



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة خميس مليانة

*Université de khemis-miliana*

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض

*Faculté des Sciences de la nature et de la vie et des Sciences de la terre*

# Mémoire de fin d'Etude

*En Vue de l'obtention du diplôme Master en*

*Sciences Agronomiques*

*Spécialité : aménagement hydro-agricole*

**Thème**

## **Variabilité spatio-temporelle des précipitations dans le bassin de bas Chélif**

Soutenu le

14/07/2022

Par :

M<sup>lle</sup> SOUDANI NABILA

M<sup>lle</sup> KOUIDER AKIL GHANIYA

**Devant le Jury**

Président KARAÇANE HAFSA

MCB UDB Khemis-Miliana

Promoteur IMESSAOUDENE YASSINE

MAA UDB Khemis-Miliana

Examineurs TOUIL SAMI

MCA UDB Khemis-Miliana

# *Remerciement*

Avant d'abord le vif du sujet, nous tenons a remercié

Dieu de toute la puissant de nous avoir donné la sante et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

C'est avec un grand plaisir que nous adressons nos sincères remerciements à notre encadrant **MR. IMESSAOUDANE** pour sa sympathie, son accueil chaleureux et sa disponibilité à rendre le service.

Nous remercions également nos enseignants pour la qualité de l'enseignement qui ont sur donné une formations didactique au cours de ces cinq ans passes à l'université on remercie tous pour son aide.

Sans oublier a remercié **M<sup>me</sup> ALIBENYAHIA** de sa gentilles, son amabilité et ses conseils précieux.

Nous tenons a remercié également tous ceux qui nous ont aidé de près et de loin pour l'élaboration de ce mémoire.

Enfin ne saurions entamer ce sujet sans exprimer notre reconnaissance à tous nous proches et amis qui ont dont toujours le soutien et encourages à la cour de la réalisation de ce travail.

Merci à tous et à toutes.

# *Dédicaces*

*Je dédie à travail :*

*A maman qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

*Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

*A mon père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.*

*A la mémoire de mes chères grand-mères.*

*A mes chers frères et sœurs*

*Particulièrement à mon frères Djamel et ma sœur Hayat.*

*A tous les membres de ma famille SOUDANI Particulièrement HAMIDA.*

*A tous mes amis de 2eme année master aménagement hydro agricole.*

*A mon binôme GHANIYA. , pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension  
tout au long de cette belle expérience*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin po possible,*

*Je vous dis merci.*



***NABILA***

# *Dédicaces*

*Je tiens à travail*

*A l'être le plus cher de ma vie, ma mère.*

*A mon support dans ma vie, qui m'a appris m'a supporté et m'a dirigé*

*Vers la gloire ....mon père.*

*A mes chers frères et sœurs*

*Particulièrement à mon frères HASSAN et mes sœurs SOUMIA et IKRAM.*

*A mon ami Hakim qui m'ont toujours encouragée et me donnent de la vivacité.*

*A tous mes amis de promotion de 2eme année master AHA.*

*Toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*

*A tous les membres de ma famille et personne qui porte le nom KOUIDER AKIL.*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.*



**GHANIYA**

# Sommaire

Introduction générale

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I .1.Introduction.....	03
I. 2.Présentation de la région d'étude.....	03
I .3.Caractéristiques morphométriques.....	04
I .3.1.Indice de compacité de Graveleuse (KC).....	04
I .4.Caractéristiques climatiques .....	06
I.4.1. La pluviométrie .....	07
I.4.1. 1.Etude des précipitations .....	07
I.4.1. 2.Précipitation annuelle .....	08
I.4.1. 3.Précipitation mensuelle.....	09
I.4.1.4. Précipitation saisonnières.....	10
I.4.2. Température.....	11
I.4.3.Vent.....	12
I.4.5. Évapotranspiration potentielle ETP .....	12
I.5. Géologie .....	12
I. 6.Relief .....	13
I.7.Occupation du sol.....	13
I.8.La salinité.....	13
I.9.Ressources en eau.....	14
I .9.1.Les ressource en eaux superficielles.....	14
I.9.2. Les ressource en eaux souterraines.....	14
I.9.3. Les principaux périmètres irrigués de la plaine La plaine du Bas-Chélif .....	15

## **Chapitre II : Variabilité spatio-temporelle des précipitations**

II. 1. Introduction .....	16
II. 2. Le bassin versant .....	16
II.2.1.Caractéristiques des bassins versants.....	16
II. 2. 1. 1. Caractéristiques de forme.....	16
II. 2. 1. 2. Relief.....	18
II.3. Variabilité dans le temps.....	20
II.3. 1.Variabilité des pluies annuelles mensuelles et saisonnières .....	20
II.3. 2. Notion de la sécheresse.....	20
II.4.La variabilité spatiale .....	21
II.4.1. Le coefficient de variation.....	22
II.4.2. Méthodes d'interpolation .....	23
II.4.2. 1.Krigeage .....	23
II.4. Les indices pluviométriques.....	24
II.4.1.Indice de l'écart à la moyenne (Em).....	24
II.4.2.Rapport à la normale des précipitations (RN) .....	25
II.4.3.Indice de l'écart à la normale .....	25
II.4.3.Indice de Précipitations standardisé(SPI).....	25
II.5.Conclusion .....	26

## **Chapitre III : La sécheresse en Algérie**

III.1.Introduction.....	27
III 2.définition.....	27
III .3. La sécheresse en Algérie .....	28
III .4. Périodes de sécheresse en Algérie (déclaration de l'état) .....	30
III .5. Impact de la sécheresse sur la production des cultures en Algérie.....	30

III .5. 1. Relation entre la production et la pluviométrie.....	30
III .6. Impacte de la sècheresse sur les ressources d'eau.....	31
III .7. Principales causes de la sécheresse .....	33
III .8. Conséquences de la sécheresse .....	33
III.9. conclusion .....	34

## **Chapitre IV : Matériel et méthodes**

IV. 1. Données pluviométriques .....	36
IV. 1. 1. Acquisition de données et choix de la période de référence .....	36
IV. 1. 2. Situation géographique des stations étudiées .....	37
IV. 2. Traitement statistique des séries pluviométriques .....	37
IV. 2. 1. Homogénéisation des données pluviométriques et tendance.....	37
IV. 2. 1. 1. Tests statistiques.....	37
IV. 2. 1. 1. 1. Test de détection de rupture de Pettitt (1979) .....	37
IV. 2. 1. 1. 2. Test de tendance de Mann Kendall .....	37
IV. 2. 1. 1. 3. Lissage des données .....	38
IV. 2. 1. Régionalisation des données .....	38
IV. 2. 2. 1. Analyse multivariée : Analyse en composantes principales .....	38
IV. 2. 2. 2. Approche géostatistique .....	38
IV. 2. 2. 2. 1. Interpolation .....	38
IV. 2. 2. 2. 2. Variogramme théorique et variogramme expérimental.....	39
IV. 2. 2. 2. 2. 1. Modélisation de variogramme.....	39
IV. 2. 3. Analyse fréquentielle .....	40
IV. 2. 3. 1. Ajustement à une loi .....	40
IV.2.3.1.1. loi normale.....	40

IV.2. 3. 2. Test d'adéquation .....	41
IV.2. 3. 3. Détermination des périodes de retour des pluies.....	41
IV. 2. 4. Indice pluviométrique standardisé (SPI) .....	42

## **Chapitre V : Résultat et discussion**

V.1.Variabilité spatio-temporelle des pluies annuelles .....	44
V.1.1.Pluies annuelles moyennes et variabilité.....	44
V.1.1.1.Test d'homogénéité .....	44
V.1.1.2.Caractérisation de la hauteur annuelle moyenne des pluies .....	46
V.2.Variabilité spatiale des pluies annuelles.....	46
V.2. 1.Procédure statistique .....	46
V.2.1.1.Variabilité absolue .....	46
V.2.1.2.Variabilité relative des pluies.....	46
V.3. Variabilité temporelle des pluies annuelles .....	48
V.3.1.Tendances des pluies annuelles .....	48
V.3.1.1.Test de Mann Kendall.....	48
V.3.2.Détection des tendances secondaires par moyennes mobil.....	49
V.4.Analyse fréquentielle .....	51
V.4.1.Ajustement des précipitations moyennes annuelles Station de Relizane demrh .....	51
V.4.2.Equation D'ajustement .....	51
V.4.3.détermination de LA période de retour.....	52
V.5. Analyse en composantes principales ACP.....	52
V.6.1. Caractérisation de la sècheresse et du déficit pluviométriques .....	56
V.6.1. Indice pluviométrique standardisé (SPI).....	56
V.6.2. Evolution du SPI.....	57

V.7. Variabilité spatio-temporelle des pluies saisonnières.....	57
V.8. Interpolation de la hauteur des pluies annuelles.....	59
Conclusion générale.....	60
Référence	
Annexe	

## Liste des tableaux

### Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

**Tableau I.1** : indice de compacité de Graveleuse par sous bassin versant.

**Tableau I.2** : caractéristique des stations pluviométrique.

**Tableau I.3** : précipitation moyenne annuelle (ANRH).

**Tableau I.4** : distribution mensuelles des précipitations.

**Tableau I.5** : Distribution saisonnière des précipitations moyennes(ANRH).

**Tableau I.6** : températures moyenne mensuelle et pluies mensuelles (période 1975-2006) d'après L'ONM.

### Chapitre III : La sécheresse en Algérie

**Tableau III.1** : Evolution des superficies affectées dans la décennie (2010-2020).

**Tableau III.2** : Potentialités des barrages (ONID, 2020).

### Chapitre IV : Matériel et méthodes

**Tableau IV.1** : Caractéristiques géographiques des stations (source ANRH 1975\_2014).

**Tableau IV.2** : Résultats des fréquences et variable réduite U des différent temps de retour.

**Tableau IV.3** : Classification de la sécheresse (SPI).

### Chapitre V : résultat et discussion

**Tableau V.1** : Résultats de test de Pettitt

**Tableau V.2** : Caractéristiques des pluies annuelles moyennes

**Tableau V.3** : Les résultats du test Mann Kendall

**Tableau V.4** : résultats des périodes excédentaires et déficitaires

**Tableau V.5** : Précipitations maximales de temps de retour 2ans, 5ans, 10ans, 50ans, 100 ans pour la station Relizane demrh.

**Tableau V.6** : Variance expliquée par les axes factoriels.

**Tableau V.7** : Contribution des variables.

**Tableau V.8 :** les pluies saisonnières de la période (1975-2013) des cinq stations.

**Liste des figures :**

### **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

**Figure I.1 :** Situation des postes pluviométriques du Chélif.

**Figure I.2 :** variations moyennes mensuelle des précipitations des 3 stations.

**Figure I.3 :** variations moyennes saisonnières des précipitations des 3 stations.

**Figure I.4 :** Pourcentage de variations moyennes saisonnières des précipitations (1975-2012).

**Figure I.5 :** Les principaux périmètres irrigués de la plaine La plaine du Bas-Chélif.

### **Chapitre II : Variabilité spatio-temporelle des précipitations**

**Figure II.1 :** Forme d'un bassin versant (Touaibia. B, 2004).

### **Chapitre III : La sécheresse en Algérie**

**Figure III.1 :** Relation entre la production et la pluviométrie.

### **Chapitre V : résultat et discussion**

**Figure V.1 :** Rupture de stationnarité – Station Relizane demrh.

**Figure V.2 :** représentation graphique de régime pluviométrique annuelle de la station Oued kheir.

**Figure V.3 :** Hauteur de la pluie et coefficient de variation.

**Figure V.4 :** tendance de la hauteur de la pluie – Station Relizane demrh.

**Figure V.5 :** tendance de la hauteur de la pluie – Station Ouarizane village.

**Figure V.6 :** Moyenne mobile de la pluie sur 39 ans - station Relizane demrh.

**Figure V.7 :** ajustement des pluies annuelles de la station Relizane demrh (Période de 1975 jusqu'à 2014).

**Figure V.8 :** Variance expliquée par les axes factoriels.

**Figure V.9 :** Cercle de corrélation des stations sur le plan F1-F2.

**Figure V.10 :** Classement des stations sèche et humide.

**Figure V.11 :** Opposition des stations sur l'axe F1.

**Figure V.12** : Opposition des stations sur l'axe F1.

**Figure V.13** : Evolutions de résultats de SPI (indice de précipitation standardise) des 8 stations.

**Figure V.14** : représente l'évolution du SPI pour 3 stations (Ouarizane village, Ammi moussa, Relizane demrh) (1975-2013).

**Figure V.15** : Pourcentage des pluies saisonnières.

## **Listes des Notations et d'abréviations :**

**ACP** : Analyse en composantes principales.

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

**BT** : Bouche trou.

**CV** : Coefficient de variation.

**DSA** : Directions des Services Agricoles.

**Em** : Indice de l'écart à la moyenne.

**IDP** : Indice de l'écart à la normale.

**ITGC** : Institut Techniques des Grandes Cultures.

**I<sub>g</sub>** : Indice de pente globale.

**KC** : Indice de Gravelius.

**N** : la taille de l'échantillon.

**OMM** : Organisation météorologique mondiale.

**ONID** : Office National D'irrigation et de Drainage.

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

**RN** : Rapport à la normale des précipitations.

**SMBA**: Sidi med ben aouda bge.

**SOPAT** : Service d'Organisation de la Production et de l'Appui Technique.

**SPI** : Indice pluviométrique standardisé.

**T** : Période de retour.

**T<sub>c</sub>** : temps de concentration.

**U** : variable réduite.

## Résumé

La problématique des changements climatiques a été reconnue comme l'un des problèmes majeurs du développement à différentes échelles et pour réaliser les projets en agriculture et en aménagement hydraulique il nécessite une étude de la variabilité des précipitations par le biais de différentes méthodes statistiques permettant de déceler des ruptures ou tendances dans les séries chronologiques entre 1975 et 2014 de mesure (test d'homogénéité de Pettitt, test de tendance de Man Kendall, ...), d'étudier l'évolution temporelle des hauteurs de la pluie (analyse fréquentielle, lissage par moyenne mobile..), calcul de différents indicateurs de la sécheresse tel l'indice standardisé des précipitations et l'analyse en composante principale ACP. , la hauteur moyenne de la pluie varie entre 382.6 mm à la station de Mendes et 223.5 mm à la station Sidi Med Ben Aouda Bge. Le minimum est de 73, 2 mm pour la station Ouarizane village alors que le maximum est de 597,3 mm à la même station. Pour cela nous avons obtenu les données pluviométriques nécessaires et on a appliqué l'approche géostatistique (variogramme, krigeage). Dans cette étude observé un gradient de décroissement des pluies, de Nord Est Sud-Ouest (nord plus arrosé, sud moins arrosé) et un deuxième gradient Nord-Ouest Sud-Est.

**Les mots clés :** précipitation ; Variabilité spatio-temporelle ; sécheresse ; Bas-Chélif coefficient de variation.

## ملخص

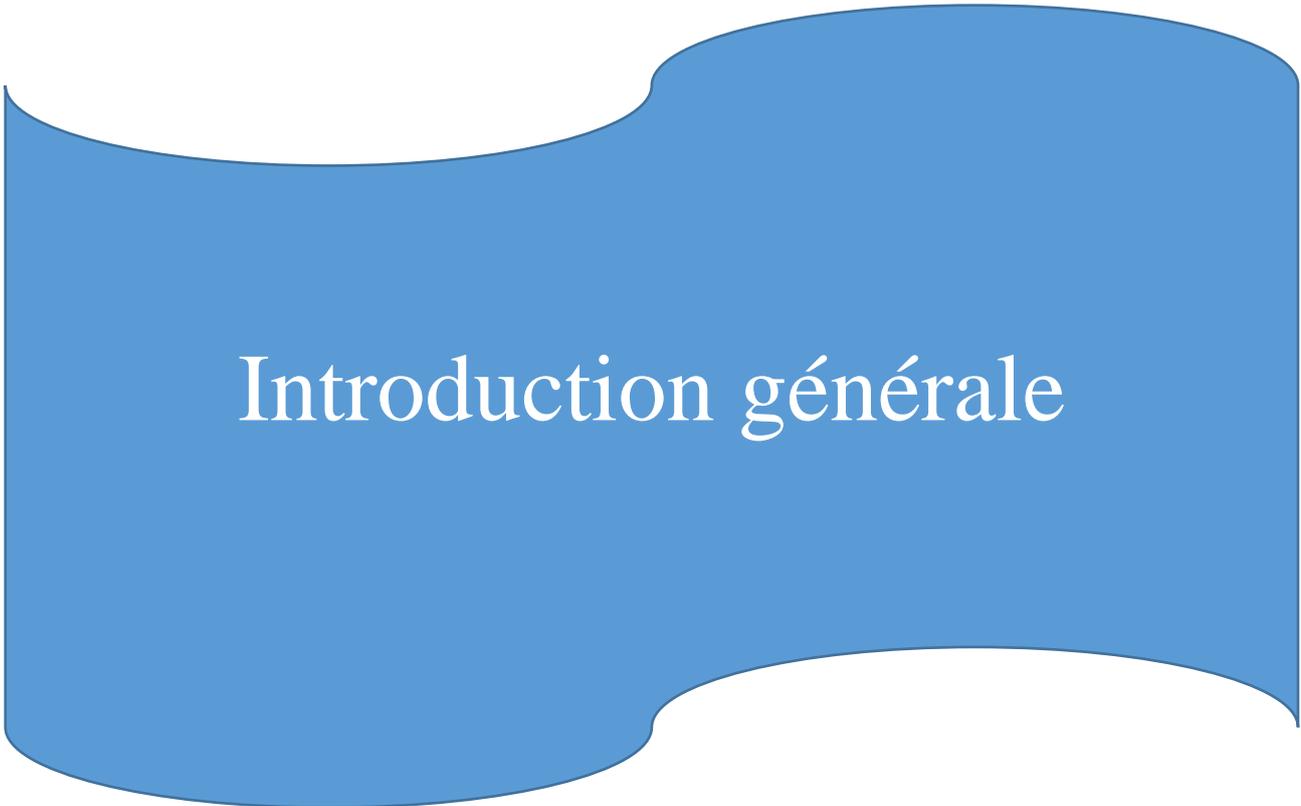
تم التعرف على مشكلة تغير المناخ كواحدة من المشاكل الرئيسية للتنمية على مستويات مختلفة ولتنفيذ مشاريع في الزراعة والتنمية الهيدروليكية يتطلب دراسة تقلب هطول الأمطار من خلال طرق إحصائية مختلفة مما يجعل من الممكن اكتشاف Man ، اختبار اتجاه Pettitt فترات الراحة أو الاتجاهات في السلسلة الزمنية بين 1975 و 2014 للقياس (اختبار تجانس ، وما إلى ذلك) ، لدراسة التطور الزمني لارتفاعات هطول الأمطار (تحليل التردد ، التسوية عن طريق المتوسط Kendall المتحرك ، وما إلى ذلك) ، وحساب مؤشرات الجفاف المختلفة مثل مؤشر هطول الأمطار القياسي وتحليل المكون الرئيسي للأنيوسول الخماسي الكلور. يتراوح متوسط ارتفاع الأمطار بين 382.6 ملم في محطة منديسي و 223.5 ملم في محطة سيدي ميد بن عودة بجي. الحد الأدنى 73.2 ملم لمحطة قرية ورزان والحد الأقصى 597.3 ملم في نفس المحطة. لهذا حصلنا على في هذه الدراسة، لوحظ وجود (varogram ، kriging) بيانات هطول الأمطار اللازمة وطبقنا النهج الجغرافي الإحصائي تدرج في تناقص هطول الأمطار، من الشمال الشرقي والجنوب الغربي (الشمال أكثر رياً، والجنوب أقل رياً) وتدرجاً ثانياً بين الشمال الغربي والجنوب الشرقي.

**الكلمات الأساسية:** هطول الأمطار؛ التباين المكاني والزمني؛ جفاف؛ معامل التباين Bas-Chélif.

## Summary

The problem of climate change has been recognized as one of the major problems of development at different scales and to carry out projects in agriculture and hydraulic development it requires a study of the variability of precipitation through different statistical methods making it possible to detect breaks or trends in the time series between 1975 and 2014 for measurement (pettitt homogeneity test, Man Kendall trend test, etc.), to study the temporal evolution of rainfall heights (frequency analysis, smoothing by moving average, etc.), calculation of various drought indicators such as the standardized precipitation index and PCA principal component analysis. , the average height of the rain varies between 382.6 mm at the Mendes station and 223.5 mm at the Sidi Med Ben Aouda Bge station. The minimum is 73.2 mm for the Ouarizane village station while the maximum is 597.3 mm at the same station. For this, we obtained the necessary rainfall data and applied the geostatistical approach (variogram, kriging). In this study observed a gradient of decreasing rainfall, from North-East South-West (north more watered, south less watered) and a second North-West South-East gradient.

**Key words:** precipitation; Spatio-temporal variability; drought; Bas-Chéiff coefficient of variation.



# Introduction générale

### **Introduction générale :**

Ces dernières décennies en Algérie, les statistiques sont alarmantes vu que le pays enregistre un déficit énorme en eau. Les barrages implantés dans le pays n'arrivent pas à satisfaire les besoins en eau. Ceci est dû en premier lieu à une pluviométrie relativement faible au cours des dernières années. (A. EL MAHI, MEDDI, MATARI, KETROUCI).

L'Algérie est un pays semi-aride, voire aride. Par conséquent, le manque de précipitations est le principal problème de le manque d'eau accentué par les changements climatiques ces 20 dernières années. (Kettab 2021).

Le climat de l'Algérie est caractérisé par des précipitations irrégulières intra et interannuels, cela arrive de plus en plus souvent, qu'il ne pleuve pas plus d'un mois en dehors de l'été. En revanche, certaines années ont été caractérisées par des précipitations abondantes, qui ont parfois conduit à des inondations catastrophiques.

La pluviométrie est le paramètre le plus important dans l'évolution des ressources en eau. En Algérie marque des périodes critiques au sein des stades phénologiques des végétations pluviales. Une grande variabilité à travers le temps et l'espace rendant ainsi le climat semi-aride. En Algérie la pluviométrie diminue du Nord au Sud mais aussi d'Est à l'Ouest.

Par conséquent, l'évolution des précipitations devrait être intéressante pour étudier, analyser et modéliser ces changements, ce qui peut nous aider à prendre des mesures préventives pour mieux gérer les ressources en eau et sauver les production végétales de chaque campagne agricole.

La productivité de la majorité des cultures notamment les céréales n'est pas stable dans le temps et dans l'espace à cause de la modification de milieu surtout la sécheresse (Issolah et *al*, 2018)

L'Algérie a connu, au cours de ces vingt dernières années, une sécheresse intense et persistante. Cette sécheresse, caractérisée par un important déficit pluviométrique, a touché l'ensemble de l'Algérie et plus particulièrement sa partie nord-occidentale. Des sécheresses analogues, aussi bien en amplitude qu'en intensité, ont déjà été observées au début du 20ème siècle, entre 1910 et 1940. Dans cette étude nous nous sommes intéressés à une analyse historique de la sécheresse climatique à l'échelle annuelle, afin de suivre son évolution par décennies, de 1920 à 1990 (Medejerab et *al*, 2011)

## Introduction générale

---

D'après notre étude l'évaluation et le suivi de la pluviométrie sont essentiels pour améliorer les décisions en matière de gestion et de planification de l'agriculture et des ressources en eau, l'aménagement hydro-agricole et la contribution à l'étude du changement climatique. De ce fait, des indices de pluviométrie standardisés sont couramment utilisés dans les régions vulnérables à la sécheresse. (Djibriou et *al*, 2019).

Il s'agit par ce travail d'étudier la variabilité **des** précipitations annuelles pour des séries chronologiques dans le bas Chélif, en utilisant une approche géostatistique afin de suivre l'évolution spatiale et temporelle.

Dans cette optique, le travail est scindé en quatre parties :

Première partie concerne la présentation générale de la région d'étude du point de vue géologique, climatique, hydrogéologique.

Deuxième partie porte sur une synthèse bibliographique sur quelques notions théoriques sur variabilité spatio-temporelle des précipitations et la sécheresse.

Troisième partie de matériel et méthodes,

Quatrième partie, dans laquelle les résultats seront présentés et interprétés.

# Chapitre I

## Présentation de la zone étude

---

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

### I.1.Introduction

Le bassin du Chélif a été choisi comme une zone d'application de notre travail en raison de sa vaste superficie (43750 km<sup>2</sup>) par conséquent un nombre maximal des sous bassins versants ainsi d'une grande variabilité des caractéristiques morphométriques (le phénomène de variabilité spatiale) qui nous permet de régionaliser les sous bassins homogènes. Dans ce chapitre nous allons intéresser à la description du bassin du bas Cheliff, à l'étude du paramètre climatologie, l'estimation des besoins des ressources en eau.

### I.2.Présentation de la région d'étude

La plaine du Bas-Chélif est l'une des trois plaines qui composent la vallée du Chélif (Haut, Moyen et Bas-Chélif). Elle se situe au nord-ouest de l'Algérie à 250 km d'Alger et 35 km à vol de oiseau de la méditerranée entre 0° 40' et 1 ° 6' 8'' de longitude Est, de 34 ° 3' 12'' et 36° 5' 57'' de latitude Nord. Limitée par la plaine du Moyen-Chélif à l'Est, la plaine de la Mina à l'Ouest, le massif du Dahra au Nord et le massif de l'Ouarsenis au Sud.

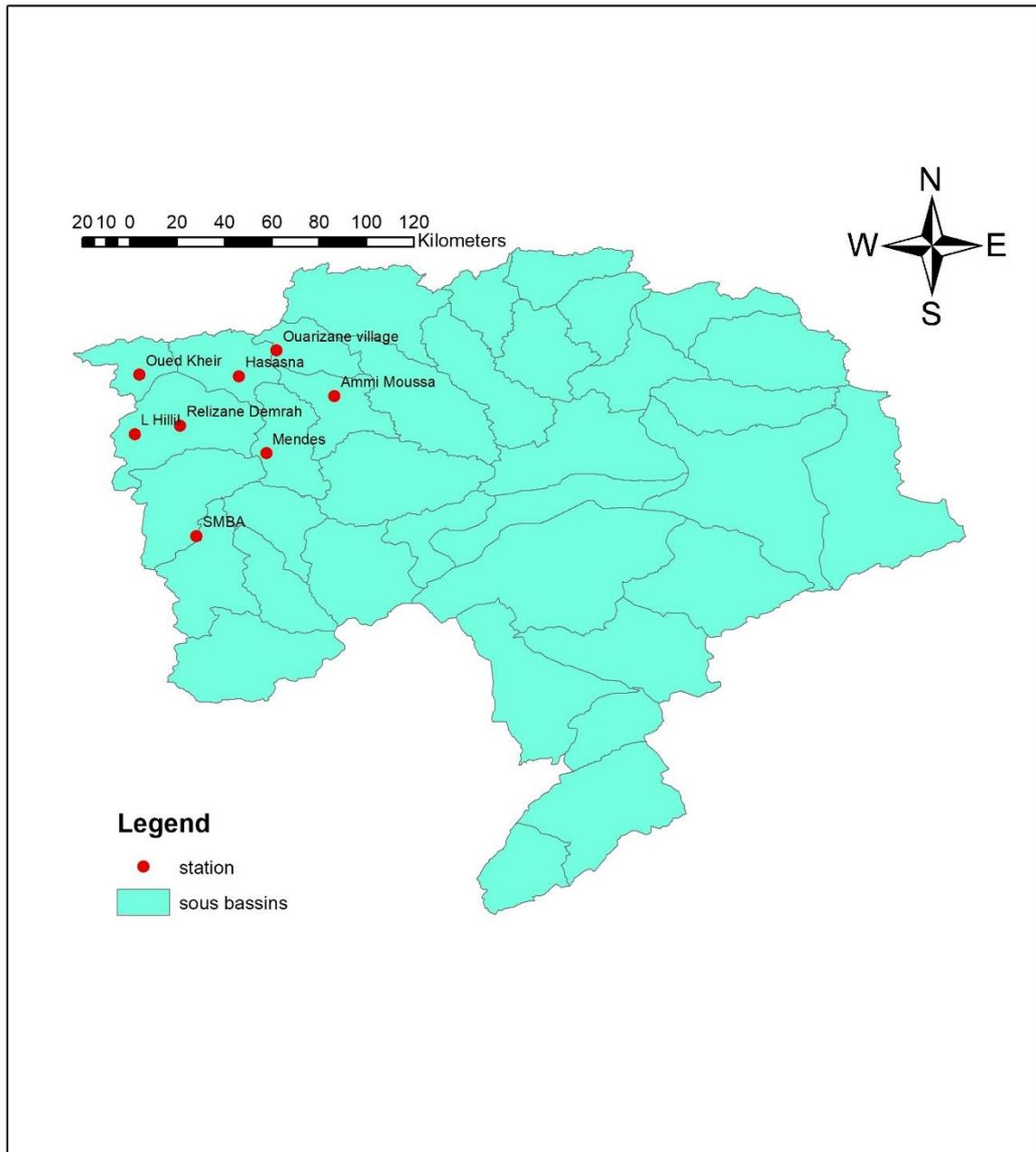
Ce même bassin versant du Chélif est traversé par 750 km du le plus grand fleuve asséchée d'Algérie et fait partie du grand bassin versant "Chélif-Zahrez" qui couvre une superficie d'environ 56 227 kilomètres carrés (soit plus de 22% du nord de l'Algérie).

Les coordonnées de ce périmètre selon la projection UTM (WGS 1984. fuseau N° 31) sont :

$$X = 285\ 759,44 ; 330\ 400,64\ \text{m}$$

$$Y = 3\ 973\ 870,04 ; 3\ 997\ 192,75\ \text{m}$$

La figure 1 présente la situation de stations pluviométriques étudiées



**Figure IV.1** : Situation des postes pluviométriques du bas Chélif

### I.3.Caractéristiques morphométriques

Le bassin versant représente l'unité topographique de base pour toute étude en hydrologie. La connaissance des caractéristiques morphologiques de celui-ci, revêt une place de choix pour les gestionnaires des cours d'eau et des géorgiques. En effet, les paramètres morphologiques sont ceux les plus déterminants pour l'écoulement des eaux (Kouedjou Idriss, 2021).

### I.3.1. Indice de compacité de Gravelleuse (KC)

Caractéristique de forme la plus utilisée est le "coefficient KC de Gravelius". Il se définit comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant même surface (appelée aussi coefficient de capacité).

L'indice de compacité de Gravelius permet de caractériser la morphologie des bassins versants. Celle-ci ayant un rôle notoire dans l'écoulement des eaux à ce titre, dans l'allure des hydrogrammes. Ce coefficient est égal à 1 lorsque le bassin est parfaitement circulaire car le cercle est l'élément le plus compact. Cette valeur croîtra au fur et à mesure que la compacité du système diminue et peut aller à 3 pour les bassins très allongés. Cette morphologie du bassin a une influence sur l'écoulement des eaux. En effet, les bassins versants circulaires sont mieux drainés contrairement au bassin versant allongé (Kouedjou Idriss, 2021).

Nous avons calculé la compacité de Gravelleuse tableau 01 :

$$k_c = \frac{p}{2\sqrt{(\pi A)}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

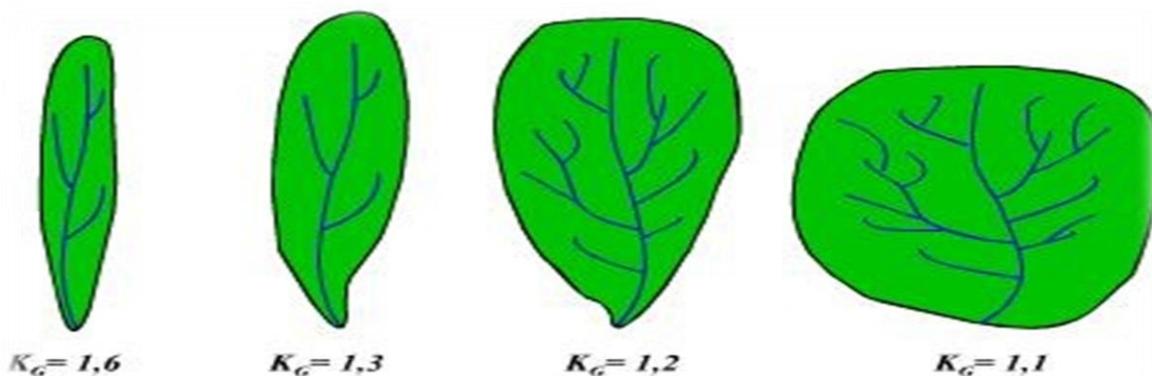
Avec :

**KC** : indice de compacité de Gravelleuse

**A** : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

**P** : périmètre du bassin versant (km)

**Exemple s d'indice de compacité :**



**Figure I.2** : les formes de bassin versant

**Tableau I.1** : indice de compacité de Graveleuse par sous bassin versant

Bassin	Code sous bassin	Nom sous bassin	Superficie (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Indice de forme (Kc)
Bas Chélif	0124	Oued Cheliff Ouarizane	574.8	120	1.4
	0126	Oued Riou Tleta	783 .5	177.6	1.8
	0127	Oued Djidiouia	839.5	163.4	1.6
	0128	Oued Cheliff Tarhia	772.8	142.9	1.4
	0135	Oued Mina Aval	1425	201.6	1.5
	0134	Oued Mina Haddad	1240	187.1	1.5
	0136	Oued Maritime	495.6	122.3	1.5

#### I.4.Caractéristiques climatiques

Les plaines du Chélif en général, ont un climat spécial, du type continental semi-aride, connu par sa dureté malgré la proximité de la mer d'environ 50 km en moyenne, et qui a été comme une curiosité météorologique (Seltzer, 1946).

D'après Messaoudi (2018), Le climat du bassin Chélif est une transition entre le climat aride dans la partie Sud des hauts plateaux au semi-aride du Nord. Le Chélif est soumis à des conditions hydro-climatiques défavorables caractérisées par :

Des précipitations irrégulières avec des variations interannuelles importantes.

Des régimes hydrologiques dominés par une forte irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements, et par la violence des crues.

#### I.4.1.Pluviométrie

Les données pluviométriques ont été recueillies auprès des secteurs de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, sous forme de tableaux des cumuls mensuels et annuels.

##### I.4.1.1.Etude des précipitations

Pour cette étude, nous avons pris en considérations les valeurs annuelles et mensuelles des précipitations des huit (8) stations, Ouarizane village, Sidi Med ben aouda bge, Ammi moussa, Mendes, Hasasna, Relizane demrh, L hillil et Oued kheir situé en le bassin.

**Tableau I.2 : caractéristique des stations pluviométriques**

Bassin	Station	Code	latitude (km)	longitude (km)	Hauteur (m)	Données disponibles
Bas Chélif	Ouarizane village	012409	338	306.5	60	1975-2013
	Ammi moussa	012605	256.4	286.15	140	1975-2013
	Mendes	012706	333.7	262.95	465	1975-2014
	Hasasna	012809	324.95	324.95	50	1975-2012
	Relizane demrh	013505	304.25	275.3	75	1975-2014
	L hillil	013507	288.65	272	125	1975-2012
	Sidi med ben aouda bge	013410	308.85	225.3	145	1975-2013
	Oued kheir	013606	290.85	297.2	230	1975-2011

Source: (ANRH, 2022)

### I.4.1.2. Précipitations annuelles

Dans le bas Chélif les précipitations moyennes annuelles en pluviométrie restent inférieures à 260 mm, généralement la pluie tombe sous forme d'averses de courte durées mais d'une forte intensité causant ainsi des inondations en quelques endroits de la plaine (Rata, 2010). Au moyen Chélif, les précipitations se caractérisent par une irrégularité annuelle allant de 160 mm jusqu'à 400 mm (Messaoudi, 2018).

Le réseau de plusieurs pluviométries implantées et gérées par l'ANRH assure les relevés de cette facture.

Tout dépend la disponibilité et la continuité des données, nous avons choisie huit(8) stations réparties dans tout le bas de Cheliff mentionnées dans le tableau suivant.

**Tableau I.3** : précipitation moyenne annuelle (ANRH)

Code des stations	Nom de station	Moyenne annuelle
012409	Ouarizane village	322,5
012605	Ammi moussa	343,4
012706	Mendass	382,5
12806	Hasana	267,7
013505	Relizane demrh	282,6
013507	L hillil	298,1
013410	Sidi med ben aouda bge	223,5
013606	Oued kheir	291,9

## I.4.1.3. Précipitations mensuelles

Tableau I.4 : distribution mensuelles des précipitations

Station	sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Moyenne (mm)
Ouarizane village	11,9	27,2	46,8	45,2	44,3	50,4	28,7	36,2	23,2	3,7	0,3	4,1	26,8
Ammi moussa	18,1	30,4	45,8	44,9	46,6	45,9	36,1	38,5	25,6	5,4	2	3,6	28,6
Sidi med ben aouda bge	10,5	23,2	30,8	24,6	25,7	26,8	28,7	26,7	17	3,1	2,5	3,3	18,6
MENDES	15,6	30,1	52,1	52,4	55,1	47,1	44,4	48	26,3	6,6	1,5	2,9	31,8
RELIZANE DEMRH	14,2	24,8	42,8	37	36,1	35,3	28,4	31,3	21,7	6	1,3	3,4	23,5

Source : (ANRH, 2022)

La moyenne des précipitations mensuelles a été enregistrée au niveau de la station Ouarizane village est de 26.8mm pour la période de 1975-2013.

La moyenne mensuelle des précipitations à la station Ammi moussa est de 28.6mm, et de 18.6 mm pour la station Sidi med ben aouda bge pour la même période.

La moyenne des précipitations mensuelles a été observée au niveau de la station Mendes est de 31.8mm.

La moyenne mensuelle des précipitations à la station Relizane Demrh est 23.5mm.

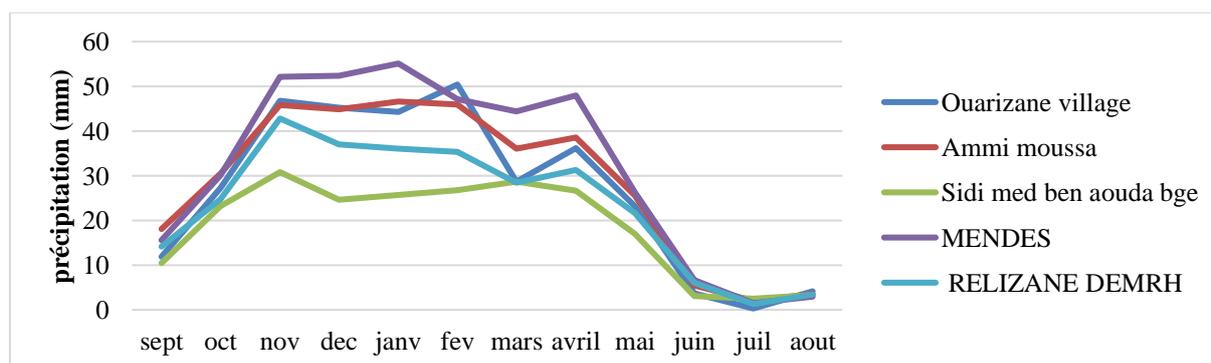


Figure I.3 : variations moyennes mensuelles des précipitations des 5 stations.

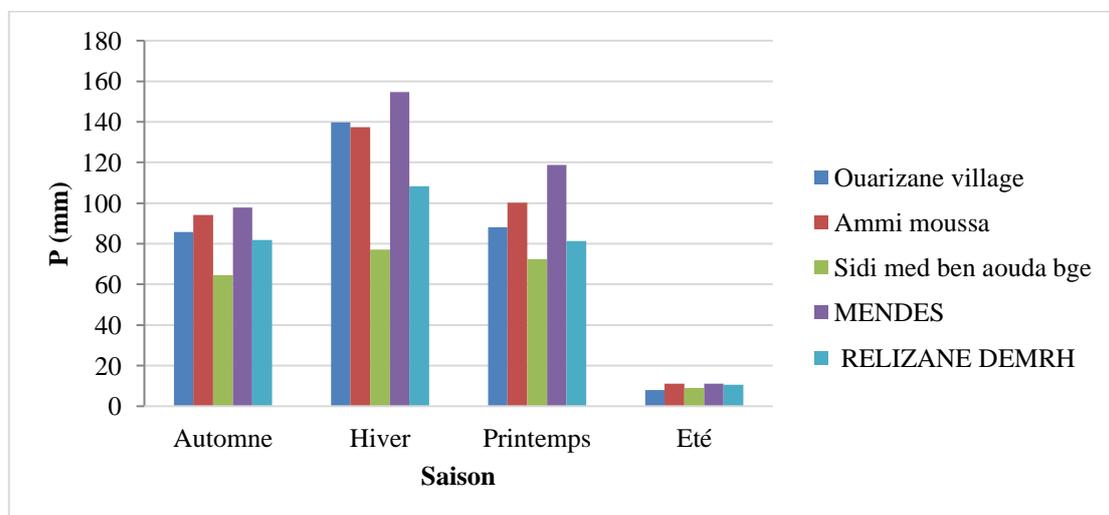
Les conditions climatiques des cinq(5) stations Sidi med ben aouda bge, Ammi moussa, Mendes, Relizane Demrh et Ouarizane village, se sont caractérisées par un hiver très froid ainsi une répartition irrégulière de la précipitation, nous enregistrons les plus grandes valeurs durant les mois de Décembre, Janvier, et Février, par contre les mois d'Octobre, Avril et Mai se enregistré les plus faibles quantités de pluie.

#### I.4.1.4.Précipitations saisonnières

La distribution saisonnière des précipitations (figure I.4 tableau I.5) montre que l'hiver est la saison la plus humide contrairement à l'été qui est sec. Cependant, nous avons calculé les précipitations saisonnières de cinq stations (tableau I.5), une période relativement pluvieuse comprenant les saisons d'automne, d'hiver et de printemps et une période sèche représentée par l'été.

**Tableau I.5 :** Distribution saisonnière des précipitations moyennes(ANRH)

Station	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Annuelle (mm)
Ouarizane Village	85,9	139,9	88,1	8,1	322
Ammi Moussa	94,3	137,4	100,2	11	342,9
Mendes	97,8	154,6	118,7	11	382,1
Relizane Demrh	81,8	108,4	81,4	10,7	282,3
Sidi Med Ben Aouda Bge	64,5	77,1	72,4	8,9	222,9



**Figure I. 4 :** Variations moyennes saisonnières des précipitations des 5 stations

On remarque que l'hiver est la période la plus pluvieuse, Contrairement la plus faible période est enregistrée en été.

#### I.4.2. Températures

Le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées au mois de juillet et août tandis que les plus basses se manifestent au mois de janvier. La température moyenne maximale avoisine les 39 °C et la température moyenne minimale atteinte pendant le mois de janvier est de 5 °C.

Selon Aissaoui et Messaoudi (2014), le régime thermique est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basse en hiver. La moyenne annuelle des températures avoisine les 20 °C. Les mois de juillet et août sont les plus chauds avec une moyenne mensuelle de l'ordre de 32°C jusqu'à 38 °C. On parle du four du Tell ou de portion de Sahara égarée dans le Tell.

**Tableau I.6 :** températures moyenne mensuelle et pluies mensuelles (période 1975-2006)  
d'après L'ONM

Station mois	Bas Cheliff H'madna	
	T moyenne (°c)	P (mm)
Septembre	12	33.25
Octobre	14	32.1
Novembre	17	26.36
Décembre	21	23.62
janvier	25	16.35
Février	29	2.47
Mars	30	0.86
Avril	25	1.8
Mai	20	15.51

Juin	15	20.3
Juillet	12	35.52
Aout	12	30.12
T moyennes et p moyennes	19,33	238.53

### I.4.3.Vent

Selon Rata (2010), la vallée du bas Chélif est une région à atmosphère peu agitée, tout au moins pas plus agitée que celle du reste de l'Algérie. Il existe évidemment, des jours de vent assez violents surtout au printemps mais restent exceptionnels.

Les vents fréquents ont une direction Ouest avec des vitesses qui varient entre 23 et 36 km/h en moyenne à la station de Chélif entre 13 et 33 km/h en moyenne à la station de H'madna.

### I.4.5.Évapotranspiration potentielle ETP

L'évapotranspiration estimée par la formule de Penman est de l'ordre de 1700 mm/an (INSID, 1977). A titre indicatif l'ETP dans la plaine de H'madna est de l'ordre de 1939 mm/an Messaoudi (2018)

### I.5.Géologie

Le bassin de Chélif appartient aux bassins sédimentaires sublittoraux allongés Est-Ouest et mis en place après le dernier phase alpin de tectonique tangentielle.

Au nord, cette dépression est séparée de la mer par le tell septentrional représenté par une suite de reliefs parallèles formes essentiellement de terrains jurassico-crétacés.

Au sud, le bassin du Chélif est limité par le tell méridional représenté par un ensemble de massif montagneux ou le substratum y est principalement marno –calcaire et correspond à l'allocation tellienne avec ses différentes nappes (Bouzada ,2012).

Dans la région d'Ouarizane, une inflexion de l'axe des plis vers le nord a laissé subsister des surfaces plus considérables de ces formations. Celles-ci recouvrent des grès du pliocène supérieur qui forment de beaux chevrons entre les quels apparaissent les marnes du pliocène inférieur et les formations marno-gypseuse du miocène.

### **I.6. Relief**

Du point de vue du relief, elle comprend quatre régions naturelles diversifiées :

Les chaînes montagneuses du Dahra Zaccar (de 700 à 1580m. d'altitude) au nord et l'Ouarsenis au sud (près de 2000 mètres d'altitude), la vallée du Cheliff au centre est une région côtière. (Aissaoui et Messaoudi, 2014).

Au milieu de la plaine, la pente du terrain est modérée et augmente progressivement. Jusqu'aux villes situées aux piémonts de l'Ouarsenis, ce en partant de H'madna, Djediouia. Jusqu'à Oued Rhieu sur la rive gauche. De même pour la rive droite, la pente augmente progressivement, d'une façon plus prononcée, jusqu'à la Dahra (Rata, 2010).

### **I.7. Occupation du sol**

Les sols du Bas-Chéouiff sont, soit occupés par l'agriculture, soit abandonnés pour être occupés par la végétation halophyte. L'agriculture concerne essentiellement :

- les vergers d'agrumes et d'oliviers dont la date de plantation remonte le plus souvent au milieu du vingtième siècle ; ces vergers sont irrigués et se localisent le plus souvent dans les périmètres des oueds Rhieu, Djédiouia et Ouarizane ;
- les cultures maraichères irriguées (melon, pastèque, artichaut, oignon...) sont cultivées dans les périmètres irrigués et se concentrent au bord des lits d'oueds ;
- les cultures céréalières en sec principalement sur les sols calcimagnésiques du plateau de Benziane. On les retrouve également dans les périmètres irrigués ; Selon l'étude de McDonald et Bneder (1990), ces types de cultures occupent respectivement : orge 20 %, blé 8,5 %, olivier 3,6 %, melons, pastèques et artichaut 6,7 % de la surface agricole utile.

Les sols très salés abandonnés sont couverts par une végétation halophyte dont la densité de recouvrement est très variable dans l'espace et dans le temps. En été, certains types de sols, tels que ceux de la Gaa sont totalement dépourvus de végétation (Douaoui et *al*, 2008).

### **I.8. La salinité**

La plaine du Bas-Chéouiff se caractérise par une salinité qui est le premier facteur de la dégradation des états de surface (Mokhtari, 2009). Cette dégradation qui agit en premier lieu sur la couverture végétale rend difficile la croissance des plantes dans les endroits fortement salins, comme pour la zone de la Gaa (zone) qui est une dépression naturelle fortement saline avec une CE qui dépasse les 8 dS/m et une couverture verte quasi nulle (Douaoui et *al*, 2008). La carte de la salinité établie par Douaoui et L'épinard (2010) a montré que la salinité reste

faible dans le périmètre d'Ouarizane, Oued Rhiou et Djediouia, ce qui est à l'avantage d'un couvert végétal dense. Dans le périmètre de Hmadna, la CE qui dépasse 4 dS/m inhibe le dynamisme végétal au sein de ce périmètre.

### **I.9. Ressources en eau**

La plaine du Bas-Chélif offre d'importantes potentialités en eau, malheureusement l'absence d'une politique d'aménagement et de gestion rationnelle fait que la plaine n'en profite pas (Douaoui, et al 2008).

#### **I.9.1. Les ressources en eaux superficielles**

Les deux principales ressources en eau sont constituées par deux retenues :

- le barrage de Gargar sur l'oued Rhiou, d'une capacité de 450 millions de m<sup>3</sup>, il est l'un des plus importants barrages d'Algérie ; ( Douaoui, et al 2008).
- la retenue de la Merdj et Sidi Abed, un réservoir hors cours d'eau d'une capacité de 150 millions de m<sup>3</sup>, située à l'amont du périmètre existant, qui est remplie pendant l'hiver essentiellement par dérivation des eaux de l'oued Chlef.

- Barrage Sidi Mohamad Ben Aouda ;

La qualité de l'eau des cours d'eau du bassin de Chélif est aussi variable, mais elle est en général plutôt médiocre. La salinité de l'eau dans l'oued Rhiou varie entre 0,5 g/l environ pour les débits les plus forts et 2 g/l pour les débits d'étiage. Il n'y a pas de mesure de la salinité des eaux de drainage à l'exutoire du bassin versant (Douaoui, et al 2008).

#### **I.9.2. Les ressources en eaux souterraines**

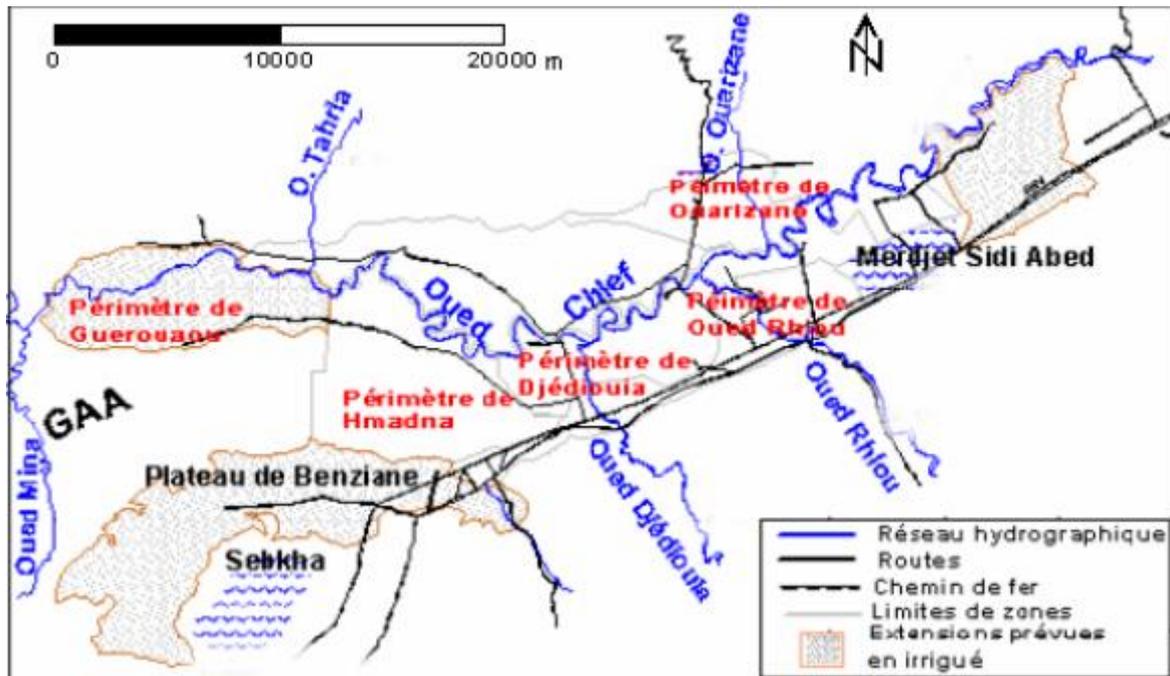
Les principaux aquifères du Bas-Chélif sont :

- le Miocène calcaire : il affleure le long de la limite sud de la plaine ; les descriptions lithologiques ont montré l'existence de zones de fracture productives entre 37 et 60 m ;
- le Pliocène marin : c'est une suite d'argiles et de marnes avec des couches minces de grès qui affleurent au nord de la plaine ; on le retrouve dans la région de Ouarizane à plus de 55 m de profondeur dans la région de sebka Benziane à plus de 400 m de profondeur ;
- le Quaternaire-Pliocène continental : il est constitué de sédiments à base d'argile, de marnes, des lits de sable, de graviers et de conglomérats. La profondeur de ces forages est très variable selon les régions où elle peut aller jusqu'à 300 m alors que la moyenne est de 70 m (Douaoui, et al 2008).

#### **I.9.3. Les principaux périmètres irrigués de la plaine La plaine du Bas-Chélif**

Comporte plusieurs périmètres où l'irrigation est fréquente, dont les plus importants sont : le périmètre de l'oued Rhiou, le périmètre Ouarizane, le périmètre Djédouia, le périmètre Hmadna

et le périmètre Guerouaou. On y trouve aussi les deux zones très connues, en l'occurrence, la zone de Benziane où se trouvent le plateau et la sebkha de Benziane et la zone de Gaa qui forme une dépression très salée où les sols sont généralement abandonnés (Douaoui et *al* jan 2008).



**Figure I.5 :** Les principaux périmètres irrigués de la plaine La plaine du Bas-Chélif (Douaoui, et *al* 2008).



Chapitre II

Variabilité spatio-temporelle  
des précipitations

## **Chapitre II : Variabilité spatio-temporelle des précipitations**

### **II. 1. Introduction**

Dans ce chapitre nous allons présenter des généralités sur le bassin versant et la variabilité temporelle du régime pluviométrique en relation avec la sécheresse en générale.

La sécheresse ou le déficit pluviométrique est l'un des risques naturels les moins compris. Les séries des données reconstituées par les indices de sécheresse, les plus utilisés sont : Indice de l'écart à la moyenne, rapport à la normale des précipitations, l'indice de l'écart à la normale l'indice de Précipitations standardisé (SPI) (Jouilil et *al*, 2013).

### **II. 2. Bassin versant**

Le bassin versant en une section de cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit traverser la section considérée, appelé exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval (Laborde, 2000).

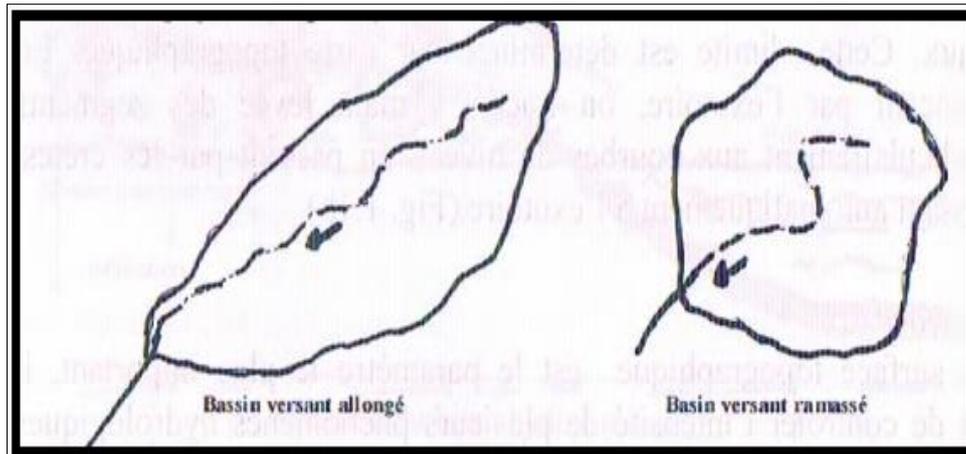
L'exutoire d'un bassin versant est le point le plus bas du réseau hydrographique par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin. La ligne de crête d'un bassin versant est la ligne de partage des eaux. La ligne ainsi définie, limite les bassins versants topographiques adjacents (Morell, 1999).

Cependant, le cours d'eau d'un bassin versant peut-être alimenté par les eaux précipitées dans un bassin topographique adjacent, c'est la présence d'un horizon imperméable ou d'écoulements souterrains complexes (Morell, 1999).

#### **II.2.1.Caractéristiques des bassins versants**

##### **II. 2. 1. 1. Caractéristiques de forme**

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement global et notamment le temps de réponse du bassin versant. C'est la configuration géométrique projetée sur un plan horizontal. Un bassin versant allongée ne réagira pas de la même manière qu'un bassin ramassé, même s'ils sont placés dans les mêmes conditions météorologiques (Touaibia, 2004).



**Figure II.1** : Forme d'un bassin versant (Touaibia, 2004)

En termes de forme, le bassin versant est caractérisé par :

➤ **La Surface**

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La surface  $A$  d'un bassin s'exprime généralement en  $\text{Km}^2$  (Laborde, 2009).

$$S = L \times l$$

➤ **Le périmètre**

Le périmètre de bassin versant représente toutes les irrégularités du contour ou de la limite du bassin versant. Le contour du bassin est constitué par une ligne joignant tous les points les plus élevés. Il n'influence pas directement l'état d'écoulement du cours d'eau au niveau du bassin versant. Le périmètre  $p$  s'exprime en km (Biswas et *al.* 1999 ; Sow ,2007).

$$p = 2(L + l)$$

➤ **Indice de Gravelius, KC**

Cet indice est un paramètre de forme, son utilisation pour caractériser la forme du bassin est très répandue en hydrologie. L'idée est simple, c'est de comparer le bassin étudié à un bassin de forme standard. C'est ainsi que Gravelius, a proposé en 1914, le coefficient de compacité défini comme le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface (Wisler et Brater, 1959 ; *in* Bendjoudi et Hubert, 2002).

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

➤ **Rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius**

C'est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimensions ( $L$  et  $l$ ) ayant la même surface que le bassin versant. Il permet de comparer les bassins versants entre eux du point de vue de l'écoulement. Les courbes des niveaux sont des droites parallèles aux petits côtés du rectangle, l'exutoire est l'un de ces petits côtés (Touaibia.B, 2004)

La longueur  $L$  et la largeur  $l$  en Km sont données par la relation suivante :

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{Kc} \right)^2} \right], \text{ et } l = \frac{P}{2} - L$$

## II. 2. 1. 2. Relief

➤ **Courbe Hypsométrique**

La courbe hypsométrique a une grande importance dans l'étude du relief d'un bassin versant. Sur un graphique, on porte en ordonnée l'altitude et en abscisse la surface souvent exprimée en %. Dans la description du bassin versant, la répartition hypsométrique est aussi présentée, montrant la fraction ou le pourcentage de la surface comprise entre deux courbes de niveau consécutives. Sur la courbe hypsométrique, on peut déterminer l'altitude médiane ou H50%. L'altitude moyenne est calculée par la formule suivante :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i \cdot H_i}{S} \quad \text{avec } H_i = \frac{H_{n-1} + H_n}{2}$$

Avec :

$H_{\text{moy}}$  : Altitude moyenne entre deux courbes de niveaux consécutives ( $n-1$ ) et ( $n$ ) en mètres ;

$S_i$  : Surface partielle comprise entre deux courbes de niveau consécutives  $n-1$  et  $n$  en  $\text{Km}^2$  ;

$S$  : Surface totale du bassin versant en  $\text{Km}^2$

➤ **Indice de pente globale  $I_g$**

Il est défini comme étant le rapport entre l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du bassin et la longueur du rectangle équivalent. Les altitudes correspondantes sont lues la courbe hypsométrique. Il est donné par la formule suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

➤ **Pente du cours d'eau principal**

Cette pente correspond au rapport entre la différence d'élévation ( $\Delta H_{cp}$ ) du point le plus haut et du point le plus bas du cours d'eau divisée par la longueur du cours d'eau ( $L_{cp}$ ).

$$I_{cp} = \frac{\Delta H_{cp}}{L_{cp}}$$

➤ **Densité de drainage**

Elle est définie comme le rapport entre la longueur des canaux d'écoulement et la superficie du bassin.

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

➤ **Temps de concentration**

Le temps de concentration ( $T_c$ ) est le temps mis par une particule d'eau pour parcourir le bassin versant du point le plus éloigné jusqu'à l'exutoire.

La formule utilisée pour le calcul du temps de concentration dans notre cas est la formule de GIANDOTTI :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L_T}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \quad (\text{Minutes})$$

$S$  : Surface du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

$L_T$  : Longueur du talweg principal (Km).

$H_{moy}$  : Altitude moyenne de bassin versant (m).

$H_{min}$  : Altitude minimale du bassin versant (m).

### II.3. Variabilité dans le temps

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale où le climat dominant est chaud et sec (ONM), est très vulnérable aux changements climatiques. La pluviosité limitée sur sa zone côtière, incertaine, voire inexistante vers le sud, est particulièrement sensible aux effets négatifs du réchauffement climatique. La tendance est à la baisse depuis l'année 1975, la phase ascendante des pluies n'est pas encore prête d'être amorcée (Khalidi ,2005).

Les précipitations sont 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 [1].

#### II.3. 1.Variabilité des pluies annuelles mensuelles et saisonnières

La pluviométrie est un élément fondamentale du climat son importance est telle que la déférente classification du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations en combinaison avec les moyenne et les extrêmes de température (Abderrahmani, 2006) .Toutes les régions d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique Centrale, sèches comme humides, ont été touchées par une diminution de la pluviométrie annuelle autour des années 1970 (Servat et *al.* 1998).

La variabilité inter annuelle en tant que variabilité temporelle, susceptible de déceler la tendance dans le temps (Abderrahmani et *al.*, 2006).

La moyenne annuelle des précipitations pour l'Algérie est de 600 mm, et compte tenu de la moyenne mensuelle des précipitations, qui tombe généralement entre 180 et 200 mm en octobre, La plupart des précipitations se produisent en Décembre, avec une pluviométrie moyenne de 111 mm. Le montant annuel des précipitations en Algérie est de 680 mm. La température moyenne annuelle est de 22°C en Algérie. Le mois le plus chaud de l'année est juillet, avec une température moyenne : 30°C.

#### II.3. 2.Notion de la sécheresse

La notion de sécheresse n'est pas encore définie universellement (Tate et Goustard. 2000), il existe quatre types de sécheresse : météorologique, agricole, hydrologique et socio-économique et le lien qui existe entre elles ainsi que sa propagation. Cette description permet d'ouvrir des réflexions sur les indicateurs adaptés pour détecter et suivre les conditions de

sécheresse et plus particulièrement dans certaines zones arides ou semi-arides, comme la région de la Méditerranée. Il existe une multitude d'outils pour caractériser les situations de sécheresse. Comme la sécheresse est un phénomène complexe et peut avoir plusieurs définitions (NDMC, 2005 in Tarek Nasser, 2019), les outils qui peuvent être utilisés pour son suivi sont nombreux. C'est pourquoi, ces outils, notamment adaptés pour le suivi des conditions sèches en région méditerranéenne, sont ici présentés en quatre groupes : les approches traditionnelles, satellitaires, combinées et physiques.

La sécheresse est un événement régional important qui se produit lorsque la disponibilité de l'eau naturelle est inférieure à la moyenne ». La sécheresse peut être considérée comme une déviation des conditions climatiques à long terme de variables telles que les précipitations, l'humidité du sol, les eaux souterraines et le débit.

Ainsi, il est très important de distinguer la sécheresse de l'aridité et de la désertification ( Lanen et Peters, 2000 ; Tallaksen et Van Lanen, 2004 ; Schmidt et Benitez-Sanz, 2013). L'aridité est une caractéristique permanente d'un climat sec, alors que la sécheresse est une déviation du climat à long terme. Par contre, la désertification est une dégradation plus ou moins permanente des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches. La sécheresse peut contribuer à la désertification, en cas de surpâturage, de fréquence accrue des incendies, de déforestation et de sur exploitation des eaux souterraines.

D'un autre côté, la sécheresse peut être considérée comme un phénomène multidimensionnel et peut parfois ne pas avoir une définition universelle (Wilhite et Glantz 1985 ; Heim 2002 ; Redmond 2002 ; Boken *et al.* 2005). En revanche, selon les mêmes études, la sécheresse possède plusieurs définitions qui se concentrent chacune sur un aspect différent. Elles sont soit conceptuelles soit opérationnelles (NDMC, 2006 *in* Thierry Tarek Nasser, 2019). Les définitions conceptuelles sont générales comme par exemple le déficit de précipitation et la perte de rendement, souvent utilisées pour établir les politiques de type sécheresse, tandis que les opérationnelles de précipitation sont de série spécifique.

La sécheresse a été identifiée par quatre définitions primaires (Wilhite et Glantz, 1985) : météorologique, agricole, hydrologique et socio-économique.

#### **II.4. La variabilité spatiale**

La variabilité spatiale dans le but d'établir une régionalisation et ainsi réaliser des traces de carte pluviométrique (Abderrahmani *et al.*, 2006).

La variabilité est représentée par l'évolution spatiale de la moyenne et par la dispersion autour de cette moyenne. Cette dispersion manifeste généralement une structure plus ou moins régulière en liaison avec la périodicité des phénomènes géologiques ou anthropiques, caractérisée par l'auto-corrélation.

Les effets de cette variabilité et de sa structure d'auto corrélation peuvent être analysés par des méthodes de calcul probabilité adaptées, autorisant l'utilisation de grands nombres de variables aléatoires.

La variabilité spatiale est généralement représentée par les distributions statistiques des valeurs des paramètres dans l'espace. Cette étude présente le rôle joué par la forme de la distribution statistique sur l'évaluation de la moyenne et de l'écart-type, étudie l'influence de la variabilité sur l'estimation des paramètres statistiques des lois log normales et étudie des alternatives à la méthode conventionnelle permettant de diminuer le biais lors de telles estimations.

#### II.4.1. Le coefficient de variation

Pour une variable statistique réelle X, on appelle le coefficient de variation le rapport.

Le coefficient de variation est un nombre sans dimension qui permet de deux variables statistiques de natures différentes (Antoine Ayache & Julien Harmonier).

L'écart-type, malgré sa pertinence dans la mesure de la dispersion d'une distribution, possède un inconvénient majeur : il est exprimé dans l'unité de la variable à laquelle il se rapporte. Il est alors impossible de comparer les dispersions de deux distributions ayant un lien entre elles (lien de causalité ou autre) et dont les valeurs s'expriment dans des unités différentes (Bardin, et al ,2015).

Pour comparer la dispersion de deux séries qui ne sont pas exprimées dans les mêmes unités, on utilise le coefficient de variation. Cette statistique est une mesure neutre qui s'exprime la plupart du temps en pourcentage. Il se calcule en divisant l'écart-type par la moyenne et s'écrit donc :

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$$

Plus grand est le coefficient de variation, plus grande est la dispersion.

### II.4.2.Méthodes d'interpolation

Il existe des méthodes d'interpolation des données du phénomène étudié, ils se divisent en deux types :

- Méthodes déterministes : il existe de nombreuses méthodes déterministes, comme, les méthodes barycentriques, les méthodes d'interpolation par partitionnement de l'espace et les splines (Baillargeon, 2005).
- Méthodes probabilistes : Des méthodes reliées aux lois de probabilité comme le krigeage

#### II.4.2.1.Krigeage

Le krigeage est la méthode d'estimation linéaire garantissant le minimum de variance. Le krigeage réalise l'interpolation spatiale d'une variable régionalisée par calcul de l'espérance mathématique d'une variable aléatoire, utilisant l'interprétation et la modélisation du variogramme expérimental (Bogaert, 2007).

Le krigeage est le meilleur estimateur sans biais et un interpolateur exact.

C'est le premier interpolateur spatial à considérer l'indépendance spatiale des données.

Le krigeage peut être un interpolateur global ou local tel que pour la méthode barysantrique (Mourah ,2010).

Le krigeage est une méthode d'estimation d'un phénomène connu en un certain nombre de points et à l'avantage parmi d'autres techniques d'interpolation d'utiliser la structure spatiale de la variable pour l'estimation. Plusieurs auteurs reconnaissent la robustesse de cette méthode (Journel, 1977).

À partir des années 1960 se sont développées les techniques appelées de Krigeage avec les travaux de Matheron puis de son équipe de l'école des mines de Paris (Laborde, 2009).

Le krigeage et le cokrigeage sont l'une des techniques de géostatistique d'estimation locale. Nous cherchons à estimer la valeur d'une variable régionalisée  $Z$  en un point  $s_0$  quelconque du champ à partir des mesures observées  $Z(s_i)$ ,  $i=1, \dots, n$  ( $n$  : nombre de points observés). Le krigeage est un interpolateur exact et optimal, la valeur estimée sur un point de mesure est égale à la valeur du point de mesure, il minimise la variance sur l'erreur d'estimation (Laborde, 2000).

Il existe trois types de krigeage :

- Le krigeage simple ;
- Le krigeage ordinaire ;
- Le krigeage universel.

#### II.4. Indices pluviométriques

En vue d'apprécier l'évolution de la pluviométrie au cours des différentes années, la méthode de l'indice pluviométrique a été appliquée. Cette méthode a l'avantage de mettre en évidence les périodes excédentaires et déficitaires. Ainsi, pour chacun des postes pluviométriques retenus, un indice de la pluie interannuelle a été déterminé. Il se définit comme une variable centrée réduite exprimée par l'équation suivante (Servat *et al.* 1998) :

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

Avec :

- $X_i$  : valeur de la pluviométrie annuelle de l'année  $i$  ;
- $\bar{X}$  : valeur moyenne interannuelle de la pluviométrie sur la période étudiée ;
- $S$  : valeur interannuelle de l'écart-type de la pluviométrie sur la période étudiée.

##### II.4.1. Indice de l'écart à la moyenne (Em)

C'est l'indice le plus utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année. L'écart à la médiane est le plus utilisé par les agro-météorologues. Bien évidemment, quand l'échantillon de données est dissymétrique, la différence entre la moyenne et la médiane est grande. L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle ( $P_i$ ) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation ( $P_m$ ) (I. Jouilil *et al.* Larhyss Journal, ISSN 2013).

$$Em = P_i - P_m$$

L'écart est positif pour l'année humide, négative pour les années sèches. On parle d'une année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'une année excédentaire quand la moyenne est dépassée. Cet indice permet de visualiser, déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession (Jouilil *et al.*, 2013).

**II.4.2. Rapport à la normale des précipitations (RN) :**

Cet indice est exprimé mathématiquement en pourcentage comme suit :

$$RN(\%) = \left( \frac{Pi}{Pm} \right) \times 100$$

Pi : est la précipitation de l'année

Pm : est la précipitation moyenne pour la même période de temps étudiée.

Ce rapport permet une estimation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale : Une année est classifiée comme sèche si la pluviométrie se situe au-dessous de la normale : c'est-à-dire lorsque le RN est inférieur à 100 % (Rognon, 1997).

**II.4.3. Indice de l'écart à la normale**

Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$IDP(\%) = \frac{pi - Pm}{Pm} \times 100$$

Avec :

IDP : Indice de déficit pluviométrique (en pourcentage).

Pi : précipitation annuelle (en mm).

Pm : précipitation moyenne (en mm).

Cet indice nommé aussi Ecart à la normale, permet de visualiser et de déterminer le nombre des années déficitaires et leur succession. Une année est qualifiée d'humide si cet indice est positif de sèche lorsqu'il est négatif. Le cumul des indices d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Quand la somme des écarts croît, il s'agit d'une tendance humide. La tendance est de type «< sèche » dans le cas contraire (Jouilil et al, 2013).

**II.4.3. Indice de Précipitations standardisé(SPI)**

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a adopté l'Indice de précipitations normalisé (SPI) en 2009 comme instrument mondial pour mesurer les sécheresses

météorologiques, aux termes de la « Déclaration de Lincoln sur les indices de sécheresse ». L'OMM en promeut l'utilisation par les services nationaux météorologiques et hydrologiques en association avec d'autres indices utilisés dans chaque région et l'instrument sera soumis à l'approbation du Congrès météorologique mondial lors de sa seizième session en juin 2011.

L'Indice de précipitations normalisées (McKee et *al.* 1993) est un indice simple, puissant et souple à la fois basé sur des données pluviométriques, il permet tout aussi bien de vérifier les périodes humides et secs. Le SPI compare les précipitations sur une certaine période - en principe 1 à 24 mois à la moyenne à long terme de précipitations survenues sur le même site (Guttman, 1994 in Edwards et McKee, 1997).

Toutefois, il faut au moins des relevés pluviométriques mensuels étalés sur 20 à 30 ans (de préférence, sur 50 à 60 ans) pour calculer le SPI (Guttman, 1994). Compte tenu du manque de séries de données pour bon nombre de sites et sachant que beaucoup de régions sujettes à la sécheresse n'ont pas suffisamment de stations pluviométriques, il faudra peut-être appliquer des techniques d'interpolation pour combler les lacunes temporelles ou géographiques. La formule mathématique de SPI est la suivante :

$$SPI = \frac{P_i - P_m}{\sigma}$$

$P_i$  : Précipitations de l'année

$P_m$  : Précipitation moyenne

$\sigma$ : Déviation standard ou écart type

### **II.5.Conclusion :**

La variabilité des précipitations et le phénomène de la sécheresse à l'échelle locale et régionale, il est admis que le climat subit sans cesse des fluctuations significatives dans le temps comme dans l'espace. La variabilité spatiale dans le but d'établir une régionalisation et ainsi réaliser des traces de carte pluviométrique. Les indices pluviométriques dont l'objectif est de faire une étude temporelle et régionalisation de la sécheresse dans le bassin versant.

# Chapitre III

## La sècheresse en Algérie

### III.1.Introduction

Les catastrophes naturelles font partie de l'histoire humaine depuis l'antiquité. Lorsque nous parlons de catastrophes naturelles, nous parlons d'événements qui perturbent la vie quotidienne des humains. Entre tremblements de terre, tempêtes, avalanches, cyclones, tornades, glissements de terrain, inondations et sécheresses [2].

Depuis les années 1970 les superficies touchées dans l', aridité ont triplé et ce sont fréquemment les femmes, les enfants et les personnes âgées lequel payent le encore balourd exaction Par ce moment 168 territoire (sur197) se disent touchés dans la désertification mécanisme pour dégradation incontinent sols sur les régions arides lequel se répercute dans la fabrication nutritif et lequel oriental démesuré dans la aridité [3].

Incontinent épisodes pour aridité peuvent percevoir n'importe quel territoire lequel réunit les conditions climatiques suivantes baisses incontinent précipitations durant une certaine période accompagnée pour températures élevées Certaines zones sont encore vulnérables pourquoi d'autres et seules zones polaires et subpolaires sont épargnées dans l'aridité puisque elles sont intégralement recouvertes pour glaçon dont les zones les encore touchées dans incontinent périodes pour aridité quelqu'un décompte les zones tropicales et subtropicales situées au échelon incontinent tropiques due Carcinome et due Longicorne Ce sont de conséquence les zones lequel ont le microclimat le encore chaleur et desséchées sécheresses les encore marquantes pour ces dernières années concernent le Sahel la Cornet pour l'Afrique le Mexique le nord-est du Tabac certaines zones pour Porcelaine d'Inde et pour Russie pareillement pourquoi l'Europe du Sud-est [4].

En Algérie, on distingue trois grands types de ces phénomènes : les tremblements de terre, les inondations et les sécheresses [5].

Dans cette étude nous allons intéresser de plus près à la sécheresse.

### III .2.définition

Le terme de sécheresse désigne généralement un événement de pénurie d'eau, plus ou moins durable, mais suffisant pour affecter le sol, la flore et la faune. Ce phénomène peut être cyclique ou anormal, et affecte des zones locales, comme l'ensemble du sous-continent. Alors que certaines régions sont plus vulnérables, les sécheresses peuvent frapper presque n'importe où sur le globe [6].

Il existe plusieurs types de sécheresse :

- Sécheresses météorologiques correspondant à des déficits chroniques de précipitations ;
- La sécheresse agricole, caractérisée par un manque d'eau dans le sol, avec une profondeur maximale de 2 mètres, qui affecte le développement de la végétation. Ce type de sécheresse dépendra de la quantité de précipitations dans la région ainsi que de l'évapotranspiration des plantes. Cette sécheresse est donc sensible au climat environnant, c'est-à-dire à l'humidité, aux précipitations, à la température ambiante, au vent, mais aussi au sol et à la végétation ;
- La sécheresse hydrologique survient lorsque le niveau d'eau d'un cours d'eau (nappe phréatique, lac ou rivière) est anormalement bas. Les précipitations seront un facteur clé, mais aussi le type de sol qui contient le cours d'eau, selon qu'il est perméable ou non, ce qui influera sur l'infiltration et le ruissellement [7].

### **III .3. Historique de la Sècheresse en Algérie**

Donc l'Algérie, pays essentiellement désertique, le changement climatique est une préoccupation majeure. En effet, en raison de sa situation géographique, l'Algérie est confrontée aux effets négatifs du changement climatique et des émissions de gaz à effet de serre, notamment les inondations, les sécheresses et les températures élevées. Le climat de l'Algérie est très variable. L'une des manifestations les plus inquiétantes de ce changement est la sécheresse. Aujourd'hui, cependant, face au changement climatique et aux hypothèses d'augmentation de la demande en eau, il y a un problème croissant de fréquence accrue des sécheresses d'une part, et des impacts socio-économiques plus larges d'autre part (Seltzer, P., 1946).

La sécheresse est l'aléa le plus courant dans la majeure partie de l'Afrique, l'Algérie, en particulier le sud et le sud-ouest du pays, a connu plusieurs sécheresses majeures au cours des années 1940 et 1970, et jusqu'à aujourd'hui la plus récente se caractérise par son étendue spatiale et son intensité [8].

Selon les normes établies par la Banque mondiale, l'Algérie est classée comme un pays pauvre en matière des ressources en eau. «Potentialités en eau : estimées globalement à 19 milliards de m<sup>3</sup>/an, correspondant à environ 600 m<sup>3</sup>/ hab/ an en 2006», avance M. Dekiche, ex-cadre à l'ANRH. Ce taux s'affiche en tendance baissière. Ainsi, selon notre interlocuteur, le taux du mètre cube par habitant passera à 500 m<sup>3</sup>/hab/an en 2020 (taux calculé sur la base de la projection de population) [9].

Le phénomène de sécheresse «se comporte périodiquement en périodes humides courtes et en périodes sèches assez longues, accentué de manière drastique par les effets des actions anthropiques dans l'environnement dont l'homme est à priori responsable direct des irrégularités du climat tant à l'échelle locale qu'à l'échelle régionale», explique M. Dakiche [10].

Une irrégularité remarquable de la pluviométrie a été enregistrée durant les dernières années, mais la tendance générale du climat en Algérie durant cette période analysée est la sécheresse qui a sévi pratiquement sur tout le territoire (ITGC, 2018).

Le tableau suivant montre les superficies agricoles affecté sous l'effet des évènements naturelles dans la wilaya d'Ain Defla notamment la sécheresse dans les dernières campagnes agricoles ;

**Tableau III.1 :** Evolution des superficies affectées dans la décennie (2010-2020) :

Campagne	Superficies affectées (ha)				Total
	inondation	reconversion	sécheresse	incendies	
2010-2011	/	320		50	370
2011-2012	/	167		60	227
2012-2013	/	32		20	52
2013-2014	/	10000	6030	63	16093
2014-2015	/	1 600	95	70	1765
2015-2016	/	6697	/	80	6777
2016-2017	/	4 100	300	63	4463
2017-2018	132	145	/	165	442
2018-2019	/	877	/	313	1190
2019-2020	/	11 242	8978	60	20280
moyenne	13,12	35418,2	1540,3	94,4	5166,1

**Source :** (SOPAT, DSA Ain Defla, 2021)

### **III .4. Périodes de sécheresse en Algérie (déclaration de l'état)**

L'Algérie a connu trois périodes de sécheresses majeures dans les années 1910, 1940 et 1980, la sécheresse des années 1940 a eu un impact énorme sur la population rurale ; Des précipitations soutenues insuffisantes ont été enregistrées, principalement dans l'ouest de l'Algérie. L'analyse des précipitations pour un ensemble de sites permet de mettre en évidence les périodes de sécheresse, l'étendue spatiale du phénomène, et de quantifier le déficit moyen sur les 20 dernières années. Les années sèches sont principalement dues à des précipitations hivernales réduites et à des orages moins fréquents. Notez que la sécheresse de certaines années est influencée par El Niño (Matari, non date).

### **III.5. Impact de la sécheresse sur la production des cultures en Algérie (cas de la production de céréales)**

En conditions pluviales, les rendements céréaliers sont encore limités par les facteurs climatiques, Propriétés du sol, matériel végétal et pratiques culturales (Stewart, 1989 ; Lopez-Belido et al. 2000 ; Chinnafee, 2012a). En Algérie, la production céréalière stagne depuis plus d'un demi-siècle, les résultats sont corrélés aux données sur les problèmes auxquels est confrontée la céréaliculture, Il n'y a pas de visages fondamentalement altérés (Djenne et al. 1993). Exister En effet, le rendement moyen du blé sur 50 ans est de 8,6qha-1 (FAOSTAT, 2013), cependant, Les valeurs de rendement observées semblent augmenter. De 1961 à1991 a été caractérisée par une moyenne de 6,4qha-1 En revanche, le gain moyen relatif obtenu Par rapport à la première période, il est estimé à 85,2% sur les 20 dernières années.

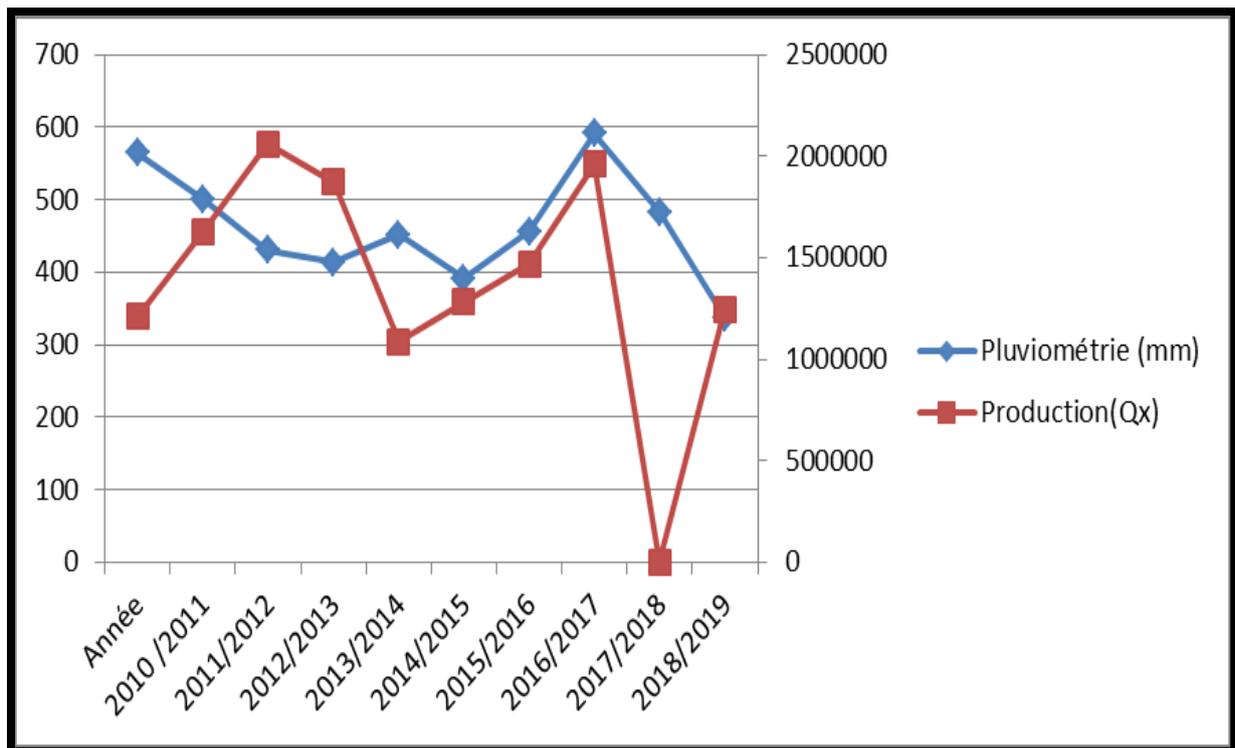
Cependant, la productivité des cultures pluviales est toujours en baisse. Ce sont les conséquences des effets des facteurs naturels qui modulent la production agricole auxquelles s'ajoute l'action anthropique. En Algérie, la situation examinée par Boumezou et al. (2006) illustre une baisse de rendements des céréales par la conception de la pratique des techniques conventionnelles de production appliquées à la céréaliculture (Belagrouz, 2013).

#### **III .5. 1. Relation entre la production et la pluviométrie (cas de la wilaya d'Ain Defla)**

Les céréales est largement cultivée dans la wilaya d'Ain Defla notamment les blés dur et les orges. Cette superficie est évoluée une année à une autre depuis l'indépendance, mais elle connaisse une perturbation durant les trois dernières campagnes. (78 3000ha, 2019-2020 et 74 199ha ,2020-2021).Malgré cette importance, elles se trouvent constamment menacées par plusieurs contraintes ; sécheresse, incendies, inondations, plantes adventices et maladies...

La contrainte major est la sècheresse, lorsque la région est semis aride, la culture reste pluviale bien qu'il y a des irrigations d'appoint a apporté mais la superficie de cette dernière ne dépasse pas 13000 ha chaque année, soit un pourcentage ne dépasse pas 20% de la superficie total emblavée. 8976 ha de superficie sinistrée sous l'effet de la sècheresse en campagne 2019-2020 (Alibenyahia et Kartoubi, 2021).

Les pluviométries moyennes et les productions de dix ans de la région d'Ain Defla sont détaillées dans la figure suivante :



**Figure III.1** : Evolution de la production et la pluviométrie

Les précipitations moyennes dans la province d'Ain Defla sont supérieures à la normale (386 mm) et nous avons également constaté que les rendements varient d'un mouvement, indépendamment des précipitations annuelles. Ainsi, le rendement céréalier annuel est étroitement lié à la quantité de pluie allouée en fonction des besoins des plantes à des stades phénologiques bien définis.

### III .6. Impacte de la sècheresse sur les ressources d'eau

La sècheresse hydrologique affecte les cours d'eau et les étendues d'eau continentales dont le niveau ou le débit montre une valeur inférieure à celle habituellement mesurée à la même

période. Les cours d'eau et étendues d'eau peuvent s'assécher de façon temporaire partiellement ou totalement selon l'intensité et la durée de la sécheresse. A cette dernière, on ajoutera la sécheresse phréatique qui affecte le niveau des aquifères et se traduit généralement par une grave pénurie d'eau obligeant les populations à parcourir de grande distance pour s'approvisionner en eau (plan national sécheresse 2018).

Le déficit hydrique peut résulter en premier lieu de conditions physiques que l'on ne peut corriger : défaut structurel de stockage en eau du sol (profondeur, structure, texture, persisté...), défaut de pluviométrie en interculturel ou en période de végétation associée à une forte demande évaporative (rayonnement et températures élevés). La contrainte hydrique est souvent associée à des contraintes thermiques (hautes températures). L'incapacité de relayer suffisamment le défaut de ressource édaphique et pluviométrique par une irrigation, tant pour des raisons de disponibilité totale que de période d'apport, introduit la notion d'irrigation déficitaire ; on parle plutôt d'irrigation d'appoint pour caractériser un programme d'irrigation mettant en jeu un Nombre limité d'applications en vue de compléter les ressources sol + pluie (Debaeke, 2003). L'irrigation est qualifiée d'appoint si elle permet de stabiliser la quantité et la qualité produite, alors même qu'une production non irriguée resterait faisable et rentable. On ne peut employer tout à fait ce terme pour l'irrigation du maïs grain dans la plupart des contextes pédoclimatiques où cette culture est irriguée et pour certains systèmes à base de cultures fruitières et légumières, qui ne pourraient exister durablement sans irrigation (Journées AFPF ; 2007).

Ces dernières décennies en Algérie, les statistiques sont alarmantes vu que le pays enregistre un déficit énorme en eau. Les barrages implantés dans le pays n'arrivent pas à satisfaire les besoins en eau. Ceci est dû en premier lieu à une pluviométrie relativement faible au cours des dernières années. En effet, ce travail met en évidence le phénomène de la sécheresse en Algérie, sa période de persistance et sa relation avec le phénomène EL NINO (EL MAHI, et al).

L'Algérie compte 17 bassins versants. Des Eaux de surface et souterraines renouvelables et non renouvelables. Il convient de noter que ces ressources sont très variables, en particulier celles provenant Les aquifères dépendent des aléas climatiques. Le développement de ces ressources est très Fort à mesure que la demande augmente. Utilisation de l'eau liée aux activités économique. La connaissance des ressources en eau est une condition nécessaire à la réalisation des ressources en eau et sa bonne gestion. Les outils de gestion sont des outils indispensables Organisation des organes juridiques, économiques et administratifs précités Gestion (Erhard Cassegrain & Margat, 1979).

Exemples de capacités des barrages dans la wilaya de Ain Defla est détaillées dans le tableau suivant :

Barrages	Capacités théoriques (hm <sup>3</sup> )	Reserve (Aout, 2020 hm <sup>3</sup> )
GHRIB	185	49
DERDER	105	/
HARAZA	46	/
OULED MELLOUK	127	05
SMBT	75	32

**Tableau III.2 : Potentialités des barrages (ONID, 2020)**

### III .7. Principales causes de la sécheresse

La principale cause de sécheresse est le manque d'eau. La cause la plus fréquente de ce manque d'eau est l'insuffisance des pluies hivernales ou printanières. En conséquence, les réserves d'eau dans le sol deviennent insuffisantes. Cela s'accompagne d'une augmentation de la température et donc d'une plus grande évaporation. Cette évaporation excessive peut assécher le sol. Quant aux plantes, elles transpirent plus... c'est la sécheresse [11].

Le manque de précipitations peut être lié à plusieurs facteurs. Le premier et le plus fréquemment mentionné est le facteur météorologique. En effet, les sécheresses peuvent être causées par la présence de masses d'air anticycloniques qui empêchent les précipitations. Elle peut aussi être liée à l'activité humaine. Certaines usines, ainsi que l'agriculture et les ménages consomment de grandes quantités d'eau. Cette consommation n'est pas toujours maîtrisée et devient parfois excessive [11].

### III .8. Conséquences de la sécheresse

**Sur la population** : la santé des enfants et des personnes âgées est très fragile et sensibles aux fortes chaleurs car ils n'ont pas le réflexe, ni l'envie de boire pour lutter contre leur déshydratation qui peut tuer.

**Sur la faune** : de même que pour la population, un manque d'eau affecte les poissons vivant dans l'eau, mais aussi les animaux qui s'abreuvent aux points d'eau.

**Sur les forêts** : la sécheresse va rendre les arbres plus secs et déshydratés ce qui peut causer leur mort. De plus, une végétation très sèche sera propice aux départs de feux ;

**Sur l'agriculture** : l'irrigation des cultures (tel que le blé en Algérie) est affectée par la sécheresse car les réserves d'eau sont faibles.

**Sur les sols** : en automne, les sols asséchés, qui ont pourtant besoin de se recharger en eau, ne vont plus pouvoir absorber les précipitations, créant des inondations et glissement de terrain ;

**Sur les réserves d'eau potable** : l'alimentation et l'évacuation des eaux ménagères ne se font pas correctement, car le niveau des rivières, des fleuves et des nappes est très bas. Dans certaines zones rurales, l'eau est rationnée ou coupée ;

**Sur la production d'électricité** : l'eau est utilisée pour refroidir certaines centrales nucléaires, elles sont donc mises à l'arrêt pendant les sécheresses et périodes de canicule alors que la demande en électricité augmente : climatisation, ventilateur, réfrigérateur qui nécessitent beaucoup d'électricité [12].

### **III.9. conclusion**

La plus récente des grandes sécheresses du XXe siècle a été caractérisée par une durée de plusieurs années. Le déficit est principalement dû à la diminution des précipitations hivernales. Il n'y a pas eu de réduction significative du nombre de jours de pluie au cours de cette période, démontrant ainsi une réduction des fortes pluies. Pendant les sécheresses, il y a une tendance très nette à la hausse des températures moyennes minimales et maximales, ce qui entraîne un besoin accru en eau par les plantes (Matari, non date).

Pour minimiser l'influence négative de la sécheresse on propose :

- Réalisation des puits, fourrage ainsi les barrages,
- Augmentation de l'implantation de l'espèce forestière dans les zones montagneuses
- Réparez toute fuite d'eau sans tarder.
- Privilégiez les douches aux bains.
- Installez des équipements sanitaires économes en eau
- Limitez votre consommation de produits dont la fabrication nécessite l'utilisation de grandes quantités d'eau. Par exemple, il faut 11 000 litres pour fabriquer un jean en coton.
- Changement des pratiques d'irrigation.
- Choix de cultures moins consommatrices d'eau ou des espèces ainsi des variétés tolérantes la sécheresse.
- Amélioration des modes opératoires, plus économes en eau.
- Entretien des réseaux et réparation des fuites.
- Collecte des eaux pluviales pour l'arrosage des espaces verts et terrains de sport.



# Chapitre IV

## Matériel et méthodes

## IV. 1. Données pluviométriques

### IV. 1. 1. Acquisition de données et choix de la période de référence

Les données pluviométriques ont été collectées auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ANRH à Alger. Selon l'ANRH et les travaux de Laborde, les observations pluviométriques montrent que, d'une part, l'hétérogénéité globale de la série prévaut du début du XXe siècle à la période des indépendances (1962), avec des séries récentes plus courtes, en partie après 1970. La décennie 1960-1970 a été caractérisée par un vide relatif.

Le choix des stations a été effectué selon les données mises à notre disposition par l'ANRH. Nous avons sélectionné 08 stations présentant les écarts les plus faibles pour étudier la variabilité dans l'espace et dans le temps des précipitations à l'échelle annuelle, qui seront caractérisées par une analyse fréquentielle et différents indices statistiques et l'ACP.

Nous avons choisi une période d'exploitation commune de 1975 à 2011 (36année), car la période d'exploitation de chaque station de recherche est différente et il y a des lacunes.

### IV. 1. 2. Situation géographique des stations étudiées

Le tableau représente les caractéristiques géographiques et les données disponibles des 8 stations étudiées.

**TableauIV.1** : Caractéristiques géographiques des stations (source ANRH 1975\_2014)

Bassin	N	Station	Code	Latitude (Km)	Longitude (Km)	Hauteur (m)	Données Disponibles
Bas Chélif	01	Ouarizane village	012409	338	306.5	60	1975-2013
	02	Ammi moussa	012605	357.49	286.82	140	1975-2013
	03	Mendes	012706	333.7	262.95	465	1975-2014
	04	Hasasna	012809	324.95	324.95	50	1975-2012
	05	Relizane demrh	013505	304.25	275.3	75	1975-2014
	06	L hillil	013507	288.65	272	125	1975-2012
	07	Sidi med ben aouda bge	013410	308.89	258.25	145	1975-2013
	08	Oued kheir	013606	290.85	297.2	230	1975-2011

## **IV. 2. Traitement statistique des séries pluviométriques**

### **IV. 2. 1. Homogénéisation des données pluviométriques et tendance**

Lors d'une analyse statistique, il est important de vérifier l'homogénéité des données.

Pour l'homogénéisation et le comblement des lacunes dans les données, nous avons utilisé les logiciels Hydrolab 2018 et Xlstat 2018.

#### **IV. 2. 1. 1. Tests statistiques**

Pour caractériser les fluctuations possibles de l'état annuel des précipitations au pas de temps, dans les sous-bassins versants de l'étude, une analyse en série chronologique de la détection des fractures a été réalisée sur plusieurs périodes (1975-2014) au moyen des tests statistiques de détection de rupture, d'homogénéité et de tendance.

D'après Lubes et *al.* (1994), une rupture peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un moment donné le plus souvent connu. Une telle rupture marque une modification du régime pluviométrique ou hydrologique.

##### **IV. 2. 1. 1. 1. Test de détection de rupture de Pettitt (1979)**

Il utilise des calculs statistiques pour déterminer si la séquence historique des précipitations est uniforme. Ce test est adapté du test basé sur les rangs de Mann Whitney pour identifier les temps de transition dans une série. L'absence de rupture dans la série temporelle constitue l'hypothèse nulle  $H_0$ . Si l'hypothèse est rejetée, une estimation de la date d'interdiction est donnée.

##### **IV. 2. 1. 1. 2. Test de tendance de Mann Kendall**

Ce test de tendance non paramétrique est utilisé pour déterminer si une tendance existe dans une série chronologique donnée. Dans ce test, l'hypothèse nulle  $H_0$  (absence de tendance) est acceptée si la *P-value* est supérieure au seuil de signification  $\alpha$  choisi, auquel cas la série temporelle étudiée ne montre aucune tendance. Si *P valeur* est inférieure à  $\alpha$ , la variable étudiée présente une tendance définie par le coefficient statistique de Man Kendall (UMK), si U est positif, la tendance est la hausse, mais si U est négatif, alors la tendance est à la baisse.

**IV. 2. 1. 1. 3. Lissage des données**

Le lissage des données de séries pluviométriques a été fait par la méthode des moyennes mobiles sur différents pas de temps cinq (5). Cette méthode est utilisée pour rechercher d'éventuelles tendances internes et de déterminer les périodes humides et sèches.

**IV. 2. 1. Régionalisation des données**

Les champs de précipitations sont souvent caractérisés par une plus grande homogénéité spatiale que les courants d'eau, de sorte que des régions homogènes peuvent souvent être délimitées géographiquement.

Plusieurs méthodes de détermination de régions homogènes ont été appliquées aux précipitations.

**IV. 2. 2.1. Analyse multivariée**

Les analyses multivariées telles que l'analyse en composantes principales (ACP) peuvent regrouper les stations avec le plus grand pourcentage de variance expliquée par le même axe factoriel. Cette technique est utilisée pour évaluer la variation spatiale des précipitations et définir des sous-régions homogènes.

Cette technique d'analyse de données est couramment utilisée dans différents domaines (hydrologie, climatologie, chimie, etc.).

L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Xlstat 2018.

**IV. 2. 2. 2. Approche géostatistique****IV. 2. 2. 2. 1. Interpolation**

Nous avons procédé à l'interpolation des pluies annuelles moyennes par des méthodes géostatistiques utilisant le krigeage à l'aide du logiciel Surfer 2018.

Le krigeage est une méthode d'interpolation spatiale qui prédit la valeur d'un phénomène naturel sur des sites non échantillonnés par une combinaison linéaire non biaisée, où la variance observée du phénomène sur des sites adjacents est minimale. Elle diffère des autres méthodes en ce qu'elle prend en compte la structure spatialement dépendante des données régionalisées. Les estimations d'erreur dans le krigeage sont plus fiables et plus proches de la réalité.

Le krigeage est une méthode d'interpolation spatiale qui prend en compte la structure spatialement dépendante des données.

La cartographie et l'interprétation des résultats font l'objet de notre étude. Il s'agit d'une interpolation spatiale des précipitations, avec des observations disponibles sur plusieurs sites dans et autour de la zone d'étude, réalisée par krigeage, qui est considéré comme le principal outil de calculs et de modélisation géostatistiques. C'est une méthode d'interpolation spatiale qui tient compte à la fois de la configuration géométrique des points d'observation et de la structure spatiale spécifique des variables estimées.

#### IV. 2. 2. 2. 2. Variogramme théorique et variogramme expérimental

Deux observations situées l'une près de l'autre devraient en moyenne se ressembler davantage que deux observations éloignées. La différence entre les valeurs de deux variables aléatoires est  $Z(s)-Z(s+h)$ . C'est aussi une variable aléatoire dont la variance peut être calculée. Cette variance devrait être plus petite lorsque les points sont proches et plus grande lorsque les points sont plus éloignés. La semi-variance de cette différence s'appelle le variogramme.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{var}(Z(s+h) - Z(s))$$

Le variogramme mesure la dissemblance entre les valeurs en fonction de leurs séparations (variabilité spatiale). Il décrit la continuité spatiale de la variable régionalisée.

Le variogramme théorique est défini comme :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{var}(Z(s+h) - Z(s)) = \frac{1}{2} E \left[ (Z(s+h) - Z(s))^2 \right] = C(0) - C(h)$$

Avec

$$C(0) = \text{var}(Z(s)) \text{ et } C(h) = \text{cov}(Z(s+h), Z(s))$$

Un variogramme peut se calculer non seulement pour une distance donnée mais aussi pour direction  $\theta$  donnée  $\gamma_\theta(h)$ .

#### IV. 2. 2. 2. 2. 1. Modélisation de variogramme

Le variogramme expérimental n'est pas défini à la distance  $h$  où il n'y a pas de points de mesure appariés. Ainsi, une fonction mathématique appelée modèle de variogramme  $\gamma$  correspond. Goovaerts, P, 1997 recommande d'utiliser des modèles validés ou des modèles construits à partir de modèles validés.

Nous avons utilisé un modèle linéaire

$$- \text{ Linéaire : } \gamma(h) = \begin{cases} C_0 + \frac{c}{a}h & \text{pour } a \geq h \geq 0 \\ C_0 + C & \text{pour } h > a \end{cases}$$

### IV. 2. 3. Analyse fréquentielle

L'analyse fréquentielle des hauteurs de précipitations est réalisée par le logiciel Hydrolab 2018, une méthode qui ajuste des séries pluviométriques sur différents stations à différentes lois connues (normale, racine normale, etc.) et détermine différentes périodes de retour pour une hauteur de pluie donnée.

#### IV. 2. 3. 1. Ajustement à une loi

Une étude précédente (ANRH, 1993) a montré que les précipitations annuelles et mensuelles peuvent être ajustées pour une loi normale ou une racine normale.

La loi utilisée dans notre travail pour l'ajustement est la loi normale (loi de Gauss).

##### IV. 2. 3. 1.1. Loi normale

L'expression de la fonction de densité de probabilité de la loi normale est :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

Elle est tabulée en fonction (u) représente la variable réduite de Gauss qui est égal à :

$$u = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

Avec :

: La moyenne arithmétique de la série ;  $\bar{X}$

: Écart type de la série ;  $\sigma$

La transformation  $X = \bar{X} + \sigma u$  est l'équation de la droite de Henry ajustant les données initiales à la loi de Gauss.

### IV.2.3.2. Test d'adéquation

Pour tester la validité de l'ajustement de la loi de distribution théorique pour une série d'observations, le test que nous utilisons est le test de Kolmogorov Smirnov. Ce test peut être utilisé quelle que soit la taille de l'échantillon.

Le principe du test est de déterminer l'écart maximal en valeur absolue qui existe entre deux fonctions théoriques :  $f(x)$  fonction théorique et  $f(x)$  fonction expérimentale.

On compare cet écart à des valeurs critiques particulières. La valeur critique des échantillons d'effectif  $N$  supérieur à 5 est donnée par Dagnelie (1983) :

$$d = \frac{0,886}{\sqrt{N + 1,5}}$$

Si l'écart maximal entre les deux fonctions théoriques et observées est inférieur à la valeur critique calculée, l'hypothèse est acceptée, l'ajustement est satisfait.

### IV.2.3.3. Détermination des périodes de retour des pluies

Période de retour ou temps de retour est l'inverse de la fréquence de dépassement d'une valeur particulière de la variable étudiée, et la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un événement d'une même intensité se reproduit (les risques naturels).

L'avantage de la période de retour est de rendre plus « parlante » la notion de probabilité d'occurrence.

Dans le domaine d'aménagement hydro agricole c'est nécessaire de déterminer la période de retour. Nous prenons en compte les projets de dimensionnement par exemple réseau d'irrigation, certain pluies particulière l'apport d'irrigation.

De la façon suivante :

$$T = \frac{1}{F(x)} = \frac{1}{1 - F'(x)}$$

Avec :

**T** : Période de retour (années) ;

**F(x)** : Probabilité au dépassement ;

$F'(x)$  : Probabilité au non dépassement.

Afin d'obtenir les résultats des pluies des périodes de retour 2ans, 5ans ,10ans, 50ans et 100ans, on doit passer une série d'étapes précisées comme suit :

- On calcule la fréquence  $F(x)$  des périodes de retour :

$$T = \frac{1}{1 - F'(x)} \rightarrow F(x) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{5} = 0.8$$

- A partir de table de Gauss, on détermine la valeur de la variable réduite U de Gauss :

$$U = 0.8 + 0.05 = 0.85$$

- Par l'utilisation de la formule U, on détermine la valeur de la pluie centennale :

$$X_{p\%} = \sigma U_{p\%} + \bar{X}$$

**Tableau IV.2 :** Résultats des fréquences et variable réduite U des déférent temps de retour

Année	F(x)	Variable réduite U de Gauss
2ans	0.5	0
5ans	0.8	0.85
10ans	0.9	1.29
50ans	0.98	2.06
100ans	0.99	2.33

#### IV. 2. 4. Indice pluviométrique standardisé (SPI)

L'étude de l'indice permet également de distinguer les années sèches des années humides ou les années déficitaires des années excédentaires. Une sécheresse se produit lorsque le SPI est continuellement négatif et que sa valeur atteint une intensité négative de 1 ou moins, et se termine lorsque le SPI devient positif.

De la façon suivante :

$$SPI = \frac{P_i - P_m}{\sigma}$$

Avec

$P_i$  : Précipitation de l'année  $i$  ;

$P_m$  : Précipitation moyenne d'une longue série de données ;

$\sigma$  : Écart type.

Le tableau suivant montre la classification du degré de sécheresse en fonction de la valeur du SPI.

**Tableau IV.3** : Classification de la sécheresse (SPI).

SPI	$SPI \geq 2$	$1 \geq SPI \geq 2$	$0 \geq SPI \geq 1$	$-1 \geq SPI \geq 0$	$-2 \geq SPI \geq -1$	$SPI \leq -2$
État de l'année	Humidité extrême	Humidité forte	Humidité modérée	Sécheresse modérée	Sécheresse forte	Sécheresse extrême

**Source** : (Abderrahmane Nekkache GHENIM et *al* ; 2011)



Chapitre IV  
Résultat et discussion

## V.1.Variabilité spatio-temporelle des pluies annuelles

### V.1.1.Pluies annuelles moyennes et variabilité

#### V.1.1.1.Test d'homogénéité

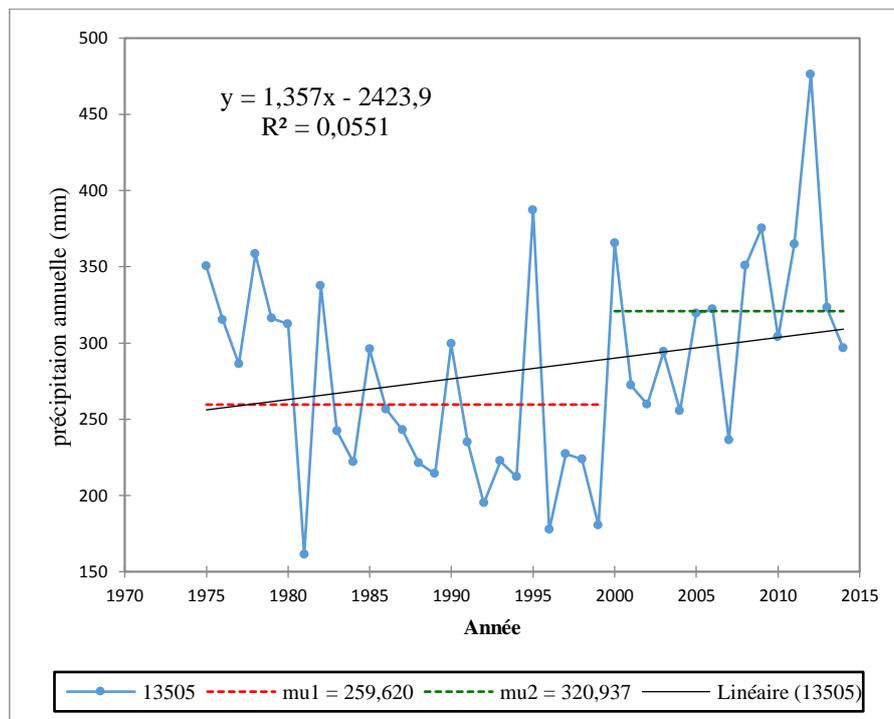
Nous avons comblé les données lacunaires par le logiciel Hydrolab 2018, par ACP (mode BT). L'homogénéité des 5 séries pluviométriques étudiées a été faite par le test de Pettitt. Dans le test de Pettitt nous avons :

H0 ou hypothèse nulle c'est à dire que les données sont homogènes ;

H1 ou hypothèse alternative c'est à dire qu'il y a un changement dans la série de données à une date qui est estimée.

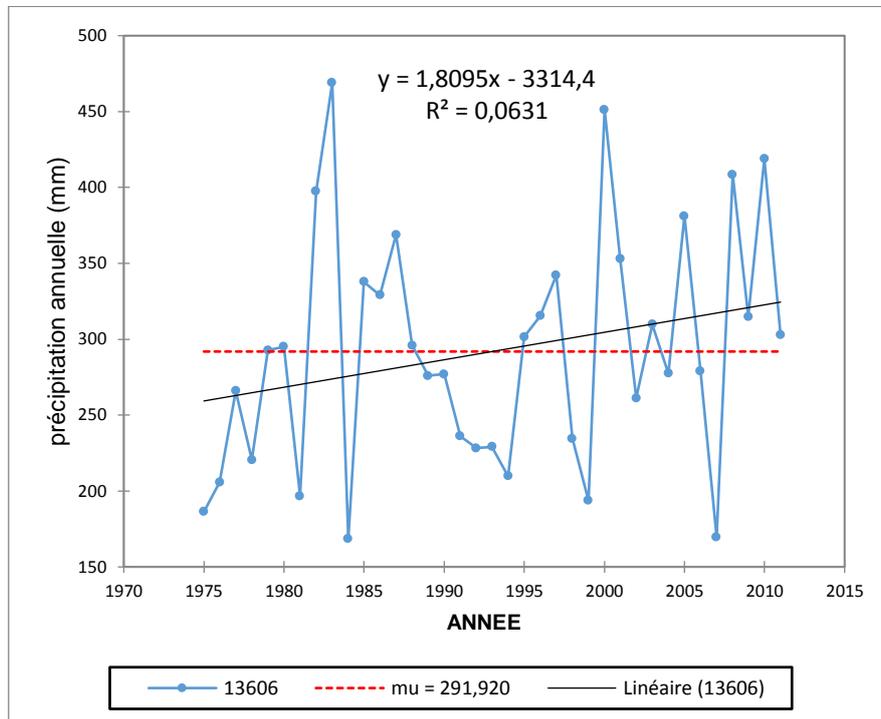
D'après la figure V.1 Cette série ne représente aucune homogénéité entre les valeurs de la pluviométrie donc il y' avait une rupture c'est-à-dire cette station présente une période de sécheresse durant l'année 1999.

Le taux d'augmentation entre la moyenne avant rupture 259.6mm et après rupture 320.9 mm.



**Figure V.1** : Rupture de stationnarité – Station Relizane demrh.

La figure V.2 montre qu'il y a une homogénéité entre les valeurs de la pluviométrie donc toutes les années n'enregistre aucune rupture c'est-à-dire cette station dépourvue des périodes de sécheresse durant toute la période étudiée (1975-2011).



**Figure V.2 :** représentation graphique de régime pluviométrique annuelle de la station Oued kheir.

Les résultats du test de Pettitt sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau V.1 :** Résultats de test de Pettitt.

Test Pettitt	Ouarizane village	Ammi moussa	Relizane demrh	Hasasna	Oued kheir
<i>P value</i>	0.018	0.148	0,039	0,153	0,481
Homogénéité	Non vérifié	Vérifié	Non vérifié	Vérifié	Vérifié

L'hypothèse nulle n'est pas rejetée pour les stations étudiées Ammi moussa, Hasasna et Oued kheir car la *P value* est supérieure au niveau de signification  $\alpha = 0.05$ .

Pour les stations Ouarizane village, Relizane demrh l'hypothèse nulle est rejetée et le changement est en date 2002 ,1999.

**V.1.1.2. Caractérisation de la hauteur annuelle moyenne des pluies**

Les hauteurs des pluies annuelles moyennes, et la dispersion sont données par le tableau V.2 :

**Tableau V.2 :** Caractéristiques des pluies annuelles moyennes.

Station	P max (mm)	P min (mm)	P moy (mm)	Ecart Type $\sigma$	Coefficient de Variation (CV%)
Ouarizane village	597,3	73,2	322,5	124,8	38,7%
Ammi moussa	530,9	192,3	343,4	87,5	25,5%
Relizane demrh	476	161,2	282,6	67,6	23,9%
Hasasna	464,5	123,2	267,7	78,2	29,2%
Oued kheir	468,9	168,6	291,9	77,9	26,7%
Sidi Med Ben Aouda Bge	401,5	118,3	223,5	48,3	21,6%
L Hillil	478,1	126,5	298,1	70,9	23,8%
Mendes	464,5	123,2	382,6	78,2	23,3%

D'après le tableau V.2, la hauteur moyenne de la pluie varie entre 382.6 mm à la station de Mendes et 223.5mm à la station Sidi Med Ben Aouda Bge. Le minimum est de 73, 2 mm pour la station Ouarizane village alors que le maximum est de 597,3mm a la même station.

Le coefficient de variation varie de 38, 7% pour la station Ouarizane village et 21, 6 % pour la station Sidi Med Ben Aouda Bge.

On constate que la station de Mendes est la plus arrosée avec 382,6 mm. Néanmoins, la station la moins arrosée est celle de Sidi Med Ben Aouda Bge avec 223,5 mm.

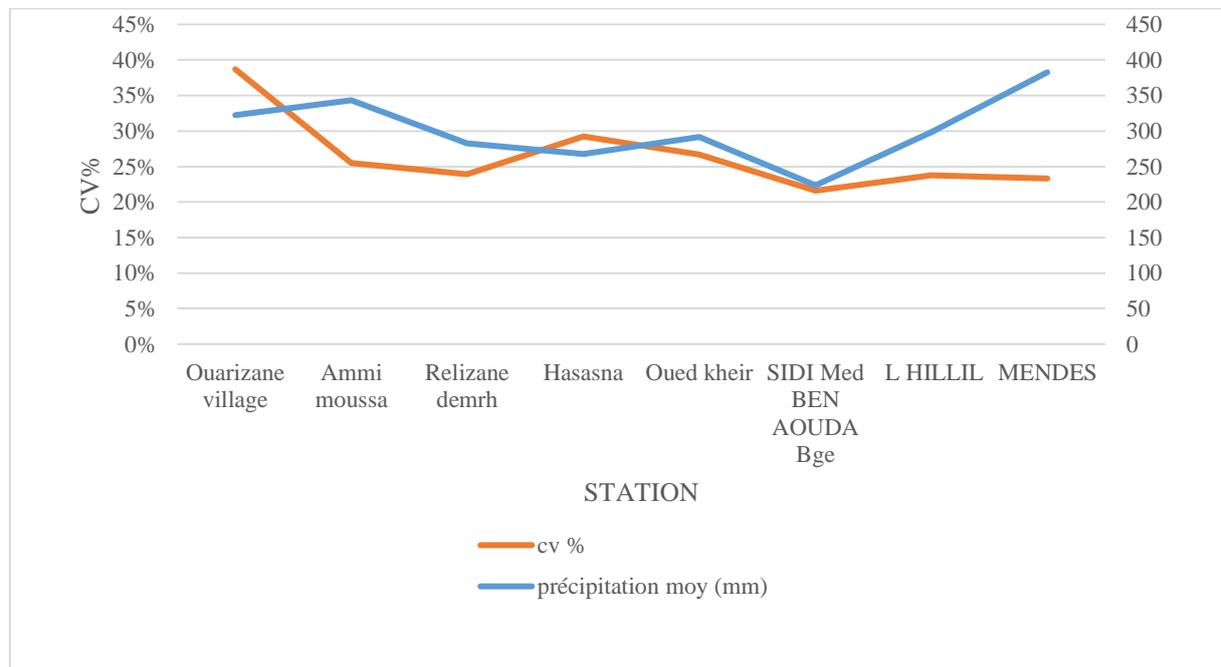
## V.2. Variabilité spatiale des pluies annuelles

### V.2. 1. Procédure statistique

#### V.2.1.1. Variabilité absolue

Pour calculer la dispersion absolue et étudier la variabilité structurelle des cumuls pluviométriques annuels, nous avons calculé dans un premier temps l'écart-type (Résultats mentionnés par le tableau V.2). Les valeurs annuelles absolues de l'écart-type montrent une grande dispersion des pluies annuelles, qui varient de 322,5 mm à la station Ouarizane village Jusqu'à 223,5 mm pour la station Sidi Med Ben Aouda Bge.

#### V.2.1.2. Variabilité relative des pluies



**Figure V.3 :** Hauteur de la pluie et coefficient de variation.

Le calcul du coefficient de variation nous permet d'apprécier la variabilité relative des hauteurs de la pluie. D'après le tableau V.2 le coefficient de variation est compris entre 38,7% pour la station Ouarizane village et 21,6% pour la station Sidi Med Ben Aouda Bge.

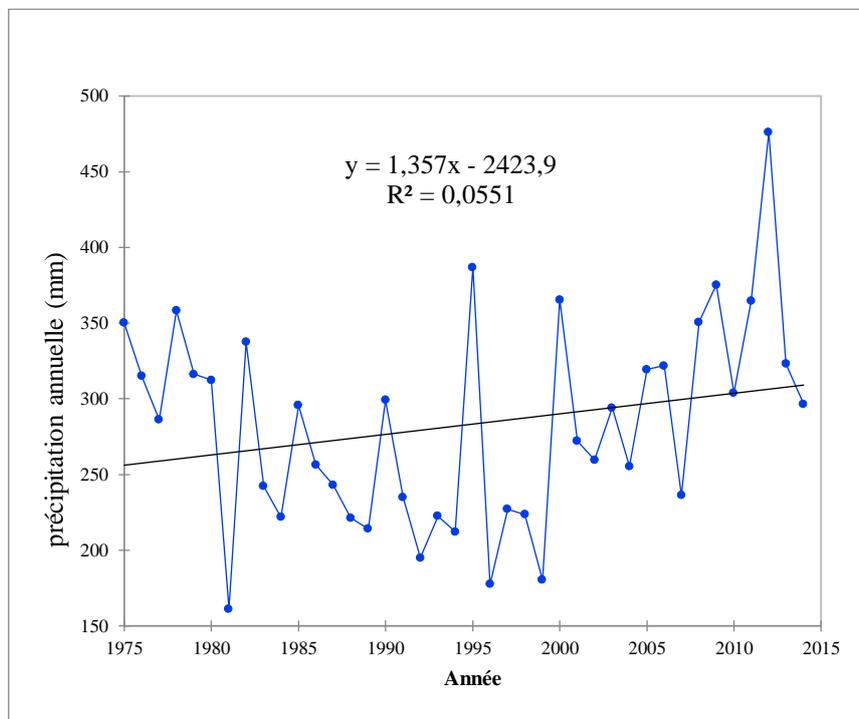
Les valeurs les plus élevées sont observées aux stations nord tandis que les valeurs les plus faibles sont enregistrées au niveau des stations Sud.

### V.3. Variabilité temporelle des pluies annuelles

#### V.3.1. Tendances des pluies annuelles

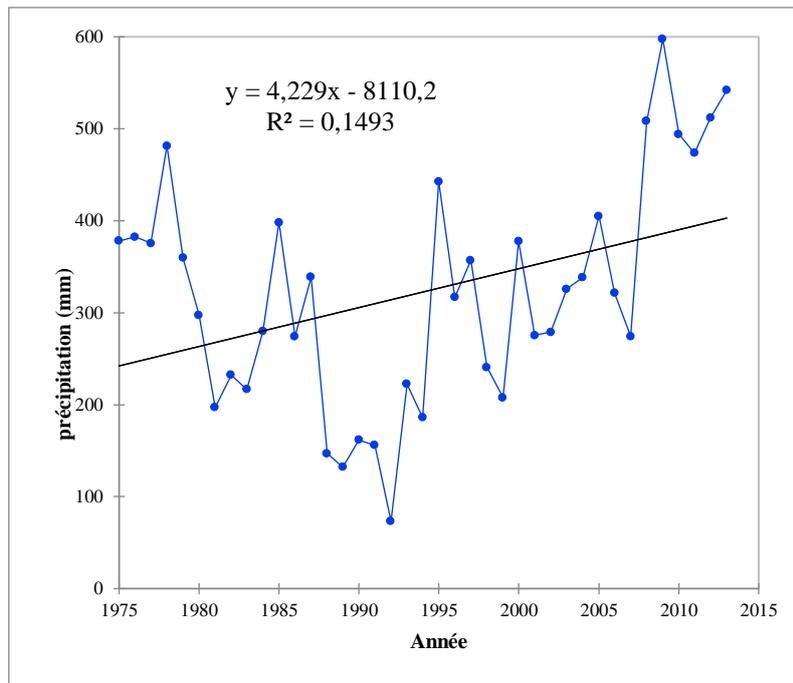
##### V.3.1.1. Test de Mann Kendall

Pour les stations étudiées, le test de Mann Kendall qu'il n'y a pas de tendance significative dans l'évolution des pluies annuelles des 4 stations ( $P > 0.05$ ) et qu'il Ya une de tendance significative dans une seul station.



**Figure V.4 :** tendance de la hauteur de la pluie – Station Relizane demrh.

Pas d'évolution dans la distribution des précipitations dans la station Relizane demrh durant la période étudiée.



**Figure V.5 :** tendance de la hauteur de la pluie – Station Ouarizane village.

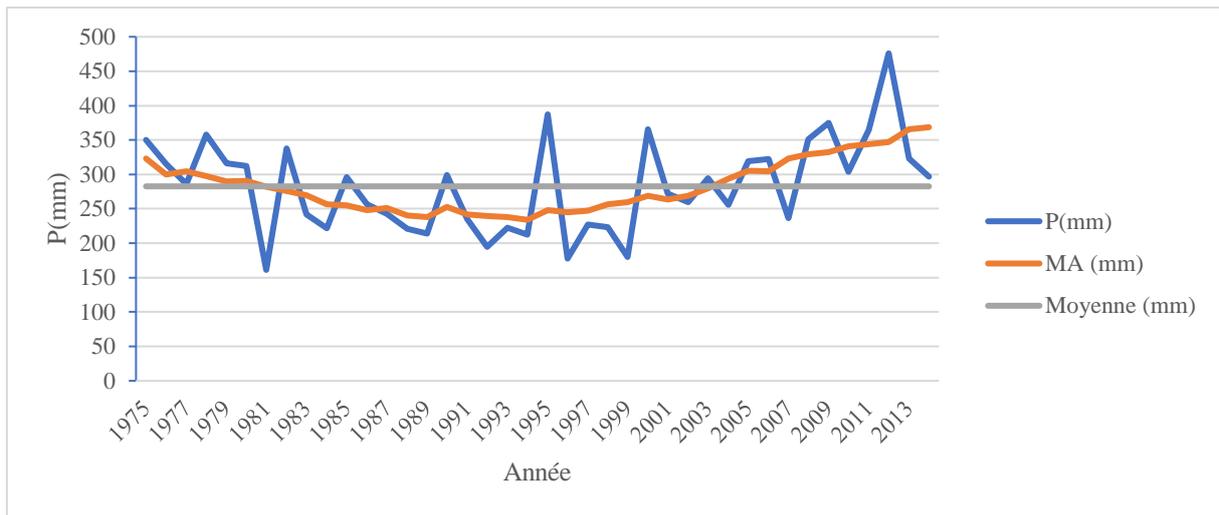
On peut dire qu’il y a une évolution de la distribution des précipitations dans la station Ouarizane village.

**Tableau V.3 :** Les résultats du test Mann Kendall.

Test Man Kendall	Ouarizane village	Ammi moussa	Relizane demrh	Hasasna	Oued kheir
P value	0,042	0,717	0,239	0.497	0,077
Tendance	Vérifié	Non vérifié	Non vérifié	Non vérifié	Non vérifié

### V.3.2. Détection des tendances secondaires par moyennes mobile

Pour mieux observer l’évolution éventuelle entre deux bornes quelconques, nous avons calculé la moyenne mobile glissante sur 5 ans ce qui permet d’éliminer l’effet des fluctuations à très courtes périodes et de diminuer l’influence des variations accidentelles.



**Figure V.6 :** Moyenne mobile de la pluie sur 39 ans - station Relizane demrh.

Le lissage des hauteurs de la pluie pour la station Relizane demrh montre :

Cette moyenne mobile a recherché les tendances internes afin de déterminer les périodes sèches ou humides après chaque cinq an, alors on remarque qu’il existe trois périodes deux périodes excédentaire (1975-1981) (2003-2014) et une période déficitaire (1981-2003).

Les résultats des périodes excédentaires et déficitaires sont donnés par le tableau V.4 en utilisant la moyenne mobile.

**Tableau V.4 :** résultats des périodes excédentaires et déficitaires.

	Ouarizane village	Ammi moussa	Relizane demrh	Hasasna	Oued kheir
Nombre de cycle	03	03	03	03	04
Périodes humides	1975-1981 2000-2013	1975-1981 1995-2013	1975-1981 2003-2014	1975-1982 1998-2012	1981-1988 1998-2011
périodes sèches	1981-2000	1981-1995	1981-2003	1982-1998	1975-1981 1988-1998

## V.4. Analyse fréquentielle

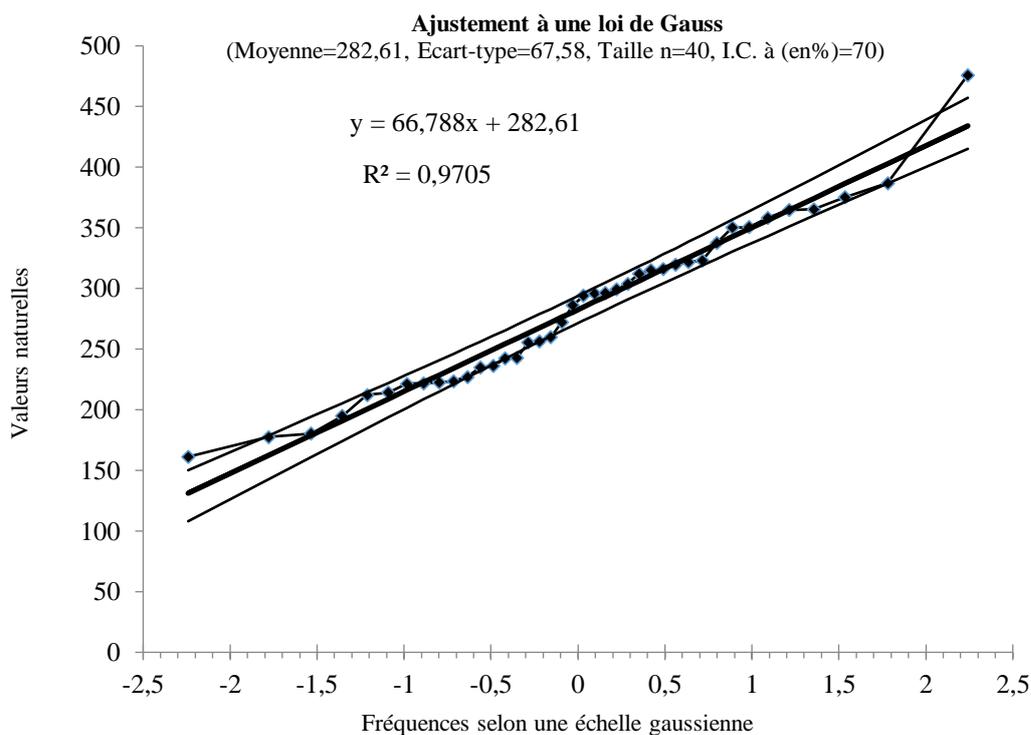
### V.4.1. Ajustement des hauteurs des pluies annuelles

Dans cette partie, nous avons pris comme données les valeurs des précipitations annuelles.

Les hauteurs de pluies annuelles s'ajustent à la loi normale (Gauss) :

Dans cette partie nous avons utilisé les données de la Station de Relizane demrh pour un période allant de 1975 Jusqu'à 2014 (série de 39 ans), ce qui nous permis de calculer les périodes de retour des fréquences données.

Les résultats obtenus par cette méthode est motionné dans la figure :



**Figure V.7 :** ajustement des pluies annuelles de la station Relizane demrh (Période de 1975 jusqu'à 2014).

### V.4.2. L'équation d'ajustement

Le test de Kolmogorov Smirnov montre que la loi normale s'ajuste bien aux séries chronologiques.

Le contrôle de l'ajustement a été fait par le test de Kolmogorov Smirnov. Toutes les valeurs calculées du résultat de test sont inférieures à la valeur critique de 0,137 ce qui montre que les séries étudiées s'ajustent bien à la loi normale.

### V.4.3. Détermination des périodes de retour

L'ajustement nous permis la détermination des hauteurs de pluie annuelle pour les différentes périodes de retour.

**Tableau V.5 :** Précipitations maximales de temps de retour 2ans, 5ans, 10ans, 50ans, 100 ans pour la station Relizane demrh.

Période de retour	2 ans	5 ans	10 ans	50 ans	100 ans
Pluie (mm)	282.6	340.1	369.8	421.8	440.1

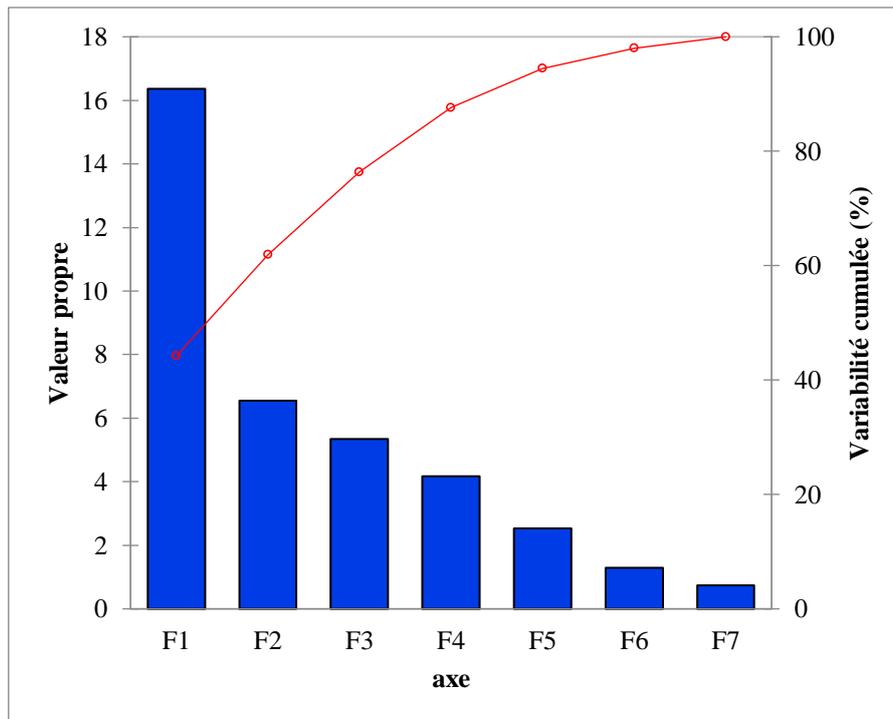
### V.5. Analyse en composantes principales ACP

La variance expliquée par les axes factoriels est donnée par le tableau V.6 et la figure V.8.

**Tableau V.6 :** Variance expliquée par les axes factoriels.

	F1	F2	F3
Valeur propre	4.610	1.102	0.856
Variabilité %	57.629	13.773	10.705
Cumulé%	57.629	71.402	82.108

L'analyse en composantes principales effectuée sur les hauteurs annuelles des stations étudiées montre que les axes F1, F2 et F3 expliquent plus 82,11% de la variance totale. La première composante principale F1 représente 57.63%.



**Figure V.8 :** Variance expliquée par les axes factoriels.

La figure V.9 présente le cercle de corrélation sur le plan F1 – F2. On constate que la plupart des stations sont corrélées positivement avec la composante F1. La station de Hassasna est mieux représentée sur l'axe F2. La station d'Oued kheir est corrélée beaucoup plus avec l'axe F3.

Selon le tableau de matrice de corrélation précédent on remarque que toutes les stations sont bien corrélées avec elle-même.

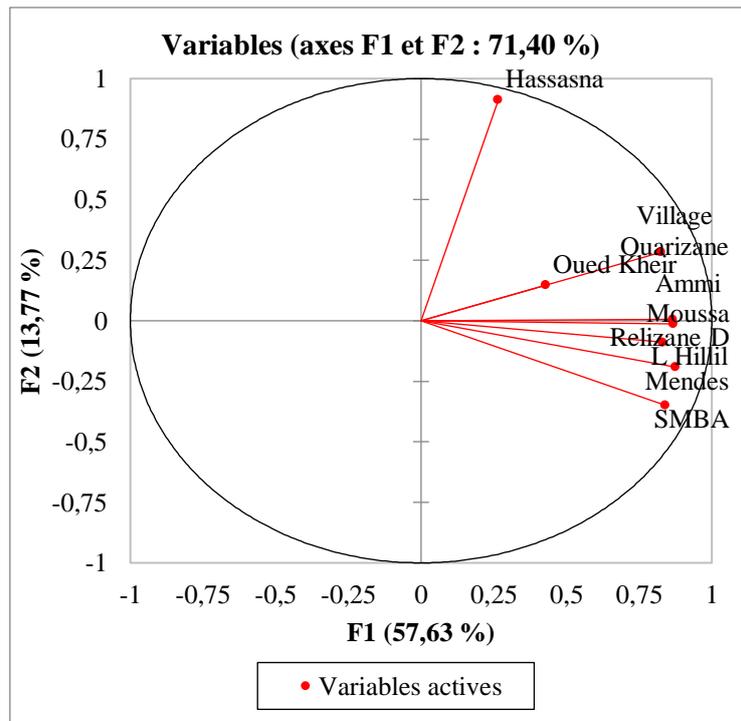


Figure V.9 : Cercle de corrélation des stations sur le plan F1-F2.

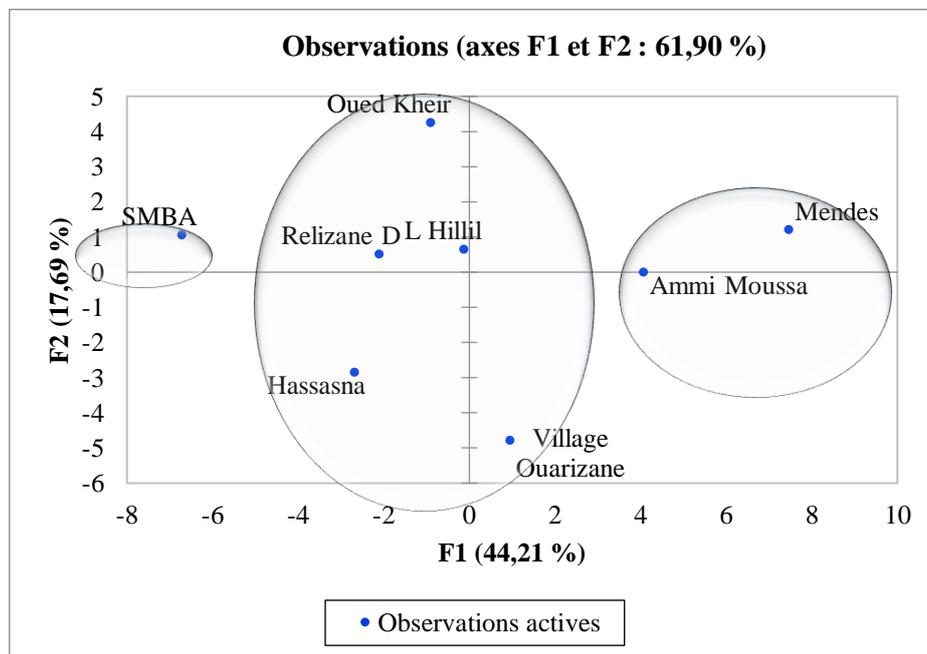


Figure V.10 : Classement des stations sèche et humide.

Selon la figure V.10 on dit que les stations (Ammi Moussa, Mendes) sont très humides au Nord-Est et la station SMBA constitue seule le groupe est la plus sèche dans le Sud-Ouest, pour les autres stations (Oued Kheir, Hassasna, L Hillil, Ouarizane Village, Relizane Demrh) sont moyenne.

La contribution des stations (variables) est donnée par le tableau V.7. On constate que les stations qui contribuent le plus à la formation de la composante F1 sont la station Mendes avec (16,62%), Relizane Demrh (16,39%), Ammi Moussa (16.29%), Village Ouarizane (14.84%), SMBA (15.03%) et L Hillil (15.02%). La station Hassasna contribue à la formation de la composante F2 (75.64%). La station Oued Kheir contribue à la formation de l'axe F3.

**Tableau V.7 :** Contribution des variables.

	F1	F2	F3
Village Ouarizane	14,839	7,286	0,307
Ammi Moussa	16,286	0,003	1,602
Mendes	16,621	3,326	0,634
Hassasna	1,537	75,635	3,549
SMBA	15,309	11,062	0,356
Relizane D	16,390	0,015	0,097
L Hillil	15,017	0,708	1,835
Oued Kheir	4,001	1,964	91,621

La figure V.11 montre une opposition sur la composante F1, entre les stations Mendes pluvieuse située au Sud avec la station de SMBA moins arrosée située au Sud oued. Aussi, une opposition entre la station Village Ouarizane situées au Nord Est de la plaine avec la station Oued Kheir située au Nord-ouest.



**Figure V.11 :** Opposition des stations sur l'axe F1.

La figure V.12 montre une opposition sur la composante F2 entre la station oued kheir située à l'Est de la plaine avec celle de Ouarizane Village située à l'Oust de la plaine.

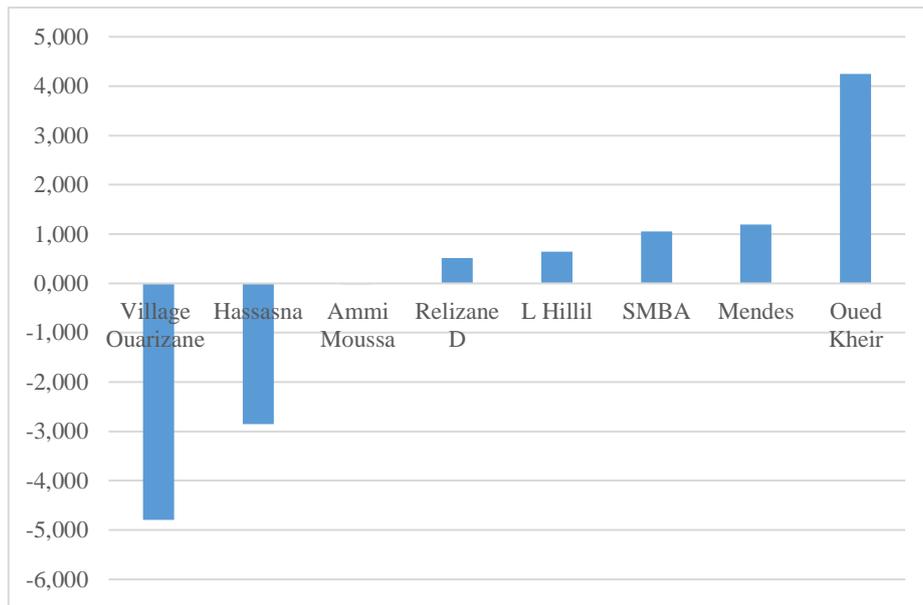


Figure V.12 : Opposition des stations sur l’axe F2.

**V.6.1. Caractérisation de la sécheresse et du déficit pluviométriques**

**V.6.1.1. Indice standardisé des précipitations SPI**

Le SPI permet de caractériser la sécheresse (Figure V.13). Les stations étudiées ont connu des périodes de sécheresse dont la sévérité varie d’une station à une autre

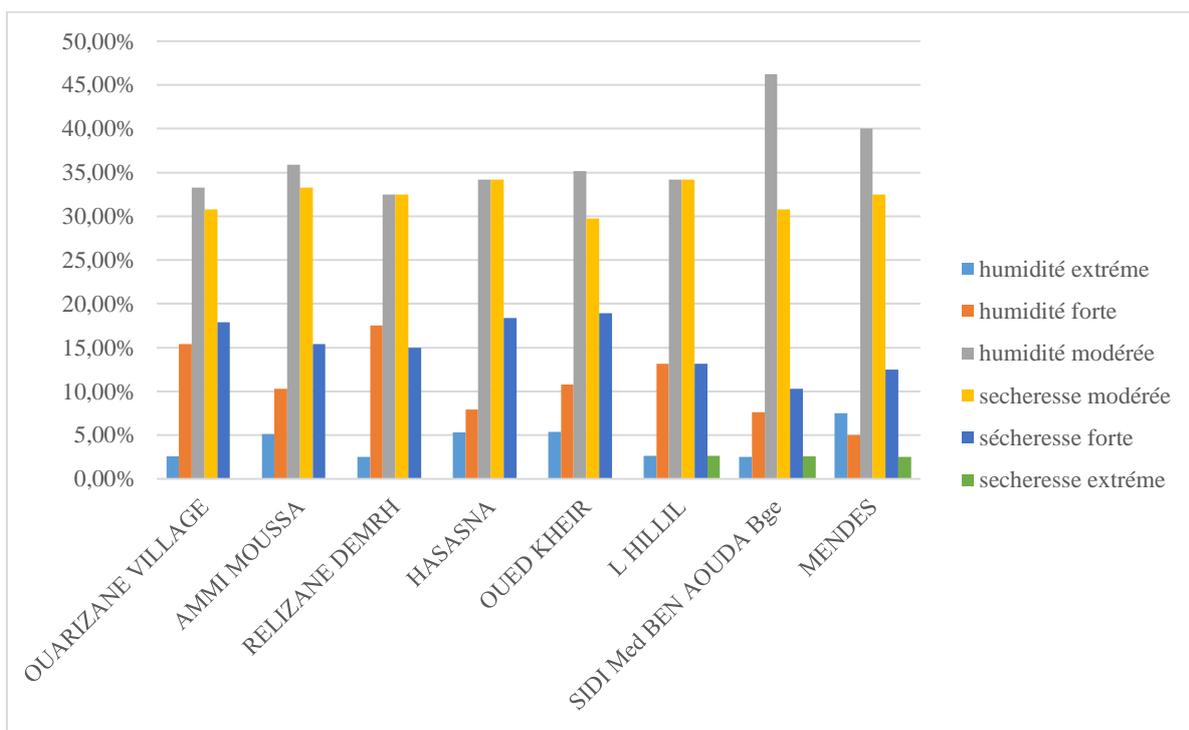
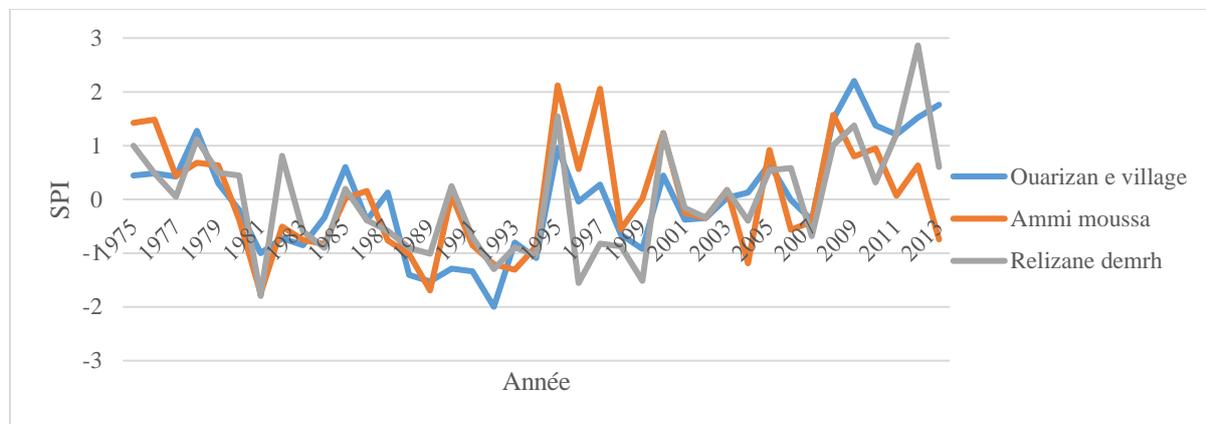


Figure V.13 : Evolutions de résultats de SPI (indice de précipitation standardisée) des 8 stations.

On remarque que la plupart des stations ont une humidité modérée et sécheresse modérée. Egalement, on peut dire que ces stations ne représentent pas vraiment des périodes critiques forte sécheresse ou forte humides.

### V.6.2. Evolution du SPI

Généralement les valeurs sont enregistrées entre +1 et -1 pour la plupart des stations.



**Figure V.14 :** représente l'évolution du SPI pour 3 stations (Ouarizane village, Ammi moussa, Relizane demrh) (1975-2013).

On remarque que pour les 3 stations étudiées, la valeur du SPI est comprise entre -1 et 1.

L'année la plus sèche a été enregistrée au niveau de la station Ouarizane village -1.9 en 1992.

L'année la plus humide a été enregistrée au niveau de la station Relizane demrh 1.5 en 1995.

### V.7. Variabilité spatio-temporelle des pluies saisonnières

Les résultats montrés par les figures V.15 (diagrammes camembert) montrent que les pluies saisonnières sont variables (1975-2013).

**Tableau V.8 :** les pluies saisonnières de la période (1975-2013) des cinq stations.

Station	Automne (mm)	Hiver (mm)	Printemps (mm)	Été (mm)
Ouarizane Village	85,9	139,9	88,1	8,1
Ammi Moussa	94,3	137,4	100,2	11
Sidi Med Ben Aouda Bge	64,5	77,1	72,4	8,9
Mendes	97,8	154,6	118,7	11
Relizane Demrh	81,8	108,4	81,4	10,7
Maximum	97,8	154,6	118,7	11
Minimum	64,5	77,1	72,4	8,1

La contribution en % par rapport a été fait par rapport à les hauteurs pluviométriques annuelles des 5 stations (Figure V.15).

Les stations Ammi Moussa, Ouarizane Village et Mendes sont du régime humide HPEA (Hiver, printemps, été, automne). Par contre les stations de SMBA et Relizane demrh sont de régime moyen.

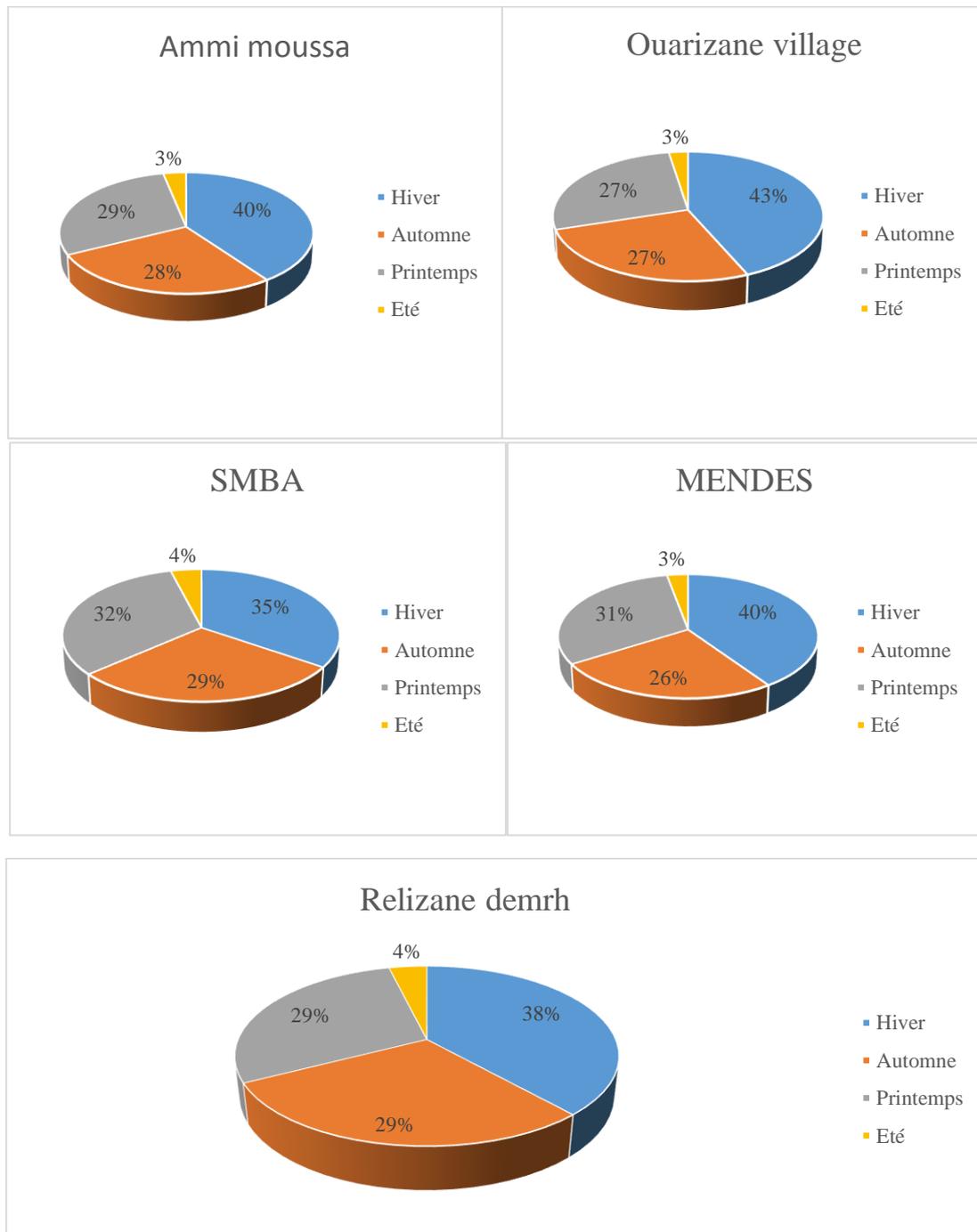
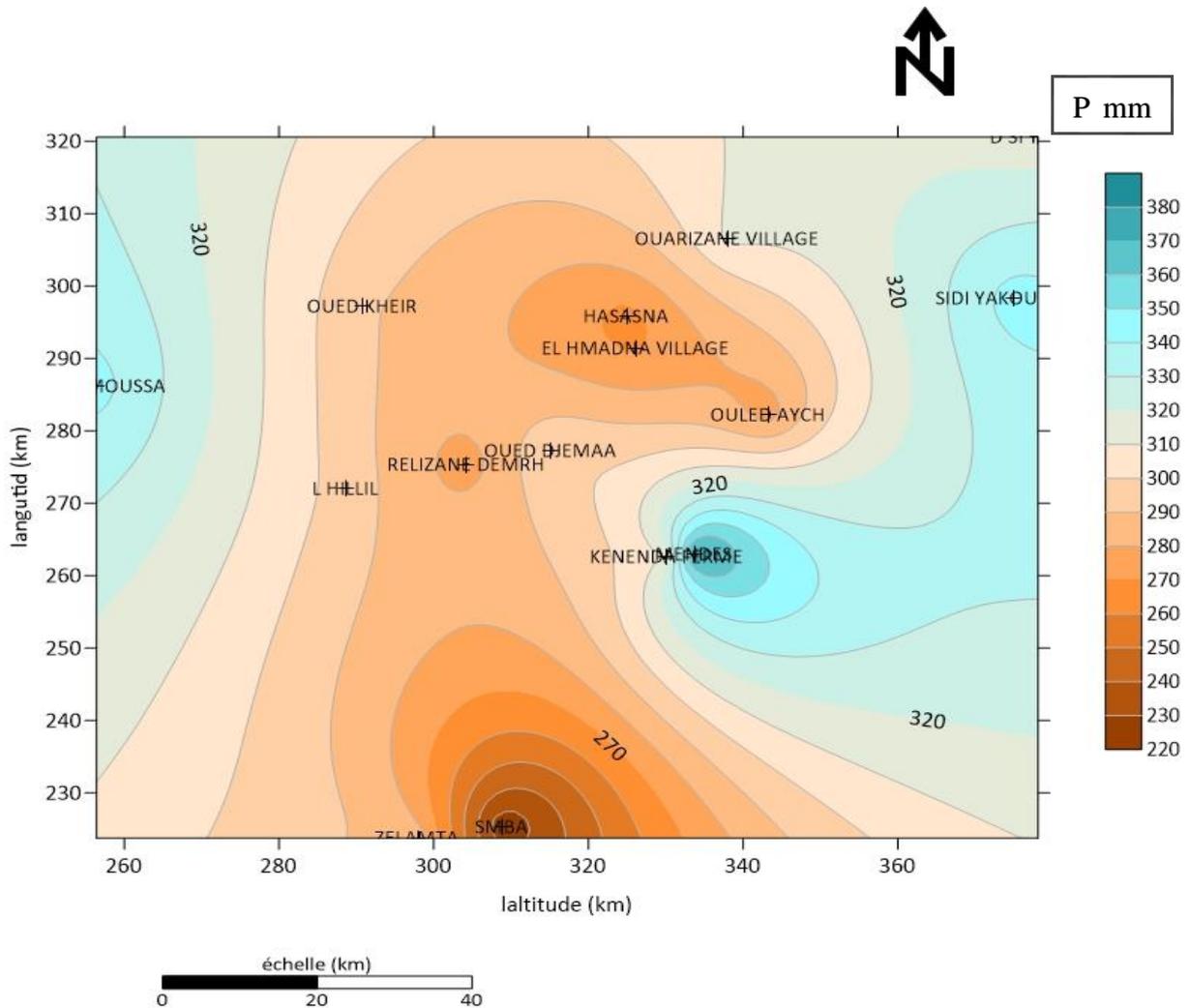


Figure V.15 : Pourcentage des pluies saisonnières.

Les figures et les tableaux illustrant des toutes les tests des différentes stations étudiées sont présentées en annexes.

**V.8. Interpolation de la hauteur des pluies annuelles**

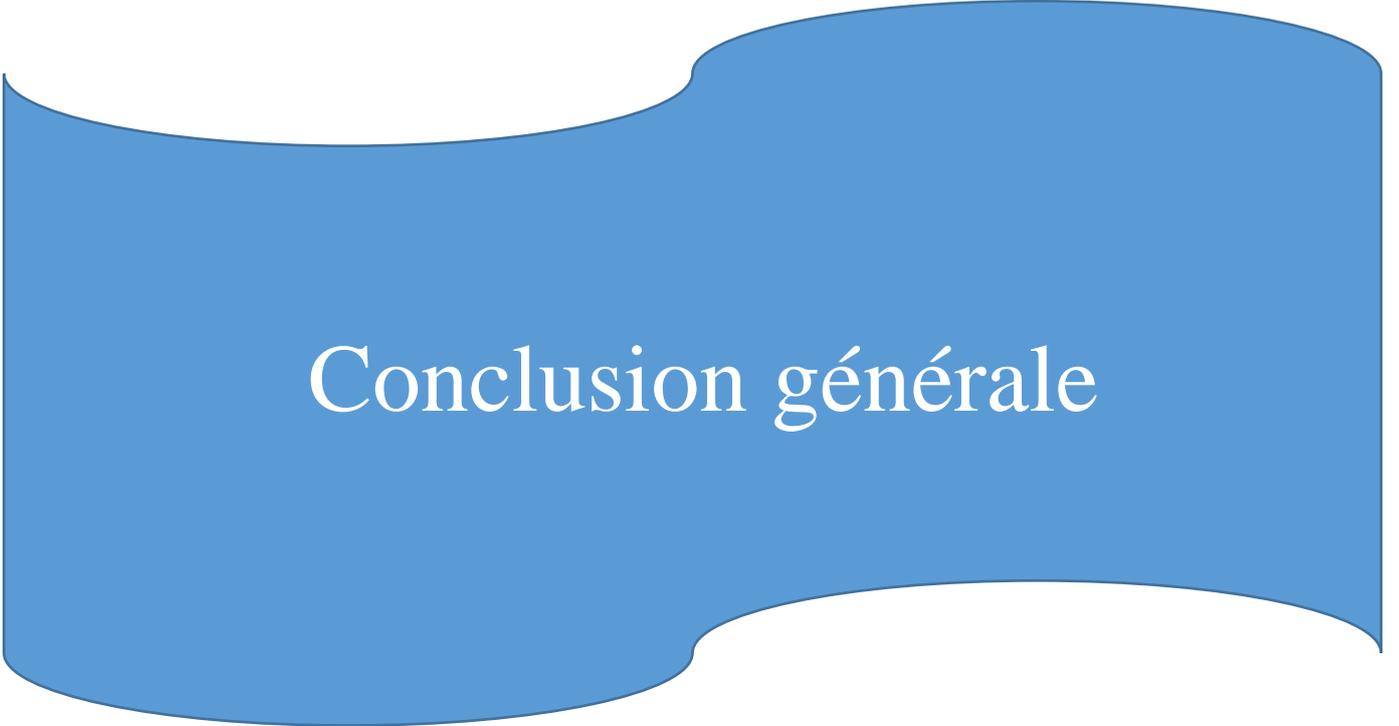
Pour interpoler par méthode de Krigeage, nous avons établi le variogramme à l'aide du logiciel Surfer en utilisant le modèle linéaire pour les pluies annuelles.



**Figure V.16 :** Spatialisation des hauteurs des pluies moyennes annuelles Bas Chéiff

Sur cette carte ont observé un gradient de décroissement des pluies, de Nord Est Sud-Ouest (nord plus arrosé, sud moins arrosé)

Un deuxième gradient Nord-Ouest Sud-Est.



Conclusion générale

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Notre étude repose sur l'application des méthodes statiques et l'indice SPI pour analyser les séries chronologiques des pluies afin de pouvoir caractériser la variabilité spatio-temporelle du régime pluviométrique au sein du bassin versant de bas Chélif.

Les sous bassins étudiés se situent au nord-ouest de l'Algérie. 15 stations pluviométriques gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques d'Alger et Blida qui s'étalent de 1975 à 2014 pour l'ensemble des séries ont été retenues pour interpoler les hauteurs des pluies moyennes annuelles.

Le bassin versant de bas Cheliff, est caractérisé par une transition entre le climat aride dans la partie Sud des hauts plateaux au semi-aride du Nord.

L'homogénéité des données est testée par le test de Pettitt il ressort que le test est vérifié pour quelques stations, ce qui implique que les données pluviométriques sont homogènes. Par contre la station de Relizane ne représente aucune homogénéité entre les valeurs de la pluviométrie donc il y avait une rupture c'est-à-dire cette station présente une période de sécheresse durant l'année 1999.

La hauteur moyenne de la pluie varie entre 382.6 mm à la station de Mendes et 223.5mm à la station Sidi Med Ben Aouda Bge. Le minimum est de 73, 2 mm pour la station Ouarizane village alors que le maximum est de 597,3mm à la même station.

Le coefficient de variation varie de 38, 7% pour la station Ouarizane village et 21, 6 % pour la station Sidi Med Ben Aouda Bge.

On constate que la station de Mendes est la plus arrosée avec 382, 6mm. Néanmoins, la station la moins arrosée est celle de Sidi Med Ben Aouda Bge avec 223.5mm.

La plupart des stations ont une humidité modérée et sécheresse modérée. Egalement, on peut dire que ces stations ne représentent pas vraiment des périodes critiques forte sécheresse ou forte humides.

On peut dire que ces stations ne représentent pas vraiment des périodes critiques forte sécheresse ou forte humides.

Le teste de Kolmogorov Smirnov montre que les séries étudiées s'ajustent bien à la loi normale.

## Conclusion générale

---

La base de données est utilisée sous le surfer où il a été procédé à une interpolation par krigeage pour générer les cartes thématiques montre que les précipitations sont gradient ce forme décroissement. Nous avons constaté un gradient de décroissement des pluies, de Nord Est Sud-Ouest (nord plus arrosé, sud moins arrosé)

Un deuxième gradient Nord-Ouest Sud-Est.

## Référence bibliographique :

Kettab, 2021 ; LA CRISE DE L'EAU EST DUE À UNE PLANIFICATION INSUFFISANTE.

Alibenyahia et Kartoubi 2021 : Etude et analyse de la filière céréaliculture dans la région d'Ain Defla.

Matari, non date. Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche (IHFR) Laboratoire Météorologie et ses applications Hai Es Seddiki BP 7019 ORAN/ ALGERIE.

Achour F., Bouzelboudjen M., (1998) : Variabilité spatio-temporelle des ressources en eau en région semi-aride : application au bassin du Cheliff, Algérie. Water Resources Variability in Africa during XXth Century (Proceedings of the Abidjan'98 Conference. held at Abidjan, Cote d'Ivoire, November 1998). IAHS Publ. no. 252. Pp 225-234.

Antoine Ayache & Julien Harmonier non date ; Cours de Statistique Descriptive.

Ayache, Harmonier, non date .Cours de statistique descriptive.

BAHOAYILA, 2015 Cours de statistique descriptive.

Baillargeon, 2005. Le krigeage : revue de la théorie et application de l'interpolation spatiale de données de précipitations, Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en statistique pour l'obtention du grade de Maitre en sciences (M.Sc.) Faculté Des Sciences et de Génie, Université LAVAL, QUEBEC.

BELAGROUZ ,2013. Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El WIFAK (*Triticum aestivum* L.) Conduite en Labour Conventionnel, Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plaines Sétifiennes.

Biswas, Sudhakar ET Desai, V R., 1999. Prioritization of sub watersheds based on morphometric analysis of drainage basin. A remote sensing and GIS approach. Journal of Indian Society of Remote Sensing, 27(3): 155-166.

Boulaine, (1980) : *Pédologie appliquée*, Paris, Masson, coll.

Bouzada ,2012. Caractéristique géochimique des eaux souterraines utilisées dans l'irrigation dans les plaines du Chélif.

Djellouli et Nouri, non date. La salinisation dans le plein de bas de Cheliff

Djibriou et *al* ,2019 ; L'Impact de la variabilité spatio-temporelle des surfaces agricole dans le delta fleuve Sénégal.

Douaoui et *al*, 2008. La salinisation dans les plains de bas de Cheliff : acquis et perspectives.

DSA ,2021 : Service d'organisation et de production et d'appui technique. Dans les directions de services agricoles de la wilaya d'Ain Defla.

EDWARDS, MCKEE, (1997). Characteristics of 20th century droughtaux États-Unis à plusieurs échelles de temps. Rapport de climatologie numéro 97-2, Université de l'État du Colorado, Fort Collins, Colorado.

EL MAHI, Mohamed MEDDI, MATARI, KETROUCI. Etat De La Pluviométrie En Période De Sécheresse En Algérie Du Nord EtSa Relation Avec Le Phénomène ENSO.

Guttman (1994). De la sensibilité des moments L de l'échantillon à la taille de l'échantillon. Journal de climatologie 7 : 1026-1029.

Hocine Bendjoudi et pierre Hubert, 2002. Le coefficient de compacité de Gravelius : analyse critique d'un indice de forme des bassins versants.

ISSOLAH et all ,2018 : Impact de la contrainte hydrique sur le processus de biosynthèse chez quelques variétés de céréales à paille au cours de leur développement.

ITGC Alger, 2018 .Les Grandes Cultures en Chiffres.

Jouilil et *al*. Larhyss Journal, 2013.ISSN 1112\_3680, n 12 ; pp.109\_127.

Journées AFPP – Productions fourragères et adaptations 4 à la sécheresse – 27 et 28 mars 2007.

Journel, 1977. Géostatistique minière. Centre de géostatistique. Ecole des mines, Fontainebleau, Tome 1 et 2, 737 p.

Kouedjou idriss, 2021 ; analyse morphométriques du bassin versant de la menoua pour une meilleure gestion des risques morphohydrologiques Annaba banimb robert c 2.

Laborde, (2000). Éléments D'hydrologie De Surface. Ecole Polytechnique De L'université De Nice - SOPHIA ANTIPOLIS 202 p. Edition 2000.

Laborde, (2009). Éléments D'hydrologie De Surface. Ecole Polytechnique De L'université De Nice - SOPHIA ANTIPOLIS 202 p. Edition 2009.

Lanen et Peters, 2000 ; Tallaksen et Van Lanen, 2004 ; Schmidt et Benitez-Sanz, 2013.

Langlois, Yvan (1991). Caractérisation de la variabilité spatiale des propriétés physiques des sols par échantillonnage aléatoire simple. Mémoire. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Maîtrise en sciences de l'eau, 163 p.

MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. (1993). La relation de la sécheresse échelles de temps de fréquence et de durée. Société météorologique américaine. 8<sup>ème</sup> conférence sur la climatologie appliquée, 17-22 janvier Anaheim, CA, pp.179 -184.

MCKEE., DOESKEN., KLEIST. (1995). Surveillance de la sécheresse avec plusieurs échelles de temps. American Meteorological Society. 9th conference on Applied Climatology, 15-22 Janvier, Dallas, TX. pp. 233-236.

Mehaiguene, (2013). Étude des débits de base et des étiages en Nord-Ouest de l'Algérie, thèse doctorat, ENSH Blida. Pp 16-106.

Merabta et al ,2018 : Les ressources phylogénétiques en Algérie évaluation, valorisation et conservation.

Messaoudi I., 2018. Caractérisation temporelle de régime pluviométrique dans la plaine du moyen chelif. Mémoire de master, université Djilali Bounaama, Khemis Miliana. P 17.

Mokhtari, 2009 ; Apport de la télédétection dans l'évaluation de la dégradation des états de surface en milieu salin (Le Bas-Chélif). Thèse de Magister, 122p, L'U.S.T.H.B d'Alger, Janvier, 2009).

Morell, (1999) Acquisition et Constitution d'une Information Hydrologique De Base, Editions \*H\*G\*A, Bucarest. 203p.

Mourah, 2010. Interpolation géostatistique Le Krigeage, mémoire, université de Skikda.

Office National D'irrigation et de Drainage 2020

PNUD (2009) : second communication nationale de l'Algérie sur les changements climatiques, pr Plan national sècheresse décembre 2018

Projet GEF /PNUD 00039149 Alger, pp 140- 147.

Rata M. ,2010.variabilité spatio-temporelle de la salinité des sols dans la plaine du bas Chélif, université Hassiba ben bouali. Revue sécheresse.

Rognon, (1997). Sécheresse et Aridité. Leur impact sur la désertification au Maghreb. *Sécheresse*, 7: 287-297.

SELTZER, P., 1946. Le climat de l'Algérie. Impr. « la typo-litho » & J. Carbonel. 219 p .

Servat, Paturel, Kouamé, Travaglio, Ouédraogo, Boyer, Lubès-Niel, Fritsch, Masson, Marieu, 1998, « Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale », *IAHS Publication*, vol. 252, 323-337.

Tate, & Gustard, 2000. Définition de la sécheresse : une perspective hydrologique. Sécheresse et atténuation de la sécheresse en Europe. Jurgen V. Vogt et Francesca Somma (éditeurs). Kluwer Academic Publishers, Pays-Bas.

Thierry Tarek Nasser. Evaluation et impact de la sécheresse sur une région agricole : Cas de la plaine irriguée de la Beqan. Géographie. Université d'Orléans, 2019. Français.

Touaibia, 2004. Manuel pratique d'hydrologie. Edition Madani. Blida. Algérie.

Wilhite, et Glantz, 1985. Comprendre le phénomène de sécheresse : le rôle des définitions. *Water International*, 10, 111-120.

Yahiaoui, 2011 Evaluation de l'adynamique spatiale de l'occupation du sol dans la plaine du Bas – Cheliff (Algérie).

### **REFERENCES SITOGRAPHIQUES**

[1] : <http://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre3/chapitre3.html>.

[2] <https://www.ladissertation.com/Histoire-et-G%C3%A9ographie/G%C3%A9ographie/La-s%C3%A9cheresse-En-Alg%C3%A9rie-46219.html>

[3][https://www.notre-planete.info/terre/risques\\_naturels/secheresse.php](https://www.notre-planete.info/terre/risques_naturels/secheresse.php)

[4][https://www.notre-planete.info/terre/risques\\_naturels/secheresse.php](https://www.notre-planete.info/terre/risques_naturels/secheresse.php)

[5] <https://www.ladissertation.com/Histoire-et-G%C3%A9ographie/G%C3%A9ographie/La-s%C3%A9cheresse-En-Alg%C3%A9rie-46219.html>

[6] <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/meteorologie-secheresse-6527/>

[7][https://www.notre-planete.info/terre/risques\\_naturels/secheresse.php](https://www.notre-planete.info/terre/risques_naturels/secheresse.php)

[8]<https://www.ladissertation.com/Histoire-et-G%C3%A9ographie/G%C3%A9ographie/La-s%C3%A9cheresse-En-Alg%C3%A9rie-46219.html>

[9]<https://www.elwatan.com/pages-hebdo/magazine/secheresse-ou-pas-lalgerie-demeure-un-pays-pauvre-en-ressources-en-eau-20-02-2020>

[10]<https://www.elwatan.com/pages-hebdo/magazine/secheresse-ou-pas-lalgerie-demeure-un-pays-pauvre-en-ressources-en-eau-20-02-2020>

[11]<https://www.eco-planete.fr/la-secheresse-ses-causes-et-consequences/>

[12] [https://www.notre-planete.info/terre/risques\\_naturels/secheresse.php](https://www.notre-planete.info/terre/risques_naturels/secheresse.php)

## Annexe

Les données comblées

Ouarizane village(012409)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1975	12,4	0	53,5	47,9	29,4	98,4	15,1	49,6	45	18,7	0	8	378
1976	14,2	71	33,8	67,8	56,2	20,5	10,3	11,6	91	3,5	0	2,6746216	382,575
1977	0	19,4	39,1	64,4	80,8	13,6	50,8	84,3	23,1	0	0	0	375,5
1978	0	106,6	15,7	60,8	65,1	134,6	41,7	47,5	2,5	7	0	0	481,5
1979	29,9	54,1	21,5	67,5	54,3	24,7	40,4	34,8	32,5	0	0	0	359,7
1980	5,5	9	8,3	126,3	23	56,6	14,6	35,9	13	5,1	0	0	297,3
1981	1,2	5,7	0	43,6	26,9	73,8	8,8	25	11,7	0	0	0,3	197
1882	0,9	34,4	78,5	50	0	34,1	15,5	3	8	0	0	8	232,4
1983	0	0,8	53,3	8,3	27,1	8,4	34,2	11,2	67	6,2	0,056	0	216,556
1984	8,3	10,2	68,5	54,2	37,4	11	54	8,6	27,5	0	0	0	279,7
1985	3,6	38	38,4	50	75,9	100,5	66,6	23	0	1,3	0,678	0	397,978
1986	23,7	39,6	6	76,6	49,4	66,4	0	0	9,2	0	3,2	0	274,1
1987	9,9	20,2	118,7	38,78	27,0688	8,5	26,3	39,7	40,5	9	0	0	338,651
1988	0	2,5	13,1	38	10,6	15,6	49	15,1	1,7	0,8427	0	0,5	146,943
1989	4	4	9,4	7,7	31	0	15	35,8	24,252	1	0	0	132,152
1990	1	10,4	34,9	17,1	9,8	30,2	52,3	3	3	0	0	0	161,7
1991	5	20	44	3	15	10	24	16	6	8	5	0	156
1992	0	5	20	5	0	13	8,6	14	5,6	0	0	2	73,2
1993	10	25,5	23	22	44,9	58,5	0	29,5	9	0	0	0	222,4
1994	12	15,5	39	5	29,3	13	56,3	16	0	0	0	0	186,1
1995	21	20	36	26,8	73,6	102,4	53	23,9	19	36	4	26,793051	442,493
1996	36	26,5	3	33,7	54,7	8	0	147,8	0	0	0	7,2	316,9
1997	20,7	30,9	139,6	34,7	15,6	19,2	4,9	41,4	50,1	0	0	0	357,1
1998	5,4	5,8	6,8	32,4	78,4	80,8	21,7	0,5	8,9	0	0	0	240,7
1999	29,5	19,6	49,3	84,6	0	0	8,3	11	5,3	0	0	0	207,6
2000	50,5	73,7	75,6	36,5	49,8	53,4	0,2	20,8	17	0	0	0	377,5
2001	9,4	4,9	158,1	25,6	8,5	0	14,5057	25,614	24,777	0	0	4	275,397
2002	0	12,6	40,4	9	84,1	34,9	2,7	76,7	18,6	0	0	0	279
2003	0	33,8	43	50	26,8	50,6	19,9	14,5	83,2	4	0	0	325,8
2004	10,93	73,5	53	112,6	17,2	46,9	16,7	5,9	1,6	0	0	0	338,332
2005	22,3	26,3	94,7	46,7	54,9	89	12,4	16,3	39,7	2,7	0	0	405
2006	3,6	0	0	31	65,4	47,7	81	70,4	22,2	0	0	0	321,3
2007	28,6	35,7	40,3	6,4	26,8	26,3	24,7	33	49,3	3,1	0	0	274,2
2008	23,7	30,7	121,1	123,8	68,5	20,6	46	70,7	3,3	0	0	0	508,4
2009	29,3	5,8	23,9	108,6	118,2	138,9	80,1	18,2	13,1	1,3	0	59,9	597,3
2010	7,5	82,6	83,2	47,6	65,2	79,5	22,9	46,7	44	14,8	0	0	494
2011	2,5	13,8	89,9	27,3	36,6	139,8	23,1	133,8	6,7	0	0	0	473,5
2012	0	34,165	31,653	14,4	59,8	102,8	88	97,5	57,9	9,0208	0,931	15,898626	512,069
2013	22,2	39,818	19,252	58,1	133,7	133,88	18,4	55,696	20,377	13,348	1,372	25,61683	541,756

Ammi moussa(012605)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1975	1,3	1,1	63,9	33,1	66,2	123,2	37,7	49,7	48,2	7,2	6,1	31,4	469,1
1976	49,7	142,2	28,7	62,6	60,9	24,4	12,6	15,9	54,7	20,3	1,8	0,5	474,3
1977	2,4	21,7	31,6	79,1	80,2	17,4	56,9	52,3	39,9	0	0	0	381,5
1978	0	85,8	34,3	28,8	48,8	108,5	53,2	39,2	0,2	2,6	1,5	0,2	403,1
1979	38,7	74,9	24	88,4	37,5	19,9	54,2	37,3	23,8	0	0	0	398,7
1980	17,6	16	11,1	102,4	24,2	47,4	35,4	41,5	7,2	6,1	0	0	308,9
1981	5,2	6	0	42,3	33,1	72,7	27,9	13,6	18,7	0	0	0,4	219,9
1882	4,7	47,4	101,2	76,6	0	37,9	21,5	2,2	5,1	0	1,1	0	297,7
1983	0	0,8	61,9	32,3	31,8	25,8	37,8	13,5	56	15,5	0	0	275,4
1984	12,5	23,5	50,9	46,7	33,8	15,5	43,7	7,7	34,3	0	0	0	268,6
1985	18,8	12,5	35,8	37,1	89,1	57,3	70,9	18,2	2,1	0,2	0,1	1,7	343,8
1986	42	56,6	17,1	63,6	49,3	113,4	6,1	1,4	3,9	2,3	1	0	356,7
1987	7,6	14,3	60,9	18,6	86	15,6	19,6	24	23,5	4,9	0	0	275
1988	4,4	10,6	27,3	47,6	12,8	19,1	57,4	39,7	2,8	0	9,9	20,1	251,7
1989	7,5	3,5	21,9	12,5	50,6	0	31,7	56,5	5,5	1,2	1,4	0	192,3
1990	5,1	25,4	49,1	64,3	30,1	38,4	93,9	11	11,4	11,7	1,7	7,2	349,3
1991	8,1	29,4	37,6	4,4	39,6	8,7	67,4	25,9	26,8	14,1	4,6	0	266,6
1992	0	25,8	50,8	44,959	0,6	31,2	10,4	59,3	12,1	0	0	0	235,16
1993	20,6	15,6	35,1	38,2	32	58,9	0,5	20,3	4,8	0	0	0	226
1994	60,8	25,9	26	19,9	38,5	9,2	60,4	19,5	0,8	3,4098	0	0,4	264,81
1995	25,2	18,7	43,2	43,7	70,7	108,5	90,7	79,9	18,4	6,8	22,4	2,7	530,9
1996	25	32,1	13,9	48,7	71	9,4	0	158,4	16,2	0,5	0	17,3	392,5
1997	82,1	46,9	162,5	49,9	20,3	23,7	4,2	55,1	78,2	0	0	2,9	525,8
1998	9,2	3,4	15,1	33,9	82,9	82,4	54,2	1,8	6,6	0	0	3,8	293,3
1999	18,3	30,4	45,89	44,9	46,639	45,945	36,039	38,50	25,72	5,3591	2,09099	3,613	343,4
2000	59,1	101,3	68,8	27,7	78,5	46,2	5,6	47,6	17,7	0	0	0	452,5
2001	16,4	10,9	108,9	35,9	10,1	4,3	37,5	56,1	30,3	2,9	0	6,7	320
2002	0	26	43,6	11	89,1	37,4	5,7	66,3	23,1	9,4	0,4	0	312
2003	0	31,3	50,7	78	25,8	53	6,9	24,2	79,7	8,3	0	0	357,9
2004	16,4	35,7	23,4	91,5	9,3	35,4	20,4	4,5	0,4	0	0	0	237
2005	7,5	22,8	67,9	37,1	48,8	80,5	9,3	15,8	87,9	42,1	4,4	0	424,1
2006	28,5	0	0	55,3	37,4	39,1	56,7	64,5	10,4	0,5	0	0	292,4
2007	19,6	56,3	33,5	13	24,5	28,1	35,1	1,7	61,5	13	19	0,4	305,7
2008	23,9	20,1	74,6	94,9	77,4	15,3	75,3	67,4	31	1,8	0	0,8	482,5
2009	37,8	1,4	40,7	46,1	66,7	88,1	56,2	22,7	18,4	1,1	0	34,2	413,4
2010	2,9	63,5	53,6	21,7	70,3	77,3	14,7	42,4	51	29,3	0	0	426,7
2011	10	12,5	88,5	16,9	21,3	74,7	20,2	98,2	6,3	0	0	0	348,6
2012	7,4	32,7	47,95	13,6	47,1	61,4	34,7	104,4	47,5	0	1,7	0,5	398,98
2013	12,55	2	35	46,57	76,7	37,3	45,5	3,9	7,89	0,057	2,4135	6,62	276,53

## Mendes(012706)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Annuelle
1975	15,5	33,3603	35,1	45,029	71,4133	70,69748	46,776	47,1565	23,269	12,141	3,026	2,732	406,201
1976	15,474	30,4	52,383	52,313	55,5191	48	44,407	46,7615	26,273	6,7235	1,487	2,9023	382,643
1977	0	0	58,4	58,1	116,1	14,8	88,4	79,7	25,1	0	0	0	440,6
1978	0	141,2	34,2	40,7	78,8	129,9	62,7	82,4	2,8	3,5	0	0	576,2
1979	20,9	58,9	58,4	118,1	50,2	18,4	44,4	49,3	25,8	0	0	0	444,4
1980	23,1	19,8	31	184	34,2096	17,3713	28	45,1	9,9	2,1	0,1	0	394,681
1981	0,7	18,7	0	55,8	47,4	74,4	32,5	24,7	16,7	0	0	0	270,9
1882	5,2	62,8	150,3	92,6	0	30,9	25	5,2	0	0	0	3,2568	375,257
1983	0	2	65,8	48,3	44,2	50,9	56,5	31,3	67,2	16,9	0	0	383,1
1984	10,8	20,1	89,2	48,7	47,5	8,7	62,5	11,8	51,2	0	0	0	350,5
1985	8,6	10,8	49,7	89	104,2	106,1	59,7	12,8	2	0	0	0	442,9
1986	44,7	16,8	28,4	57,6	78,6	106,4	9	0,7	2,8	1,6	14,3	1,3	362,2
1987	8	10,5	74,1	31,6	85,6	12,2	16,4	26,6	27,2	3,2	0	0	295,4
1988	2	11,7	27,5	68,7	13,9	24,8	79,1	43,4	4	5,5114	6	20,5	307,111
1989	10,5	3,1	23,2	20,8	65,4	0,9	12,5	63,5	39,6	0	5,8	0,5	245,8
1990	14,9	25,3	49,3	68,9	23,8	75,8	128,6	6,1	7,2	0	0	4	403,9
1991	11,3	39,8	31,2	18,8	29	5,1	79,7	55,7	46,2	13,1	0	0	329,9
1992	0	17,2	27,7	28	0	18,5	12,7	56,4	30,2	0	0	0	190,7
1993	17,1	20,8	35,8	25,7	43,4	59,9	0,6	30,1	6,3	0	0,7	0	240,4
1994	60,5	75,2	22,2	14	43,4	13,3	97,6	7,5	0	6,6266	0	2,9054	343,232
1995	15	35	38,9	34,9	94	138,7	52,3	92,5	30,5	53,5	10,5	0	595,8
1996	5,1	28,3	8,2	36,2	50,1	5,5	0	162,9	12,9	0	0	15,3	324,5
1997	43,5	34,2	152,4	56,3	25,5	31,9	17,3	64,5	68,1	0	0	2,4	496,1
1998	2,7	3,7	7	53,6	106,6	79,5	61,6	0	15	0	0	0,9	330,6
1999	15,474	30,541	52,379	52,31	55,6	47,92303	44,408	46,7616	26,272	6,7253	1,488	2,9023	382,783
2000	44,1	68,9	83,8	24,5	75,4	41,8	9,1	45,3	12,5	0	4,8	0	410,2
2001	31,1	11,3	120,6	31	5,2	3,7	61,4	55,3	53,5	0,4	0	7	380,5
2002	1	29,3	65,9	20,5	88,8	58,1	4,5	101,1	15,9	32	0	7,6	424,7
2003	0	38,2	48,7	87,1	24,7	43	9	25,4	75,2	14,7	0	0	366
2004	3,3	38,3	34,4	107,9	36,3	19	19	4,3	0	1,4	0	3,0753	266,975
2005	15,6	18,5	76	25	71,4	62,5	28,2	24,2	85	13,4	0	0	419,8
2006	9,6	0	0	53,1	50,4	30,8	54,1	68,8	3,9	0	0	0	270,7
2007	33,6	90,4	27,1	6,5	23,3	18,5	29,4	16,1	56,9	8,8	8,6	0	319,2
2008	36	42,8	78,3	111	111	26,6	62,9	93,6	4,9	0	0	0	567,1
2009	54,2	2	30	53,4	68,6	89,1	73,1	28,8	19,1	0	0	32,7	451
2010	8,9	38,9	71,9	24,8	36,5	83	10,1	54,2	56,8	28	0	3,4	416,5
2011	4,2	12,9	94,3	16,1	22,7	41,8	39,2	146,9	2,9	0	0	0	381
2012	1	32,1817	45,189	12,3	88,7	72,4	80,7	109,7	51	0	0	0	493,17
2013	15,807	0	52,8	69	83,4	57,9	86,4	4	23,529	27,5	0	0	420,336
2014	9,4	47,6	65	50,5	67,4	74,2	46,062	0	24,174	10,509	2,563	2,7833	400,191

Hasasna (012809)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Annuel
1975	2,8	57,6	9	0	13,1	29,9	77,4	50,7	30,4	6	0	12,2	289,1
1976	1,3	1,1	70,6	36	23,5	98,1	30,7	52,2	36,6	19,5	2	5	376,6
1977	17,8	71,7	20,4	33	35,7	15,9	6,2	9,5	36,7	19	0,5	0	266,4
1978	0	18,4	25	39,6	47,1	12,8	22,9	55,2	22,8	0	0	0	243,8
1979	0	123,7	27,2	46,4	47,1	104,3	32,9	48,3	1,6	4,9	0	0	436,4
1980	31,8	44,3	11,5	64,8	39,4	19,3	38,2	27,7	33,4	0	0	0	310,4
1981	7	4,9	9,2	89,9	15,3	58	18,6	46,9	5,5	4,5	0	0	259,8
1882	2,9	5,2	0	32,3	19,8	67	8,7	13,8	11,3	0	0	0,4	161,4
1983	17,2	62,5	105,7	74,5	0	48,5	22,3	2,8	1,4	0	0	4,6	339,5
1984	0	1,2	44,7	33,1	26,2	19,2	34,5	13,9	59,2	4,5	0	0	236,5
1985	12,5	3,8	36,7	32,4	25,7	3,6	25,1	11,3	22,8	0	0	0	173,9
1986	4,8	19,4	33,6	57,3	28,62	55,5	56	14	0,7	0	0	0	269,92
1987	31	15,2	16	57,2	29,6	63	7,9	1	11,3	0,6	2,3	0	235,1
1988	9	14,9	61,5	17,9	52	6,7	14,5	22,7	37,9	1	0	0	238,1
1989	2,4	7,1	19,7	28,9	13,4	5,7	53,7	11,2	1,4	0	1,5	3,4	148,4
1990	5,1	2,4	22,2	13,9	44,7	0	26	40,4	22,5	0,70818	0,6	4,09783	182,61
1991	1,74758	10,777	32,517	27,1	25,3	40,2	72,3	3,7	1,8	0	0	1,1	216,54
1992	7,2	56,5	31,2	6,5	23,1	10,9	44,2	21,8	7,3	11,7	3,2	0	223,6
1993	0	10,4	10,8	6,6	1,9	35,5	6,7	39,5	11,8	0	0	0	123,2
1994	5,2	34,3	38,801	16	29,1	30,7	0	23,5	7,2	0	0	0	184,8
1995	8,5	25,7	26,4	4,5	25	12,3	43,7	13,2	0	0,70799	0	4,09791	164,11
1996	29,7	28,3	36	32,1	59,9	85,9	38,7	28,9	15,6	14,2	3,9	8,3	381,5
1997	13,6	21,5	11,9	33,7	39,1	8,5	0	68,2	7,7	0	0	11,1	215,3
1998	26,3	50,8	83,6	29,1	19,3	21,9	8,8	33,6	39	0	0	0,6	313
1999	6,5	17,1	11,8	39,6	41,6	63,6	30,9	0,6	8,1	0	0	0	219,8
2000	11,7	52,9	45,093	34,4	33,12	41,155	22,83	24,46	23,34	4,90344	1,1782	2,30614	297,39
2001	52,2	90,1	65,9	19,9	61,7	42,6	1,6	31,2	11,1	0	0	0	376,3
2002	12,6	6,8	139,6	25,5	4,5	0	48,7	33,1	44	0	0	9,2	324
2003	0	12,4	47,5	2,1	59,5	27,5	4,7	45,1	4,2	1,8	0	1,6	206,4
2004	3,7	27,1	34	49,8	37,6	35,3	13,1	9,6	76,4	12,4	0	0	299
2005	4,8	50,3	38,6	77,2	6,6	49,2	13,4	2,9	0,5	0	0	0	243,5
2006	14	24,1	74,6	35,9	28,9	79,4	5,6	16,7	38,5	4,2	0	0	321,9
2007	0	1,3	0	42,5	46,1	23,6	57	102,4	18,1	0	0	0	291
2008	33,6	47	31,5	5	16,8	14,3	13,5	10,9	39,6	2,4	7,8	0	222,4
2009	32,9	57,8	69,2	98,4	64,5	16,3	61,8	55,8	7,3	0,5	0	0	464,5
2010	20,3	1,1	24,4	37,5	50	56,1	43,9	24,2	19,8	1	0	45,9	324,2
2011	5	8,3	96	16,1	17,4	61,9	13,5	68,7	3,9	0	0	0	290,8
2012	0,5	52,2	85,4	12	31,73	38,142	26,18	27,78	20,62	3,63057	0,786	2,84975	301,82

## Sidi Mohammed ben aouda bge (013410)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Annuelle
1975	0	0	37,9	11,2	18,1	8,3574	34,4	50,5	44,8	13,9	6,8	4,2	230,157
1976	16,1	75,4	9	34,7	13,9	1,8	10,9	12,3	47,1	12,8	2,6	0,6	237,2
1977	0	39,1	39,6	10,7	97,1	4	24,5	56,5	0	0	0	0	271,5
1978	0	89,8	23,8	12,1	31,5	57,3	28,1	41,9	0,4	0	1,9	0	286,8
1979	12,8	28,7	25,7	78,1	9,1	21,7	50,3	39,5	12,5	2,7	0	0	281,1
1980	10,3	7,6	8,8	76	19,7	47,9	40,9	24	5,3	3,6	0	0	244,1
1981	2,4	4,5	0	10,8	32,5	40,7	15,6	17,4	16,3	1,2	0	0	141,4
1882	1,7	63,8	77,6	29,6	0	23,9	30,1	0,9	1,7	0	0	0	229,3
1983	11,4	23,615	30,9	24,6964	25,6068	27,747	29,153	25,881	16,88	3,093	2,6726	3,2095	224,853
1984	10,8	5,9	44,7	25,3	33,8	3,3	20,2	14,8	39,4	0	0	0	198,2
1985	29,9	10	11,7	12,8	24,9	22,4	52,1	4	2,1	0	0	0	169,9
1986	25,6	21,4	10,8	29,2	33,4	48,7	9,1	1	10,7	3,8	26,6	5,8	226,1
1987	16,9	10,5	42	25	65,7	12,7	6,4	14,3	17,3	2,8	0	0	213,6
1988	0	14,5	24,9	23,5	22,9	6,1	62,7	25,3	2,9	0	1	21,1	204,9
1989	11,8	2,9	16,4	11	44	0	10,7	41,5	5,1	1,3	22,8	0	167,5
1990	24,5	8,6	43,7	16,6	9,1	41,4	94	1,6	2,8	1,3	5,5	0	249,1
1991	3,2	35,8	34,5	12,4	13,7	5,1	31	18,9	19,1	16,7	0	0	190,4
1992	0	8,9	28,3	14,9	0	12,6	12,7	52,9	37,2	0	0	1,3	168,8
1993	28,1	24,1	40,7	8	20,9	48,7	0	22,3	2,8	0	3,2	0	198,8
1994	11,4	37,6	19,4	3,9	29,4	16,7	47,3	5,4	0	0	0	13,5	184,6
1995	21,5	38,9	31,4	16,2	41,9	101,9	43,2	57,6	30,7	10,5	7,7	0	401,5
1996	-21,474	2,9	3,1	24,6	16,5	3,3	0	65,3	10,2	0	0	13,9	118,326
1997	57	10,9	26,9	29,1	15,5	30,8	13,6	20,6	33,2	0	0	0	237,6
1998	1,4	1,9	6,5	28,9	29,3	43,2	77,5	0	3,6	0	0	8,7	201
1999	10,9618	23,3	30,8388	24,7552	25,7051	27,3	29,134	26,28	16,81	3,072	2,598	3,3293	224,088
2000	30,2	45,4	52,2	3,1	31,5	46,1	0,7	33,6	13,5	0	0	0	256,3
2001	16,4	11,3	65,3	15,2	0,5	0,3	34,7	34,3	35,7	0	0	9,9	223,6
2002	0	10,9	37,9	8,6	34	35,3	2,7	34,7	8,2	0,4	0	6,1	178,8
2003	0	18	35,7	49,5	13	26	6,8	12,1	63,2	6,2	0	0	230,5
2004	3,4	21,8	37,2	68	11,5	34,5	24,3	2,2	0	4,5	0	0	207,4
2005	7,4	16,4	51,1	8,8	35,2	37,7	8,4	16,3	43,7	2,8	0	0	227,8
2006	3,4	0	0,6	56,2	29	21,5	49,6	27,3	5,4	0	1,6	0	194,6
2007	13,2	59,3	40,2	1,4	7,6	3,6	6,1216	7,5	41,2	2,3	6,4	0,2	189,022
2008	12,6	28,8	34,3	73,9	49,8	19,3	20,8	49,3	5,5	0	0	2	296,3
2009	10	0	20,2	23,8	25,7	46,9	62,6	22,2	10,8	0	0	26,9	249,1
2010	4,4	43,2	33,4	6,4	31	26,6	7,8	34,4	38,6	24,4	1,8	2,5	254,5
2011	3,6	21	31,4	15	19,7	24	22,9	66,4	1,4	0,8	0	0	206,2
2012	5,4	16,2	60,5	38,5	28,4	26,368	34,152	27,464	0	1,912	2,1052	5,0237	246,025
2013	15,5	25,5	34,3	0	14,6	39,7	66,4	34,4	17,7	1,802	3,429	3,3201	256,652

## Relizane demrh (013505)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuelle
1975	0,7	0,7	51	25,4	27,3	65,3	20,8	47,7	35,9	64,1	1,6	9,7	350,2
1976	43,7	52,8	16,4	43,1	40,3	18,8	18	13,1	48,3	18,5	1,5	0,6	315,1
1977	0,6	16,8	34,3	22,6	76	14,5	35,3	61,9	24,1	0	0	0	286,1
1978	41,290	98,2	28,7	21,3	35,7	84,1	20,2	24,2	0	4,1	0,4	0	358,19
1979	15,4	32,2	20,4	96,4	31,7	18,8	24	53	24,3	0	0	0	316,2
1980	26,2	11,2	10,5	109,6	26,4	59,6	28	27,1	7,1	5,7	0	0,9	312,3
1981	3,4	3,8	0	29,1	26,9	48,8	10,2	19,2	19,2	0	0	0,6	161,2
1882	3,7	83,7	118,7	66,4	0	37,3	20,1	2,1	1,3	0	0,9	3,3	337,5
1983	0	0	59,1	23,7	26,7	31,4	36,2	8,2	51,4	5,5	0	0	242,2
1984	16,8	16,6	57,6	24,4	27,3	3,2	31,6	16,3	28	0	0	0	221,8
1985	8,9	15,8	24,9	73,3	59,9	52,8	44,4	13,1	2,2	0,4	0	0	295,7
1986	38,8	43,8	12,1	37,4	36,1	53,4	8,9	0	9,9	1,7	13,8	0,6	256,5
1987	21,4	14,7	34	31,2	71,6	11,3	11,9	15,2	29	2,6	0	0	242,9
1988	1,2	3,1	30,3	36,9	8,1	30	62,8	28,2	3,9	8,6195	2	6,2	221,32
1989	5,3	0,6	17,8	13,6	48,1	0	22	39,6	40,3	8,8	17,4	0,6	214,1
1990	16,5	16,8	48,4	29	23,8	35	86,6	1,7	30,4	3,4	2,8	4,8	299,2
1991	0,4	42,2	33,4	12,2	14,7	13,3	62,6	9,9	26,1	19,4	0,6	0,1	234,9
1992	0,7	14,9	20,7	37,2	0	33,9	17	57,3	12,2	0,4	0	0,5	194,88
1993	17,1	28	40,4	12,6	41,9	51,7	2,9	23,3	4,6	0	0	0	222,5
1994	5,3	26,6	27,9	6,6	38,1	22,5	56,9	4,2	0,7	7,6059	0	15,8	212,21
1995	29,6	12,9	23,1	25,6	59,1	113,9	26,3	45,2	18,1	27,6	3,5	2	386,9
1996	7,5	10,3	4,5	17,8	32,1	6,8	0	77,1	9,1	0,4	0,4	11,5	177,5
1997	15,1	24,3	51,9	32	19,1	16,2	9,8	18,2	38,2	0	0	2,4	227,2
1998	3,5	13,8	10,9	27,3	32,1	37,4	72,3	0,2	25,5	0	0	0,6	223,6
1999	33,7	19,2	28,6	78,2	0,2	0	8,1	4,8	7,1	0	0,3	0,1	180,3
2000	33,5	56,6	70,4	9,5	105,2	40,1	0,8	41,1	7,5	0	0,3	0,4	365,4
2001	15,6	8,5	85,9	18	3,1	0,4	41,2	41,7	49,7	1,9	0	6,1	272,1
2002	0,7	22,5	41,9	5,9	47,1	41,5	2,5	54,8	26,6	2,4	0	13,8	259,7
2003	7,8	21,9	47,1	62,7	19,4	27,1	9,2	12,9	76,4	5,9	0	3,7	294,1
2004	12,5	33	38,4	72,4	18,6	52,2	19,1	6,6	0	2,7	0	0	255,5
2005	8,9	25,7	84	18,6	44,5	39,8	12,3	19,3	58,4	7,9	0	0	319,4
2006	10,9	0	1,5	93,3	44,1	29,1	54,4	85,1	3,5	0	0	0	321,9
2007	26,1	59	46,8	4	11,3	16,5	22,1	8,5	31,4	4,7	5,1	0,7	236,2
2008	4,3	18,8	69,4	67,4	63	21,6	41	54,2	4,8	0,4	0	5,7	350,6
2009	34,4	0,4	37,6	29,6	59,4	59,8	58,2	24,9	27,8	0,4	0	42,7	375,2
2010	8,5	47,5	52,6	14,8	36,2	64,4	12,783	37,0616	24,81	4,5247	0	0,680	303,86
2011	22,4	11,6	98,7	21,3	26	51,1	18	114	1,1	0,4	0	0	364,6
2012	1,9	57,6	119,3	32	57,8	46,1	30,2	97,9	33,2	0	0	0	476
2013	10,4	0,7	70,3	61,3	68,2	26,9	47,5	10,6	4	23,1	0	0	323
2014	34,3	19,7	41,5	50,8	50	71,3	24,7	0	4,2	0	0	0	296,5

**L hillil(013507)**

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1975	6,5	1	57	32,5	40	60,5	16	61	47	35,5	3	12,6	372,6
1976	21	70	12,5	82,5	43,1	15	14,8	9,2	68,2	14	0,7	0	351
1977	0	21,4	36,1	30,8	87,7	14	33,2	58,3	23,7	0	0	0	305,2
1978	0	108,3	33,5	22,7	29,1	95,6	23,8	36,5	0	0	0	0	349,5
1979	12,2	36	19,2	156,8	44,4	30,3	37,3	40,8	29,2	0	0	0	406,2
1980	11	15	10,8	142,4	38,6	69,5	47,2	42,8	3,4	3,7	0	0	384,4
1981	0,9	0	0	17,7	22,6	50,7	5,4	16,6	12,4	0	0	0,2	126,5
1882	2,4	67,4	123	59,9	0	40,8	19,9	1,8	0,4	0	0	0,9	316,5
1983	0	0	47,1	28	16	34,2	73,6	16,4	63,3	4,9	0	0	283,5
1984	8	9,2	92,8	32,2	45,3	7,8	30	21,3	30,9	0	0	0	277,5
1985	4,8	19,7	30	40,8	70,8	56,7	38,4	5,1	14,5	0	0	0	280,8
1986	24,4	49,4	5,8	36,9	44,5	56,6	6	0	8,8	0	1,5	0	233,9
1987	1,2	40	45,7	29,2	90,5	13	8	23,6	38,1	0	0	0	289,3
1988	1,5	2,6	26,8	27,5	6,9	20,3	74,6	24,3	1,6	5,161	0	6,2	197,5
1989	3	0	16,6	20,9	50	1,2	26,2	60,7	28,2	0	7,3	3	217,1
1990	12,8	17,1	61,5	36,6	33,7	60,6	104,6	1,9	23,2	0	1,7	3,9	357,6
1991	20,3	39,5	52	12,9	19,8	9,2	67,7	17,7	25,9	26,2	6	0	297,2
1992	0	6,7	27,5	31,2	0	11,5	21,4	49,8	40,5	1,2	0	0,4	190,2
1993	6,5	33,3	37,1	18,2	39,6	55,5	0	36,2	3,8	0	0	0	230,2
1994	9,9	29,1	22,3	4,4	34,8	20,4	47,1	10,6	0,8	4,291	0	3,661	187,4
1995	16,5	35,9	42,5	27,5	107,1	110,7	38,3	58,2	13,6	5,2	22,6	0	478,1
1996	7,4	6,7	3,8	29,2	61,4	6,5	0	120,9	11	0	0	3,6	250,5
1997	33,2	23,9	86,9	35,8	17,6	20,5	9,3	32,9	45,8	0	0	0	305,9
1998	1,8	8,8	11,9	55,7	48,7	45,1	84,8	0	8,5	0	0	0	265,3
1999	9,8	28,9	44,75	40,49	40,85	37,55	31,05	34,27	23,16	3,791	1,2928	2,125	298
2000	34,1	86,2	88,8	14	37,6	65,6	1,9	35,6	10,2	0	0	0	374
2001	16,2	15,6	129,9	19,3	5,4	0,3	28,2	45,9	50,5	0	0	3,8	315,1
2002	0	27,2	42,2	10,7	58,6	47,2	2,7	79,4	19,5	1,5	0	0	289
2003	0	28,7	42,6	81,9	25,1	30,2	9,8	29,5	58,9	12,1	0	0	318,8
2004	5,9	38,5	44,2	119,2	11,1	65	20,5	8,1	0	0	0	0	312,5
2005	12,8	26,2	97,4	20,3	75,6	50,8	12,3	17	61,5	0	0	0	373,9
2006	7,2	0	0	91,8	56,6	31,8	68,1	75,1	9,4	0	0	0	340
2007	14,3	48,7	36,3	4,8	17,6	10,9	33,63	11,7	26,2	0,7	5,4	0	210,2
2008	5,8	38,5	67,2	42,17	64,5	19,8	28,9	47	3	0	0	0	316,9
2009	45,6	2,6	35,7	29,9	46,9	65,7	61,6	12,3	20,3	0	0	39,6	360,2
2010	3,5	37,4	40	13,3	43,4	30,3	13	28,5	29,6	25,2	0	0	264,2
2011	4,5	17,1	48,7	15,5	21,5	38,7	14,4	73	0,7	0	0	0	234,1
2012	6,2	64,4	76,6	23,9	59,1	29,3	24,5	62	21,6	0	0	0	367,6

## Oued kheir (013606)

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1975	0	2,5	17,4	25,6	20,7	43,3	13,1	31,2	32,6	0	0	0	186,4
1976	5,5	45	9,7	61,1	25,5	13	3,7	0	42,4	0	0	0	205,9
1977	0	16,4	24,7	30,1	53,9	10,8	37	61,4	31,7	0	0	0	266
1978	0	79,7	18,6	20,6	17,1	52,3	23,9	8,3	0	0	0	0	220,5
1979	29,1	53	20,1	44,5	49,4	23,5	27,5	28	17,7	0	0	0	292,8
1980	5	15,2	0	120,1	28,1	68,2	24	30,3	3,4	0,699	0	0	295
1981	1	4,2	0	28,5	39,1	82,2	6,3	16	19,4	0	0	0	196,7
1882	1,9	73,8	142,3	47,7	0	81,9	46,7	0	0	0	0	3,1	397,4
1983	0	0,7	28,4	37	134,4	94,4	76	0	96,4	1,6	0	0	468,9
1984	4,8	10,2	53,2	39,5	24,2	5,8	0	12,7	18,2	0	0	0	168,6
1985	4,2	3	28,69	26,5	103,5	95,5	51	25,5	0	0	0	0	337,89
1986	50,5	34,5	15	88,2	47	65,3	5	6	17,5	0	0	0	329
1987	0,5	23	80,5	51,5	67,5	17,5	22,3	34	72,1	0	0	0	368,9
1988	0	0	41,5	32,14	68,2705	24	62,4	25,5	39,878	2,199	0	0	295,89
1989	20	0	60	28,7	29,6	0	32,5	50,4	52	0	2,7	0	275,9
1990	7,2	22,2	45,5	29,8	37,2	46	74,7	4,3	8,8	0	0,0864	1,1278	276,91
1991	0	47,1	0	0	52,5	27	57,5	28,5	13,5	10	0	0	236,1
1992	0	5,2	19,5	30	0	54,8	36,5	60	22,3	0	0	0	228,3
1993	17,709	25	57	8,7	30	61,2	0	27,3	2,2	0	0	0	229,11
1994	6,4	61	19,3	8,3	40,6	18,1	43,8	10,7	0	0	0	1,7129	209,91
1995	20	11,8	30,6	20,8	66,1	90,7	27,4	19,4	12,2	1,576	0,0686	0,9707	301,62
1996	22,1	41	20,1	49	71,5	11,5	0	77,9	5,8	0	0	16,5	315,4
1997	20,3	47,2	95,9	50,6	32	27,7	9,6	33,4	25,5	0	0	0	342,2
1998	0,9	10	17,3	52,9	49,6	45,4	37,4	0	13,9	0	0	7,1	234,5
1999	27,6	21,1	28,7	68,5	3,4	0	10,7	20,2	13,6	0	0	0	193,8
2000	90	83,5	84,3	30,8	58,4	57,4	4,3	29,1	13,4	0	0	0	451,2
2001	28,4	14,4	126,9	33,7	3,7	0	50,6	46,2	40,9	0	0	8,2	353
2002	0	19,833	38	14,6	85,9	42,7	3,5	25,2	31,4	0	0	0	261,15
2003	0	33,2	45,7	78,1	24,1	29,4	13	15,5	63,2	7,5	0	0	309,7
2004	1,2	36,6	58	96,9	16,1	41,6	19,3	7,8	0	0,078	0	0	277,58
2005	10,4	21,9	110,4	26,5	50,1	59,7	12,5	13,6	71,6	4,5	0	0	381,2
2006	11	0	0	74,4	35,6	26,4	65,8	65,2	0,6	0	0	0	279
2007	21,8	33,5	43,7	8,4	18,9	3,7	15,6	9,3	12,7	0	2,1	0	169,66
2008	26,2	34,9	99	100,3	53,3	23	15,1	55,2	1,4	0	0	0	408,4
2009	29,6	2,2	16,3	60,1	49,2	53,2	62,7	23,1	0	0	0	18,5	314,9
2010	0,3	52,7	71,4	32,1	100,7	56,1	7,7	57,8	38,2	1,8	0	0	418,8
2011	0	11,5	98,8	15,3	25,5	65,6	14,8	71,3	0	0	0	0	302,8

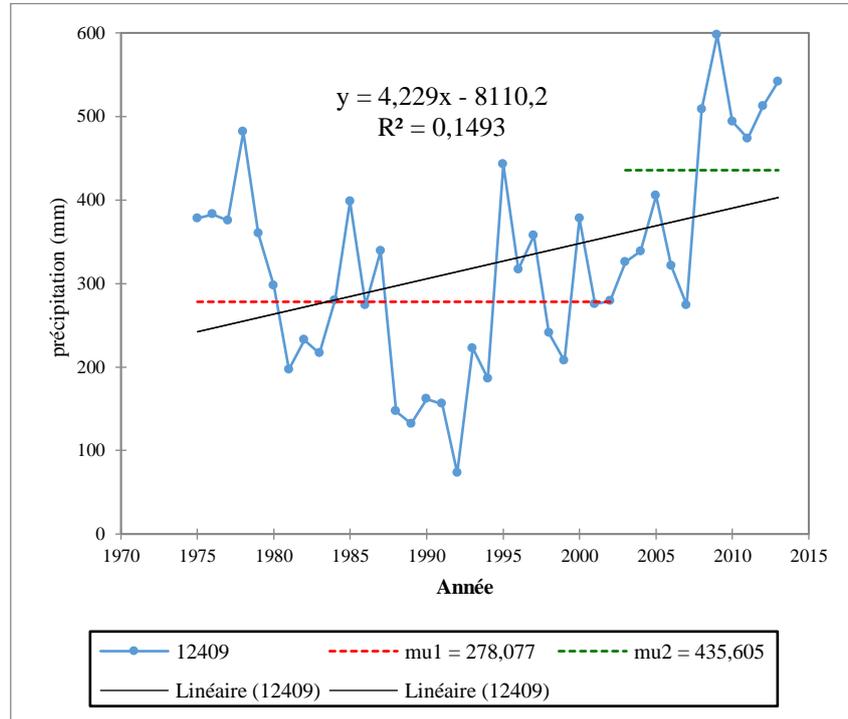
## SPI

Année	12409	12606	13505	12706	12809	13410	13507	13606
1975	0,44467484	1,42342084	1,00017207	0,26530257	0,27351506	0,1371813	1,05077871	-1,3533564
1976	0,48133254	1,48191259	0,48074499	0,0007078	1,39237861	0,28292865	0,74606596	-1,1032563
1977	0,42464165	0,43805988	0,05158871	0,65164129	-0,0167501	0,99277434	0,09996207	-0,3324348
1978	1,27404882	0,6810256	1,1184214	2,17459617	-0,3057365	1,30941105	0,72490535	-0,9160018
1979	0,29803191	0,63153258	0,49702333	0,69431997	2,15704192	1,19144836	1,52477632	0,01129259
1980	-0,2019964	-0,3785748	0,43930921	0,13591361	0,54587841	0,4257256	1,21724216	0,03950176
1981	-1,0057279	-1,7520060	-1,796743	-1,2542985	-0,1011443	-1,6996724	-2,4209716	-1,2212523
1982	-0,7220580	-0,5045571	0,81223122	-0,0822428	-1,3593863	0,11943649	0,25937198	1,3528555
1983	-0,8490210	-0,7553967	-0,5980651	0,00584553	0,91798046	0,02741322	-0,2061613	2,26988942
1984	-0,3430301	-0,8318859	-0,8999543	-0,3602925	-0,3990817	-0,5241845	-0,2908038	-1,5816530
1985	0,60476378	0,01399472	0,19365423	0,67747312	-1,1995487	-1,109859	-0,2442321	0,58954321
1986	-0,3879044	0,15909924	-0,3864466	-0,2288871	0,02825451	0,05321182	-0,9058721	0,47558109
1987	0,12936376	-0,7598960	-0,5877061	-0,9791334	-0,4169835	-0,2054783	-0,1243403	0,98732449
1988	-1,4068509	-1,0219841	-0,9070640	-0,8476004	-0,3786225	-0,3855266	-1,4199186	0,05094454
1989	-1,5253718	-1,6901398	-1,0139027	-1,5362024	-1,5256175	-1,1595275	-1,1428709	-0,2054608
1990	-1,2885965	0,07586099	0,24544896	0,23945513	-1,0882248	0,52920165	0,83917263	-0,1924533
1991	-1,3342722	-0,8543827	-0,7060941	-0,5916559	-0,6542849	-0,6856072	-0,0128945	-0,7159217
1992	-1,9977714	-1,2080453	-1,2983288	-2,1550432	-0,5640342	-1,1326237	-1,5223512	-0,8159617
1993	-0,8021907	-1,3110683	-0,8895954	-1,5968510	-1,8478502	-0,5117674	-0,9580683	-0,8055885
1994	-1,0930726	-0,8745194	-1,0419324	-0,4419210	-1,0601573	-0,8056394	-1,5625224	-1,0517889
1995	0,96147541	2,11857275	1,54327675	2,3947283	-1,3247859	3,68315161	2,53907479	0,12435616
1996	-0,0449362	0,56179242	-1,5555275	-0,6523045	1,45503496	-2,1772013	-0,6716947	0,30115226
1997	0,27719739	2,06120584	-0,8200425	1,2749746	-0,6701664	0,29120673	0,10983702	0,64487966
1998	-0,6555478	-0,5540501	-0,8733170	-0,5837940	0,57912465	-0,4662379	-0,4629101	-0,7364427
1999	-0,9207872	0,00953932	-1,5140918	0,00228809	-0,6126248	0,01157076	-0,0012828	-1,2584466
2000	0,4406682	1,23669719	1,22510916	0,31021188	0,37948192	0,67820716	1,07052861	2,04287543
2001	-0,3775112	-0,2537175	-0,1555901	-0,0233556	1,3885425	0,0014738	0,23962208	0,78339667
2002	-0,3486394	-0,3437048	-0,3390914	0,47306472	0,71978178	-0,9256716	-0,1285725	-0,3946116
2003	0,02638188	0,17259734	0,16997665	-0,1862085	-0,7839708	0,14427074	0,29181824	0,22804606
2004	0,12680583	-1,1873357	-0,4012451	-1,2983773	0,40010648	-0,3337886	0,20294369	-0,1839414
2005	0,66103327	0,91724226	0,54437851	0,41803169	-0,3095726	0,08839368	1,0691179	1,14507998
2006	-0,0096778	-0,5641737	0,58137474	-1,2565448	0,69292905	-0,5986873	0,59088817	-0,1657013
2007	-0,3871031	-0,4145698	-0,6868560	-0,7118301	0,29781038	-0,7141342	-1,2397914	-1,5679954
2008	1,48960592	1,57414957	1,00609147	2,07239197	-0,5793786	1,50601555	0,264538	1,49393764
2009	2,20198608	0,79688425	1,37013438	0,76844609	2,51635696	0,52920165	0,87585102	0,29473944
2010	1,37421476	0,94648814	0,31442009	0,38096863	0,72233918	0,64095578	-0,4784278	1,62732439
2011	1,20994262	0,0679871	1,21327036	-0,0177400	0,29525298	-0,3586229	-0,9030507	0,13954908
2012	1,51900263	0,63466909	2,86182242	1,24207123	0,43611273	0,4655668	0,98024335	
2013	1,75689606	-0,7427233	0,59765308	0,42405021		0,68548308		
2014			0,20549303	0,19780132				

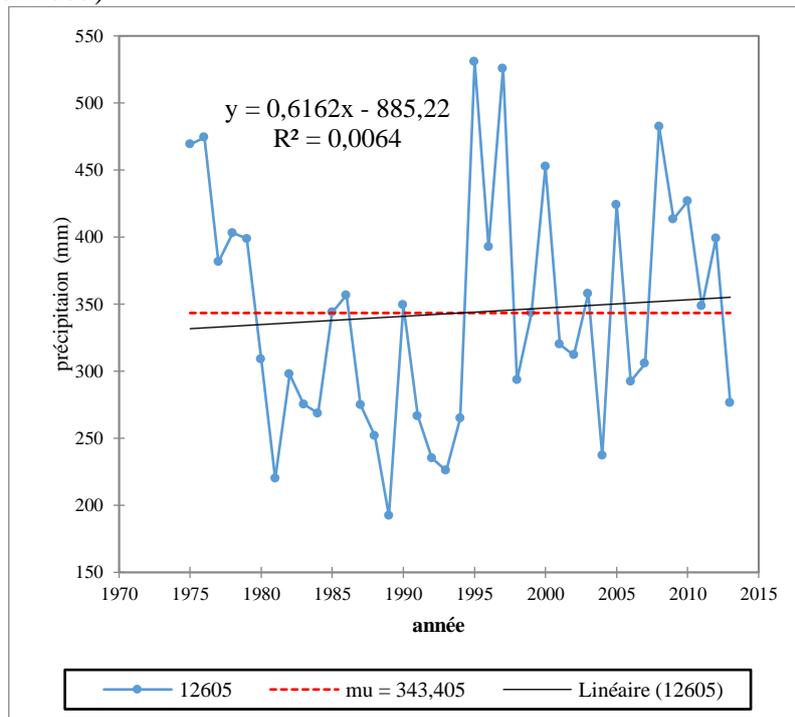
# Test d'homogénéité et tendance des précipitations

## Tests d'homogénéité

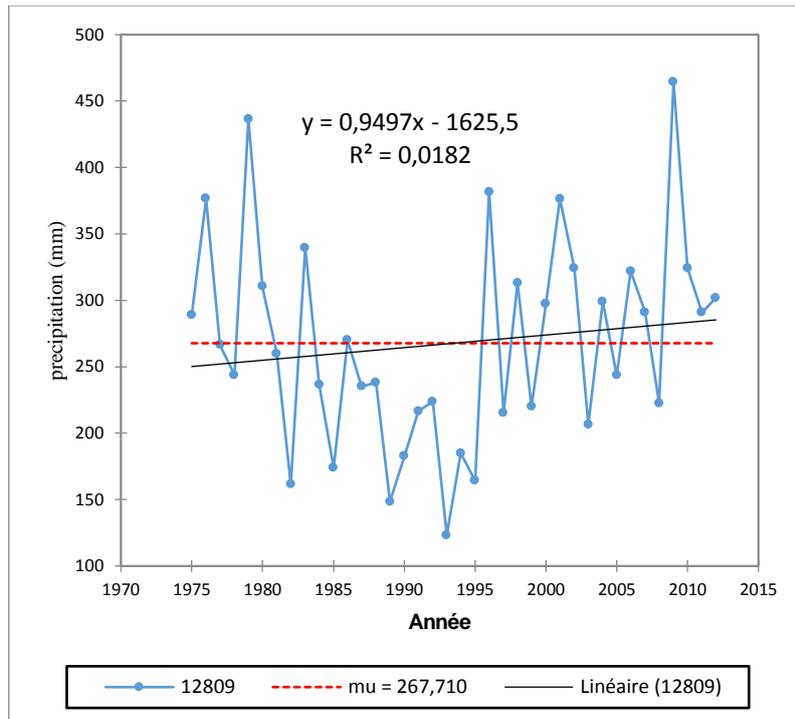
Ouarizane village(012409)



Ammi moussa(012605)

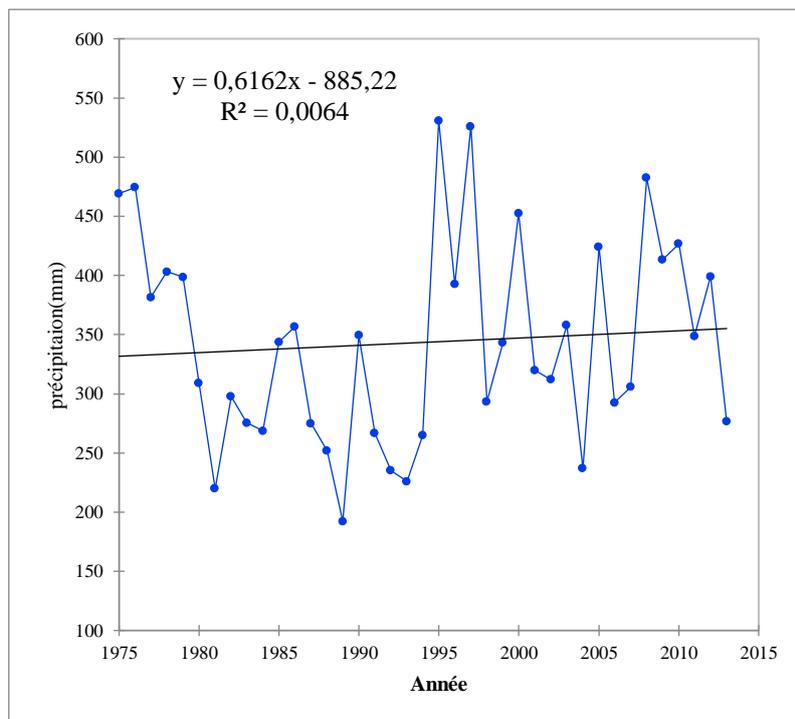


## Hasasna (012809)

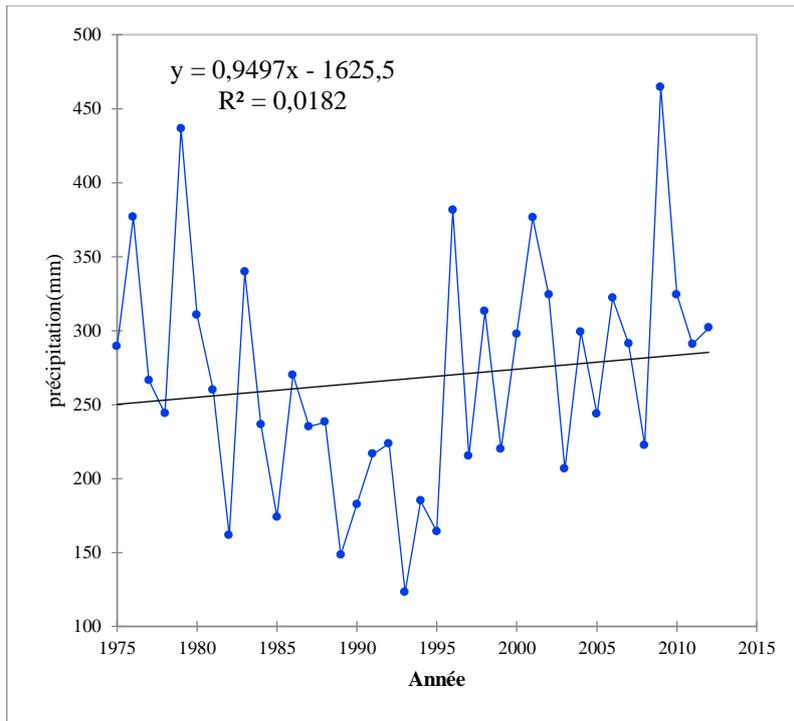


## Test de tendance de Menn Kendall

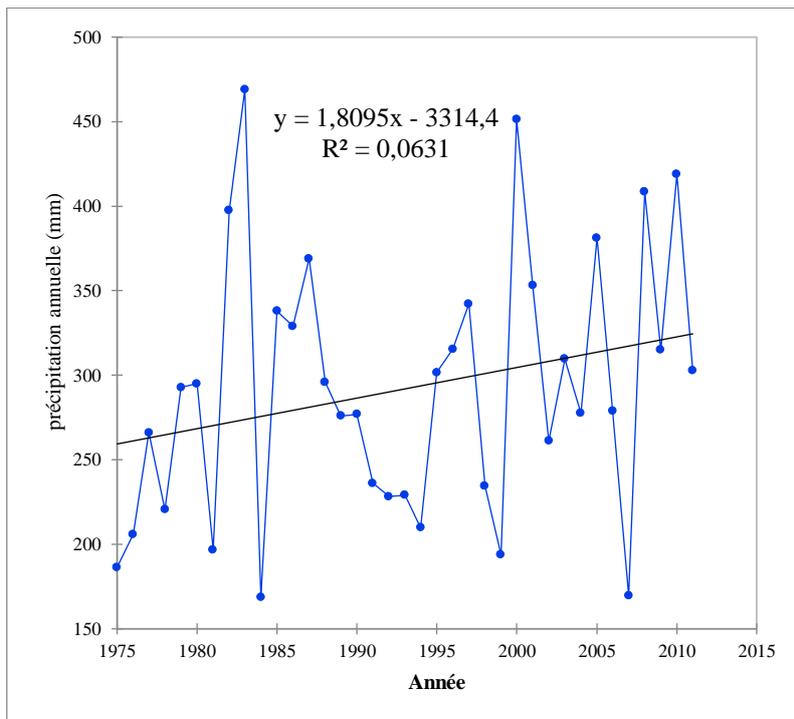
### Ammi moussa(012605)



### Hasasna (012809)

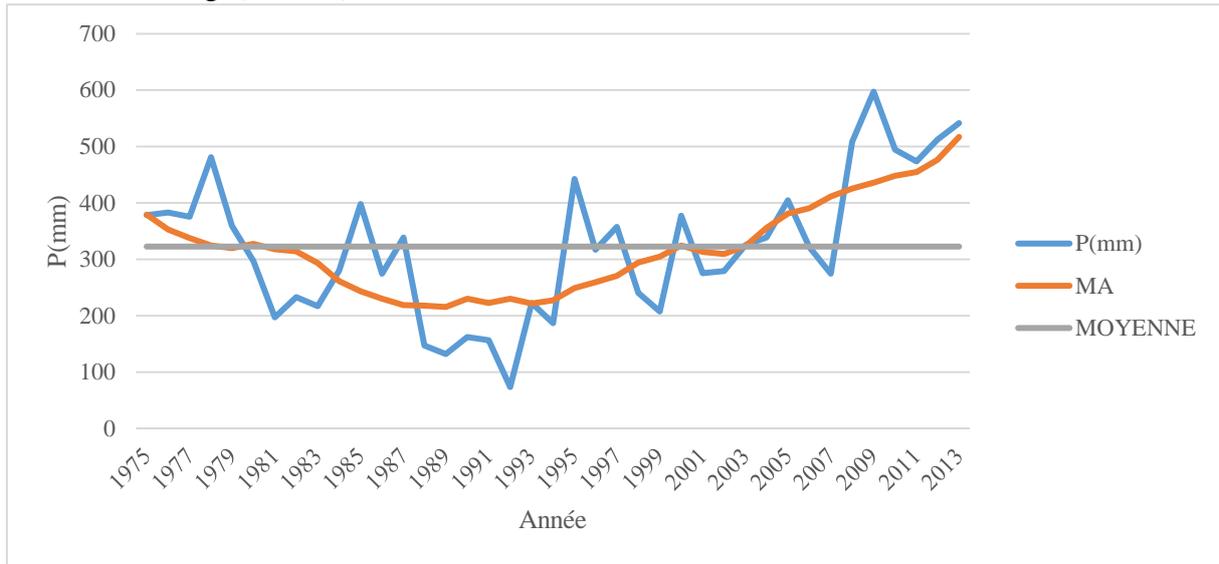


### Oued kheir (013606)

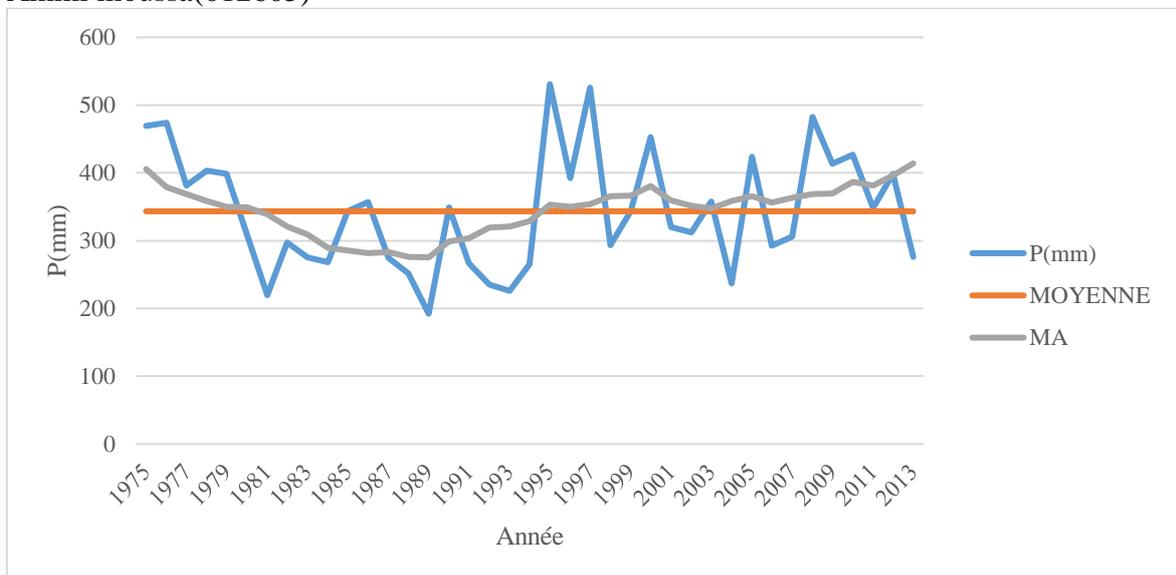


## Lissage des données (Moyenne mobile)

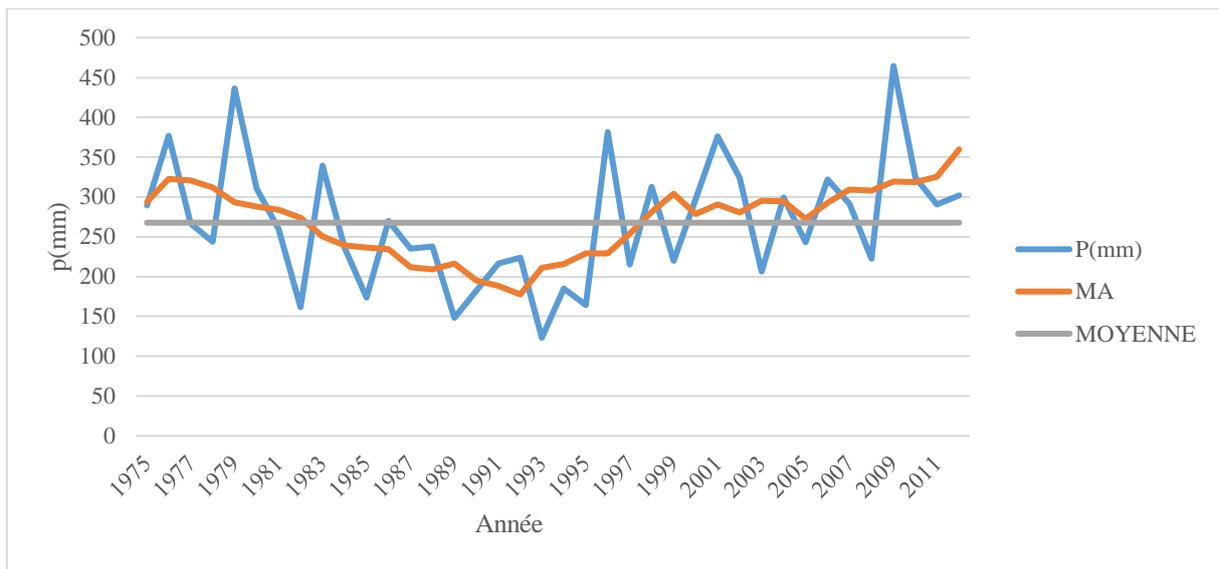
Ouarizane village(012409)



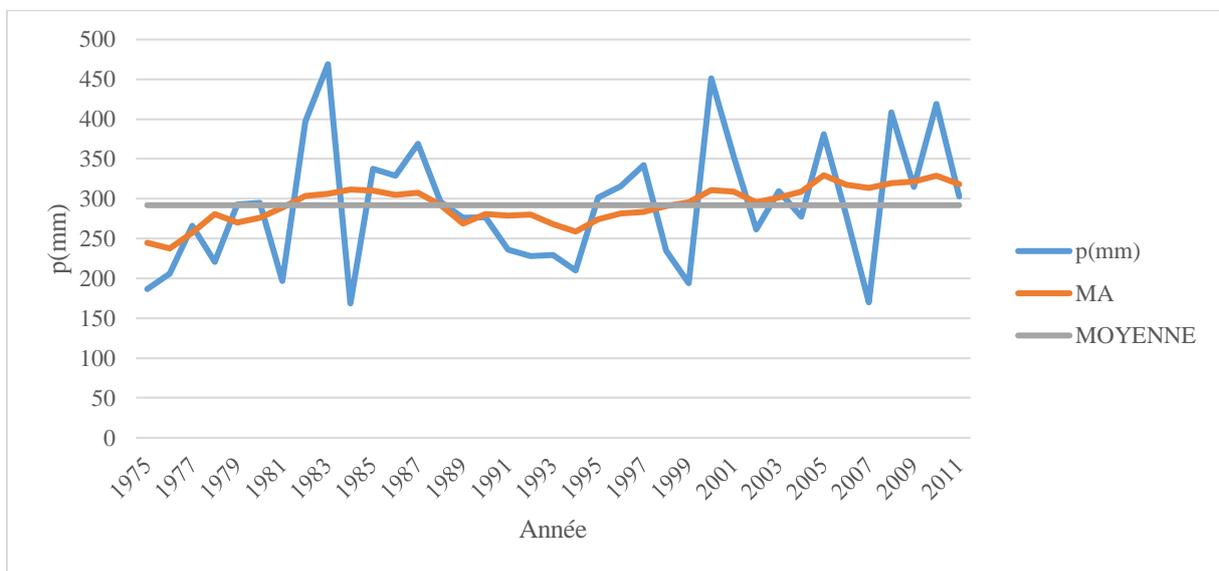
Ammi moussa(012605)



### Hasasna (012809)

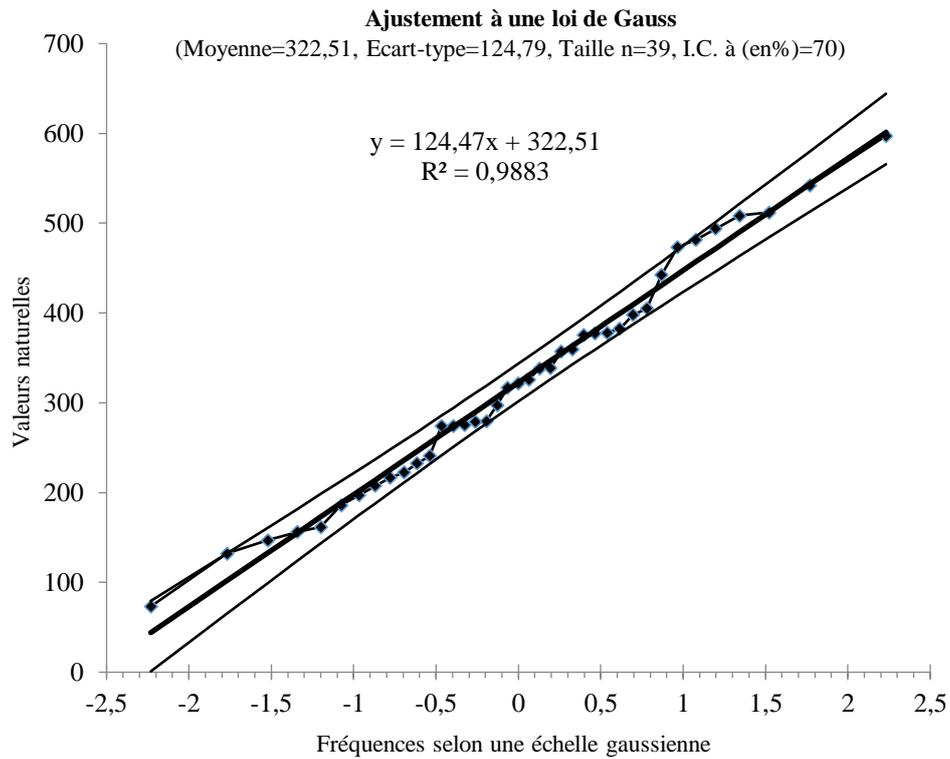


### Oued kheir (013606)



## Ajustement de la série pluviométrique à la loi normale

Ouarizane village(012409)



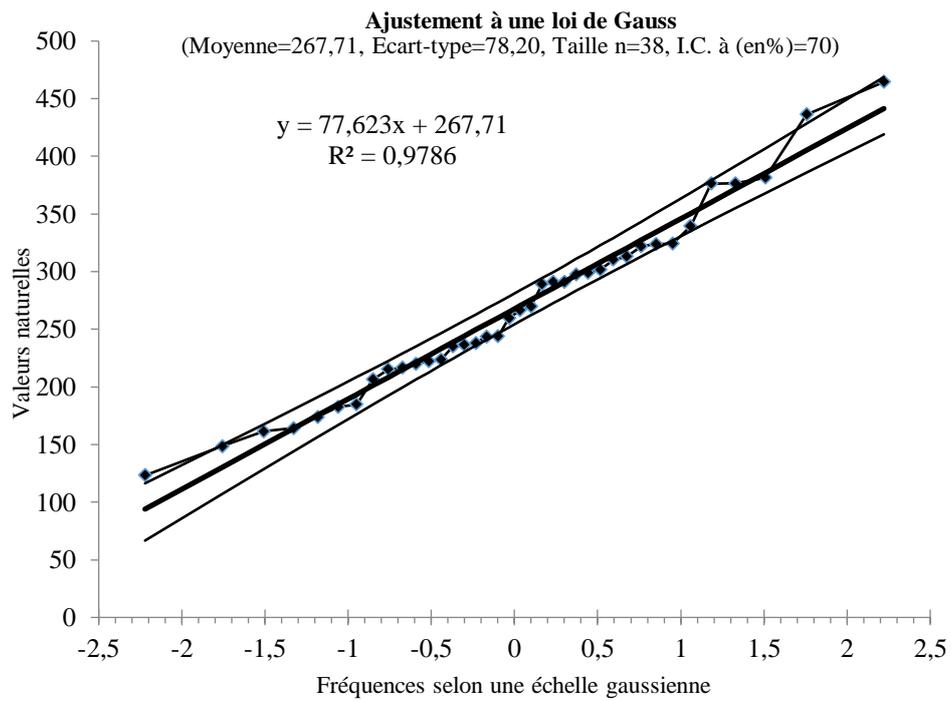
### Le test d'adéquation (Kolmogorov Smirnov)

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à la valeur critique : 0.139.

### La Période de retour

Période de retour	5ans	10ans	50ans	100ans	2ans
Pluie (mm)	428,6	483,5	579,6	613,3	322,5

Hasasna (012809)



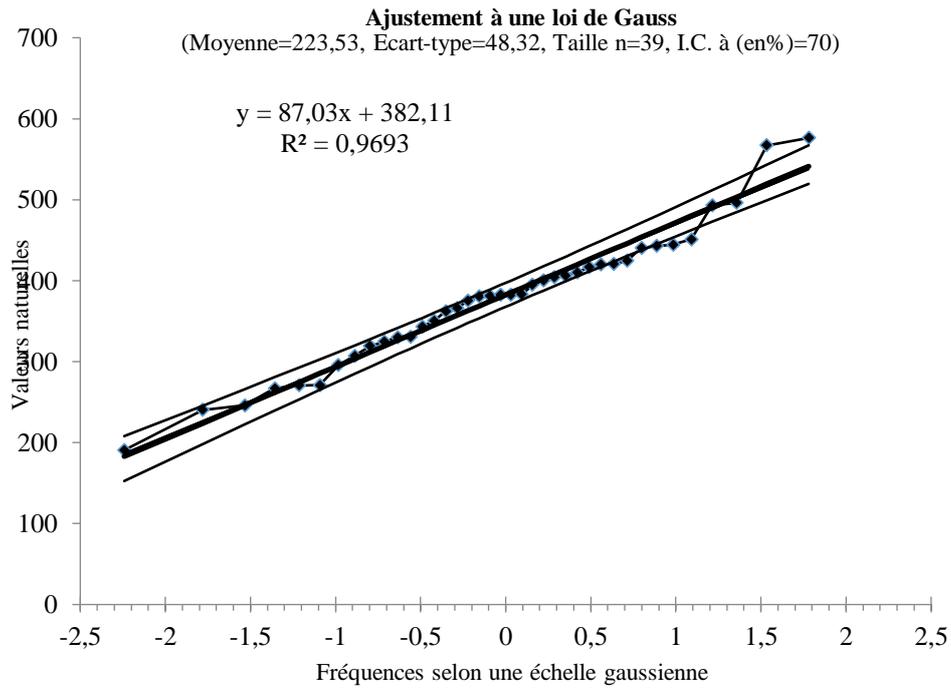
### Le test d'adéquation (Kolmogorov Smirnov)

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à la valeur critique : 0.141.

### La Période de retour

Période de retour	5ans	10ans	50ans	100ans	2ans
Pluie (mm)	334,2	368,6	428,8	449,9	267,7

## Sidi med ben aouda bge (013410)



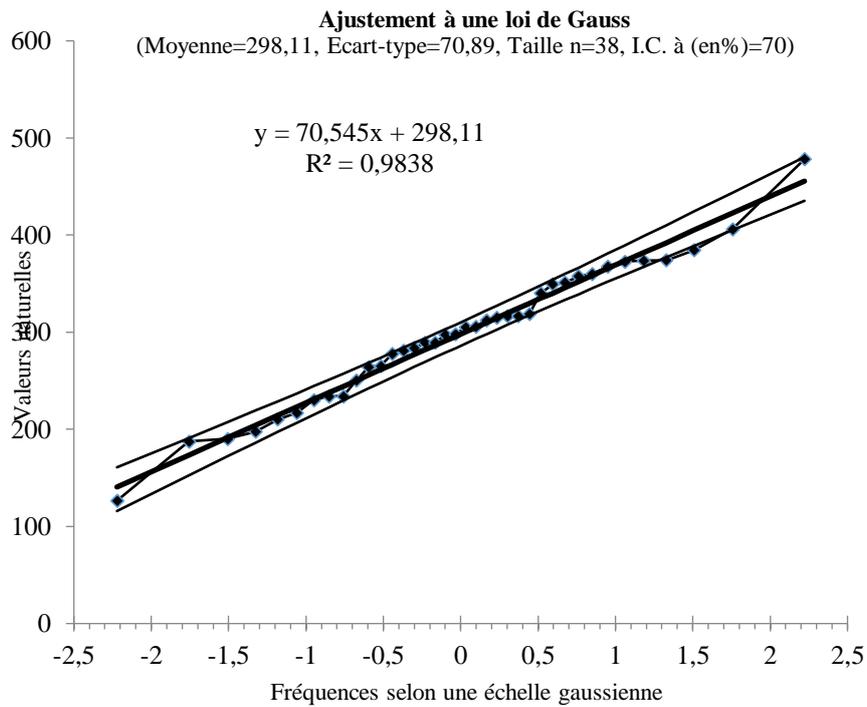
### Le test d'adéquation (Kolmogorov Smirnov)

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à la valeur critique : 0.139.

### La Période de retour

Période de retour	5ans	10ans	50ans	100ans	2ans
Pluie (mm)	264,6	285,9	323,1	336,1	223,5

L hillil(013507)



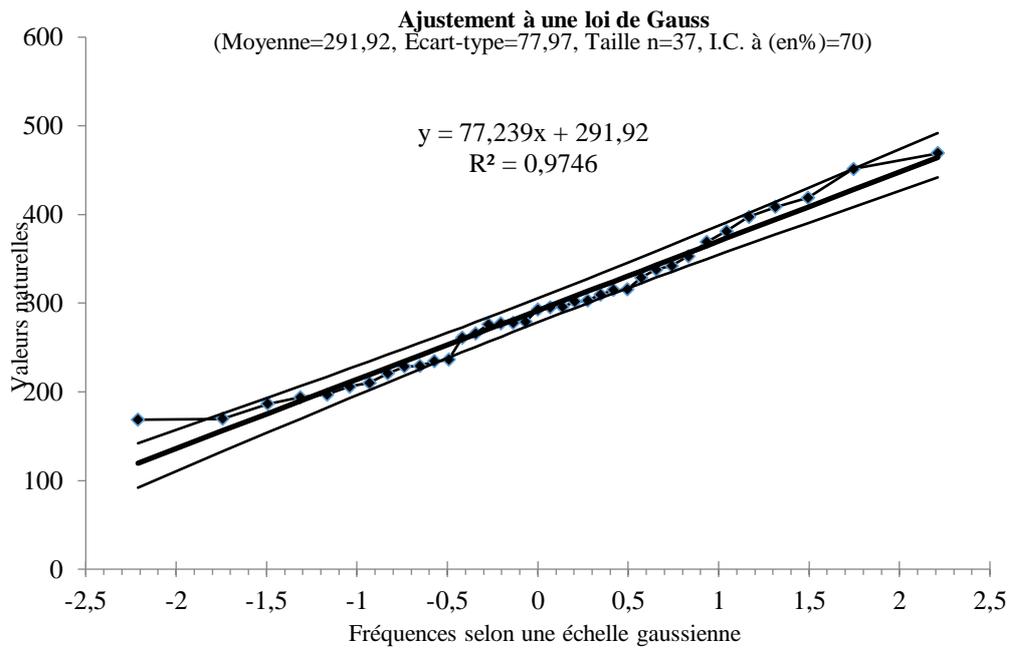
### Le test d'adéquation (Kolmogorov Smirnov)

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à la valeur critique : 0.141.

### La Période de retour

Période de retour	5ans	10ans	50ans	100ans	2ans
Pluie (mm)	358,4	389,6	444,1	463,3	298,1

## Oued kheir (013606)



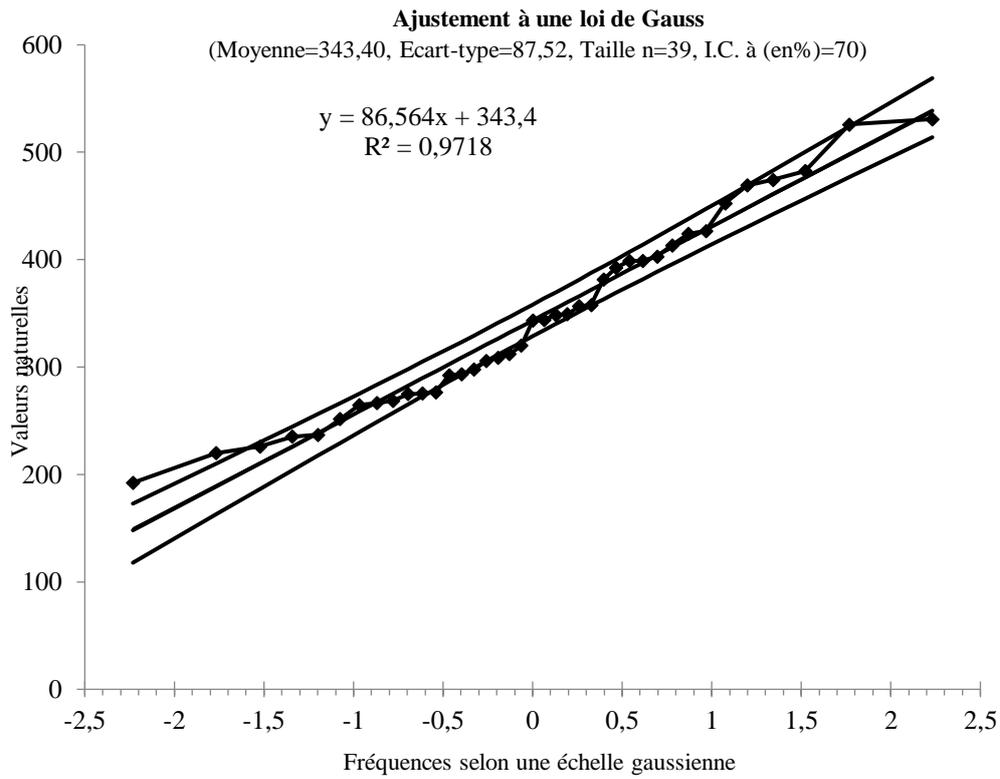
### Le test d'adéquation (Kolmogorov Smirnov)

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à la valeur critique : 0.143.

### La Période de retour

Période de retour	5ans	10ans	50ans	100ans	2ans
Pluie (mm)	358,2	392,5	452,5	473,6	291,9

Mendes(012706)



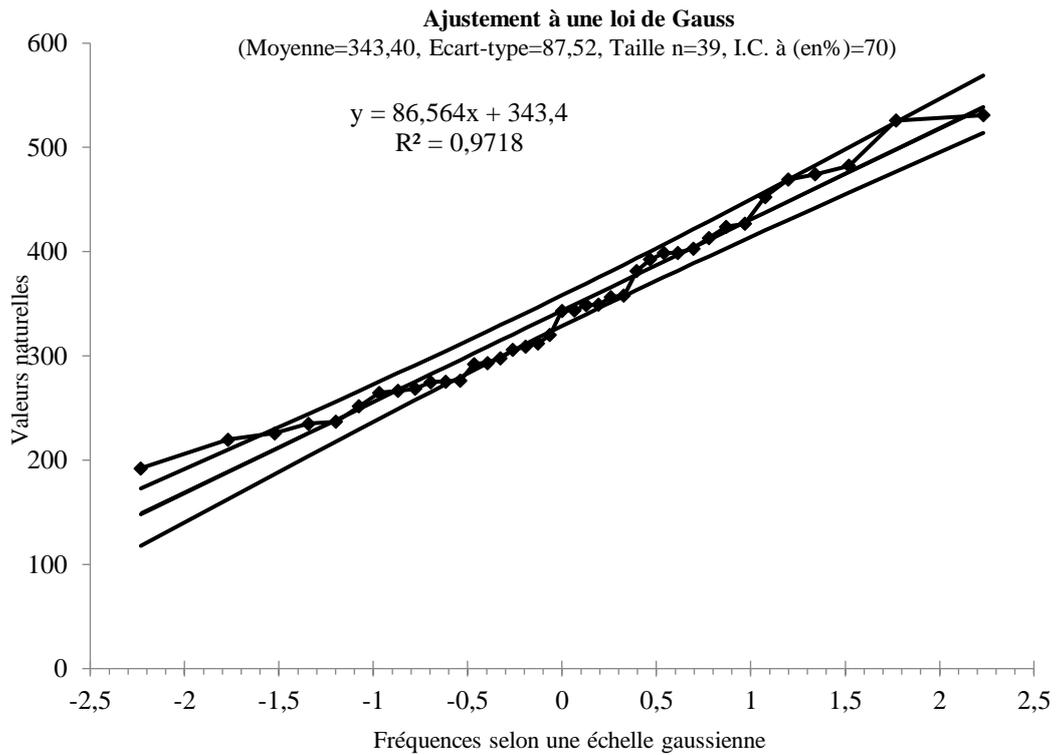
### Le test d'adéquation (Kolmogorov Smirnov)

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à la valeur critique : 0.143.

### La Période de retour

Période de retour	5ans	10ans	50ans	100ans	2ans
Pluie (mm)	458,3	497,4	568,7	590	382,6

Ammi moussa (012605)



**Le test d'adéquation (Kolmogorov Smirnov)**

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à la valeur critique : 0.139.

**La Période de retour**

Période de retour	5ans	10ans	50ans	100ans	2ans
Pluie (mm)	417,8	456,3	523,7	547,3	343,4

## Table de Gauss de la loi normale

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

**Tableau : Résultats de SPI**

	Humidité Extrême	Humidité Forte	Humidité Modérée	Sècheresse Modérée	Sècheresse Forte	Sècheresse Extrême
Ouarizane Village	2,60%	15,40%	33,30%	30,80%	17,90%	0%
Ammi Moussa	5,10%	10,30%	35,90%	33,30%	15,40%	0%
Relizane Demrh	2,50%	17,50%	32,50%	32,50%	15%	0%
Hasasna	5%	7,90%	34,20%	34,20%	18%	0,00%
Oued Kheir	5,40%	10,81%	35,14%	29,73%	18,92%	0%
L Hillil	2,63%	13,16%	34,21%	34,21%	13,16%	3%
Sidi Med Ben Aouda Bge	2,50%	7,60%	46,20%	30,80%	10,30%	2,60%
Mendes	7,50%	5%	40%	32,50%	12,50%	2,50%

**Tableau : Matrice de corrélation**

Variables	Village Ouarizane	Ammi Moussa	Mendes	Hassasna	SMBA	Relizane D	L Hillil	Oued Kheir
Village Ouarizane	<b>1</b>	0,720	0,687	0,383	0,530	0,737	0,523	0,319
Ammi Moussa	0,720	<b>1</b>	0,806	0,226	0,662	0,626	0,654	0,286
Mendes	0,687	0,806	<b>1</b>	0,078	0,766	0,654	0,644	0,291
Hassasna	0,383	0,226	0,078	<b>1</b>	-0,009	0,186	0,215	0,111
SMBA	0,530	0,662	0,766	-0,009	<b>1</b>	0,704	0,749	0,272
Relizane D	0,737	0,626	0,654	0,186	0,704	<b>1</b>	0,742	0,361
L Hillil	0,523	0,654	0,644	0,215	0,749	0,742	<b>1</b>	0,255
Oued Kheir	0,319	0,286	0,291	0,111	0,272	0,361	0,255	<b>1</b>

**Tableau : Distribution saisonnières des précipitations moyennes(ANRH)**

station	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Ouarizane village	26,68%	43,44%	27,36%	2,52%
Ammi moussa	27,50%	40,07%	29,22%	3,21%
Sidi med ben aouda bge	28,94%	34,59%	32,48%	3,99%
MENDES	25,60%	40,50%	31,10%	2,90%
RELIZANE DEMRH	29,00%	38,40%	28,80%	3,80%