événements extrêmes pour des sites où il existe peu, ou aucune donnée, ainsi que leurs périodes de retour (**Habibi et al., 2013**).

L'estimation de ces fréquences est difficile car les événements extrêmes par définition sont rares et les données disponibles localement proviennent souvent des observations de courte durée, insuffisantes pour pouvoir estimer les quantiles extrêmes de manière fiable (**Benabdesselamet Amarchi, 2013**).

## I.6. Testes statistique

Les tests statistiques sont des méthodes permettent d'analyser des données obtenues par tirages au hasard. Ils consistent à généraliser les propriétés constatées sur des observations à la population. Les tests statistiques fonctionnent tous sur le même principe qui consiste à énoncer une hypothèse nulle (noté  $H_0$ ) et une hypothèse alternative ( $H_1$ ), définir deux risques d'erreurs liés au choix de  $H_1$  (noté  $\alpha$ ) et de  $H_0$  (noté  $\beta$ ), calculer la valeur de la probabilité notée  $P$  et prendre une décision à partir de  $P$  (**Labreuche, 2010**).

### I.6.1. Test d'indépendance (Test de Wald-Wolfowitz)

On parle d'indépendance statistique lorsque la densité de probabilité jointe d'une série chronologique, une collection de  $n$  variables aléatoires, peut être écrite comme un produit de densités marginales pour chacune des  $n$  variables aléatoires, c'est-à-dire:

$$f_{x_1, x_2, \dots, x_n} = f_{x_1}(x_1) f_{x_2}(x_2) \dots f_{x_n}(x_n) \dots \dots \dots \text{(I.1)}$$

L'hypothèse d'indépendance est essentielle pour de nombreux problèmes statistiques. Dans un contexte expérimental, cette hypothèse est souvent garantie, ou presque, soit lorsque les prélèvements sont faits aléatoirement, ou par un procédé qui sert à randomiser, c'est-à-dire quelles traitements sont assignés aléatoirement aux unités expérimentales. Dans l'analyse d'une série chronologique, l'hypothèse d'indépendance est cruciale, car les observations de la chronique sont collectées au cours du temps. Dans une telle situation, on peut envisager que les observations ainsi recueillies ne sont pas sans rapport avec le passé. Il est donc normal de suspecter divers types de dépendance affectant les observations de la série chronologique (**Jean-Cléophas et al., 1997**). Ces différents types de dépendance peuvent être représentés par:

1. **Un effet de persistance** : une valeur n'est pas indépendante de la ou des valeurs précédentes.
2. **Un effet de tendance monotone**: l'espérance mathématique (la moyenne de la série) croit(ou décroît) avec le temps de manière continue.
3. **Des effets cycliques ou pseudo-cycliques**.

### I.6.2. Test de stationnarité (Test de Kendall)

Une série chronologique de réalisations d'une grandeur aléatoire, à un pas de temps donné, est dite stationnaire ces réalisations sont issues d'un même processus stochastique dont les paramètres (moyenne, variance, asymétrie, auto corrélation ...) restent constants au cours du temps. De façon plus mathématique, la stationnarité au sens strict sera mieux interprétée par la définition suivante :

Un processus stochastique  $\{X_t, t \in T\}$  est dit strictement ou fortement stationnaire si ses propriétés, c'est-à-dire probabilités, ne dépendent pas de l'instant :

$$(\forall h), (\forall n), P(X_1, \dots, X_n : t_1, \dots, t_n) = P(X_1, \dots, X_n : t_1+h, \dots, t_n+h) \dots \dots \dots (I.2)$$

La définition précédente stipule qu'un processus sera dit stationnaire au sens strict quand les lois de probabilité pour chaque instant  $t$  sont identiques, et lorsque la loi de probabilité conjointe pour deux instants  $t_1$  et  $t_2$  est invariante pour toute translation du temps. Les caractéristiques (moments) d'un processus strictement stationnaires ont donc invariante pour tout changement de l'origine du temps (**Jean-Cléophas, 2002**).

### I.6.3. Test d'homogénéité à l'échelle annuelle (Test de Wilcoxon ou de Mann-Whitney)

Dans une analyse des séries chronologiques, il est important de vérifier l'hypothèse que les observations de la chronique sont identiquement distribuées, cela revient encore à vérifier que les observations de la chronique sont homogènes. La vérification de cette hypothèse est nécessaire avant d'entreprendre toute étude d'inférence statistique. Le caractère d'homogénéité des observations d'une série chronologique est donc une hypothèse fondamentale dans une étude statistique, et mérite d'être traité avec beaucoup de sérieux (**Jean-Cléophas et al., 1997**).

Tester l'homogénéité d'une série d'observations, revient alors à montrer l'impact sur les observations d'un changement dans les conditions entourant la saisie de ces observations. Dans la formulation statistique du problème d'homogénéité, on considère  $k$  populations aléatoires définies par les  $k$  fonctions de répartition :  $F_j(x), j = 1, \dots, k$ . on extrait « au hasard »

dans chaque population un échantillon de taille  $n_j$ , on dispose ainsi de  $k$  échantillons indépendants extraits au hasard, de sorte que l'on cherche à vérifier les hypothèses suivantes :

$$\begin{cases} H_0: F_1(x) = \dots = F_j(x) = \dots = F_k(x) \\ H_1: \text{il existe } i \text{ et } j \text{ tels que: } F_i(x) \neq F_j(x) \dots \dots \dots \end{cases} \quad \text{(I.3)}$$

En général, cette étude se limite toujours à deux populations, c'est-à-dire  $k = 2$ . Dans le système précédent, l'hypothèse nulle  $H_0$  affirme que les observations de la série chronologique sont homogènes, tandis que l'hypothèse alternative met en doute cette assertion, c'est-à-dire que les observations de la série chronologique ne sont pas homogènes.

### I.7. Conclusion

Ce chapitre est une compréhension théorique basée sur une bibliographie climatique générale ; il traite la notion du climat, leurs facteurs, les différents types ainsi que leur répartition.

On peut dire que la région du Nord Algérien qui concerne notre zone d'étude étaient climat tempéré avec des pluviométries annuelles pouvant atteindre plus de 1500 mm. La variation d'une série de données chronologiques peut être déterminée par plusieurs tests statistiques en fonction de la nature du changement.

### I-1- Introduction

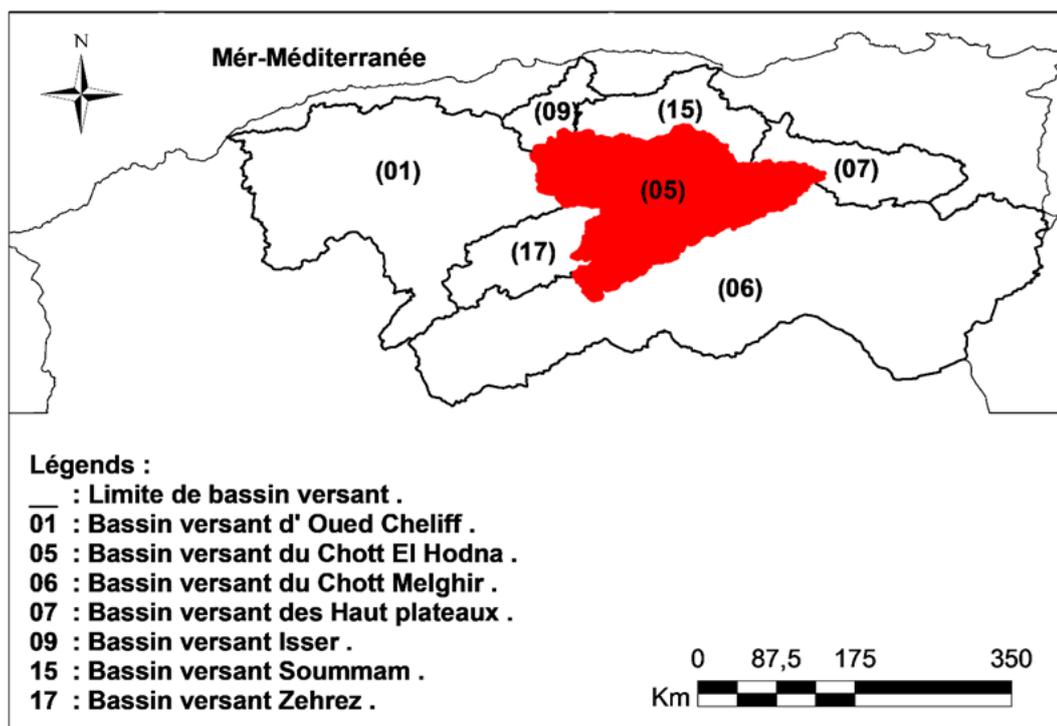
Ce chapitre est consacré à une description générale du bassin versant étudié afin de déterminer les caractéristiques géographiques, physiographiques et géologiques, bases indispensables à la compréhension future des mécanismes hydrologiques de la région d'étude.

### II.2. Situation Géographique « Chott El-Hodna »

Le bassin versant du Chott El Hodna est le 5<sup>ème</sup> grand bassin en Algérie, dans la division des grands bassins hydrographiques Algériens d'après l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH).

La région d'étude est située dans le centre du Nord Algérien, à 150km à vol d'oiseau au Sud de la mer méditerranéenne (**Kabbeche, 1995**). Le bassin versant de Chott El Hodna se situe entre les Latitudes 36° 9' Nord et 34°22' Sud et entre les Longitudes: 3°11' Ouest et 6° 08' Est, ce dernier est limité au :

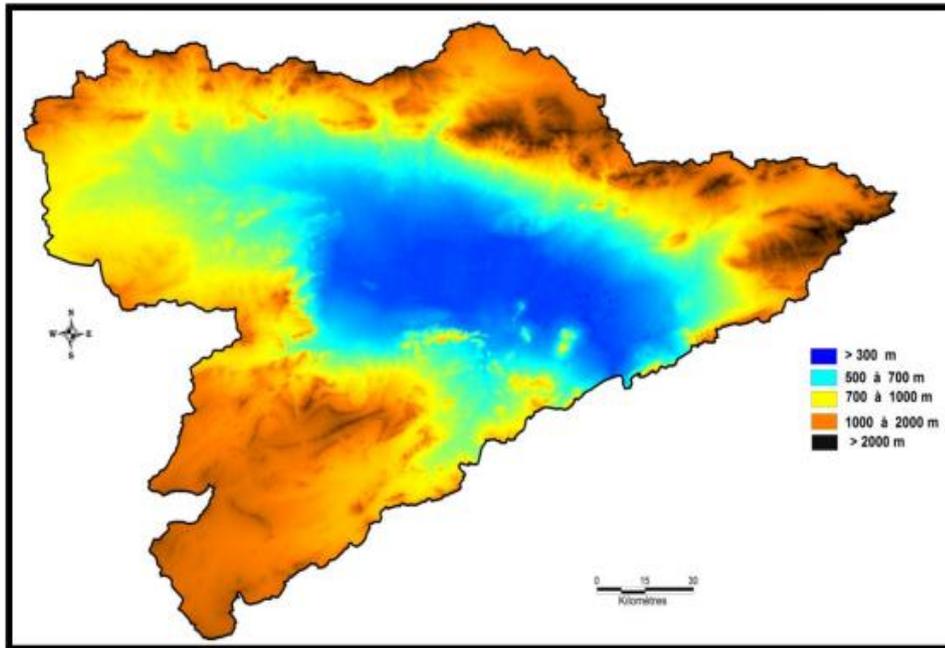
- **Nord** : Les bassins versants des Issers (09), Soummam (15) et Hauts plateaux Constantine(07) ;
- **Sud** : Le bassin versant Chott Melhir (06) ;
- **Est** : Les bassins versants Hautes Plateaux Constantine (07) et Chott Melhir (06) ;
- **Ouest** : Les bassins versants de Chellif (01) et Zahrez (17) ;



**Figure II.1.** La situation géographique du bassin versant du Chott El Hodna (ANRH).

### II.3. Aspect Morphologique

Le Bassin versant d'El-Hodna avec une zone de drainage de 26 000 km<sup>2</sup> est classé parmi les grands bassins hydrographiques de l'Algérie, L'altitude des sommets d'El-Hodna diminuant de l'Est à l'Ouest. Ils oscillent entre 1000 et 1900 m, tandis que dans le Sud seulement quelques sommets de l'Atlas saharien atteignent 1200 m. La situation de ce bassin entre deux ensembles de montagnes du nord et du sud, organise comme un bassin endoréique autour d'un bol plat de 400 m d'altitude (**Hasbaia et al., 2012**).



**Figure II.2.** Orographie du bassin versant de Chott El Hodna.

Au centre de cette région, le lac salé nommé « **Chott El-Hodna** », avec une surface de 1150 km<sup>2</sup>, reçoit l'eau et les sédiments de l'ensemble des affluents du bassin. Le bassin versant d'El-Hodna est divisé en 24 sous-bassins. Cependant, ces sous-bassins peuvent être regroupés en 08 Sous-bassins hydrographiques (**Hasbaia et al., 2012**).

Le bassin versant d'El-Hodna hydrologiquement fermé, correspond à une dépression comme il en existe sur les hauts plateaux d'Afrique du nord. C'est cependant un bassin qui n'est pas fermé dans le sens hydrogéologique, il est en communication vers l'Ouest avec le bassin du «Chott de Zehrez Chergui à Djelfa », et vers le sud avec l'immense bassin du continental intercalaire saharien (**Boumezbour, 2002**). Il occupe le centre de la cuvette d'El Hodna, Chott El-Hodna est limité au :

- Nord par la chaîne du Bibans et les monts du Hodna (1400-1800 m).
- Au Sud par l'extrémité orientale de l'Atlas Saharien (prolongement des monts d'Ouled Naïl (1470 - 1675 m) et les Monts du Zab (980 m).
- A l'Est par le Djebel Metlili (1495 m).
- A l'Ouest par les hautes plaines steppiques algéro-oranaises (900 - 1200 m)

**II.4. Aspect Administrative**

Chott El-Hodna occupe le centre de la cuvette d'El Hodna avec une superficie importante, environ 1 100Km<sup>2</sup>, divisée principalement entre deux wilaya : M'sila (1000Km<sup>2</sup>) et Batna (100Km<sup>2</sup>). Il se situe à 40 Km au Nord-Est de la ville de Boussaâda et à 80 Km au Nord-Ouest de la ville de Biskra, et fait partie de dix communes de la wilaya de M'Sila et deux de la wilaya de Batna.

Le bassin versant de Chott El Hodna comporte 08 wilaya : Batna, M'sila, Bordj-Bouarreridj, Sétif, Bouira, Médéa, Djelfa et touche une petite partie de la wilaya de Biskra (Jean et Franco, 1995).

**Tableaux II.1. Les sous-bassins d'El-Hodna (Hasbaia et al., 2012).**

Les sous-bassins d'El-Hodna selon l'ANRH		Les Sous-bassins hydrographiques d'El Honda	
Nom	Superficie (km2)	Nom	Superficie (km2)
1. El-Ham	791,6	El-Ham	6129,6
2. Sbisbebe	1847		
3. Guernini	1050		
4. Djenene	842,3		
5. Torga	1035		
6. El Karse	563,7		
7. El Leham	629,7	El Lahm	629,7
8. Lougman	336,9	Lougman	336,9
9. K'sob	1439	K'sob	3605
10. M'sila	2166		
11. Soubella	1828	Soubella	1828
12. Barika amont	886,2	Barika	3783
13. Barika aval	989,6		
14. Barriche	518,2		
15. Bithem Barika	1389		
16. Maiter amont	651,9	Bousâada	2912,9
17. Boussaâda	1008		
18. Maiter aval	1253		
19. Ain Rich	1090	M'cif	5235,2
20. Chair amont	1551		
21. Chair aval	857,4		
22. M'cif amont	959,7		
23. M'cif aval	777,1		
24. Chott El Hodna	1150		

## II.5. Aspect physique

### II.5.1. Géologie

Dans cette vaste région qui est le bassin endoréique Hodnéen, où la géologie est à la fois complexe et diverse sur tous les plans (structure, stratigraphie, faciès ...), il serait plus aisé dans un premier temps de la résumer comme suit : L'Atlas Saharien et l'Atlas Tellien, après leur choc frontal au niveau des Aurès, ont engendré une cuvette au début du Miocène, laquelle, à la fin de cette période et pendant le Quaternaire a subi un remplissage (**Grine, 2009**).

#### II.5.1.1. Stratigraphie

En dehors de l'Oligocène, du Miocène inférieur absent au domaine atlasique d'une part, et du Miocène supérieur et d'une partie du Pliocène basal au niveau de la chaîne tellienne, les séries sont presque complètes et vont du Trias au Quaternaire ancien, récent et actuel par les cours d'eau, constituant une plaine alluviale (**Grine, 2009**).

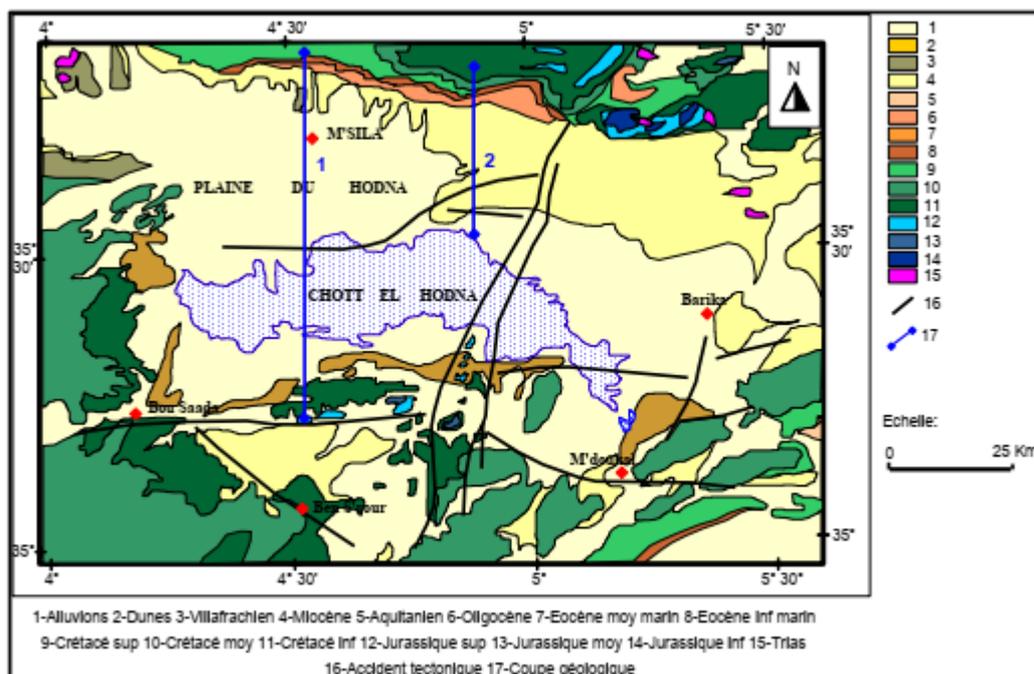


Figure II.3. Extrait simplifié de la carte géologique de l'Algérie du Nord (**Grine, 2009**).

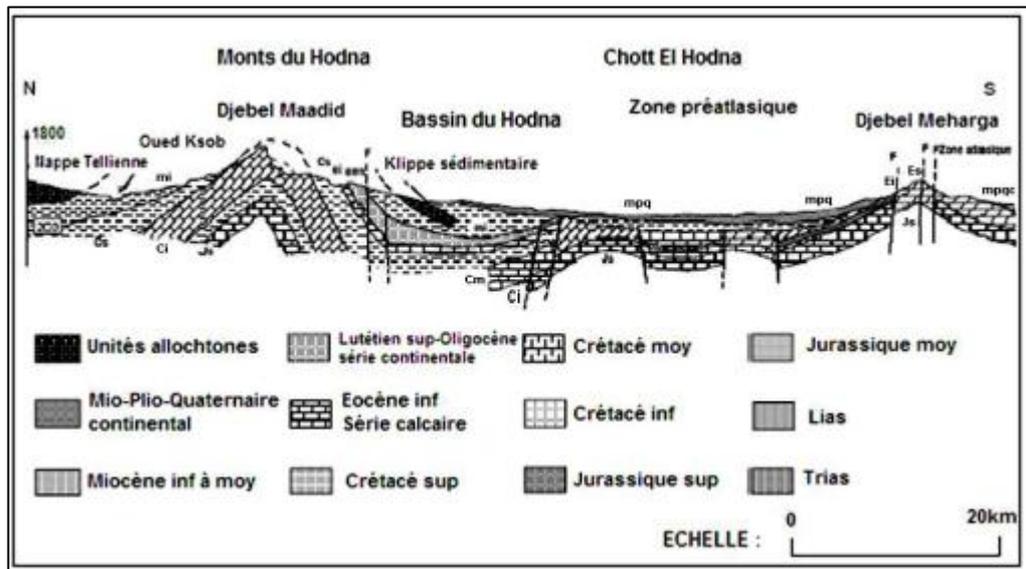
#### II.5.1.2. Cadre structural

D'après le schéma structural (Figure II.3) la région de M'sila renferme les ensembles suivants :

- Au Nord, les anticlinaux du Mâadid et du Medjez font partie de la rangée de structures orientées Est-Ouest. Le Djebel Mâadid qui culmine à 1863 m, présente un anticlinal dissymétrique avec une voûte effondrée. Les pendages sur le flanc Sud varient de la verticale

avec un léger déversement, en s'affaiblissant progressivement vers le revers Nord. Les terrains Crétacés sont surtout affectés de failles normales (**Guiraud, 1973**).

- A la limite Est du terrain d'étude, à 500 m d'altitude environ, l'anticlinal de Chott El Hammam orienté Nord Est-Sud-ouest, semble se prolonger sous le chott ; entre sous deux structure anticlinale vient s'insérer un synclinale qui s'étend sous la plaine de l'Msila ou la subsidence Eocène puis Néogène a été maximale (**Figure II.4**) (**Guiraud, 1969**).



**Figure II.4.** Coupe géologique schématique à travers Chott El Hodna (**Guiraud, 1969**).

### II.5.2. Géomorphologie

Doté d'un relief plat et d'un microrelief ondulé, Chott El Hodna est une large dépression dont le fond atteint 391m, il sépare la région du Chott El-Hodna proprement dite de la région saharienne. Il est constitué de deux zones concentriques, une zone périphérique ou «Sebkha» (**Boumezbeur, 2002**).

La zone périphérique : La zone Nord du Chott occupe une partie de la plaine, et la zone Sud se distingue par sa nature sableuse. La Zone centre : La partie centrale du chott correspond à une cuvette où se concentrent les eaux chargées en chlorures et sulfates l'unité structurale la plus dominante est la plaine, elle couvre les deux tiers d'El Hodna (**Boutrissa et al. 2012**).

### II.5.3. Pédologie

Les sols du chott et de la sebkha accumulent des gypso-salines de nappe qui devient franchement salins dans la sebkha grâce à l'évaporation (**C.F.M, 2004**). La répartition des

sols est en rapport avec des phénomènes pédologiques majeurs tels que la fertilisation, l'holomorphie, la gypso orphie, la callimorphe et la désertification (**Boudrissa, 2005**).

La nappe phréatique se rapprochant de la surface près de la sebkha, lieu où la minéralisation des eaux augmente, la salinisation de type sulfata-chlorure devient chlorure sulfatée et chlorurée (**Zadam, 2015**) Dans le chott on observe la zonalité pédologique suivante :

- **Sol peu évolué d'apporte alluvial** affecté à différents degrés par des sels sur les glacis récents se trouvant également en plaine.
- **Sol halomorphe moyennement à très fortement** salins dans le Chott avec une couverture végétale clairsemée, localement avec des sols hydro morphes à « redistribution de gypse ».
- **Sol halomorphe excessivement salin**, abiotique de la sebkha.
- **Sol halomorphe et sol hydro morphe** à redistribution de gypse ensablé en complexe avec des sols minéraux bruts xérique et inorganiques issus d'apports de région du R'mel.

**R'mel** : signifie sable, en raison de la présence de dévoile sableux d'origine éolienne.

Il est à noter que l'étude menée, par (**Abdeselem et al., 2014**), sur la dégradation des sols a Chott El Hodna a montré que les sols en surface sont peut calcaires et non gypseux.

#### II.5.4. Couvert végétal

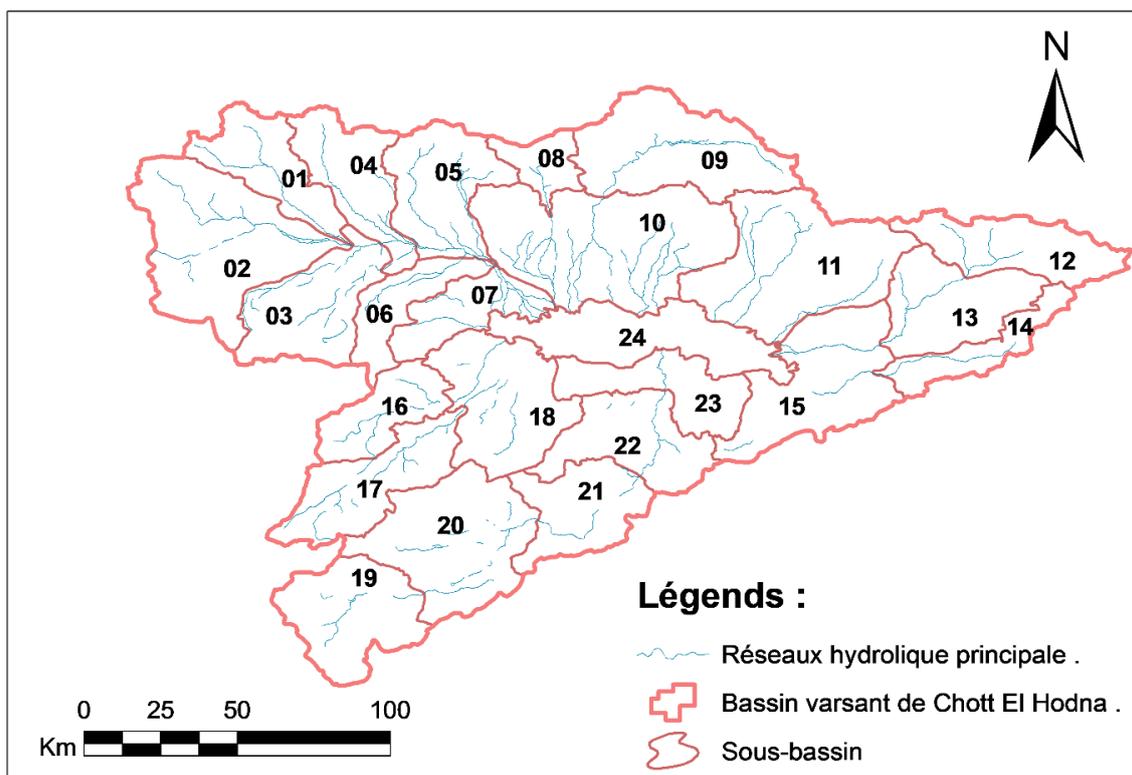
Le couvert végétal influe beaucoup sur les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface. En effet, l'évapotranspiration par les végétaux est très importante, elle varie selon la nature des végétaux (forêts, cultures, prairies). La répartition du couvert végétal et la part de chaque type de couvert dans chaque sous bassin versant dépend des caractéristiques physico-géographiques du bassin, des caractéristiques climatiques qui en déroulent et de l'influence de l'action anthropique (**Bourenane, 2008**).

Selon Zeroual en 2016 le bassin du Chott El Hodna contient :

- Des superficies forestières dominantes Djebels Messaad (33 814ha), Medjedel (16 321ha), Slim (14 916ha), Maadhid (6 448ha), Hammam El Dalaa (16 819ha), Boussaâda (3 739ha) à base de Pin d'Alep et Genévrier de Phénicie.
- Des superficies agricoles dans la plaine de M'sila qui propice aux cultures maraîchères (15 125ha), aux céréales (741 945ha) et les arbres fruitiers (14 170ha).

## II.6. Hydrologie

Chott El-Hodna fait partie d'une série de chotts qui se sont développés là où convergent les eaux provenant de l'Atlas saharien au sud et l'Atlas tellien au Nord. Le régime hydrologique d'El Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé par de fortes irrégularités. La majorité des cours d'eau n'ont pas de débits pérennes, à l'exception des Oueds Lougmane, El-Ham, K'Sob, Selmane, Barhoum et Soubella alimentés par des sources. A cela s'ajoute une multitude de petits cours d'eau (Chaàba) à sec pratiquement pendant toute l'année et qui coulent lors des chutes de pluies, quatre oueds seulement sont pérennes, quoique leurs débits soit très faible (**Boumezbeur, 2002**). Oued El Ham à l'ouest, Oued K'sob au Nord, Oued Barika à l'Est et Oued M'Cif au Sud. Tous les Oueds pérennes ou non, ont des crues secondaires et fortes. Les eaux se déversant dans le Chott sont estimées à 150 hm<sup>3</sup>/an pour une année moyennement pluvieuse (**C.F.W.M, 2000**).



**Figure II.5.** Réseau hydrographique et sous bassin du Chott El Hodna.

## II.7. Description Climatique

### II.7.1. L'origine des données

L'office national de météorologie (ONM) dispose de deux stations météorologiques opérationnelles dont la disponibilité de donnée concerne la pluviométrie, la température et le vent. Ces deux station ce présente comme suit :

**Tableau II.2.** Coordonnées et période d'observation des stations de M'sila et Bordj Bou Arreridj.

Stations	Coordonnées			Période d'observation
	Longitude	Latitude	Altitude	
M'sila	4°29' E	35°39' N	440 m	2006-2017
Bordj Bou Arreridj	4°46'E	36°4' N	930 m	1995-2017

Nous avons été encouragés de prendre en considération les données de l'ONM, pour les raisons suivante :

Ce sont de donnée disponible pour les deux stations météorologique de référence de M'sila et station de Bordj Bouarreridj.

- C'est des stations opérationnelles et plus proche de notre zone d'étude.
- Les données des autres sources sont relativement ancienne et sans continuité récent.

## II.7.2. La pluviométrie

### II.7.2.1. La variation mensuelle annuelle des précipitations

Les précipitations sont un des processus hydrologiques les plus variables. Elles sont caractérisées par une grande variabilité. Pour identifier et classer les diverses régions pluviométriques, on a habituellement recourt aux précipitations moyennes mensuelles ou annuelles (évaluées sur une période donnée) et à leurs variations.

**Tableau II.3.** Précipitation moyenne mensuelle interannuelle et annuelle (mm) de la station météorologique de M'sila (2006-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P <sub>moy</sub>	18,3	14,8	13,0	28,0	16,3	9,9	6,6	5,1	19,6	22,5	14,5	14,8	168,3

Le mois le plus pluvieux de station de M'sila est le mois d'avril avec une lame d'eau égale à 28 mm et le mois le moins pluvieux est le mois d'aout avec 5,1 mm

**Tableau II.4.** Précipitation moyenne mensuelle interannuelle et annuelle (mm) de la station météorologique de Bordj Bou Arreridj (1995-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P <sub>moy</sub>	41,5	28,3	30,8	36,3	29,9	22,5	7,9	18,2	40,7	25,7	35,5	34,2	351,5

Le mois le plus pluvieux de la station Bordj Bou Arreridj est le mois janvier avec 41,5 mm et le mois le plus sec est le mois de juillet avec 7,9 mm

La précipitation moyenne annuelle montre que Bordj Bou Arreridj reçoit 351,5 mm de précipitation annuelle, alors que celle de M'sila est de 168.3mm, ce qui montre que Bordj Bou Arreridj est plus humide que M'sila.

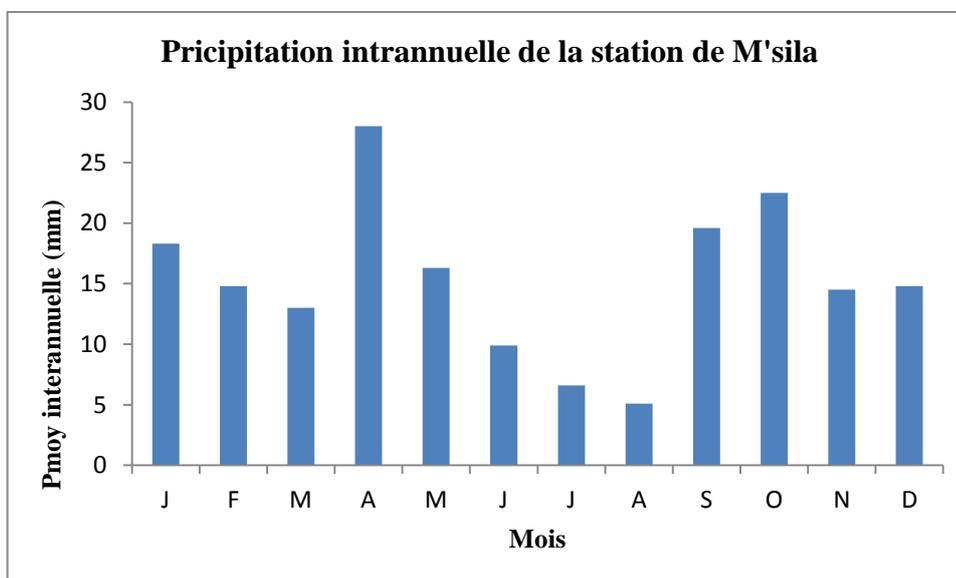


Figure II.6. Variation des précipitations moyenne mensuelle de la station météorologiques de M'sila.

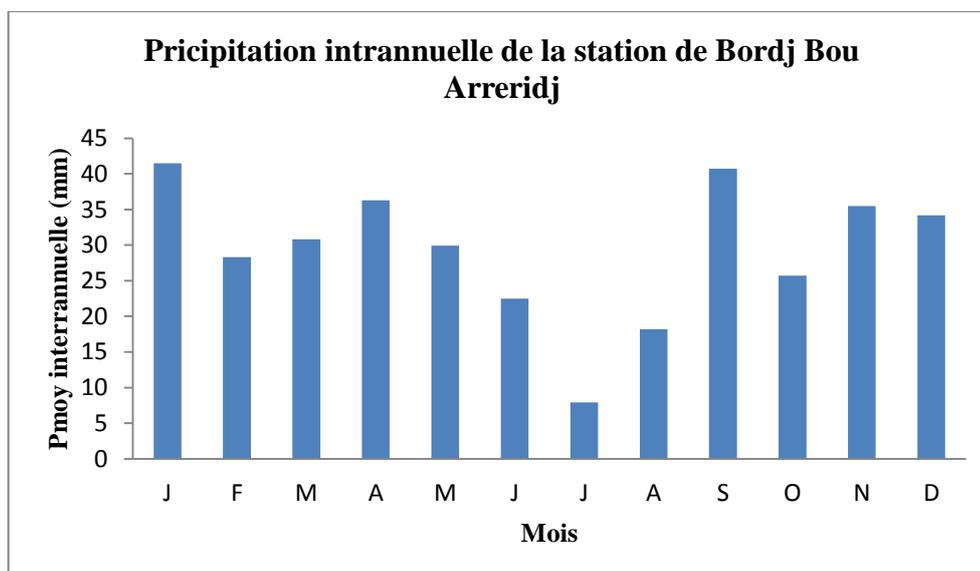


Figure II.7. Variation des précipitations moyenne mensuelle de la station météorologiques de Bordj Bou Arreridj.

### II.7.2.2. La variation interannuelle des précipitations

L'étude de variabilité interannuelle de la pluviométrie constitue un élément très important dans la connaissance de la tendance climatique et de la prévision , une étude consistante nécessite un nombre important de poste de mesure par apport de la superficie de

la zone d'étude et de longue série d'observation a fins de rendre l'étude représentative de l'évolution climatique (Meddi, 2005).

Les totaux annuelle de la station M'sila varie entre 121 mm en 2010 et 200mm en 2013, alors que pour la station de Bordj Bou Arreridj variant 210 mm en 2017 et 551 mm en 2003.

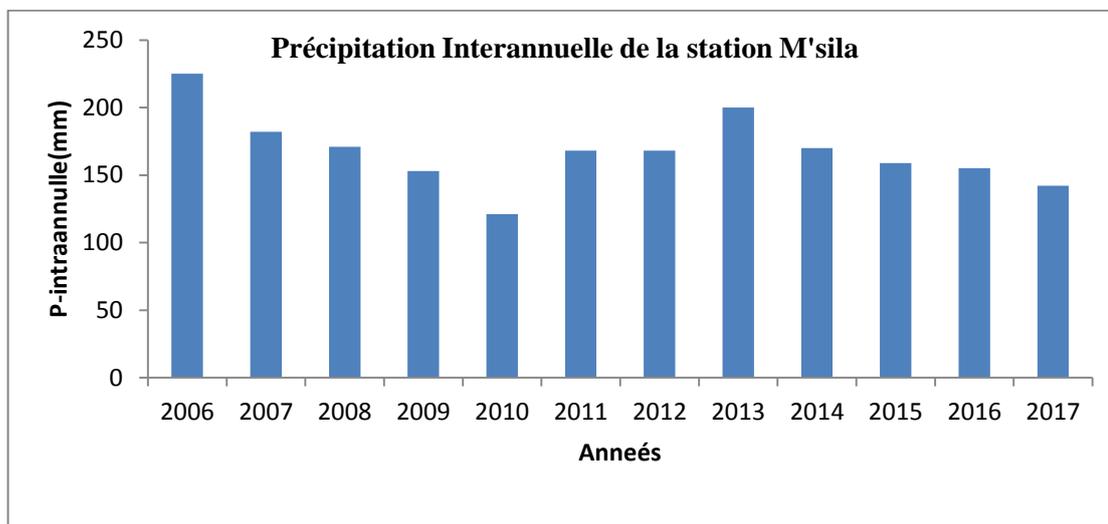


Figure II.8. Variation interannuelle des précipitations de la station de M'sila.

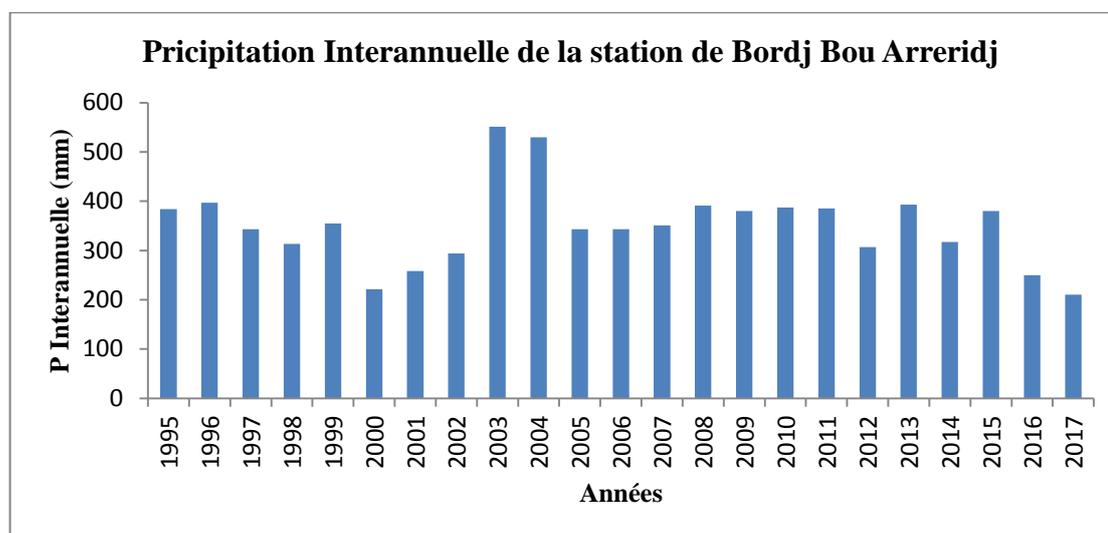


Figure II.9. Variation interannuelle des précipitations de la station de Bordj Bou Arreridj.

**II.7.2.3. Le régime saisonnier :**

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne ; même sur une longue période est une donnée essentielle pour caractériser un régime pluviométrique locale ou régional. Il est nécessaire de compléter la présentation des précipitations pour chaque saison : c'est le régime saisonnier. Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à

effectuer le classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante, on désigne chaque saison par son initiale (**Zedam, 2015**).

**Tableaux II.5.** Le régime saisonnier de la station météorologique.

Station	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Annuel (mm)	Type de R.S
<b>BBA</b>	33,97	34,64	32,33	16,20	351,5	HAPE
<b>M'sila</b>	18,87	16,51	19,10	7,20	168,3	PAHE

Pour la station de M'sila, la saison la plus pluvieuse est **Printemps** (19,10mm) puis **l'Automne** (18,87mm), **Hiver** (16,51mm) et **l'été** (7,20mm).

Pour la station de Bordj Bou Arreridj la saison la plus pluvieuse est **le Hiver** (34,64mm) puis **l'Automne** (33,97mm), **Printemps** (32,33mm) et **l'été** (16,20mm).

### II.7.3. La température

La température est un paramètre clé dans l'étude et la caractéristique des climats vue son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan énergétique, d'où son importance capitale dans les études qui touchent de près ou de loin le domaine du changement climatique. La température représente donc un facteur limitant vue son implication dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métabolique et par ce fait le conditionnement total de la répartition de tous les être vivant (**Ramade, 1984**)

La température maximale moyenne annuelle de la station météorologique de M'sila est évalué à 31,59 C°. La ventilation mensuelle des températures moyenne montre que le mois le plus froid est le mois de janvier avec 9,2 C° et le mois le plus chaud est le mois de juillet avec 43,6°C (Tableaux II.6). De même la température moyenne annuelle dans la station de Bordj Bouarreridj est évaluée à 27,86 °C. Et le mois le plus froid est le mois janvier avec 6,2°C et le mois le plus chaud est le mois de juillet avec 34,7C° (Tableaux II.7).

**Tableaux II.6.** Températures moyennes mensuelles de la station météorologique de M'sila.

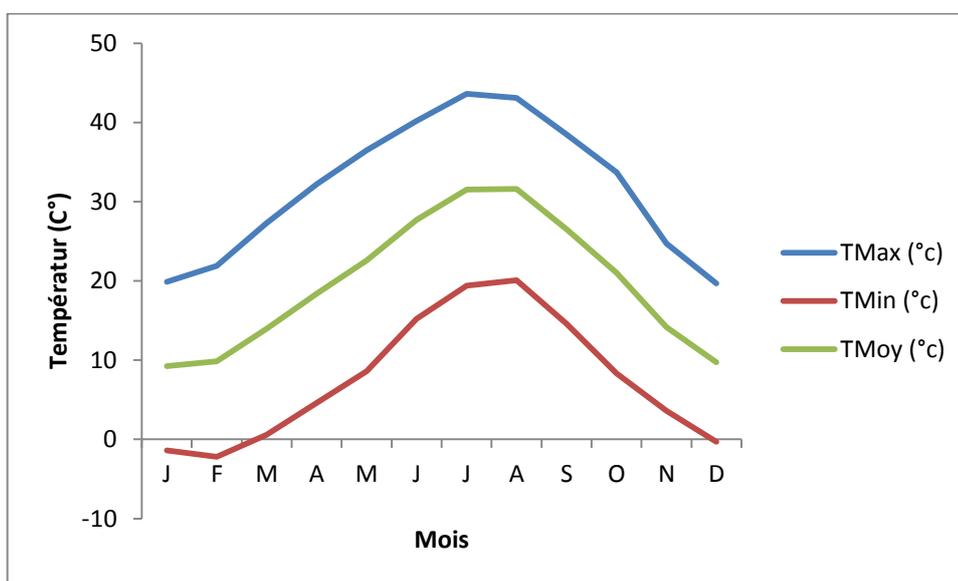
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY
<b>T<sub>Max</sub> (°c)</b>	19,8	21,7	27,7	32,2	36,8	40,9	43,7	43,1	38,3	33,6	24,7	19,6	31,8
<b>T<sub>Min</sub> (°c)</b>	-1,4	-2,2	0,6	4,6	8,6	15,2	19,4	20,1	14,6	8,3	3,6	-0,3	7,6
<b>T<sub>Moy</sub> (°c)</b>	8,7	9,9	13,5	18,1	23,1	28,4	32,3	32	26,3	20,8	14,3	9,4	19,7

**Tableaux II.7.** Températures moyennes mensuelles de la station météorologique de Bordj Bou Arreridj.

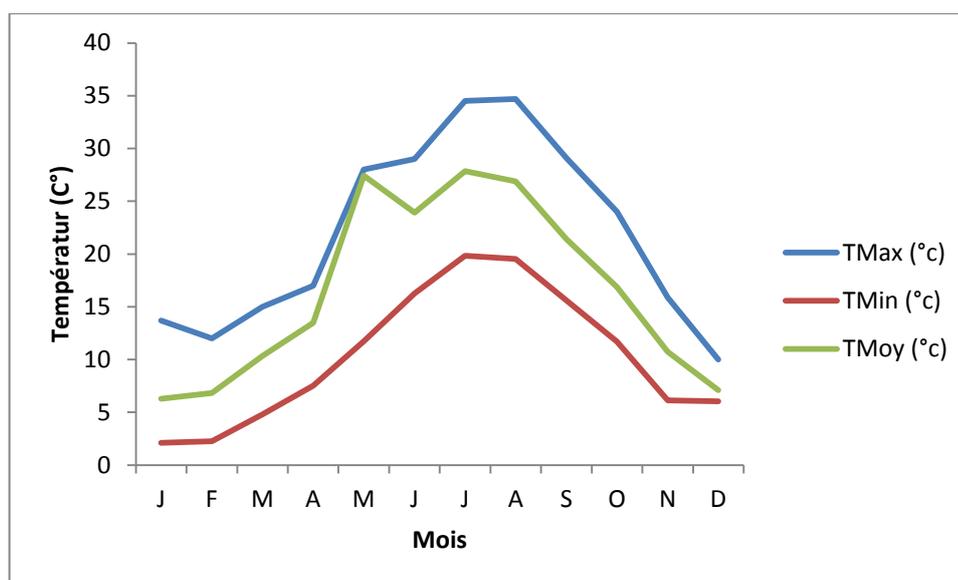
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOY
T <sub>Max</sub> (°c)	11,3	12	16,3	20	25 ,4	31,5	35 ,6	34,7	28,5	23,4	15,8	11,3	22,2
T <sub>Min</sub> (°c)	2,1	2,3	4,8	7,5	11,7	16,3	19,8	19,5	15,6	11,7	6,1	3,3	10,05
T <sub>Moy</sub> (°c)	6,29	6,81	10,32	13,48	27,42	23,92	27,86	26,87	21,41	16,88	10,72	7,11	15,89

Avec :

- T<sub>Max</sub> (°c) : moyenne des températures maximales en degré Celsius.
- T<sub>Min</sub> (°c) : moyenne des températures minimales en degré Celsius.
- T<sub>Moy</sub> (°c) : moyenne des températures en degré Celsius.



**Figure II.10.** Variation des moyenne mensuelle interannuelle de température des stations météorologiques M'sila.



**Figure II.11.** Variation de la moyenne mensuelle interannuelle de température des stations météorologiques Bordj Bou Arreridj

**II.7.4. Le vent**

Le vent est un élément climatique desséchant. La plaine du Chott El Hodna est réputée être ventée en raison de la faiblesse des obstacles et des brises vent qui peuvent atténuer la vitesse du vent (**Hadjab, 1998**).

La vitesse maximale annuelle du vent pour la station de M'sila est enregistrée pendant le mois de Mars avec 5 m/s (**Tableaux II.8**).

**Tableaux II.8.** Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) de la station de M'sila (2006-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Vitesse (m/s)	3,81	4,64	5	4,82	4,81	4,55	4	3,73	3,72	3,55	4	3,64	4,19

Pour la station de Bordj Bou Arreridj la vitesse moyenne mensuelle du vent atteint son maximum au mois de février avec 5,89 m/s. (**Tableaux II.9**).

**Tableaux II.9.** Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) de station Bordj Bou Arreridj (1995-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Vitesse (m/s)	5,80	5,89	1,22	1,18	1,13	1,08	1,1	1,03	0,94	0,85	5,75	0,93	2,24

**II.8. Climagramme d'EMBERGER**

La classification bioclimatique d'Emberger est largement adoptée dans la région méditerranéenne. Sur la base du Q2, cinq étages bioclimatiques sont définis pour l'Algérie : humide, subhumide semi-aride, aride et saharien. Ils sont subdivisés en variantes sur la base des seuils thermiques de la température du mois le plus froid (min) (**Mebarkia, 2011**).

$$Q2 = 2000 \left( \frac{P}{M^2 - m^2} \right) \dots\dots\dots (II.4)$$

Avec :

**Q2** : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

**P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

**M** : Température moyenne maximal du mois le plus chaud.

**m** : Température moyenne minimal du mois le plus froid.

**M** et **m** sont exprimés en degré Kelvin à partir du Zéro absolu (273°), pour éliminer les nombres négatifs. Tel que :

$$T (^{\circ}k) = T(^{\circ}C) + 273,15$$

Le Climagramme d'EMBERGER portant sur les valeurs du quotient Q2 en ordonnée et la température moyenne des minima en abscisse permet de classer les stations au sein de cinq étages bioclimatiques (humides, subhumides, semi-arides, arides et sahariens) divisées en quatre sous étages (hivers froids, frais, tempérés, et chauds). Suite au calcul du quotient (Q2) pour les stations de Bordj Bou Arreridj et M'sila, on a abouti aux résultats consignés au tableau ci-dessous :

Tableaux II.10. Climagramme d'EMBERGER.

Station	P (mm)	m (C°)	M (C°)	M (K°)	m (K°)	Q2
M'sila	168,3	7,6	31,8	304,95	280,75	23,75
Bordj Bouarreridj	351,5	10,05	22,2	295,35	283,2	100

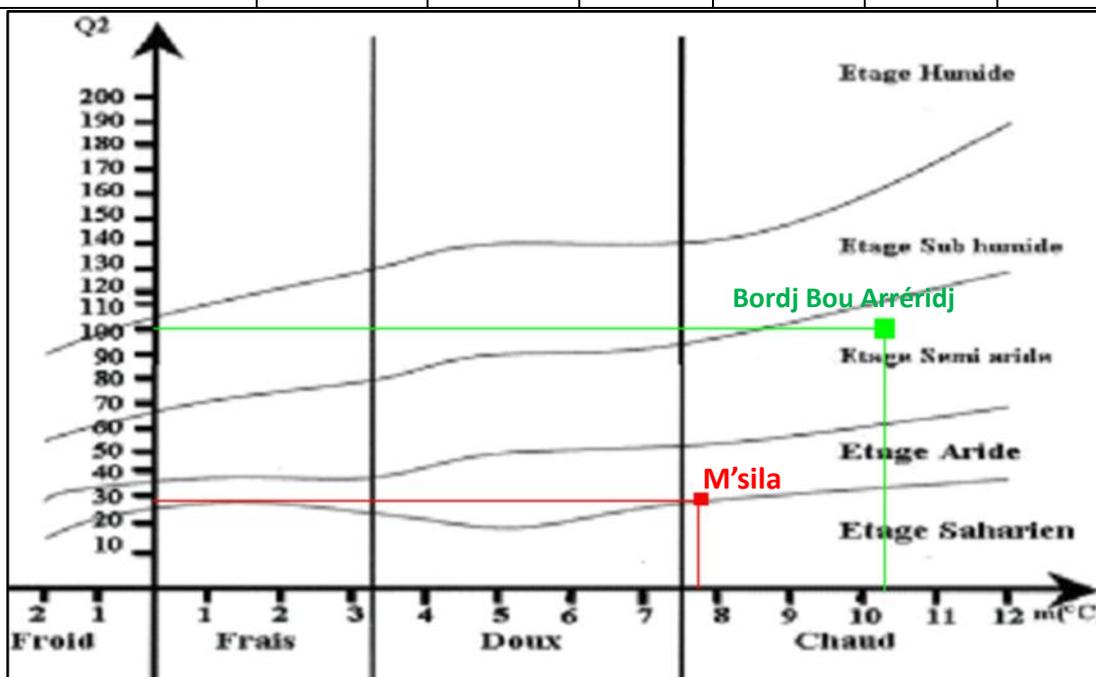


Figure II.12. Représentation graphique selon la projection de Q<sub>2</sub> des stations M'sila et Bordj Bou Arreridj.

Selon la projection de Q2 avec la température moyenne minimale, on trouve que le climat de la station de M'sila est un climat « Aride » et celui de la station de Bordj Bou Arreridj est un climat « Semi-Aride ». Les résultats de cette classification montrent la position géographique et le relief présenté par les Monts d'El Hodna (Djbel Maadid) jouent un rôle très important dans la détermination du type de climat, du fait que la distance entre les deux stations de Msila et Bordj Bouarreridj ne dépasse pas 80km.

**II.9. Estimation du bilan hydrologique**

**Evapotranspiration potentielle ETP**

**Méthode de Thornthwaite**

Selon Roche (1963) : « l'ETP correspond à l'évaporation d'une surface qui serait suffisamment approvisionnée en eau pour évaporer la quantité d'eau maximale permise par les conditions climatiques ». Ce paramètre est calculé par plusieurs méthodes, la plus répandue est celle de C.W. Thornthwaite présentée, en 1948, et qui ne tient compte que de la température :

$$ETP = 16(10 \frac{t}{I})^a \dots\dots\dots(II.5)$$

Où :

**ETP**: évapotranspiration potentielle (mm).

**T**: température moyenne mensuelle (°C).

**I** : indice thermique annuel.

$$I = \sum i \dots\dots\dots(II.6)$$

Où :

*i* : indice thermique mensuel

$$i = (\frac{t}{5})^{1,514} \dots\dots\dots(II.7)$$

$$a = 675. 10^{-9}I^3 - 771. 10^{-7}I^2 + 1,792. 10^{-2}I + 0,49239 \dots\dots\dots(II.8)$$

Certains auteurs pensent que les valeurs de l'ETP calculées par la méthode de Thornthwaite sont sous-estimées dans les régions arides et semi-arides, et surestimées dans les régions tropicales humides et équatoriales, pour cette raison l'ETP est multipliée par un facteur de correction K donnée par les tables et qui est fonction du temps, du mois et de la latitude du lieu (**Mebarkia, 2011**).

$$ETP_c = K \times ETP \dots\dots\dots(II.9)$$

Où :

**ETP<sub>c</sub>** : Evapotranspiration Corrigée (mm).

**ETP** : Evapotranspiration potentielle (mm).

**K** : Terme correctif en fonction de la durée théorique de l'insolation, la latitude et du mois.

Tableaux II.11. Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite de la station de M'sila.

M'sila: Altitude : 440 m Latitude : 35,23 N Longitude : 4,17° E												
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Températures(c°)	9,3	9,8	13,9	14,4	22,6	27,7	31,52	31,59	26,55	21	14,15	9,72
ETP (mm)	13,8	15,46	33,11	35,76	95,53	148,87	197,3	198,25	135,73	81,4	34,42	15,81
K	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85
ETPc (mm)	12	13,14	34,1	38,98	115,6	180,13	242,67	229,97	139,8	78,96	29,6	12,9
P (mm)	18,3	14,8	13	28	16,3	9,9	6,6	5,1	19,6	22,5	14,5	14,8
ETR (mm)	12	13,14	34,1	38,98	84,22	9,9	6,6	5,1	19,6	22,5	14,5	12,9
RFU (mm)	100	100	78,9	67,92	0	0	0	0	0	0	0	1,9
Da (mm)	0	0	0	0	84,22	170,23	236,07	224,87	120,2	56,46	15,1	0
Excédent (mm)	6,3	1,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

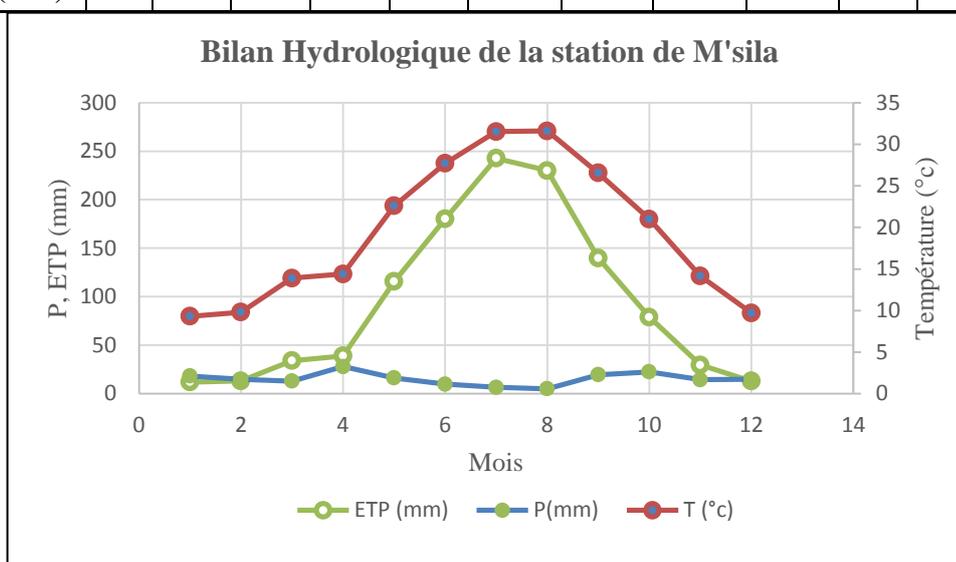
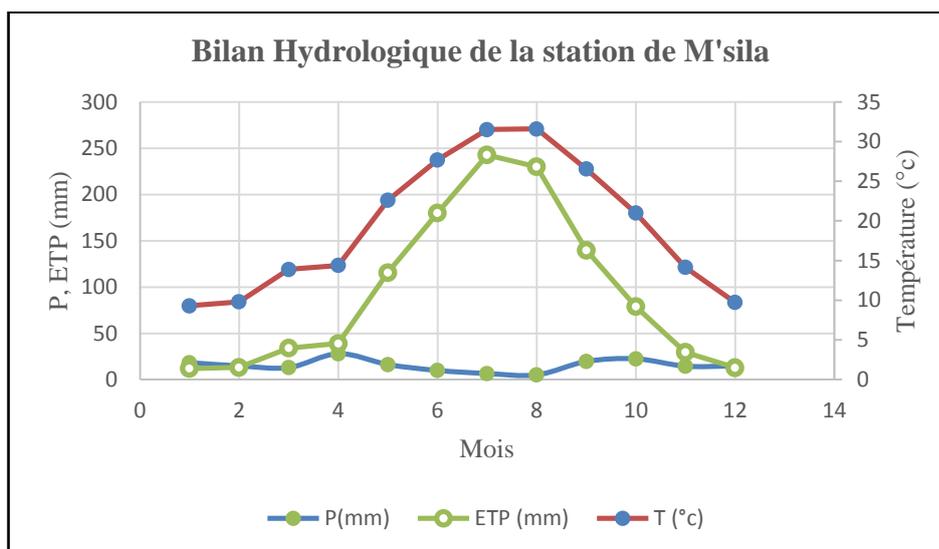


Figure II.13. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite de la station de M'sila.

Tableaux II.12. Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite de la station de Bordj Bou Arreridj.

Bordj Bou Arreridj : Altitude : 930 m Latitude : 36,67 N Longitude : 4,77° E												
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Températures	6,3	6,8	10,3	13,5	27,4	23,9	27,9	26,9	21,4	16,9	10,7	7,1
ETP (mm)	10,23	11,78	24,79	39,98	142,53	111,59	146,62	137,41	91,52	59,82	26,53	12,75
K	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
ETPc (mm)	8,90	10,02	25,53	43,58	172,46	136,14	181,80	159,40	94,26	58,03	22,82	10,71
P (mm)	41,5	28,21	30,79	36,27	29,93	22,5	7,92	18,2	40,7	25,74	35,48	34,21
ETR (mm)	8,9	10,02	25,53	43,58	73,51	22,5	7,92	18,2	40,7	25,74	22,82	10,71
RFU (mm)	100	100	100	92,69	0	0	0	0	0	0	0	23,50
Da (mm)	0	0	0	0	98,95	113,64	173,88	141,20	53,56	32,29	0,00	0
Excédent (mm)	32,6	18,19	5,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**Figure II.14.** Représentation graphique du bilan Hydrologique selon la méthode de Thornthwaite de la station de Bordj Bou Arreridj.

La représentation graphique des bilans hydrologique selon la méthode de Thornthwaite des stations de M'sila et Bordj Bou Arreridj montre que l'évapotranspiration maximale a été observée pendant le mois de Aout avec 198,25 mm pour la station de M'sila et pendant le mois de Juillet pour la station BBA avec 146,6 mm, ce qui produit des déficits agricoles avec les valeurs suivantes 907,15mm et 613,52 mm, nécessitants l'irrigation pour les zones des cultures.

## II-10- Conclusion

Le bassin versant de Chott El Hodna est un grand bassin situé dans le centre du Nord d'Algérien. Son relief est caractérisé par des séries de chaînes montagneuses au Nord et au Sud en organisant le bassin autour d'une cuvette fermée. Au centre de cette cuvette on trouve le chott El Hodna avec une superficie de 1150 km<sup>2</sup>.

Le réseau hydrographique du Hodna est irrégulier lié à son régime pluviométrique, ses oueds les plus principaux sont : El Ham, K'sob, Barika, Soubella, Lougmane, Selmane et Berhoum. La précipitation moyenne annuelle dans le bassin est très variable, comprises entre 168,3 mm et 351,5 mm avec un volume d'ETP important. Selon le climagramme d'Emberger le climat de la station de M'sila est un Climat « Aride » et le climat de la station de Bordj Bou Arreridj est un climat « Semi-Aride ».

### III.1. Introduction

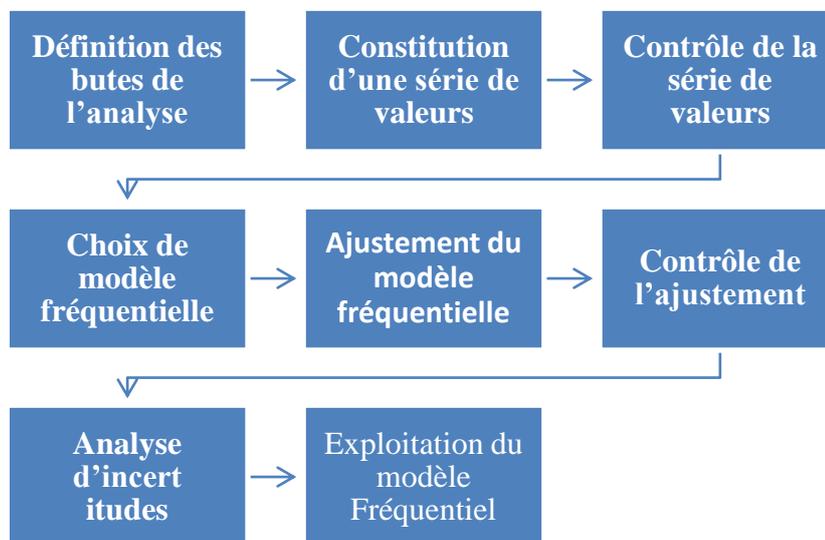
L'étude des phénomènes climatiques précipitations extrêmes et hydrologiques est une tâche assez délicate du fait des fluctuations saisonnières et interannuelles qu'elles peuvent revêtir. Ils sont complexes et dépendent d'un certain nombre de paramètres considérés comme aléatoires. Parmi ceux-ci, les précipitations et les débits sont les paramètres qui déterminent le plus l'évolution hydrologique.

### III.2. Définition de l'analyse fréquentielle

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future (Paul Meylanetal., 2008).

### III.3. Analyse fréquentielle des intensités maximales

L'analyse fréquentielle fait appel à diverses techniques statistiques et constitue une filière complexe qu'il convient de traiter avec beaucoup de rigueur. Ses diverses étapes peuvent être schématisées très simplement selon le diagramme suivant :



**Figure III.1.**Schema des principales étapes de l'analyse fréquentielle(Benyahyetal, 2004).

### III.4. Les lois statistiques de l'Analyse fréquentielle

Une enquête de l'ONM en 1989 a été faite pour l'analyse théorique des lois utilisées dans l'analyse fréquentielle des précipitations journalières maximales montre que 52 % des agences de la majorité des pays ont l'habitude d'utiliser comme référence principale la loi des valeurs extrêmes généralisées (GEV), cette loi admet comme cas particuliers, les lois de

Gumbel, Fréchet et Weibull. Les lois Pearson III (P) et Log Normal étaient utilisées par 31% des agences (**Habibi et al., 2012**).

Il existe plusieurs lois (modèles) d'ajustement pour les précipitations journalières maximales annuelles (**Aksouh, 2017**), on citant comme des exemples dans notre étude :

**Tableau III.1.** Les lois de distribution statistiques utilisées dans la présente étude

Lois	Fonction de densité de probabilité	Paramètres	Référence
GEV	$F(x) = \frac{1}{\alpha} \left[ 1 - \frac{k}{\alpha} (x - u) \right]^{\frac{1}{k}} - 1 \exp \left[ - \left[ 1 - K\alpha(x-u) \right]^{1/\alpha} \right]$	$\alpha, u, k$	(Perreault et Bobée, 1992)
Gumbel	$F(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-u} \cdot e^{-e^{-u}} \quad u = \frac{x-x_0}{\alpha}$	$\alpha, u, c$	(Bois et al., 2007)
Normal	$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\sigma, \mu$	(Roche, 1963)
log normal 2	$F(x) = \frac{1}{x\sigma_{\ln x}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \bar{X}}{\sigma_{\ln x}}\right)^2}$	$\bar{X}, \sigma_{\ln x}$	(Roche, 1963)
log normal 3	$F(x) = \frac{1}{x(x-x_0)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(x-x_0)-a}{b}\right)^2}$	$x_0, a, b$	(Roche, 1963)
Pearson type III	$F(x) = \frac{\alpha\lambda}{T(\lambda)} (\ln x - m)^{\lambda-1} e^{-\alpha(\ln x - m)}$	$\alpha, \lambda, T(\lambda), m$	(Bobée et Robitaille, 1976)

La courbe de distribution expérimentale de la série des pluies maximales a été ajustée à différentes lois statistiques pour déterminer les quantiles. L'ajustement des pluies maximales journalières a été effectué à l'aide du logiciel HYFRAN-Plus.

### Aperçu sur Hyfran-Plus

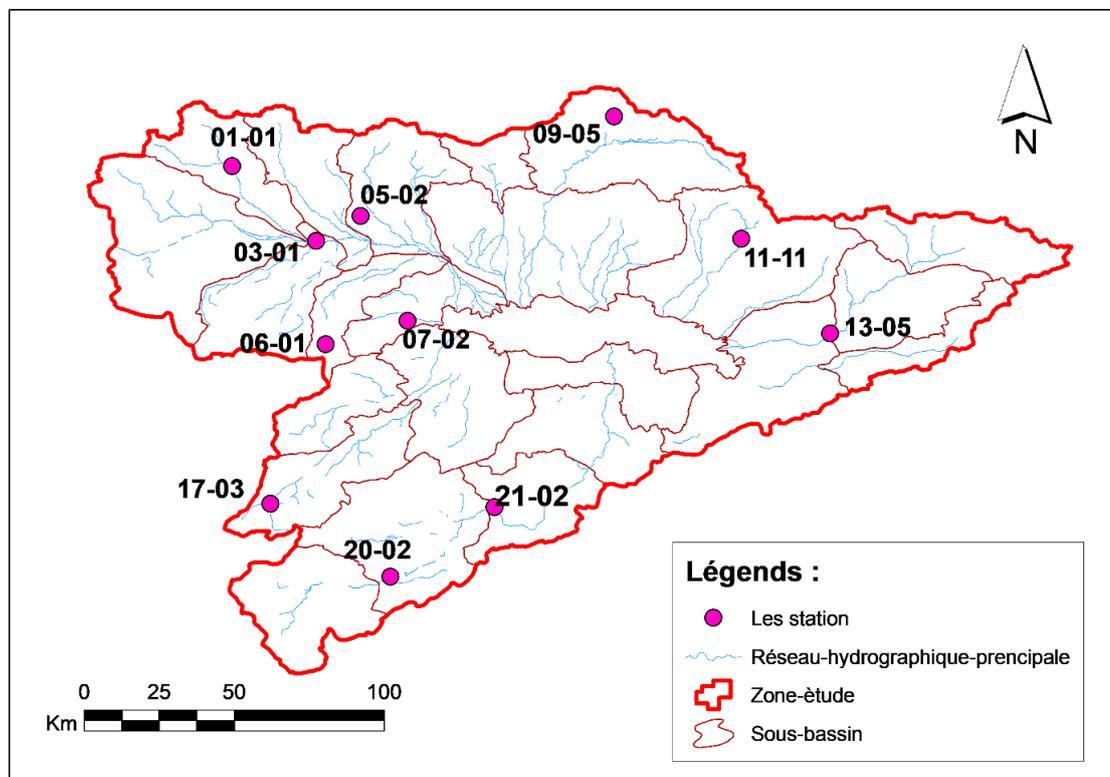
Le logiciel Hyfran-Plus a été conçu pour l'analyse fréquentielle en hydrologie particulièrement pour les valeurs extrêmes. Ainsi pour l'analyse des crues, on s'intéresse les pluies extrêmes journalières annuelles. Cependant il peut être utilisé pour n'importe quelle série des valeurs extrêmes dans d'autres domaines avec différents pas de temps, à conditions que les observations soient Indépendantes et Identiquement Distribuées (Hypothèse IID).

Le logiciel Hyfran-Plus permet d'ajuster un nombre important de distributions statistiques à une série de données qui vérifient les hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité (**Aksouh, 2017**).

### III.5. Le choix et distributions de la station pluviométrique

La distribution des données assure une bonne couverture sur l'ensemble du bassin versant d'El Hodna, Malgré la difficulté d'accès aux données hydrologiques auprès de l'agence nationale des ressources hydraulique (ANRH) et l'Office National Météorologique (ONM), cela reste la première contrainte dans les études climatiques et hydrologiques.

Les données ont été choisies par les archives de l'ANRH. La période retenue dans l'étude, après l'analyse critique, correspond à une série entre la plupart des stations pluviométrique et suffisamment longue pour être traitée statistiquement (nombre d'année supérieur à 30 ans). La distribution des stations pluviométriques de cette étude est montrée dans la FigureIII.02.



**Figure III.2.**Distribution des stations pluviométriques dans le bassin versant du Chott El Hodna.

### III.6. Statistique des données

Ce choix et cette critique nous ont permis de faire une présentation statistique sur l'ensemble des stations pluviométrique, dont les paramètres statistiques sont présentés dans les tableaux suivant :

**Tableaux III.2.** Statistiques des précipitations journalières maximales annuelles dans le bassin versant de Chott El Hodna.

STATION	Moy(mm)	Max(mm)	Min (mm)	écart type (mm)	CA	CV	Etendu
Ain Nessissa	33,863	73,575	12,644	18,219	0,714	1,858	60,9
Ain El Hadjel	33,183	52,095	13,225	10,108	-0,06	3,282	38,9
Meida	33,622	81,474	11,1	13,479	1,32	2,494	70,4
Sidi Ameur	25,864	43,747	13,192	8,223	0,73	3,145	30,6
Ain Kherrmane	31,87	52,92	17,01	8,868	0,482	3,594	35,9
Bordj Bouarrerdj	38,709	58,85	17,05	7,594	-0,204	5,096	41,8
Sidi Ouadah	33,563	72,716	15,386	12,945	0,90	2,592	57,3
Attouta Barrage	31,191	44,28	14,472	9,393	-0,21	3,32	29,8
Slim	32,755	90,308	8,56	16,392	1,69	1,998	81,7
Ain Rich	11,608	40,082	2,45	7,706	1,93	1,506	37,6
Oued Chair	13,414	37,206	0,742	7,883	0,836	1,701	36,5

Le tableau suivant résume la distribution des pluies journalières maximales annuelles pour l'ensemble des stations. D'après ce tableau, on remarque que la station de Slim dispose la précipitation journalières maximales annuelles la plus importante et aussi la plus faible précipitation durant la période d'étude, donc l'étendu le plus considérable parmi les séries pluviométriques que nous disposant, donc, une grande variation du régime pluviométrique a connu cette station.

### III.7. Vérification des hypothèses d'indépendance, d'homogénéité et de stationnarité

Avant de procéder à l'ajustement d'un échantillon à l'aide d'une distribution statistique, il est primordial de vérifier si les données sont indépendante, stationnaire et homogène (cf. Bobée et El Adlouni, 2015; Bobée et Ashkar, 1991). En effet, les observations doivent être des réalisations Indépendantes de la même variable aléatoire et provenir de la même distribution statistique (i.e. Identiquement Distribuées). Dans HYFRAN-PLUS, des tests statistiques sont disponibles pour vérifier les hypothèses d'indépendance, de stationnarité et d'homogénéité. Il s'agit des trois tests d'hypothèse:

- Test d'indépendance (Wald-Wolfowitz) ;
- Test de stationnarité (Kendall);
- Test d'homogénéité (Wilcoxon);

**Note :** Le test de Wilcoxon est connu aussi sous le nom du test de Mann-Whitney. Tous ces tests sont décrits dans Bobée et Ashkar (1991) et Bobée (2000).

Tableau III.3. Résultats des tests statistiques.

Les Stations	Indépendance (%)	Homogénéité (%)	Stationnarité (%)
Ain Nessissa	58,6	36,8	12,6
Ain El Hadjel	15,2	43,5	27,7
Meida	56,1	16,7	7,16
Sidi Ameur	87,0	60,3	7,77
Ain Kherrmane	82,9	12,8	0,845
Bordj Bouarreridj	14,9	79,5	17,4
Sidi Ouadah	27,9	47,1	87,8
Attouta Barrage	74,9	23,8	5,06
Slim	78,7	18,6	44,4
Ain Rich	10,5	48,4	12,6
Oued Chair	11,9	0,984	0,0249

Les résultats de vérification des hypothèses d'Indépendance, d'homogénéité et de stationnarité sur les stations pluviométriques montre que la totalité des stations sont Indépendante, homogène et stationnaire au seuil de signification de 05%.

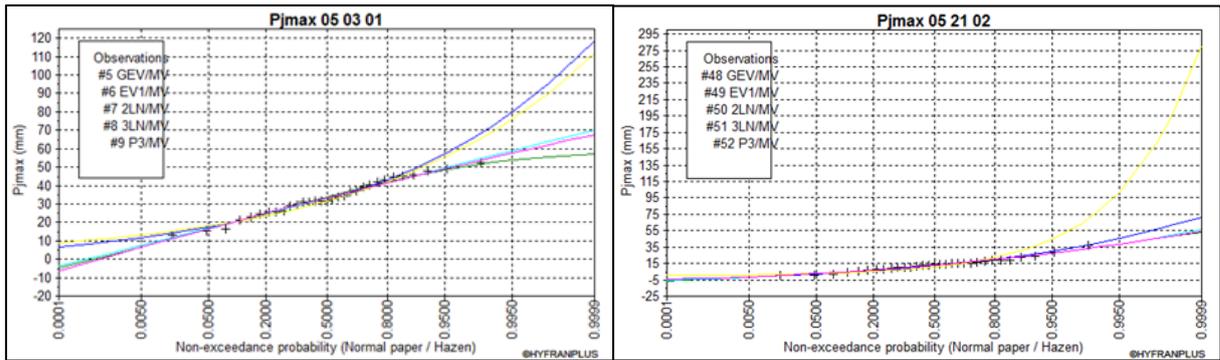
### III.8. Interprétation des résultats

Un test statistique parmi les tests qu'on a cité avant, au seuil de probabilité de 5%, il faut que la valeur du  $\chi^2$  critique (théorique, donnée par logiciel Hyfran) soit strictement supérieure à la valeur  $\chi^2$  analytique. En fonction de degré de liberté et du seuil de probabilité la valeur  $\chi^2$  théorique est tirée à partir de la table de Pearson. Alors dans notre étude on a deux degré de liberté sont : cinq(5) et six(6), les valeurs de  $\chi^2$  qui correspond ces deux degré de liberté sont successivement : 11,07 et 12,592.

### III.9. Résultats d'Ajustements

#### III.9.1. Modèle GEV

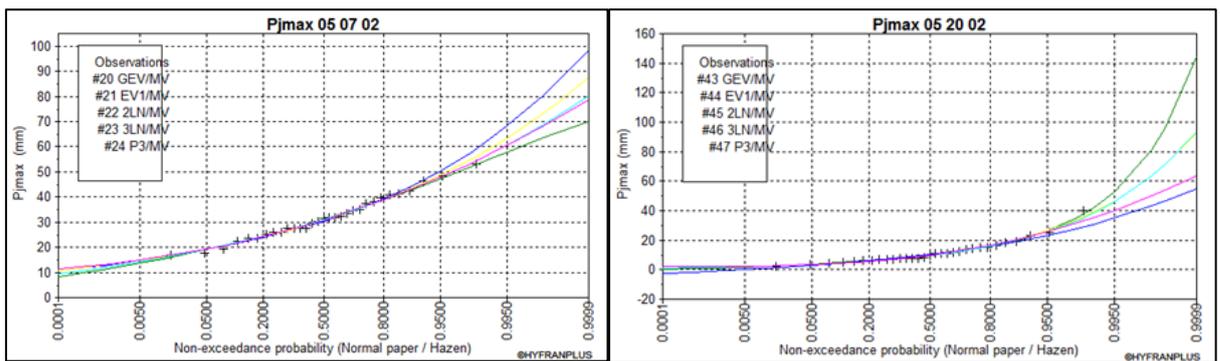
Il est possible de visualiser l'adéquation de la loi GEV à partir des graphes d'ajustement et les valeurs de  $\chi^2$ , il apparaît que les ajustements sont tout à fait satisfaisants, la loi GEV donne le meilleur ajustement des séries pluviométriques maximales journalières pour les stations Ain El Hadjel et Oued Chair, avec un  $\chi^2$  égale à 1.74 et 0.39 successivement (Tableau III.04).



**Figure III.3.** Ajustement graphique des Lois statistiques avec les séries des stations Ain El Hadjel Et Oued Chair.

### III.9.2. Modèle Gumbel

L'examen des graphiques d'ajustement de modèle Gumbel permet de constater sur l'ensemble des stations étudiées et les résultats de  $\chi^2$ , que la loi Gumbel donne le meilleur ajustement de séries pluviométriques maximales journalières pour les stations Ain Kerman et Ain Riche avec un  $\chi^2$  égale à 0,39 et 2,19 successivement (Tableau III.04).



**Figure III.4.** Ajustement graphique des Lois statistiques avec les séries des stations de Ain Kerman et Ain Riche.

### III.9.3. Modèle Log-Normal II

Pour la loi Log-Normal a deux paramètre met en évidence un bon comportement en comparant aux autres lois avec des valeurs de  $\chi^2$  plus faible (1,57 ; 2,52 ; 2,03 ; 1,86 et 2,14), successivement avec les stations : Ain Nssissa ; Meida ; Sidi Amoure ; Sidi Ouadeh ; Attouta Barrage et Slim (Tableau III.04).

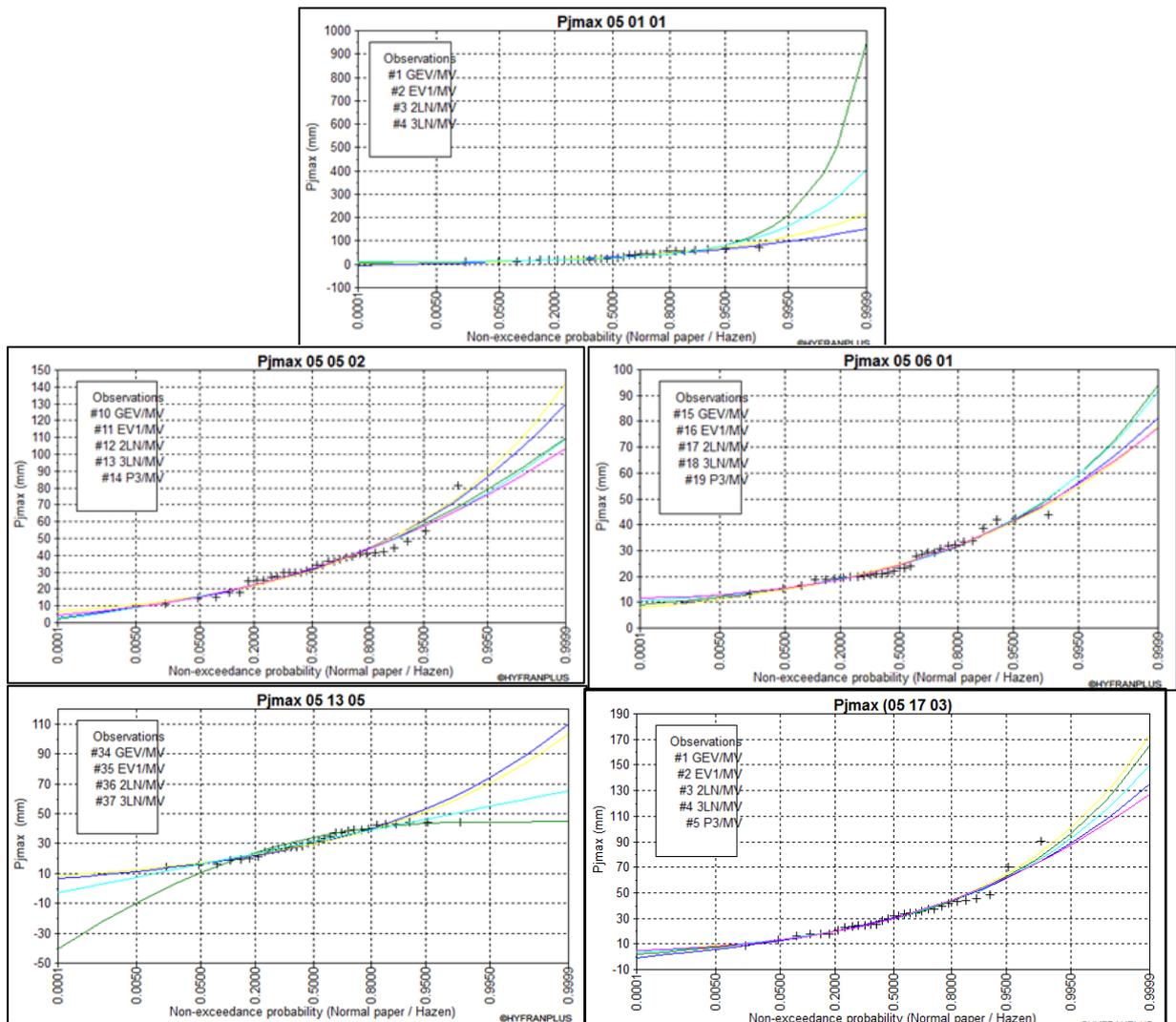


Figure III.5. Ajustement graphique des lois statistiques avec les séries des stations de (les 05 stations) : Ain Nessissa, Meida, Sidi Amour, Attouta Barrage et Slim.

### III.9.4. Modèle Log-Normal III

La loi log Normale III donne le meilleur ajustement des séries pluviométriques maximales journalières avec les stations suivantes : Ain Nssissa ; Meida ; Sidi Amour ; Sidi Ouadeh ; Attouta Barrage et Slima des faibles valeurs du teste  $\chi^2$  (1,57 ; 2,52 ; 2,03 ; 1,86 et 2,14) (Tableau III.04).

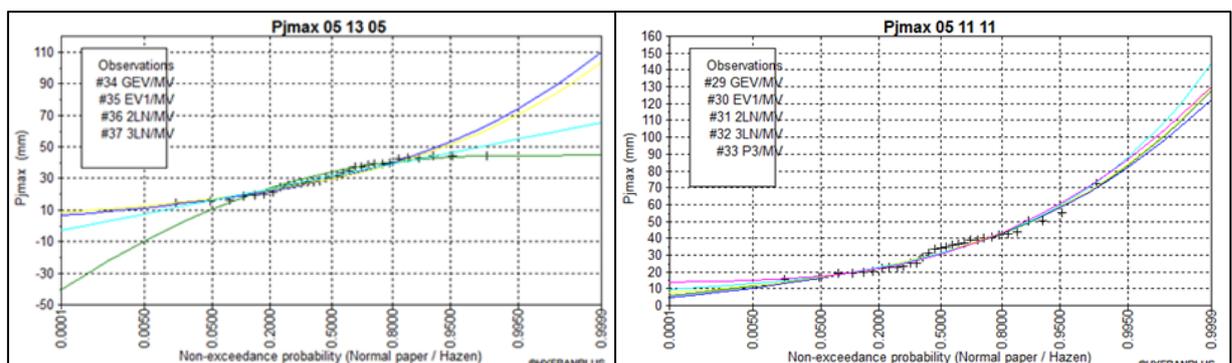


Figure III.6. Ajustement graphique des lois statistiques des stations : Attouta Barrage et Sidi Ouadah.

III.9.5.Modèle Pearson type 3

D’après l’examen visuel la loi Pearson type 3, qui présente le meilleur ajustement des séries pluviométriques maximales journalières des stations de: BordjBouarreridj et Oued Chair, avec un  $\chi^2$  égal à : 1,86 et0,39successivement (Tableau III.04).

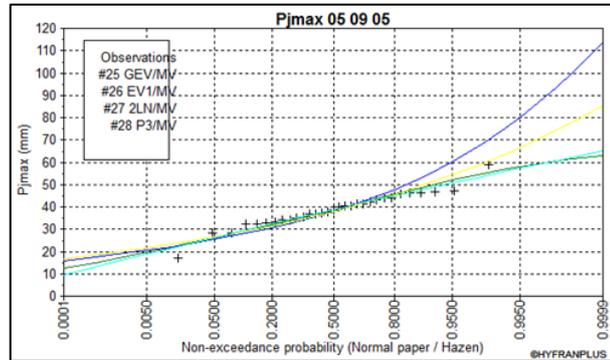


Figure III.7.Ajustement graphique des Lois statistique avec la station Bordj Bouarreridj.

Tableaux III.4. Résultat d’ajustement de la série pluviométrique aux lois statistique (Test de Khi Deux).

STATIONS		GEV	Gumbel	LN 2	LN 3	P 3
Ain Nessissa	05- 01- 01	12,58	12,13	<b>1,57</b>	<b>1,57</b>	/
Ain El Hadjel	05- 03- 01	<b>1,74</b>	4,45	2,55	/	1,86
Meida	05- 05 -02	4,45	6,71	<b>2,52</b>	<b>2,52</b>	3,55
Sidi Ameer	05 -06- 01	5,35	5,35	<b>2,03</b>	<b>2,03</b>	2,65
Ain Kherrane	05- 07- 02	1,29	<b>0,39</b>	2,09	2,09	1,29
Bordj Bouarreridj	05- 09 -05	5,35	8,52	3,65	3,65	<b>1,86</b>
Sidi Ouadah	05- 11 -11	8,52	6,71	<b>1,86</b>	<b>1,86</b>	5,35
Attouta Barrage	05- 13 -05	4	9,87	<b>2,14</b>	<b>2,14</b>	/
Slim	05- 17 -03	6,26	4,9	<b>2,52</b>	<b>2,52</b>	3,55
Ain Rich	05- 20- 02	4,54	<b>2,19</b>	2,27	2,27	2,65
Oued Chair	05 -21- 02	<b>0,39</b>	2,19	2,97	2,97	<b>0,39</b>

III.10. Analyse des résultats

Prenons la station 05-03-01 comme exemple pour le choix de la loi qui s’ajuste le mieux avec notre série pluviométrique,on remarque un mauvais ajustement de la loi Gumbel avec notre station, cela est traduitaussi par la forte valeur de  $\chi^2 =4,45$  ; alors que la loi GEV présentelemeilleurajustement graphique avec cette série, et c’est confirmé par la faible valeur de  $\chi^2$ .

D’après le tableau des résultats des tests d’ajustement, on remarque que la loi Gumbel sur estime les valeurs des précipitations journalières maximales annuelles. Cela est

présenté par les fortes valeurs des fréquences empiriques (Khi-deux). D'où la valeur moyenne de  $\chi^2$  pour l'ensemble des stations est 5,77, et les plus grandes valeurs de  $\chi^2$  acceptés par le test sont marquées dans ce test (12,13-8,52- 9,87). La loi qui présente un  $\chi^2$  moyenne pour toutes les stations le plus faible est la loi de log normal à 0 2 paramètres, avec une moyenne de 2,36. L'analyse graphique montre qu'il y a un bon ajustement avec la loi log normal à 02 paramètres, bien que d'autre test possède une faible valeur de  $\chi^2$ , comme le cas de la station 05-11-11.

### III.11. Calcul des quantiles

Après avoir choisit la loi d'ajustement la plus adéquate pour chaque série pluviométrique, on commence le calcul des quantiles c'est-à-dire la valeur correspondante à une probabilité donnée on se basant sur l'équation simplifiée de la droite d'ajustement de la loi choisie. Les droites d'ajustement sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableaux III.5.** Equations des droites d'ajustement simplifié des séries pluviométriques.

Stations		lois d'ajustement	équations de la droite
Ain Nessissa	05 -01- 01	log normal 02	$Xp\% = 33,86 + 18,21Up\%$
Ain El Hadjel	05 -03 -01	GEV	$Xp\% = 33,18 + 10,10Up\%$
Meida	05- 05 -02	Log normal 03	$Xp\% = 33,62 + 13,47Up\%$
Sidi Ameur	05 -06- 01	log normal 02	$Xp\% = 25,86 + 8,22Up\%$
Ain Kherrmane	05 -07 -02	Gumbel	$Xp\% = 31,87 + 8,86Up\%$
Bordj Bouarreridj	05- 09 -05	type pearson	$Xp\% = 38,70 + 7,59Up\%$
Sidi Ouadah	05- 11 -11	Log normal 02	$Xp\% = 33,56 + 12,94Up\%$
Attouta Barrage	05 -13- 05	log normal 03	$Xp\% = 31,19 + 9,39Up\%$
Slim	05- 17- 03	log normal 02	$Xp\% = 32,75 + 16,39Up\%$
Ain Rich	05- 20-02	Gumbel	$Xp\% = 11,60 + 7,70Up\%$
Oued Chair	05- 21 -02	GEV	$Xp\% = 13,41 + 7,88Up\%$

### III.12. Validation d'ajustement par les critères Akaike et Bayesien

Les procédures bayésiennes pour la détection du saut de la moyenne peuvent aussi se prêter à une analyse de l'homogénéité des observations d'une série chronologique. Dans un contexte de tests bayésiens, il est assumé que la variance est connue. Les différents tests présentés ici sont dérivés de la statistique de Gardner. Cette statistique teste le saut de la moyenne en un point connu de l'échantillon des données (**Jean-Cléophas et al., 1997**). Le **critère d'information d'Akaike**, (en anglais Akaike information criterion ou AIC) est une mesure de la qualité d'un modèle statistique proposée par **Hirotsugu Akaike** en 1973.

Lorsque l'on estime un modèle statistique, il est possible d'augmenter la vraisemblance du modèle en ajoutant un paramètre. Le critère d'information d'Akaike, tout comme le critère d'information bayésien, permet de pénaliser les modèles en fonction du nombre de paramètres afin de satisfaire le critère de parcimonie. On choisit alors le modèle avec le critère d'information d'Akaike le plus faible. (Jean-Cléophas et al., 1997)

Lorsque le modèle est fixé, la théorie de l'information basée sur la minimisation d'un critère pénalisé fournit un cadre rigoureux pour l'élaboration d'estimateurs performants. Un grand nombre de critères ont été développés par différents chercheurs, les plus connus sont les critères BIC et AIC, ces deux critères étant souvent mis en concurrence dans la pratique et utilisés lors de la sélection des modèles pour choisir le meilleur d'entre eux à partir d'un ensemble de modèles acceptables(Hebal et Remini,2011).

**Tableau III.6.** Validation des lois d'ajustement selon les critères AIC et BIC.

Stations		Lois d'Ajustements	BIC	AIC
15 01 01	Ain Nessissa	LN2	265,09	262,22
		LN3	266,69	262,39
05 05 02	Meida	LN2	251,55	248,58
		LN3	253,92	249,61
05 06 01	SidiAmeur	LN2	219,79	216,92
		LN3	222,69	218,39
05 11 11	SidiOuadah	LN2	247,66	244,79
		LN3	250,96	246,66
05 13 05	Attouta Barrage	LN2	236,14	231,84
		LN3	236,22	233,35
05 17 03	Slim	LN2	257,65	254,79
		LN 03	260,85	256,55
05 21 02	Oued Chair	GEV	222,55	218,25
		P03	222,62	218,32

**BIC:** Bayesian information criterion.

**AIC:**Akaike information criterion.

Pour les stations de : Ain Nessissa, Meida, Sidi Ameur, Sidi Ouadah, Attouta Barrage, Slim et d'après les résultats des critères Bayésien et Akaike sur les séries pluviométrique, on remarque que la loi Log Normal à deux paramètre montre un bon ajustement par rapport à la loi Log Normal a trois paramètres qui présente de grande valeur de BIC et AIC.Et pour la station de Oued Chair la loi GEV s'ajuste mieux que la loi de Pearson 03selon les deux critères BIC et AIC.

### III.13. Estimation des pluies maximales journalières pour chaque période de retour

Après avoir déterminé les équations d'ajustement, dans le tableau précédent, on va maintenant présenter les résultats de calcul des quantiles :

**Tableaux III.7.** Hauteur pluviométriques (mm) pour différente période de retour

Station	Période de retour	T= 02	T= 05	T= 10	T= 20	T= 50	T= 100
Ain Nessissa	05- 01- 01	27,4	45	61,6	82,7	120	159
Ain El Hadjel	05 -03 -01	33,6	41,9	45,7	48,6	51,3	52,8
Meida	05 -05- 02	31,9	43,8	54,3	58,2	66,9	73,1
Sidi Ameer	05- 06- 01	24,2	31,6	36,6	41,7	41,5	53,8
Ain Kherrmane	05 -07 -02	31	38,8	43,4	47,4	52	55,1
Bordj Bouarreridj	05- 09- 05	38,7	45,7	49,2	52	54,9	56,7
Sidi Ouadah	05 -11- 11	31,3	42,7	50,5	58	67,9	75,4
Attouta Barrage	05- 13- 05	34	40,3	42,3	43,3	44	44,2
Slim	05- 17- 03	29,7	43,3	52,9	62,4	75,5	85,7
Ain Rich	05 -20- 02	9,59	15,7	20,7	26,4	35,2	43,2
Oued Chair	05- 21 -02	12,5	19,5	23,8	27,6	32,3	35,5

D'après le tableau des quantiles, on remarque que la station de Ain Nessissa présente les plus grands quantiles pour les périodes de retour de 20, 50 et 100 ans avec une précipitation de 82.7mm , 120mm, et 159mm successivement. Les grands quantiles pour les courtes périodes de retour T= 02ans, T=05ans, sont : 38,7mm, et 45,7mm, successivement à la station Bordj Bouarreridj, et le période de retour T=10 est 61,6mm a la station de Ain Nessissa.

### III.14. Conclusion

L'intérêt principal de ce travail a été de trouver un modèle fréquentiel capable de rendre compte du régime des pluies maximales journalières annuelles du bassin versant de Chott El Hodna. Les distributions usuelles utilisées pour l'ajustement des pluies journalières maximales annuelles ont donné des résultats différents pour les modèles suivants : GEV, Gumbel, Pearson type III, Log Normal à deux paramètres (LN2) et Log normal à trois paramètres (LN3). D'après les résultats du test khi-deux, l'examen graphique et aussi les critères AIC et BIC. Il en ressort que les séries des 11 stations pluviométriques suivent préférentiellement la loi Log normal à deux paramètres (Ain Nessissa, Meida, Sidi Amour, Attouta Barrage et Slim), elle est suivie par la loi de Gumbel (Ain Kerman et Ain Riche), puis la loi Pearson type III (Bordj Bouarreridj), la loi GEV (Ain El Hadjel et Oued Chair), la loi Log normal à trois paramètres (LN3) (Attouta Barrage et Sidi Ouadah).

## Conclusion générale

Notre travail porte sur l'étude d'analyse les pluies journalières maximales annuelles dans le bassin versant de Chott El Hodna. Le travail à porte sur l'analyse des pluies extrêmes en utilisant des séries climatiques de 30 ans s'étalent entre 1980 à 2010.

Afin de déterminer les caractéristiques morphologique, hydrographique, géologique et aussi climatique, nous avons d'abord analysé des données climatique pour faire une description générale du bassin versant Chott El Hodna, à partir des deux stations disponible, et qui représentent deux régions du climat différent : un climat semi-aride a la station de Bordj Bou Arreridj qui reçoit annuellement une pluviosité d'environ 351,5mm et un climat Aride a la station de Msila avec une pluviométrie d'environ 168,3mm. Ce qui montre que Bordj Bou Arreridj est plus humide que M'sila, bien qu'elles appartiennent au même bassin versant, cela montre une forte irrégularité du régime pluviométrique et aussi hydrologique au sein du bassin versant de Chott El Hodna.

Après application de l'analyse fréquentielle sur les série pluviométrique des 11 stations, et après confirmation des résultats d'ajustements par l'examen graphique et les critères AIC et BIC, les résultats ont montrés que la loi Log normal à deux paramètre présente le meilleur ajustement avec 55% des stations, et la loi Pearson type III présente 27% des station et l'autre lois reste présente le pourcentage des station qui marqué les grands valeurs c'est-à-dire le mal ajustement .

Ce travail a été finalisé par l'estimation des quantiles pour plusieurs période de retour, les plus important sont marqués sur le station de Ain Nessissa présente les plus grands quantiles pour les périodes de retour de 20, 50 et 100 ans avec une précipitation de 82.7mm , 120mm, et 159mm successivement .

## Référence bibliographique

**Aksouh A. (2017).** Caractérisation des intensités de pluie dans la région centre-Est de l'Algérie en termes d'évolution temporelle et spatiale. Mémoire de master.

**Arléry R., Grisollet H., Guilment B. (1973).** Climatologie (Méthodes et pratiques), Ed Gauthier-Ville Paris France. P03, 5.

**Azzi A., 2011.** Mémoire de master La tendance générale des pluies dans le nord centre de l'Algérie cas : le bassin versant de la Soummam.

**Bahroun S., Kherici Bousnoubra H. (2011).** évaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles cas de la région d'el tarf (nord-est algérien), larhyss journal, issn 1112-3680, n° 09, décembre 2011, pp. 171-178.

**Ben Abdessellem T. Amarchi H. (2014).** Approche régionale pour l'estimation des précipitations journalières extrêmes du nord est algérien. Courrier du Savoir, 17: 175-184.

**Benyatou M., Bouklikha A. (2017).** Variation et tendance des températures et des précipitations journalière en Algérie 2017. Mémoire de master.

**Boudrissa A. (2005).** Etude éco-épidémiologique de la leishmaniose cutanée à M'sila; thèse Magister, Univ. Oum El Bouaghi-Algérie, 157pp.

**Boudrissa A., Cherif K., Kherrachi I., Benbetka S., Bouiba L., Oubidi S.C. et Harrat Z. (2012).** Extension de Leishmania major au Nord de l'Algérie. Bull. Socié. Pathol. Exot., 105(1), 30-35.

**Boumezbour A. (2002).** Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationales. DGF. pp22-24. Direction générale des forêts. Alger.

**Bourenane A., Mechri S. (2008).** Contribution à l'étude du transport solide dans le sous bassin versant de Soubella (Hodna). Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, *Université de m'sila*.

**C.F.M. (2004).** Rapport de synthèse de l'atelier de sensibilisation sur les Concepts de Gestion Durable des ressources naturelles en zones Steppiques « cas de la Réserve Mergueb » M'sila du 04 au 06 Décembre 2004, 32 pages.

**C.F.W.M. (2000).** Fiche descriptive sur les zones humides RAMSAR (Chott El-Hodna de M'Sila). pp 05, 03, 13, 14, 15, 16.

**Dorsouma A. (2008).** Variabilité climatique, désertification et biodiversité en Afrique: s'adapter, une approche intégrée.

**Dumas P., Riboli-Sasco L., Spyratos V., & Kurita F., (2005).** Fonctionnement du système climatique, perturbations humaines, dérèglements dangereux ? p17.

**Forget E. (2003).** Changements climatiques : impacts sur les forêts québécoises, rapport, pp 114. France. P03, 5.

**Frédéric E.( 2010).** Humidité atmosphérique et précipitations p33.

**Givoni B. (1978).** L'homme, l'Architecture et le climat. Ed le Moniteur, paris. P21, 229.

**Grine R. (2009).** Les perspectives hydrogéologiques de la cuvette Hodnéenne. Mémoire deMagister. USTHB Alger. 140p.

**Guiraud R. (1973).** Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines ; thèse doctorat es-sciences ; Univ.de Nice.

**Guyot G.(1999).**Climatologie. Ed Dunod p286-290.

**Habibi B., Meddi M., Boucefiane A. (2012).** Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales Cas Bassin Chott-Chergui. Nature &technologie.C-Science de l'Environnement, n°08. 8p.

**Habibi B., Meddi M., Boucefiane A.(2013).** Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales Cas du Bassin Chott-Chergui. Nature &Technology, 8: 41-4.

**Hadjab M.(1998).**Development and protection of natural areas in the central basin of Hodna (algerie ) – provenceuniversity ( france ) , p 237+Appendice . [ french].

**Hasbai M., Seddi A., Bouranane A., Hedjazi A., etPaququier A. (2012).** Study Of The Water And Sediment Yields of Hodna Basin In The Centre Of Algeria, Examination Of Their Impacts. ICSE6 Paris - August 27-31, 2012.

**Hebal A., Remini B .,(2011).**Article, Choix du modèle fréquentiel le plus adéquat à l'estimation des valeurs extrêmes de crues (cas du Nord de L'Algérie) Aout 2011.

**Jean Cléophas Ondo, Taha B.M.J. Ouarda, Bernard Bobée et al. (1997).** Revue bibliographique des testes d'homogénéité et d'indépendance. Chaire en hydrologie statistique Institut national de la Recherche scientifique, INRS-Eau 2800, rue Einstein, C.P. 7500, Sainte-Foy (Québec) GIV 4C7, rapport N° R-500.

**Jean M., et Franco P. (1995).** Documents phytosociologies Vol .15 . p 394-401.

**Kabbeche M. (1995).** Flora and vegetation in the Chott El Hodna (Algeria) Phytosociologica document . Camerino15: 394-402. [in French ].

**KiefferWeisse A., Bois PH. (2002).**A comparison of méthode for mapping statistical characteristics of heavy rainfall in the French Alps : the use of daily information / Comparaison de méthodes de cartographie de paramètres statistiques des précipitations extrêmes dans les Alpes françaises : apport de l'information journalière, Hydrological Sciences Journal, 47: 739-752.

**Labreuche J. (2010).** Les principaux tests statistiques de l'analyse uni variée : quand et comment les utiliser ? P545.

**Matari M., Latrous H., El Mahi A. (2007).** Analyse de longues séries en vue du changement climatique. Acte des journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi-aride, Biskra, p 15-25.

**Mebarkia A. (2011).** Mémoire de Magister étude des caractéristique physico-chimique des eaux du surface , cas de barrage de Ain Zada wilaya de Bordj Bou Arreridj (Nord-Est Algérien ) 2011 .

**Meddi M. (2005)** .Article hydrologique étude de la variabilité interannuelles des pluies dans le nord d'Algérie septembre 2005.

**Morel M. (1999).** Acquisition et constitution d'une information hydrologique de Base, Edition H.G.A, Bucarest.

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

**Ramade F. (1984).** Élément d'écologie. fondamentale .McGraw-Hill, 397p .El adlouniSalaheddine et BobéeBernard. ,2014 analyse fréquentielle hydrologique avec Hyfranplus, guide d'utilisateur disponible avec la version (version v2 .1) Novembre 2014.

**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.

**Site internet :** <http://pluiesextremes.meteo.fr>.

**St-HilaireA., OuardaT.B., Lachance M., Bobée B., Gaudet J. etGignac C. (2003).** Assessment of the impact of meteorological network density on the estimation of basin precipitation and runoff: a case study. Hydrologicalprocesses, 17(18): 3561-3580.

**Touhami M. (2017).**Régionalisation et variabilité pluviométrique dans le Nord Centre-Ouest Algérien (Approche statistique). Mémoire de master, 2017.

**Vincent, trewin B., Villarroel C. (2013).** updated of temperature and precipitationxtreme indices since the beginning of the twentieth centry : the HadEx2 dataset .

**Zedam A. (2015).** Thèse de Doctorats en Biologie Végétale .étude de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna Inventaire – préservation.

## Résumé

La connaissance des pluies journalières maximales annuelles est essentielle dans le domaine hydrologique en générale et notamment les aménagements hydro-Agricole. Au centre du Nord Algérien se situe le bassin versant de Chott El Hodna, ce dernier présente une zone de transition entre le Nord et le Sud, l'Est et l'Ouest. Cette situation importante avec la grande surface entraîne une forte irrégularité sur les pluies extrêmes, avec des précipitations journalières maximales annuelles distinctes d'une région à une autre, cette variation est plus remarquable pendant les dernières décennies. C'est dans ce contexte que l'analyse fréquentielle a été appliquée sur des séries de précipitations journalières maximales annuelles de 11 stations pluviométriques du Chott El Hodna, avec une période d'observation entre 1980 et 2010. Il en ressort que 05 stations pluviométriques s'ajuste avec la loi Log Normal a 02 paramètres et 02 stations avec la loi GEV, tandis que la loi Gumbel, Log Normal a 03 paramètres et Pearson 03 s'ajustent avec une seule station pour chacune. Ces résultats sont confirmés avec l'examen graphique et l'application des critères AIC et BIC.

**Mots clés :** Précipitations journalières maximales annuelles, statistique, Analyse Fréquentielle, Bassin Chott El Hodna.

## ملخص

معرفة الحد الأقصى السنوي لهطول الأمطار السنوي أمر ضروري في المجال الهيدرولوجي بشكل عام وخاصة في التنمية المائية الزراعية. يقع حوض مستجمع المياه شط الحضنة في وسط شمال الجزائر، يعتبر هذا الأخير منطقة انتقالية بين الشمال والجنوب والشرق والغرب. يتسبب هذا الموقع المهم ذو السطح الكبير في حدوث تغيرات شديدة لهطول الأمطار القصوى، مع تباين في الهطول الأقصى السنوي للأمطار من منطقة إلى أخرى، وهذا الاختلاف كان أكثر بروزاً خلال العقود الماضية. في هذا السياق، تم تطبيق تحليل التردد على سلسلة الأمطار السنوية القصوى من 11 محطة تسجيل لهطول الأمطار في حوض مستجمع المياه شط الحضنة، مع فترة ملاحظة بين 1980 و 2010. يتكيف مع قانون التوزي Log-Normal 02 محطات و 05 محطات مع قانون GEV، في حين أن كل من قانون Gumbel و Log-Normal 03 و Pearson يتكيف مع محطة واحدة لكل منها. يتم تأكيد هذه النتائج من خلال الفحص البياني وتطبيق معايير AIC و BIC.

**الكلمات المفتاحية:** الحد الأقصى السنوي لهطول الأمطار اليومي، الإحصائيات، تحليل التردد، حوض مستجمع المياه شط الحضنة.

## Abstract

The knowledge of the Annual Maximum Daily Precipitation is essential in the hydrological field in general and in particular the hydro-agricultural development. In the center of Northern Algeria is located the watershed of Chott El Hodna, the latter has a transition zone between North and South, East and West. This important situation with the large surface causes a strong irregularity on the extreme rains, with annual maximum daily precipitation distinct from one region to another; this variation is more remarkable during the last decades. It is in this context that the frequency analysis was applied to annual maximum daily precipitation series of 11 rainfall stations of Chott El Hodna, with a period of observation between 1980 and 2010. It shows that 05 rainfall stations were adjusts with the Lognormal 02 and 02 stations with the GEV, while the Gumbel, Log Normal 03 parameters and Pearson 03 adjust with a single station for each. These results are confirmed with the graphical examination and the application of the AIC and BIC criteria.

**Key words:** Annual Maximum Daily Precipitation, Statistics, Frequency Analysis, Chott El Hodna Watershed.