



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté par :

Koudri zourgui abdelhak

Pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Gestion Conservatoire des eaux, des sols et de l'environnement

THEME

**Etude et Analyse des Précipitations annuelles et
Mensuelles dans la région de Nâama.**

Soutenue publiquement le 09/07/2019

Devant le jury :

Président : M. HADDAD Ahmed

Pr Université de Mostaganem

Encadreur : M .BOUALEM AEK

MC_B Université de Mostaganem

Examineur : M .TAHRI MILOUD

MC_B Université de Mostaganem



REMERCIEME

Tout d'abord, je remercie Dieu tout puissant ALLAH qui ma réunie dans le chemin de la science et qui m'a porté la foi, la force et le courage pour accomplir ce travail.

Au terme de cette étude, qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Boualem Abdelkader, qui a bien voulu suivre et diriger ce travail avec haute compétence ; ses conseils précieux et ses justes critiques ont été pour moi un encouragement permanent.

Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur Haddad Ahmed qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Mes remerciement vont également à Monsieur Tahri Miloud , d'avoir accepté de juger mon travail.

Je ne saurais oublier de remercier tout le corp enseignant de l'Université de Mostaganem qui a contribué à ma formation durant toute la période de mes études.

Que tous les Amis soit assurés de ma gratitude pour l'aide et leurs encouragements durant la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Je rends grâce a Dieu, tout puissant qui m'a accordé la patience nécessaire à la réalisation de ce modeste travail que je dédie chaleureusement :

Aux personnes qui ont consentis aux efforts et aux sacrifices pour permettre mon instruction et mon éducation : mes chers parents, je leurs exprime mes remerciements pour leurs conseils et la confiance qu'il mon accordée.

A mon per : Lezrag

A ma mère : Cherifa

A mes chères frères : Mohamed Abdelkrim Abdelmalik

A ma chère sœur : Ghania

Étudiants de ma promotion.

A tous les promotions d'Agronomie de l'Université de Mostaganem.

abdelhak

Résumé :

Connaitre l'évolution et la variabilité récentes du climat dans les régions arides et semi arides est une nécessité pour anticiper ce que pourraient être les conséquences sur les milieux et sur les sociétés de ces régions, et ainsi définir des politiques d'adaptation durables. Dans ce modeste travail nous avons étudié l'évolution pluviométrique dans une région aride. Ainsi une bonne connaissance de la distribution pluviométrique à la fois dans le temps et dans l'espace, est indispensable pour dégager d'une part les périodes critiques de sécheresse auxquelles les cultures sont exposées et d'autre part les zones favorables et les zones défavorables. Dans cette perspective, nous avons contribué à étudier l'élément essentiel du bilan qui est les précipitations en utilisant le traitement statistique et s de sécheresse, aussi nous avons adopté une méthodologie qui se caractérise par la Collecte des données pluviométriques et création d'une banque de données sur ordinateur.

Le calcul des indices pour les différentes stations révèle l'existence de deux périodes distinctes humide et sèche. Les années de sécheresse sont plus remarquables car elles peuvent s'installer pendant 4 ans. On constate une diminution de la pluviométrie pendant cette période d'étude mais elle est aussi interrompue par d'autres années de forte pluviométrie dans certaines régions telles qu'El Kheiter et Mecheria. C'est comme si, plus on va vers le sud plus l'impact sécheresse est présent.

Les mots clé : climat ; régions arides ; l'évolution pluviométrique ; l'analyse des indice ; les précipitations ; la région du Naama ; l'impact sécheresse

Abstract:

Knowing the evolution and recent climate variability in arid and semi-arid is a need to anticipate what might be the consequences on the environment and societies of these regions, and to define sustainable adaptation policies. In this modest work we have studied the evolution rainfall in an arid region. And a good knowledge of the rainfall distribution in both time and space, is important to achieve a share critical drought periods to which crops are exposed and the other favorable areas and areas unfavorable. In this perspective, we have helped to study the essential element of balance is rainfall using statistical processing and analysis of drought indices, so we adopted a methodology which is characterized by the collection of rainfall data and creation a database computer. The calculation of indices for the various stations reveals the existence of two distinct wet and dry periods. Drought years are remarkable because they can settle for 4 years. There is a decrease in rainfall during the study period but it is also interrupted by other years of high rainfall in some areas such as El Kheiter and Mecheria. It is as if, as we move south over the drought impact is present.

Les mots clé: climat; Arid regions; l'évolution pluviometric; l'analyse des index; les précipitations; the Naama region; l'impact sécheresse

Liste des figures

	Page N°
Chapitre I	
Figure N° I.1 : Situation géographique de la wilaya Nâama.....	2
Figure N° I.2 : Daïras de la wilaya	3
Figure N° I.3 : Trois (3) grands espaces géographiques	
Figure N° I.4 : Les monts des ksours	
Figure N° I.5 : Hauts plateaux	
Chapitre II	
Figure N° II.6 : localisation des stations d'étude	10
Figure N° II.7 : tracé de loi normale de Mecheria.....	18
Figure N° II.8 : tracé de loi Normale de Nâama.....	19
Figure N° II.9 : tracé de la loi Normale de Ain sefra.....	20
Figure N° II.10 : tracé de la loi Normale d'El Kheiter.....	21
Chapitre III	
Figure N° III.11 : histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Mecheria.....	29
Figure N° III.12 : histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles de la station de Nâama.....	30
Figure N° III.13 : histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles de la station de Ain sefra.....	31
Figure N° III.14 : histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles de la station d'El Kheiter.....	32
Figure N° III.15 : évolution des moyennes, minima et maxima des stations.....	33
Figure N° III.16 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Mecheria.....	35
Figure N° III.17 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Nâama.....	35
Figure N° III.18 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Ain sefra	36
Figure N° III.19 : tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'El Kheiter.....	36
Figure N° III.20 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Mecheria.....	38
Figure N° III.21 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Nâama.....	39
Figure N° III.22 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Ain sefra	40
Figure N° III.23 : tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station d'El Kheiter.....	41
Figure N° III.24 : variation moyennes mensuelles des précipitations.....	43
Figure N° III.25 : précipitations moyennes saisonnière de Mecheia.....	44
Figure N° III.26 : précipitations moyennes saisonnière de Nâama.....	45
Figure N° III.27 : précipitations moyennes saisonnières de Ain sefra.....	45
Figure N° III.28 : précipitations moyennes saisonnières d'El Kheiter.....	45



Chapitre I :

*Aperçu générale sur la
région d'étude*



Chapitre II:

*Analyse des Données
Pluviométriques*



Chapitre III:

*Variabilité des
Précipitations Annuelles et
Mensuelles*



Chapitre IV:

*Caractérisation de
La sécheresse*

Liste des tableaux

Chapitre II

	Page N°
Tableau N° II.1 : présentation des stations utilisées.....	6
Tableau N° II.2 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Mecheria.....	9
Tableau N° II.3 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Nâama.....	9
Tableau N° II.4 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Ain sefra.....	10
Tableau N° II.5 : application de la méthode de Wilcoxon sur la station d'El Kheiter.....	11
Tableau N° II.6 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station de Mecheria)....	13
Tableau N° II.7 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station de Nâama)....	14
Tableau N° II.8 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station de Ain sefra)...	15
Tableau N° II.9 : tableau de la fréquence des pluies annuelles (station d'El Kheiter).....	16
Tableau N° II.10 : calcul du coefficient de variation.....	17
Tableau N° II.11 : test de Khi deux pour la station de Mecheria.....	18
Tableau N° II.12 : test de Khi deux pour la station de Nâama.....	19
Tableau N° II.13 : test de Khi deux pour la station de Ain sefra.....	19
Tableau N° II.14 : test de Khi deux pour la station d'El Kheiter.....	19
Tableau N° II.15 : résultat du test de χ^2 des précipitations annuelles des quatre stations	20

Chapitre III

Tableau N° III.16 : détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations	23
Tableau N° III.17 : calcul des modules secs	23
Tableau N° III.18 : calcul des modules humides	23
Tableau N° III.19 : récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles.....	23
Tableau N° III.20 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Mecheria	25
Tableau N° III.21 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Nâama.....	26
Tableau N° III.22 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Ain sefra	27
Tableau N° III.23 : les classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station d'El Kheiter	28

Tableau N° III.24 : évolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles Pluviométriques	29
Tableau N° III.25 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Mecheria.....	33
Tableau N° III.26 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Nâama.....	34
Tableau N° III.27 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Ain sefra.....	35
Tableau N° III.28 : analyse des tracés des écarts à la moyenne station d'El Kheiter.....	36
Tableau N° III.29 : présentation des précipitations moyennes mensuelles.....	38
Tableau N° III.30 : présentation des précipitations moyennes saisonnières.....	39

Chapitre IV

Tableau N° IV.31 : distribution selon les fréquences.....	43
Tableau N° IV.32 : les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type.....	43
Tableau N° IV.33 : classe de distribution des années selon SPI.....	44
Tableau N° IV.34 : calcul des indices de sécheresse.....	46

TABLE DES MATIERS

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : Aperçu générale sur la région d'étude	
I.1.La situation géographique	2
I.2.Aspect Administratif	3
I.3 .Situation démographique	4
I.4. Relief.....	4
I.5.Le climat.....	7
I.6 la végétation.....	7
Chapitre II : Analyse des données pluviométriques	
II.1. Introduction.....	9
II.2. Etude des précipitations	9
II.2.1.Collecte des données.....	9
II.2.2. Choix de la période d'étude	9
II.3.Contrôle de l'homogénéité des données	10
II.3.1. Test de Wilcoxon.....	11
II.3.1.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Mecheria.....	12
II.3.1.2. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Nâama.....	13
II.3.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station Ain sera.....	14
II.3.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station d'El Kheiter	15
II.3.2. Ajustement par la loi Normale.....	16
II.3.2.Théorie de l'ajustement à la loi Normale	16

a) Station de Mecheria	17
b) Station de Nâama	18
c) Station Ain sefra.....	19
d) Station d'El Kheiter.....	20
II.3.2.2 Analyse des tracés de la loi Normale.....	21
II.3.3. Test du khi deux	21
a) Calcul du coefficient de variation(Cv)	21
b) Théorie du test de Khi deux	22
c) Résultat du test du Khi deux.....	24
II.3.4. Conclusion	25

Chapitre III : Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

III.1. Introduction.....	26
III.2. Calcul des récurrences.....	26
III.2.1. Calcul du module sec.....	26
a) Calcul du module décennal sec	26
b) Calcul du module de cinquante(50) ans sec.....	26
c) Calcul du module centenaire sec.....	27
III.2.2. Calcul du Module Humide.....	27
a) Calcul du module décennal humide.....	27
b) Calcul de module cinquante (50) ans humide	27
c) Calcul de module centenaire humide.....	27
III.2.3. Récurrence du module théorique le plus fort	27
III.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible.....	27

III.2.5. Analyse du calcul des récurrences.....	29
III .3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles des pluies.....	30
a.la station de Mecheria	30
b. La station de Nâama	31
c.la station de Ain sera.....	33
d. La station d’El Kheiter	34
III.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations	35
III.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne	37
III.6. Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle.....	40
a.la station de Mecheria.....	40
b. La station de Nâama.....	42
c.la station de Ain sera.....	43
d. La station d’El Kheiter.....	45
III.6.1. Délimitation des mois secs et humides.....	47
III.6.2.Précipitations saisonnières.....	51
III.7. Conclusion	53

Chapitre VI : Caractérisation de la sécheresse

IV. Caractérisation de la sécheresse météorologique.....	54
IV.1. Indices de sécheresses.....	54
IV.1.1. Indice de l’écart à la moyenne (Em).....	54
IV.1.2. Indice de pluviosité (Ip)	54
IV.1.3. Distribution selon les fréquences.....	55
IV.2. Indices de sévérité.....	55

IV.2.1. Indice du nombre d'écart type	55
IV.2.2. Indice standardisé de précipitation.....	56
IV.3. Analyse du calcul des indices	57
CONCLUSION GENERALE	59

Bibliographie

INTRODUCTION GENERALE

Connaitre l'évolution et la variabilité récentes du climat dans les régions arides et semi arides est une nécessité pour anticiper ce que pourraient être les conséquences sur les milieux et sur les sociétés de ces régions, et ainsi définir des politiques d'adaptation durables. Ainsi, il est fondamental d'étudier les modifications significatives des paramètres climatiques ainsi que leur impact sur la végétation naturelle pour déterminer de véritable politique de gestion des ressources végétales.

Dans ce modeste travail nous allons essayer d'étudier l'évolution pluviométrique dans une région aride. Ainsi une bonne connaissance de la distribution pluviométrique à la fois dans le temps et dans l'espace, est indispensable pour dégager d'une part les périodes critiques de la sécheresse aux quelle les cultures sont exposées et d'autre part les zones favorables et les zones défavorables.

Pour notre étude nous avons pris quatre stations : Nâama, Mecheria, Ain sefra qui sont situées dans la wilaya de Nâama et la station de El Kheiter qui se situe à la limite extrême de Mecheria. A fin de tenter d'élucider ce problème, il est indispensable d'analyser au préalable le terme précipitation. On va essayer de répondre à quelques questions préoccupantes et fondamentales, entre autres : Comment évolue la pluviométrie de notre région dans l'espace ? Y a-t-il une diminution des précipitations pendant cette période d'étude ?

Dans cette perspective, nous contribuons à étudier l'élément essentiel du bilan qui est les précipitations en utilisant le traitement statistique et l'analyse des indices de sécheresse, aussi nous avons adoptés une méthodologie qui se caractérise comme suit :

- 1- Collecte des données pluviométriques et création d'une banque de données sur l'ordinateur.
- 2- Prétraitement des données :
 - ❖ Test d'ajustement à la loi normale
 - ❖ Test de wilcoxon
 - ❖ Test du Khi deux
- 3- Traitement statistique des données et calcul des indices de sécheresse :
 - ❖ Variabilité des moyennes annuelles, moyennes mensuelles et saisonnières.
 - ❖ Caractérisation de la sécheresse à l'aide des indices.

Chapitre I : Aperçu générale sur la région d'étude

I.1. Situation géographique :

La wilaya de Nâama est issue de découpage administratif institué par la loi 84-09 du Avril 1984. Elle se situe entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien, la wilaya fait partie de la région des hauts plateaux Ouest, telle que définie par le Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT). Elle se trouve intégralement incluse dans le périmètre du programme impliqué par l'option "HAUTS PLATEAUX". (ANDI, 2017) Agence Nationale De Développement de l'Investissement.

Limitées territoriales :

Naâma, wilaya frontalière avec le royaume du Maroc, est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès,
- A l'Est par la wilaya d'El bayadh,
- Au Sud par la wilaya de Béchar,
- A l'Ouest par la frontière Algéro-marocaine.
- La wilaya s'étend sur une superficie de 29.514,14 Km² ".(ANDI, 2017) Agence Nationale De Développement de l'Investissement.



Figure N°I.01 : Situation géographique de la wilaya de Nâama

I.2. Aspect Administratif :

La wilaya de Nâama est constituée administrativement de 12 communes et de 07 daïras subdivisées comme suit :

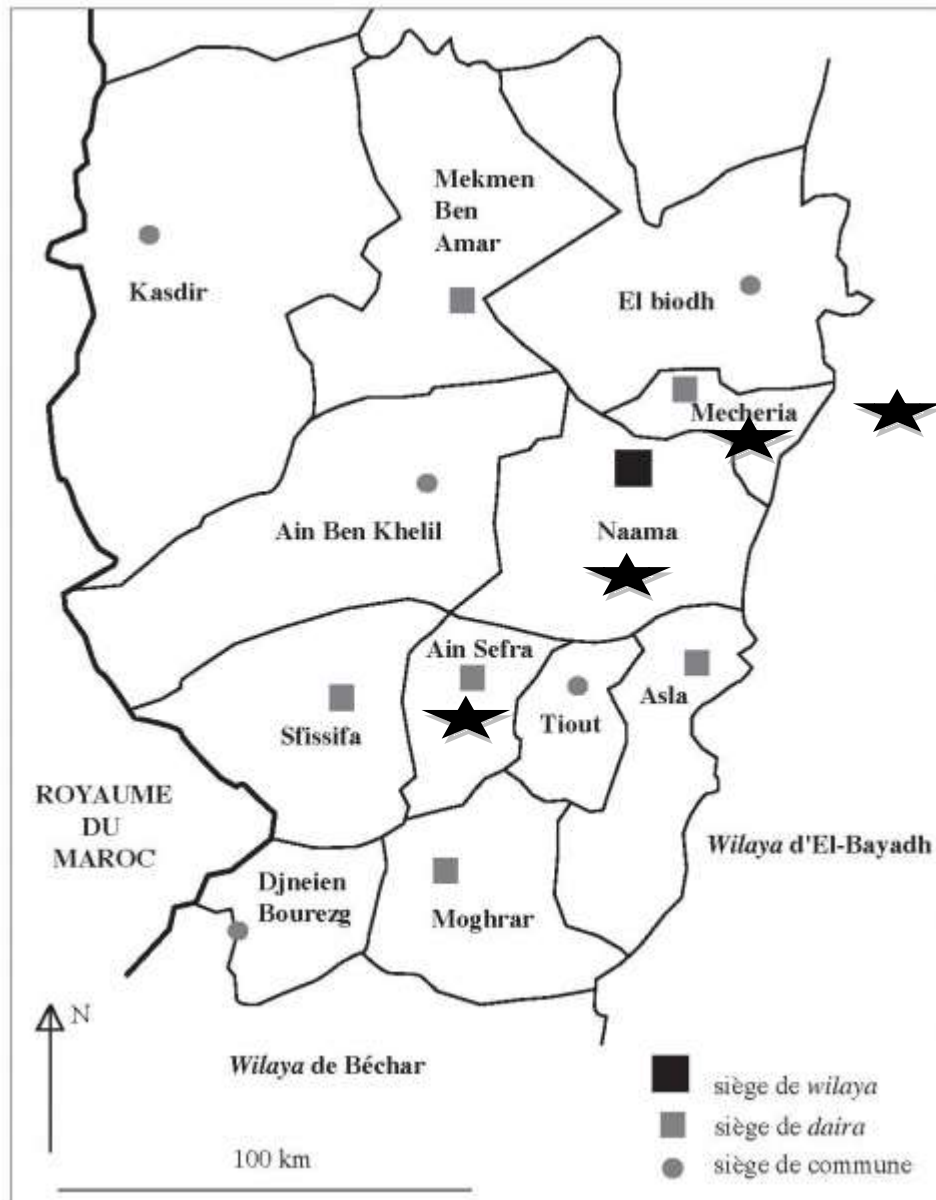


Figure N°I.02 : Daïras de la wilaya Nâama

★ Les Stations d'études

Les communes :

Nâama ,Mecheria, Ain-Sefra ,Tiout ,Sfissifa, Moghrar, Asla, Djenien-Bourezg ,Ain-Ben-Khelil, Mekmen-Ben-Amar, Kasdir, El-Biodh.

Les daïrats :

-Mecheria, Asla, Ain-Sefra, Mekmen-Ben-Amar, Moghrar, Nâama, Sfissifa.

I.3 .Situation démographique :

La population estimée au 31/12/2018 à 281 168 habitants, soit une densité de 9,43 hab/Km

I.4.Le relief :

Le territoire de la wilaya de Nâama se caractérise par trois (3) grands espaces géographiques :

Une zone Nord steppique plane représentant 74% de la superficie totale de la wilaya, soit 21840 Km²;

Une zone montagneuse occupant 12% du territoire de la wilaya, soit 3542 Km², et faisant partie de l'Atlas saharien;

Une zone Sud présaharienne qui s'étend sur les 14% restants de la wilaya, soit 4132 Km².



Figure N°I.03 Trois (3) grands espaces géographiques

Ces grands ensembles se caractérisent par des activités différenciées :

Les 3/4 du territoire Nord font partie du domaine des hautes Plaines steppiques appelées improprement "hauts plateaux".



Figure N°I.04 Les monts des ksours



Figure N°I.05 hauts plateaux

Cet espace est caractérisé par la prédominance de l'activité Pastorale;

Les monts des ksours et piémonts Sud de l'Atlas se caractérisent par une agriculture oasienne avec une phoeniciculture localisée parallèlement à l'activité de transhumance d'hiver. **MOUSSA BOUGUEFDA ; (2013)**

I.5 Le climat :

C'est l'ensemble des paramètres météorologiques (température, humidité, vent, ensoleillement, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné. Au sens étroit du terme, le climat désigne généralement le "temps moyen" ; il s'agit plus précisément d'une description statistique en fonction de la moyenne et de la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes allant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période classique, définie par l'Organisation météorologique mondiale, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Dans un sens plus large, le climat est la description statistique. (LUBES-NIEL H et al, 1998).

D'une manière générale, l'année climatique de la wilaya est divisée en deux grandes saisons; une saison froide et relativement humide et une saison chaude et sèche.

I.6 : La végétation :

Les écosystèmes steppiques ont une vocation essentiellement pastorale. Ils connaissent Aujourd'hui une forte tendance à la dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel Biologique et la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques. Pour contribuer à la Compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes, des travaux ont été entrepris au niveau De l'interface steppe – Sahara dans la région sud ouest algérienne. (MCKEE TB, et al 1993)

Chapitre II : Analyse des données pluviométriques**II.1. Introduction :**

L'analyse des données climatiques consiste à réaliser une analyse statistique des données, de façon à faire apparaître de quantifier la variabilité spatiotemporelle du climat.

Cette variabilité peut être étudiée sur la base de l'analyse de longues séries chronologiques, continues et homogènes, de variables climatiques ou agro climatiques sur une période de 19 ans, la référence actuelle étant la période 2000-2019 selon les quatre stations climatologiques de notre région. (DAGNÉLIE P, 1970).

II.2. Etude des précipitations :**II.2.1. Collecte des données**

La collecte des valeurs mensuelles des précipitations à été effectuée auprès de **ANRH** (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). Ces valeurs représentent des totaux mensuels relevés à partir des documents originaux des stations de notre d'étude.

II.2.2. Choix de la période d'étude

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

Tableau N°II.01 : Présentation des stations pluviométriques

Station	Coordonnées géographiques	Année d'étude
Mecheria	33° 33' 00" N, 0° 17' 00" W	2000-2019
Naama	35°38'26,206'' N	2000-2019
Ain sefra	<u>32° 45' 20" N,</u> <u>0° 35' 09" W</u>	2000-2019
El kheiter	34° 08' 36" N, 0° 04' 24" E	2000-2019

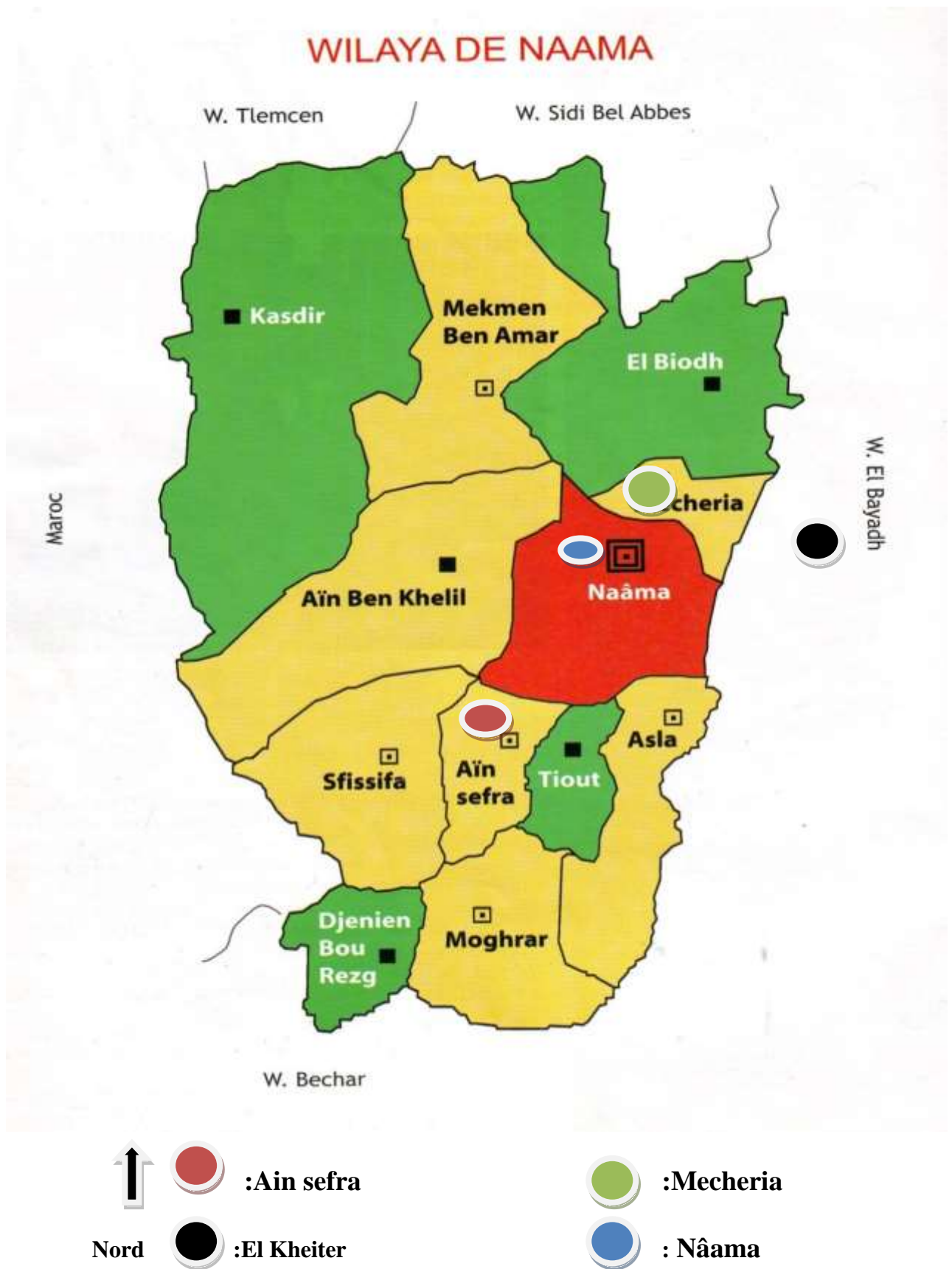


Figure N°II.06 : Localisation des zones d'étude

II.3. Contrôle de l'homogénéité des données

Toute étude climatique ou hydrologique est basée sur l'exploitation de séries de données recueillies pendant des périodes plus ou moins longues, continues ou discontinues. Les méthodes statistiques d'analyse de ces séries, exigent une homogénéité de leurs composantes, il est donc nécessaire, avant toute utilisation des variables pluviométriques, de contrôler leur qualité par l'emploi d'outils statistiques et graphiques, afin de réduire les erreurs systématiques qui pourraient les affecter.

II.3.1. Test de Wilcoxon

C'est un test non paramétrique qui utilise la série des rangs des observations, au lieu de la série de leurs valeurs. Le test de Wilcoxon se base sur le principe suivant : Si l'échantillon X est issue d'une même population Y, l'échantillon XUY (union de X et Y) en est également issue.

On procède ainsi :

Soit une série d'observations de longueur N à partir de laquelle on tire deux échantillons X et Y :

N_1 et N_2 sont respectivement les tailles de ces échantillons, avec $N = N_1 + N_2$ et $N_1 \leq N_2$

On classe ensuite les valeurs de notre série par ordre croissant. Par la suite, nous ne nous intéresserons qu'au rang de chacun des éléments des deux échantillons dans cette série. Si une valeur se répète plusieurs fois, on lui associe le rang moyen correspondant.

On calcule ensuite la somme W_x des rangs des éléments du premier échantillon dans la série commune : $W_x = \sum \text{rang } x$

Wilcoxon a montré que, dans le cas où les deux échantillons X et Y constituent une série homogène, la quantité W_x est comprise entre deux bornes W_{\max} et W_{\min} données par les formules suivantes :

$$W_{\min} = \frac{N_1 + N_2 + 1}{2} \bar{N}_1 - Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{12} N_1 N_2 \frac{N_1 + N_2 + 1}{N}}$$

$$W_{\max} = \frac{N_1 + N_2 + 1}{2} \bar{N}_1 - W_{\min}$$

$Z_{1-\alpha/2}$: Représente la valeur de la variable centrée réduite de la loi normale correspondant à $Z_{1-\alpha/2}$ (au seuil de confiance de 95%, nous avons $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$)

Nous allons utiliser le test de Wilcoxon pour vérifier l'homogénéité des données pluviométriques des quatre stations au niveau de signification de 5%.

II.3.1.1. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Mecheria

Tableau N°.II. 02 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Mecheria

x	Y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	origine4
145,0	236,0	1	72	Y	11	227	X
98,0	163,0	2	98	X	12	231	X
192,0	243,0	3	108	Y	13	236	Y
231,0	174,0	4	145	X	14	242	X
227,0	108,0	5	163	Y	15	243	Y
316,0	198,0	6	174	Y	16	244	X
242,0	223,0	7	192	X	17	302.5	Y
244,0	224,0	8	198	Y	18	316	X
499,0	72,0	9	223	Y	19	499	X
	302,5	10	224	Y			

On a: $N_1=9$, $N_2=10$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{\min} = 65.49 \\ W_{\max} = 113.51 \\ W_x = 103 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{on vérifie l'inégalité: } W_{\min} < W_x < W_{\max} \\ \text{C'est-à-dire } 65.49 < 103 < 113.51 \end{array}$$

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

II.3.1.2. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Nâama

Tableau N°.II.03 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Nâama

X	Y	Rang	(X)U(Y)	Origine	Rang	(X)U(Y)	Origine
218,2	252,6	1	131,3	X	11	221,5	Y
131,3	285,0	2	143,0	Y	12	222,1	Y

162,8	309,0	3	162,8	X	13	226,8	X
167,0	222,1	4	164,0	Y	14	226,8	X
211,2	164,0	5	167,0	X	15	226,8	Y
226,8	215,0	6	168,2	Y	16	252,6	Y
226,8	168,2	7	179,9	X	17	285,0	Y
179,9	221,5	8	211,2	X	18	309,0	Y
400,2	143,0	9	215,0	Y	19	400,2	X
	226,8	10	218,2	X			

On a: $N_1=9$, $N_2=10$

$W_{min} = 65.49$
 $W_{max} = 113.51$
 $W_x = 80$

on vérifie l'inégalité: $W_{min} < W_x < W_{max}$
 C'est-à-dire $65.49 < 80 < 113.51$

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

II.3.1.3. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Ain sefra.

Tableau N°.II.04 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de Ain sefra.

X	Y	Rang	(X)U(Y)	Origine	Rang	(X)U(Y)	Origine
53,0	239,0	1	53,0	X	11	207,0	Y
59,0	207,0	2	59,0	X	12	213,0	Y
148,0	230,0	3	63,0	Y	13	213,8	Y
223,0	201,0	4	87,0	Y	14	223,0	X
190,0	63,0	5	139,0	Y	15	230,0	Y
158,0	231,0	6	148,0	X	16	231,0	Y
169,0	139,0	7	158,0	X	17	239,0	Y
290,0	213,0	8	169,0	X	18	290,0	X
436,0	87,0	9	190,0	X	19	436,0	X
	213,8	10	201,0	Y			

On a: $N_1=9$ $N_2=10$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{\min} = 65.49 \\ W_{\max} = 113.51 \\ W_x = 84 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{on vérifie l'inégalité: } \mathbf{W_{\min} < W_x < W_{\max}} \\ \text{C'est-à-dire } 65.49 < 88 < 113.5 \end{array}$$

➤ L'inégalité est donc vérifiée, et donc notre donnée est homogène.

II.3.1.4. Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de El kheiter :

Tableau N°.II.05 : Application de la méthode de Wilcoxon sur la Station de El kheiter.

X	Y	Rang	(X)U(Y)	Origine	Rang	(X)U(Y)	Origine
3,0	237,0	1	3	X	11	218.8	Y
395,3	264,0	2	113.3	Y	12	237	X
216,0	274,0	3	164	Y	13	237	Y
254,0	187,0	4	187	Y	14	254	X
204,0	164,0	5	190	Y	15	264	Y
202,0	216,0	6	202	X	16	274	Y
237,0	297,0	7	203	X	17	297	Y
216,0	190,0	8	216	X	18	395.3	X
423,0	113,3	9	216	X	19	423	X
	218,8	10	216	Y			

On a: $N_1=9$, $N_2=10$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{\min} = 65.49 \\ W_{\max} = 113.51 \\ W_x = 94 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{on vérifie l'inégalité: } \mathbf{W_{\min} < W_x < W_{\max}} \\ \text{C'est-à-dire } 65.49 < 94 < 113.51 \end{array}$$

➤ L'inégalité est donc vérifiée, et donc notre donnée est homogène.

II.3.2. Ajustement par la loi Normale

Les données recueillies peuvent subir plusieurs traitements statistiques afin de contrôler la fiabilité et la précision de cette dernière. Parmi ses traitements on peut citer l'étude de l'homogénéité des données grâce à la méthode de double masse et la régression linéaire entre autres.

Cette approche nécessite des stations de référence limitrophes à nos stations d'étude. Le manque de ces dernières nous amène à écarter cet aspect et essayer de traiter des séries de données en employant une méthode d'ajustement, celle de la loi Normale qui a elle seule peut résumer la fiabilité de chaque série.

II.3.2.1. Théorie de l'ajustement à la loi Normale

La loi Normale (la **courbe en cloche** symétrique autour de la moyenne) est une fonction théorique couramment utilisée en statistique comme une approximation des distributions d'échantillonnage, en général, la loi Normale offre un bon modèle pour une variable aléatoire lorsque :

- 1- Il existe une tendance forte pour la variable à prendre une valeur centrale.
- 2- Les écarts positifs et négatifs par rapport à cette valeur centrale sont de probabilité égale.
- 3- La fréquence des écarts diminue rapidement avec l'accroissement des écarts.

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

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

ou U est la variable réduite de GAUSS

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

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

,

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Avec :

x : variable aléatoire

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

δx : Ecart type de la variable aléatoire

a) Station de Mecheria :

Tableau N°II.6 : Tableau de fréquence des pluies annuelles de Mecheria.

valeur observée	effectif n	effectif cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
72	1	1	5
98	1	2	10
108	1	3	15
145	1	4	20
163	1	5	25
174	1	6	30
192	1	7	35
198	1	8	40
223	1	9	45
224	1	10	50
227	1	11	55
231	1	12	60
236	1	13	65
242	1	14	70
243	1	15	75
244	1	16	80
302,5	1	17	85
316	1	18	90
499	1	19	95

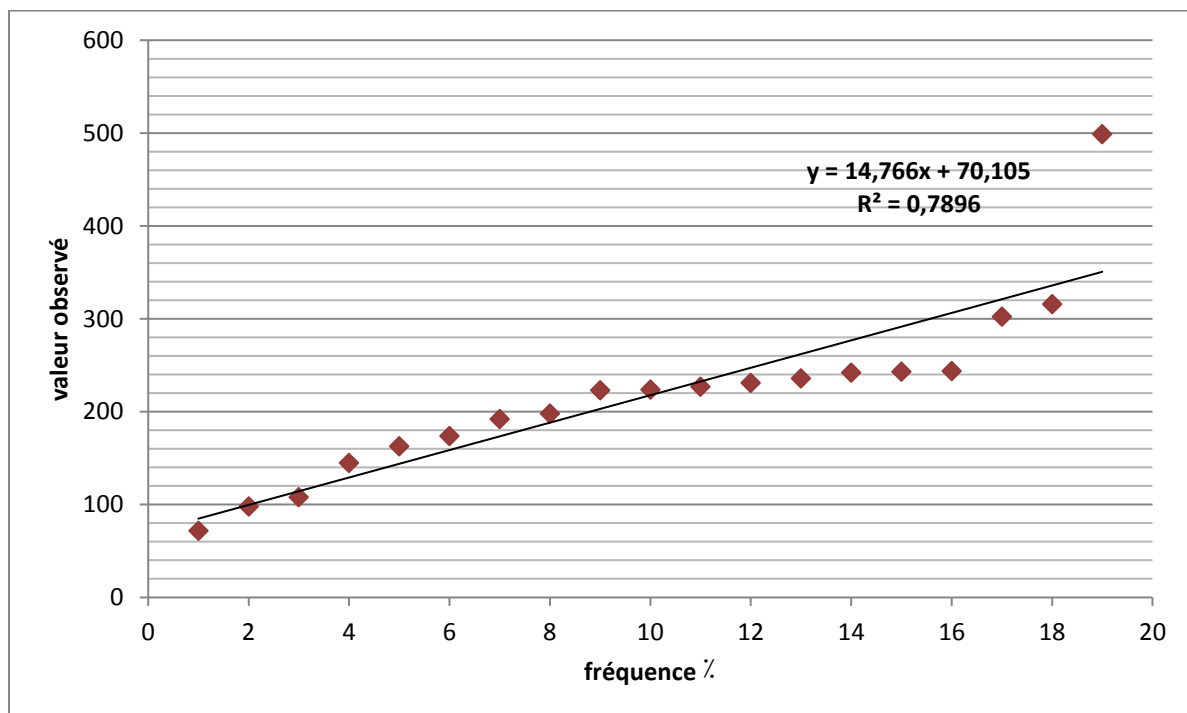


Figure N II.07 : Tracé de la loi Normal de la station de Mecheria.

b) Station de Nâama :

Tableau N°II.07 : Tableau de fréquence des pluies annuelles de Nâama.

valeur observée	effectif n	effectif cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
131,3	1	1	5
143,0	1	2	10
162,8	1	3	15
164,0	1	4	20
167,0	1	5	25
168,2	1	6	30
179,9	1	7	35
211,2	1	8	40
215,0	1	9	45
218,2	1	10	50
221,5	1	11	55
222,1	1	12	60
226,8	3	15	65
252,6	1	16	80
285,0	1	17	85
309,0	1	18	90
400,2	1	19	95

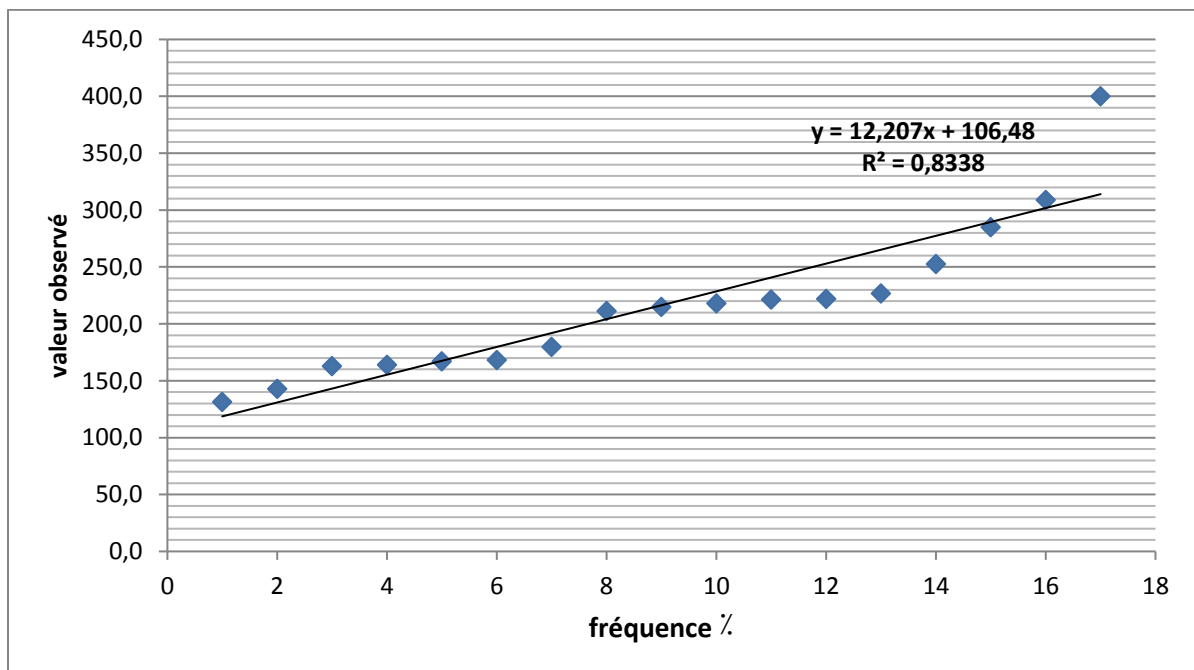


Figure N II.08 : Tracé de la loi Normal de la station de Nâama

c) Station de Ain sefra :

Tableau N°II.8 : Tableau de fréquence des pluies annuelles de Ain sefra.

valeur observée	effectif n	effectif cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
53	1	1	5
59	1	2	10
63	1	3	15
87	1	4	20
139	1	5	25
148	1	6	30
158	1	7	35
169	1	8	40
190	1	9	45
201	1	10	50
207	1	11	55
213	1	12	60
213.8	1	13	65
216	1	14	70
223	1	15	75
231	1	16	80
239	1	17	85
290	1	18	90
436	1	19	95

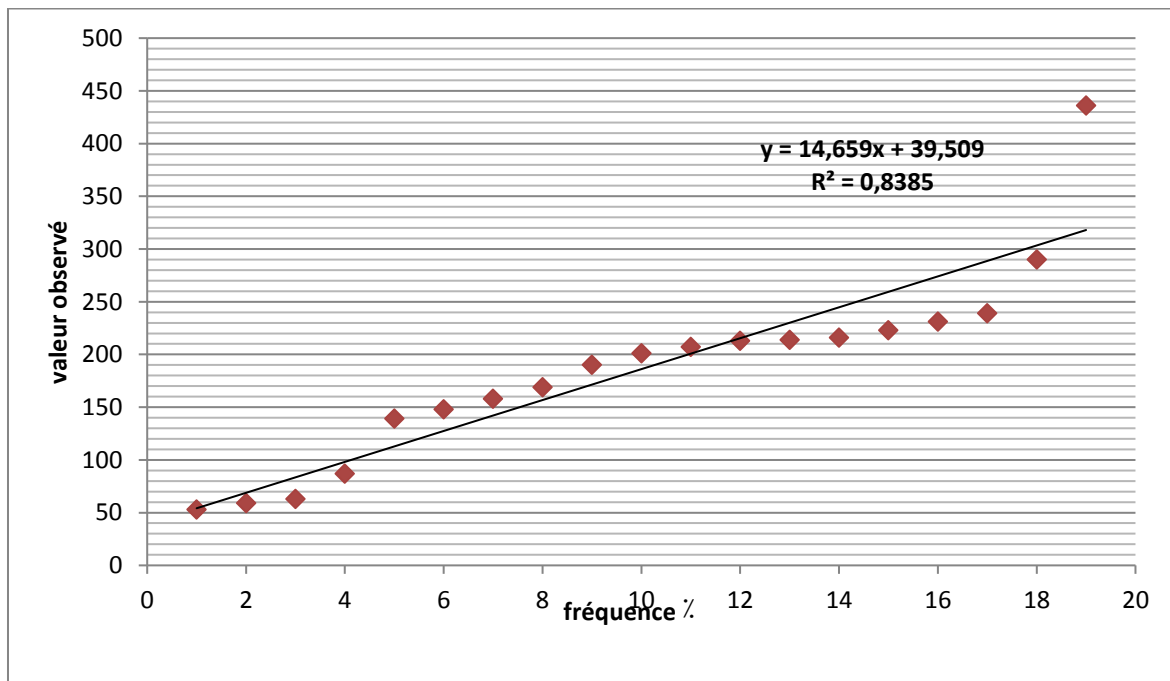


Figure N II.09 : Tracé de la loi Normal de station de Ain sefra

d) Station d'El Khaïter :

Tableau N°II.9 : Tableau de fréquence des pluies annuelles d'El Kheiter.

valeur observée	effectif n	effectif cumulé	Fréquence $F_i = n / N + 1$ (%)
3	1	1	5
113.3	1	2	10
164	1	3	15
187	1	4	20
190	1	5	25
202	1	6	30
203	1	7	35
216	3	10	50
218.8	1	11	55
237	2	13	65
254	1	14	70
264	1	15	75
274	1	16	80
297	1	17	85
395.3	1	18	90
423	1	19	95

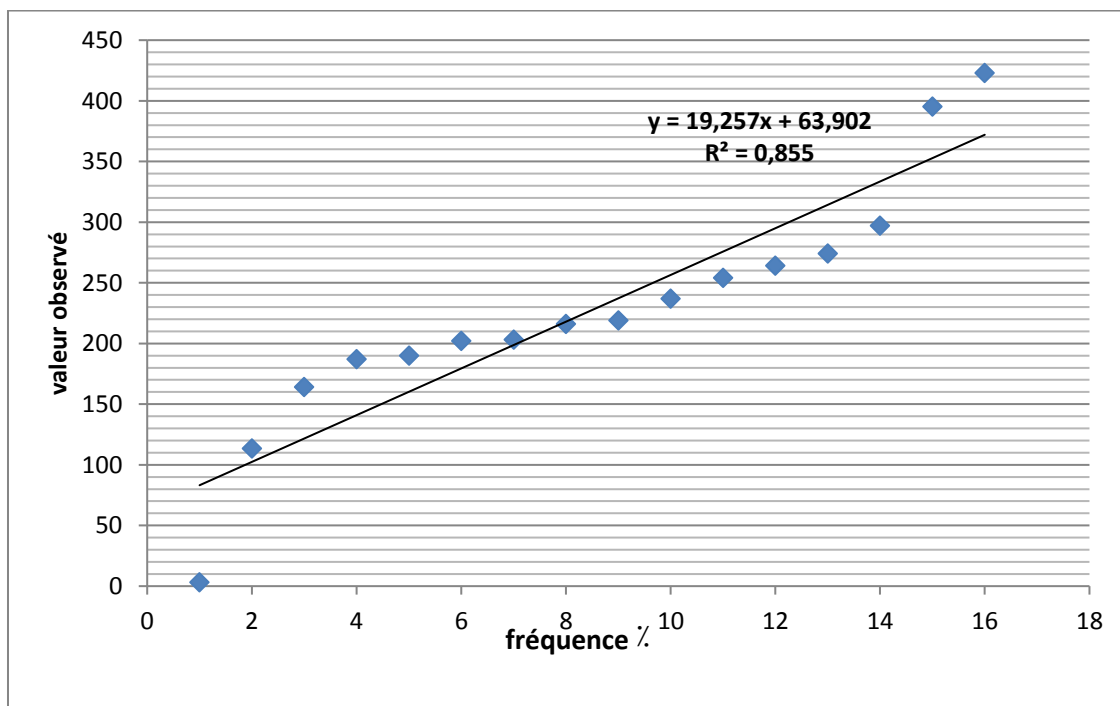


Figure N II.10: Tracé de la loi Normal de station de Khaïter.

II.3.2. Analyse des tracés de la loi Normale

L'analyse des figures N°7, 8, 9, et 10 nous montre que les distributions observées dans chacune des stations forment une structure claire autour de différentes droites. On remarque que certaines distributions s'alignent sur les droites tandis que d'autres s'écartent plus ou moins.

Afin de confirmer s'il y a lieu de normalité des différentes distributions nous les soumettrons, au test de Khi deux.

II.3.3. Test du khi deux

Avant d'effectuer le test de Khi deux nous essayerons de déterminer tout d'abord le coefficient de variation (Cv) qui nous indiquera si toutes les conditions sont remplies pour effectuer le test de Khi deux c'est-à-dire le coefficient de variation doit être inférieur à 0,5 pour chaque station

a). Calcul du coefficient de variation (Cv)

C'est le rapport de l'écart type sur la moyenne. Le coefficient de variation marque numériquement l'importance du degré de variabilité des moyennes pluviométriques dans les séries ainsi que la dispersion en nombre des valeurs autour de la moyenne, plus ce nombre est grand, plus la dispersion est forte, il permet aussi de mieux comprendre la variabilité de la pluviosité et l'irrégularité des pluies .

Le coefficient de variation étant inférieur à 0,5 pour les quatre stations alors on pourra procéder au calcul du Khi deux.

Tableau N°II.10 : Calcul du coefficient de variation

Station	Moyenne (mm)	Ecart type σ	$Cv = \sigma / x$
Mecheria	217,76	93,51	0,43
Nâama	216,59	61,21	0,28
Ain sefra	186,8	90,4	0,48
El kheiter	226,86	90,62	0,4

b) Théorie du test de Khi deux

Si **ni** représente le nombre d'échantillon observés et **npi** le nombre d'échantillon théorique, calculé en fonction d'une certaine hypothèse de distribution, les tables de la loi des distributions du Khi

deux permettant pour divers seuils d'adéquation d'obtenir la valeur du test de Khi deux à ne pas dépasser en fonction du nombre de degré de liberté l'échantillon [3].

$$\mathbf{ddl} = K - 1$$

Avec **ddl** : nombre de degré de libertés **K** : nombre de classe

C'est un test qui permet de contrôler si les écarts entre la distribution de la série de l'échantillon et la distribution de la loi théorique sont dus au simple hasard ou si l'échantillon suit une autre loi que celle retenue.

L'application du test consiste à comparer l'effectif observé (n_i) à l'effectif théorique (n_{pi}) obtenu pour chaque classe, par l'application de la loi on a alors :

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

Soit l'effectif théorique de classe :

$$n_{pi} = \frac{n}{k}$$

Avec **k** : Nombre de classe

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

Tableau N°II.11: Test de khi deux pour la station de Mecheria.

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (n_i)	Effectifs théoriques (n_{pi})	$\frac{(n_i - n_{pi})^2}{n_{pi}}$
1	72-145	4	4.75	0.11
2	163-198	4	4.75	0.11
3	223-231	4	4.75	0.11
4	236-499	7	4.75	1.06
Totaux		N=19	N$_{pi}$=19	$\chi^2=1.39$

Tableau N°II.12: Test de khi deux pour la station de Nâama.

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	13-63	4	4.75	0.11
2	82-147	4	4.75	0.11
3	167-215	4	4.75	0.11
4	215.9-384	7	4.75	1.06
Totaux		N=19	Npi=19	$\chi^2=1.39$

Tableau N°II.13: Test de khi deux pour la station de Ain sefra

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	53-87	4	4.75	0.11
2	139-169	4	4.75	0.11
3	190-213	4	4.75	0.11
4	213.8-436	7	4.75	1.06
Totaux		N=19	Npi=19	$\chi^2=1.39$

Tableau N°II.14: Test de khi deux pour la station de Kheiter

Classes K	Limites des classes	Effectifs observés (ni)	Effectifs théoriques (npi)	$\frac{(ni - npi)^2}{npi}$
1	3-187	4	4.75	0.11
4	190-216	4	4.75	0.11
3	216-237	4	4.75	0.11
4	254-423	7	4.75	1.06
Totaux		N=19	Npi=19	$\chi^2=1.39$

Tableau N°II. 15 : Résultat du test de χ^2 des précipitations annuelles des quatre stations.

	Mecheria	Nâama	Ain sefra	El Kheiter
χ^2 calculé	1.39	1.39	1.39	1.39
Ddl	3	3	3	3
χ^2 tabulé	7.815			
Observation	Bon ajustement			

c. Résultat du test du Khi deux

$$\chi^2 \text{ calculé} = 0.34$$

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

Pour un risque $\alpha = 5\%$ $\longrightarrow \chi^2 \text{ tabulé} = 7.815 > \chi^2 \text{ calculé} = 0.34$; donc l'adéquation à la loi normale est acceptable.

II.3.4 Conclusion

L'analyse des graphes du tracé de la loi normale nous a montré que les séries peuvent être distribuées normalement. Afin de confirmer cette possibilité de distribution normale nous avons procédé au test de khi deux qui nous a révélé que l'adéquation à une loi normal est possible.

Alors nous allons essayer de déterminer dans le chapitre suivant les précipitations pluviométriques pour une période de récurrence donnée plus précisément le calcul du module sec et humide pour les période de dix, cinquante et cent ans puis une étude des variations annuelles et mensuelles des précipitations pluviométriques des différents stations de la région d'étude.

III.1. Introduction

Bien que la notion de la moyenne pluviométrique estompe la réalité des faits climatiques, sa connaissance demeure nécessaire pour aborder l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout la détermination du bilan moyen annuel et l'écoulement, elle permet également de cerner la variabilité des précipitations en fonction de la période d'observation. (**BERAN MA, RODIER JA, 1987**)

Dans ce chapitre nous allons essayer d'étudier les différentes variations pouvant exister au sein des séries pluviométriques et leur évolution dans le temps et selon l'espace et Nord - Sud choisi.

III .2. Calcul des récurrences

Les paramètres pris en compte pour une étude de la période de récurrence par la loi normale sont : la moyenne des précipitations, l'écart type réduit de Gauss.

Le calcul de la récurrence pour les périodes de dix (10) ans, cinquante (50) ans, cent (100) ans revient à déterminer le volume des précipitations susceptible d'être atteint dans les périodes considérées.

L'équation de la période de récurrence donnée est :

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

III.2.1. Calcul du module sec

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

a. Calcul du module décennal sec

C'est la fréquence d'espacement de **0,9** à laquelle correspond **U = 1,28** pour la variable réduite de Gauss.

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

Il correspond à une fréquence d'espacement de **0,99** à laquelle correspond **U =2,05** pour la variable réduite de Gauss.

c. Calcul du module centenaire sec

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

III.2.2. Calcul du module humide

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

a. Calcul du module décennal humide

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

b. Calcul du module de cinquante (50) ans humide

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

c. Calcul du module centenaire humide

Il correspond à une fréquence d'espacement de **0,99** à laquelle correspond $U = 2,33$ pour la variable réduite de Gauss.

III. 2.3. Récurrence du module théorique le plus fort

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

Avec :

T' : période de retour de la pluie la plus forte ;

F : fréquence ;

III.2.4. Récurrence du module théorique le plus faible

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

Avec :

T : période de retour de la pluie faible ;

Tableau N° III. 16 : Détermination de l'équation de base de la période de récurrence des quatre stations :

Station	Moyenne (mm)	Ecart type σ	$Cv = \sigma / x$	Equation
Mecheria	217,76	93,51	0,43	$P=217.76\pm 93.51U$
Nâama	216,59	61,21	0,28	$P=216.59\pm 61.21U$
Ain sefra	186,8	90,4	0,48	$P=186.8\pm 90.4U$
El kheiter	226,86	90,62	0,4	$P=226.86\pm 90.62U$

Tableau N° III. 17 : Calcul des modules secs

Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Mecheria	$P=217.76-93.51U$	98	26	0
Nâama	$P=216.59-61.21U$	138	91	74
Ain sefra	$P=186.8-90.4U$	71	1	-24
El kheiter	$P=226.86-90.62U$	111	41	16

Tableau N°III. 18 : Calcul des modules humides

Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Mecheria	$P=217.76+93.51U$	337	409	436
Nâama	$P=216.59+61.21U$	295	342	359
Ain sefra	$P=186.8+90.4U$	303	372	397
El kheiter	$P=226.86+90.62U$	343	413	438

Tableau N° III. 19 : Récurrence pour les pluies les plus fortes et les plus faibles

Les stations	Fréquence la plus faible	Fréquence la plus forte	Récurrence pour la plus faible (T)	Récurrence pour la plus forte (T')
Régions Mecheria, Nâama, Ain sefra El khaïter	0.05	0.95	20	20

NB : On a les mêmes valeurs de fréquence et de récurrence pour toutes les stations.

III.2.5. Analyse du calcul des récurrences

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

Dans notre région, on constate aussi une augmentation progressive des modules humides de 10 jusqu'à 100 ans dans chaque station.

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

Ainsi l'analyse du tableau N° 19 montre que dans toutes les stations, la pluie la plus forte et la plus faible ont la même période de retour. Ces différentes périodes de retour se trouvent dans l'intervalle 10 à 50 ans.

III.3. Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles de pluie

En statistique l'étude des mesures dues à des causes aléatoires tels que les hauteurs de pluies, se fait selon une procédure bien définie ; on range d'abord en classe les valeurs observées, on compte ensuite les observations contenues dans chaque classe et le rapport d'un de ces nombres au nombre total des observations est ce qu'on appelle la fréquence « **F** » de la classe considérée, par définition, la somme des fréquences est égale à l'unité.

Les fréquences des valeurs considérées se répartissent sur une courbe en cloche symétrique (courbe de Gauss) à partir de là nous avons tracés des histogrammes de fréquences, en portant en abscisses les différentes classes de hauteurs de pluie et en ordonnées leurs fréquences d'observations.

Pour effectuer le tracé des histogrammes nous avons deux types de classements des séries pluviométriques:

1. Une période de 19 ans avec un intervalle de 70 mm par classe pour les stations Mecheria, Nâama, et Aïn safra.
2. Une période de 19 ans avec un intervalle de 60 mm par classe pour la station d'El kheiter.

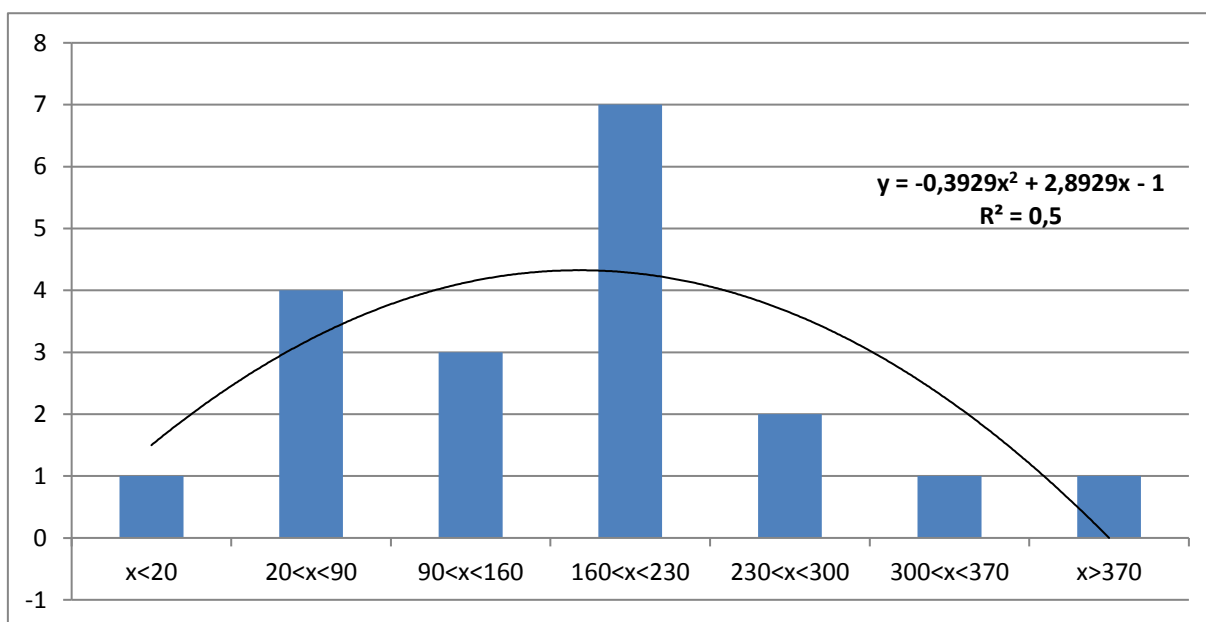
Pour la station de Mecheria :

Suivant le tableau N° 20 et la figure N° 8, On constate que **50%** des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle **80-220 mm** et la seconde moitié dans l'intervalle **220-430 mm** et plus.

Tableau N° III. 20 : Les Classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Mecheria

Catégorie mecheria	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
x<80	1	1	5	5
80<x<150	3	4	16	21
150<x<220	4	8	21	42
220<x<290	8	16	42	84
290<x<360	2	18	11	95
360<x<430	0	18	0	95
430<x<500	1	19	5	100

Figure N° III. 11 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Mecheria



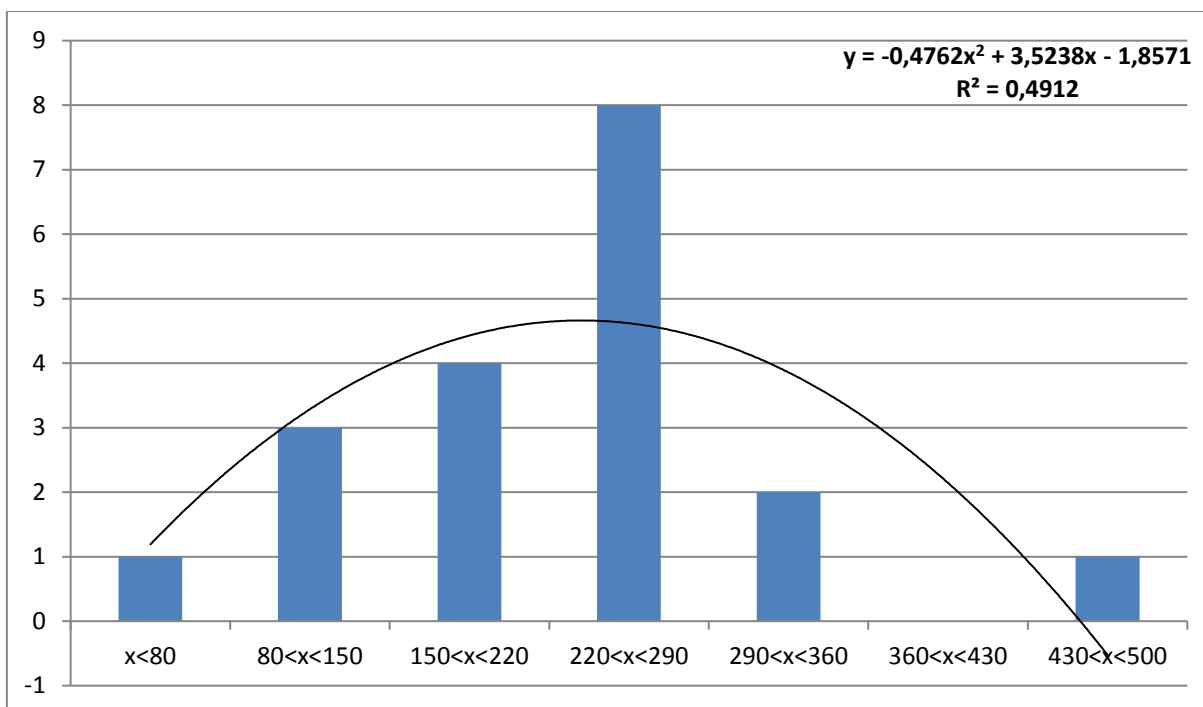
Pour la station de Nâama : (Tableau N° 21 et La Figure N° 12)

On constate que **50%** des données pluviométriques de la période d'étude se situe dans l'intervalle **20-160 mm** et la seconde moitié dans l'intervalle **160-370 mm** et plus.

Tableau N° III. 21 : Les Classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Nâama

Catégorie Nâama	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$x < 20$	1	1	5	5
$20 < x < 90$	4	5	21	26
$90 < x < 160$	3	8	16	42
$160 < x < 230$	7	15	37	79
$230 < x < 300$	2	17	11	90
$300 < x < 370$	1	18	5	95
$x > 370$	1	19	5	100

Figure N° III. 12 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station Nâama



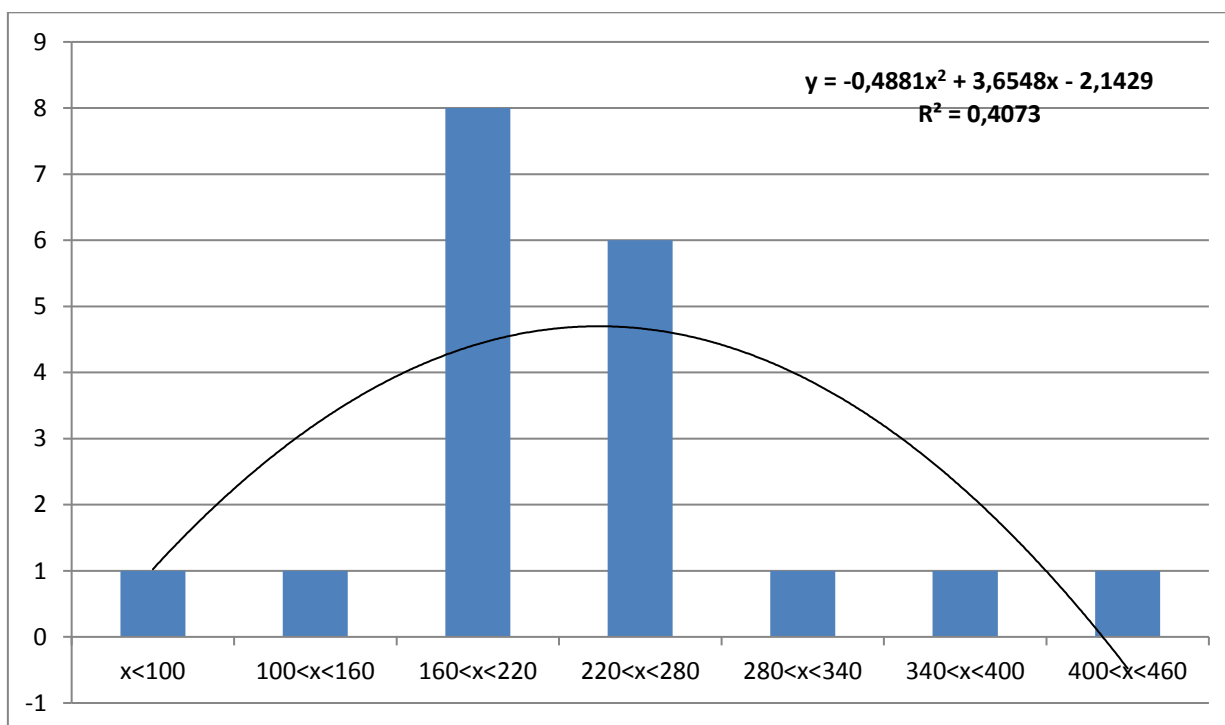
Pour la station de Ain sefra : (Tableau № 22 et La Figure № 13)

50% des données pluviométriques de la période d'étude se situent dans l'intervalle **60-200 mm** avec **9** observations sur **19** et l'autre **50%** se situe dans l'intervalle **200-480 mm** avec **10** observations sur **19**.

Tableau № III. 22 : Les Classes des fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Ain Sefra

Catégorie Ain sefra	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$x < 60$	1	1	5	5
$60 < x < 130$	3	4	16	21
$130 < x < 200$	5	9	27	48
$200 < x < 270$	8	17	42	90
$270 < x < 340$	1	18	5	95
$340 < x < 410$	0	18	0	95
$410 < x < 480$	1	19	5	100

Figure № III.13 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Ain sefra



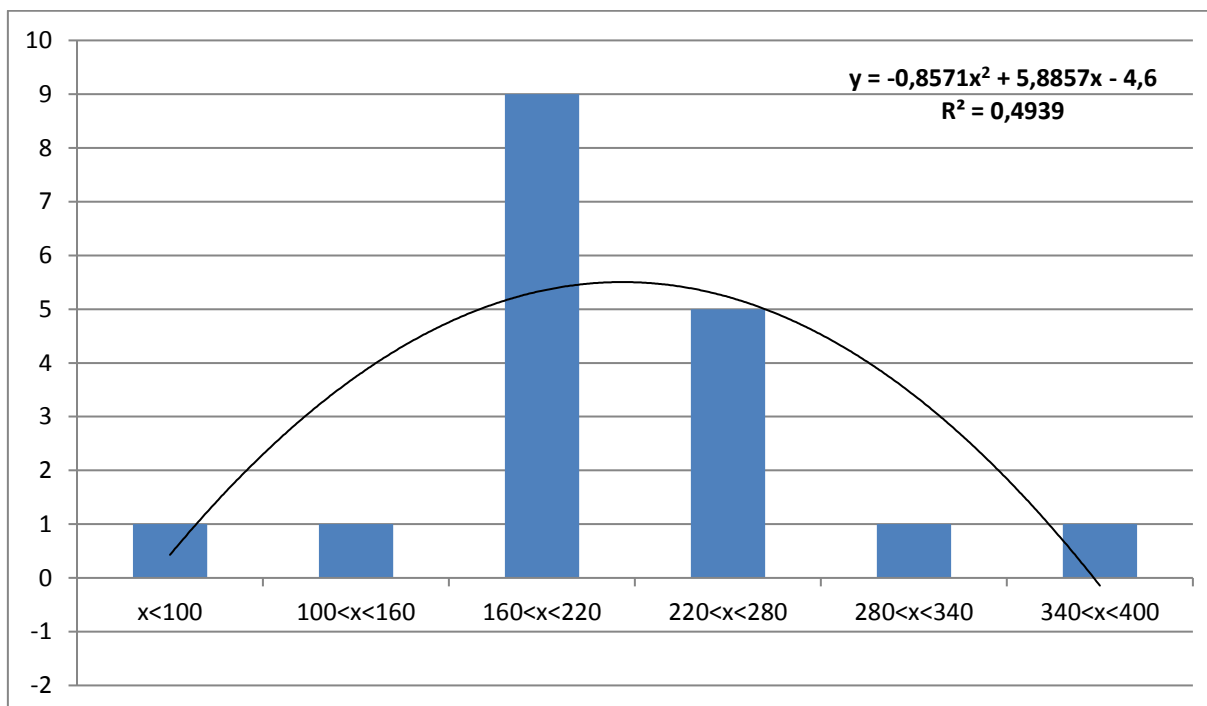
Pour la station de El kheiter : (Tableau № 23 et La Figure № 14)

On remarque que **50%** des données pluviométriques de notre période d'étude se trouve dans l'intervalle **100-220 mm** avec **11** observations sur **19**, et l'autre **50%** se situe dans l'intervalle **220-460 mm** aussi avec **8** observations sur **19**.

Tableau № III. 23 : Les Classes de fréquences des moyennes annuelles pluviométriques de la station de El kheiter

Catégorie de El kheiter	Effectif	Cumulé	Pourcentage %	Pourcentage cumulé %
$x < 100$	1	1	5	5
$100 < x < 160$	1	2	5	10
$160 < x < 220$	9	11	48	58
$220 < x < 280$	5	16	27	85
$280 < x < 340$	1	17	5	90
$340 < x < 400$	1	18	5	95
$400 < x < 460$	1	19	5	100

Figure № III. 14 : Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'El kheiter



III.4. Evolution des moyennes, des minima, et des maxima des stations

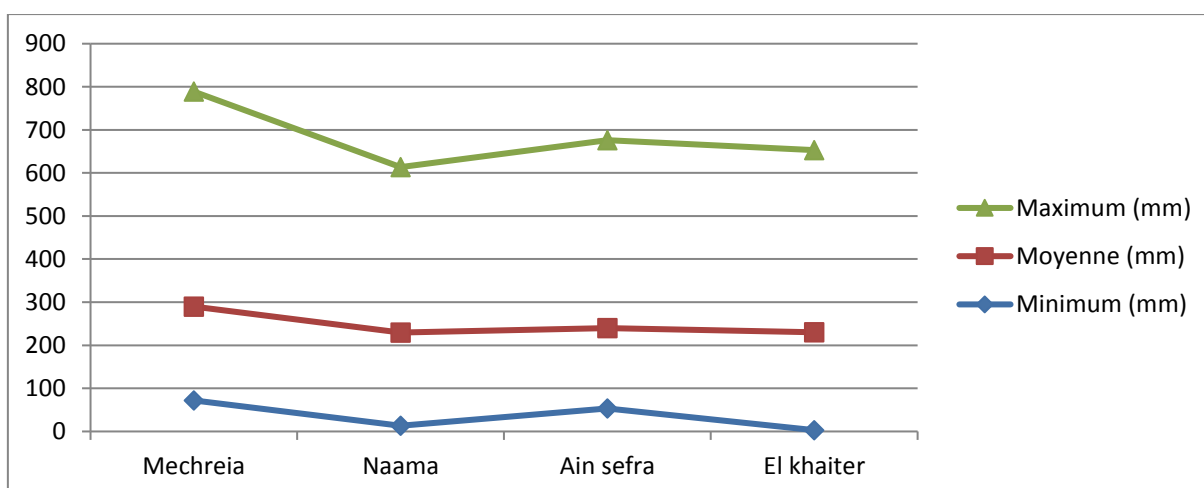
L'analyse des figures (11, 12, 13,14) nous a permis de retirer des remarques très importantes concernant les quatre stations :

- ✓ La moyenne et le maximum de Mecheria sont sensiblement égale à la station de Kheiter
- ✓ La moyene de la station de Ain sefra et le plus faible par rapport aux autres stations.
- ✓ Les stations de Nâama, El kheiter et la station de Mecheria ont des moyennes très proches.
- ✓ le maximum le plus élevé se trouve au niveau de la station de Mecheria.
- ✓ Du point de vue évolution de la pluviométrie des stations, on remarque que la moyenne diminue du nord vers le sud au niveau de ces stations : Mecheria, Nâama Ain sefra et el kheiter.

Tableau N° III. 24 : Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles pluviométriques

Station	Minimum (mm)	Moyenne (mm)	Maximum (mm)
Mechreia	72	217,76	499
Nâama	13	216,59	384
Ain sera	53	186,98	436
El khaïter	3	226,86	423

Figure N° III. 15 : Evolution des moyennes, des minima et maximas des stations



III.5. Analyse de la tendance générale par le tracé curviligne

Les tracés curvilignes simples sont utilisés pour visualiser et représenter des séquences de valeurs (souvent lorsque l'ordre des valeurs est significatif). Une application type des tracés séquentiels curviligne est de tracer des fonctions continues comme des fonctions d'ajustement ou des distributions théoriques.

La tendance générale qui émerge de la lecture des différentes courbes (voir figure № 16, 17, 18,19) de l'évolution des moyennes annuelles des précipitations, est caractérisée par un accroissement et décroissement des valeurs pour toutes les stations.

L'augmentation ou la diminution effective de la pluviométrie n'empêche pas d'avoir un écart pluviométrique considérable entre les années qui se succèdent.

Après l'analyse de ces 4 tracés, on remarque que l'année 2008 a été une année de forte pluviométrie pour toutes les stations

Pour les années de la faible pluviométrie, on a noté pour les stations de Mecheria et Naama l'année 2017 et l'année 2004

L'année 2000 a été l'année de faible pluviométrie pour la station de Ain sefra et El kheiter.

A l'aide du tracé des écarts à la moyenne annuelle nous allons essayer d'identifier les années sèches et humides dans les quatre stations.

Figure № III. 16 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Mecheria

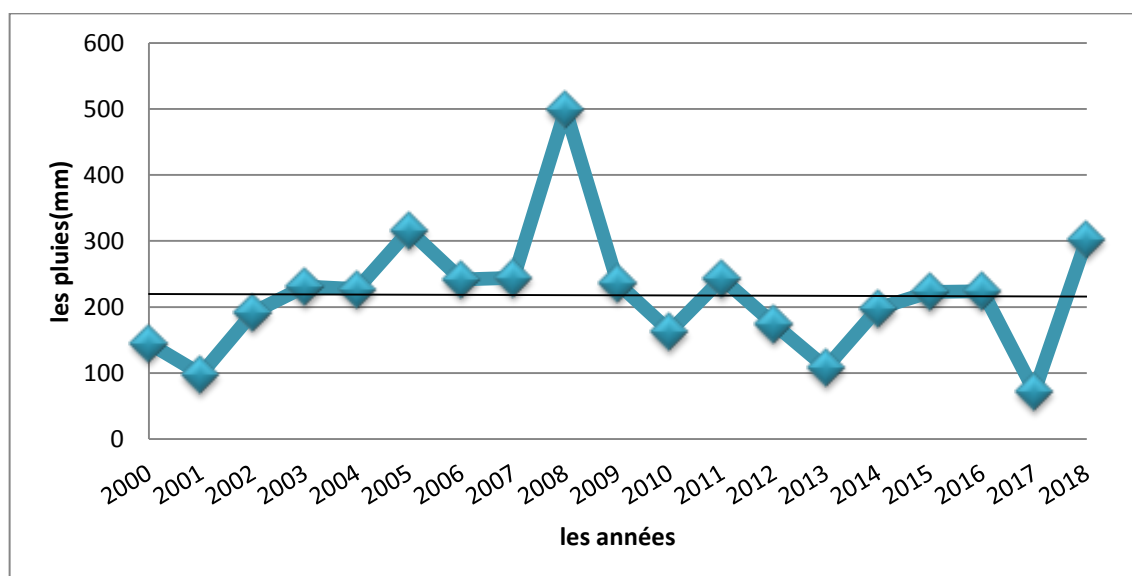


Figure N° III.17 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Naama

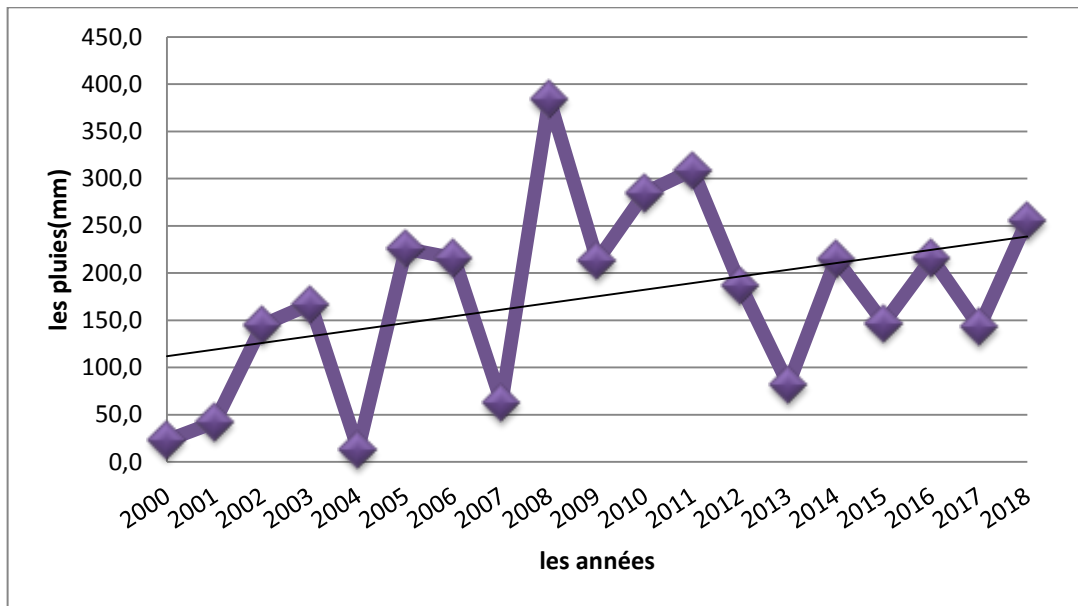


Figure N° III.18 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de Ain sefra

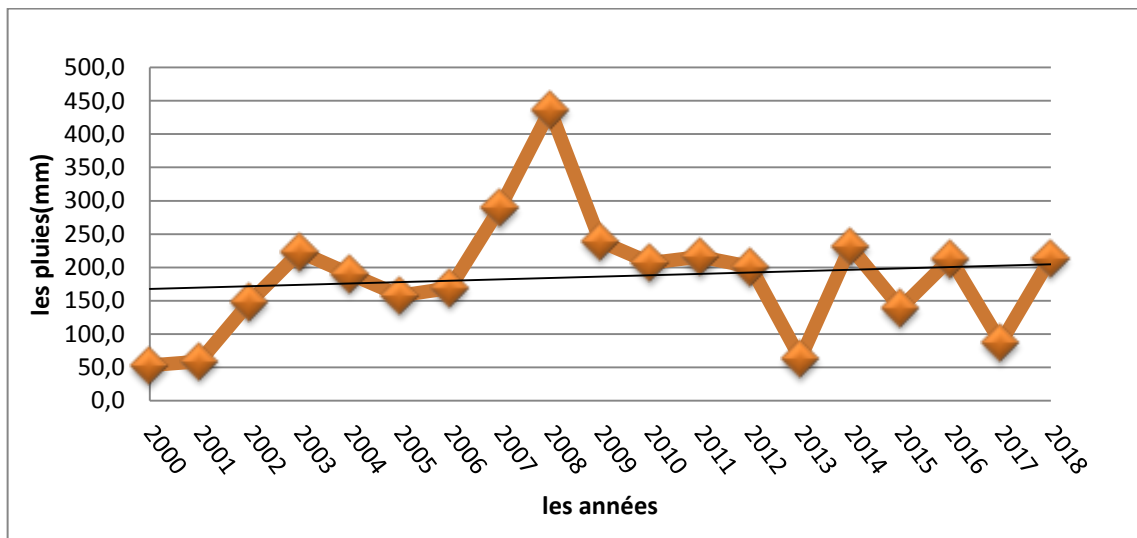
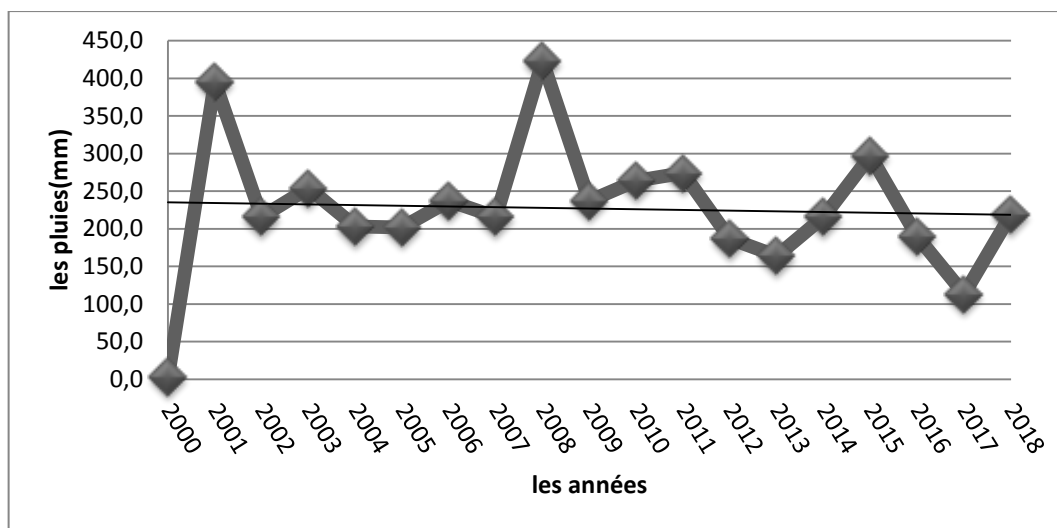


Figure N° III. 19 : Tracé curviligne des moyennes annuelles pluviométriques pour la station de El khaïter



III.6. Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle

Les tracés des écarts par rapport à la moyenne annuelle permettent de situer les périodes sèches d'une série d'observation. La moyenne permettant de partager ses années d'une série est obtenue en faisant la moyenne des pluviométries moyennes annuelles de la série d'observation.

Le calcul des écarts par rapport à la moyenne annuelle est la méthode la plus utilisée pour déterminer la période sèche et humide d'une série d'observation. Une période sèche est l'intervalle d'années dont la pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à la moyenne de la série. Quand à la période humide, elle a une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à la moyenne de la série.

a. Station de Mecheria (tableau N° 25 et figure N° 20)

La station de Mecheria se distingue par une série des données allant de 2000 à 2018 soit une série de 19 ans dont la moyenne annuelle de la série est de 217.76 mm.

La station est composée de deux périodes : l'une, période humide de 9ans successifs (2003-2011) et l'autre période sèche de 11 ans aussi successifs (2000-2002) ;(2012-2018)

Ces périodes se regroupent en 2 classes :

- Une classe excédentaire qui correspond à une période humide dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 499 mm en 2008.

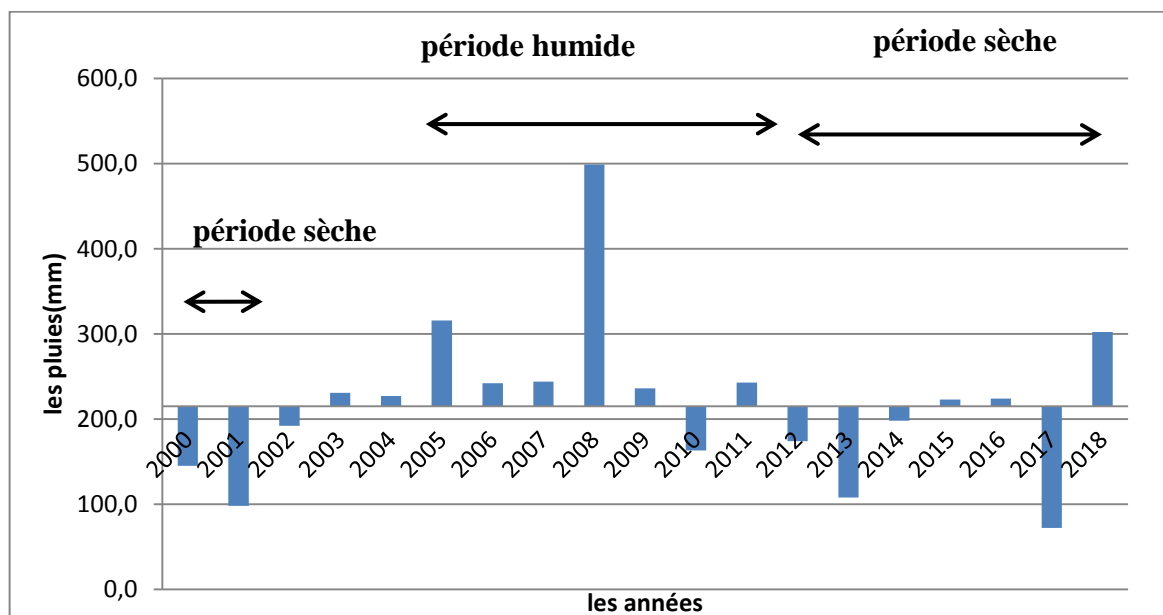
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2017 avec 72mm.

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

Tableau N° III. 25 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne de la station de Mecheria

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2003 /2011	9	266.8	163	499	95.28	0.35
Période sèche						
2000/2002	3	145	98	192	47	0.32
2012/2018	7	185.9	72	302.5	77.19	0.41

Figure N° III. 20 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Mechreia



b. Station de Nâama (tableau N° 26 et figure N° 21)

La station de Nâama se distingue par une série des données allant de 2000 à 2019 soit une série de 19 ans dont la moyenne annuelle de la série est de 216.59mm.

La station est composée de deux périodes : l'une, période humide de 8ans successifs (2005-2012) et l'autre période sèche de 11 ans aussi successifs (2000-2004) ;(2013-2018)

Ces périodes se regroupent en 2 classes :

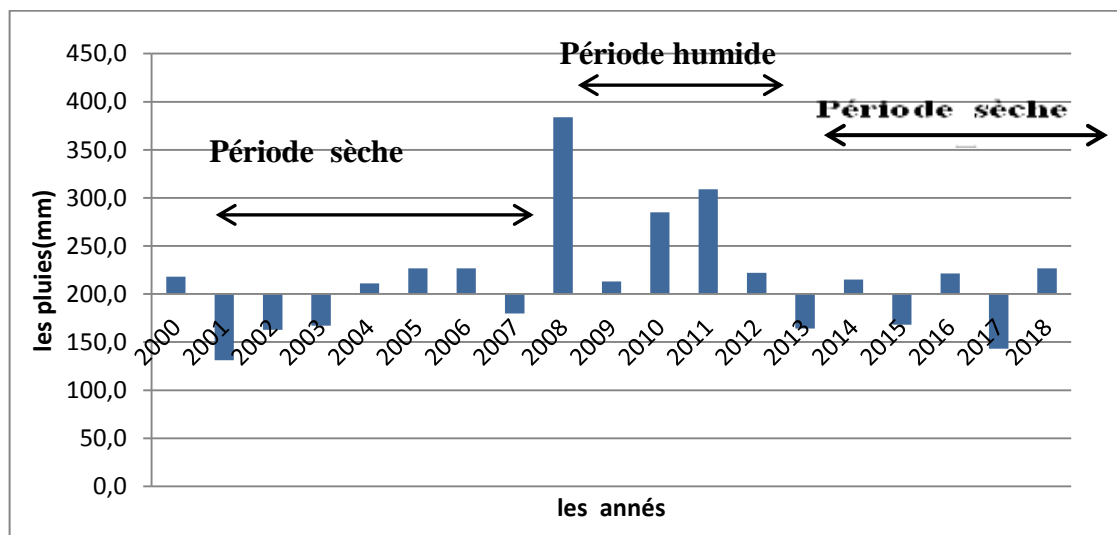
- Une classe excédentaire qui correspond à une période humide dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 384 mm en 2008.
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2004 avec 131.3mm.

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

Tableau N° III. 26 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne station de Naama

Période (ans)	Nombre Années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2008/2012	5	232	143	384	70.2	0.3
Période sèche						
2000/2007	8	178.1	131.3	218.2	36.23	0.20
2013/2018	6	255.8	179.9	309	66.04	0.26

Figure N° III. 21 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Naama



c. Station de Ain sefra (Tableau N° 27 et figure N° 22)

La station de Ain sefra se distingue par une série des données allant de 2000 à 2018 soit une série de 19ans dont la moyenne annuelle de la série est de 186.8mm.

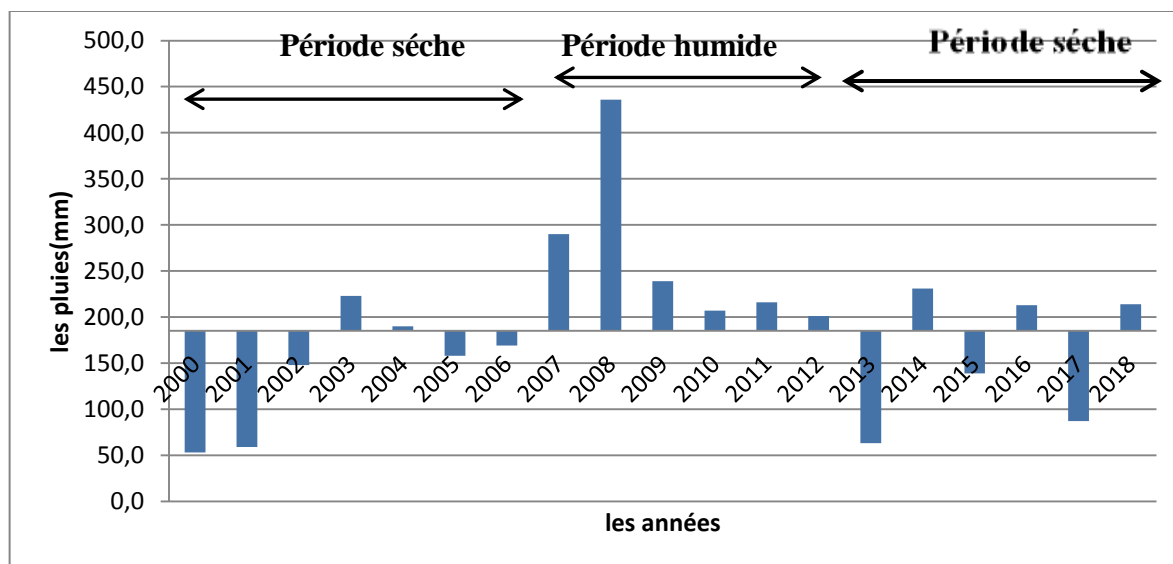
La station Ain sefra est composée de deux périodes : l'une, période humide de 6 ans successif (2007-2012) et l'autre période sèche de 13ans aussi successif (2000-2016) et (2013/2018) Ces périodes se regroupent en 2 classes :

- Une classe excédentaire qui correspond à l'ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 436 mm en 2008.
- Une classe déficitaire qui correspond à l'ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2000 avec 53 mm.
- Les tracés des écarts par rapport à la moyenne annuelle permettent de situer les périodes

Tableau N° III. 27 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la station de Ain sefra

Période (ans)	N. Années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2007/2012	6	211.3	63	436	95.66	0.45
Période sèche						
2000/2006	7	142.9	53	223	64.14	0.45
2013/2018	6	157.8	63	231	71.96	0.46

Figure N° III. 22 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Ain sefra



d. Station d'El Kheiter (tableau N° 28 et figure N° 23)

La station d'El Kheiter se distingue par une série des données allant de 2000 à 2018 soit une série de 19ans dont la moyenne annuelle de la série est de 226.86.

La station d’El Kheiter est composée de deux périodes : l’une, période humide de 4 ans successifs (2008-2011) et l’autre période sèche de 15 ans aussi successifs (2000-2007) et (2012/2018).

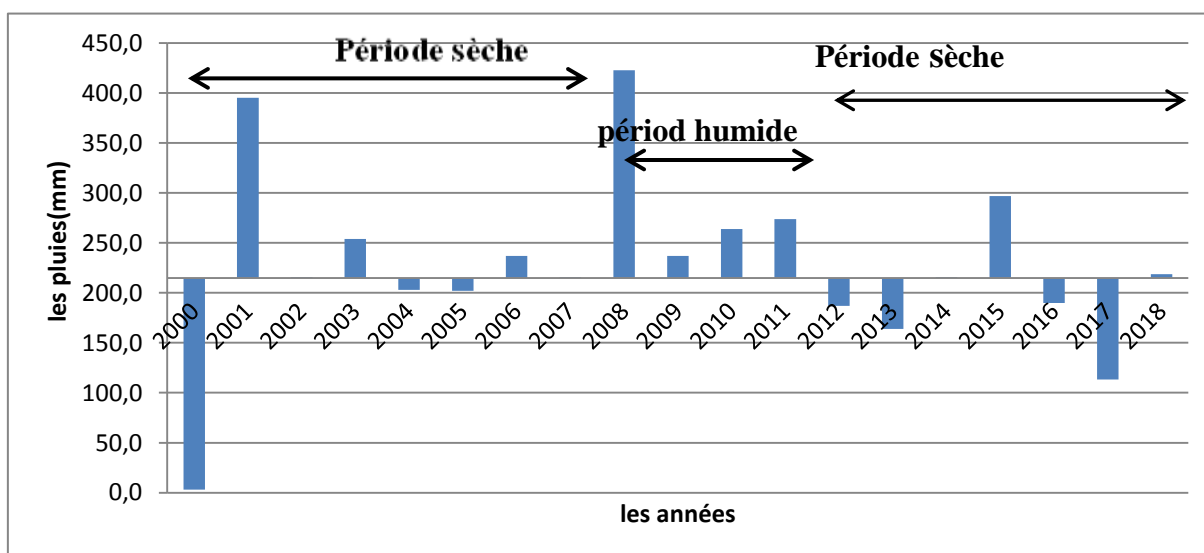
Ces périodes se regroupent en 2 classes :

- Une classe excédentaire qui correspond à l’ensemble des périodes humides dont la moyenne la plus élevée a été enregistrée avec 423 mm en 2008.
- Une classe déficitaire qui correspond à l’ensemble des périodes sèches dont la moyenne la plus faible a été enregistrée en 2000 avec 3mm.

Tableau N° III. 28 : Analyse des tracés des écarts à la moyenne pour la Station d’El khaïter

Période (ans)	Nombre années	Moyenne (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Ecart type	Cv
Période humide						
2008/2011	4	243.7	3	423	104.23	0.42
Période sèche						
2012/2018	7	198	113.3	297	56.37	0.28
2000/2007	8	215.9	3	395.3	106.73	0.49

Figure N° III. 23 : Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station d’El khaïter



III.7. Délimitation des mois secs et des mois humides

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

Pour l'établissement du tableau N° 29, nous avons procédé comme suit :

Pour chaque station on a calculé la moyenne de chaque mois pendant une période de 19 ans ce qui est résulté pour 19 mois une seule moyenne. Prenons le mois de septembre (station de Mecheria) : une période de 19 ans soit 19 mois de septembre, ensuite on a déterminé les mois secs et les mois humide en fonction du seuil. Les résultats de notre calculs qui sont illustrés par le tableau N° 29 et la figure N° 24 montrent que :

1) La station de Mecheria:

Le mois de octobre est le plus pluvieux ou humide par rapport aux autres mois avec une moyenne pluviométrique de 42.5mm tant que le mois le plus sec c'est le mois de juillet avec 3.3 mm.

2) La station de Nâama :

Pour cette station le mois le plus pluvieux c'est le mois d'octobre avec une moyenne pluviométrique de 33.4 mm, et le mois de Juillet qui est un mois sec avec une moyenne pluviométrique de 5.5 mm.

3) La station de Ain sefra :

Le mois humide pour cette station est le mois d'octobre par une moyenne pluviométrique de 39.6mm qui représente la valeur la plus supérieure parmi toutes les stations et le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec 3.6mm.

4) La station d'El Kheiter:

Le mois humide pour cette station le mois d'octobre est le plus pluvieux pour cette station avec une moyenne pluviométrique 42.4mm, mais le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec 2,44 mm.

Nous pouvons dire que le mois septembre, Octobre, Novembre sont les plus humides dans tous les stations.

Ce qui concerne les mois secs, le mois le plus sec est les mois de Juillet et juin comme étant la période sèche commune à toutes les stations.

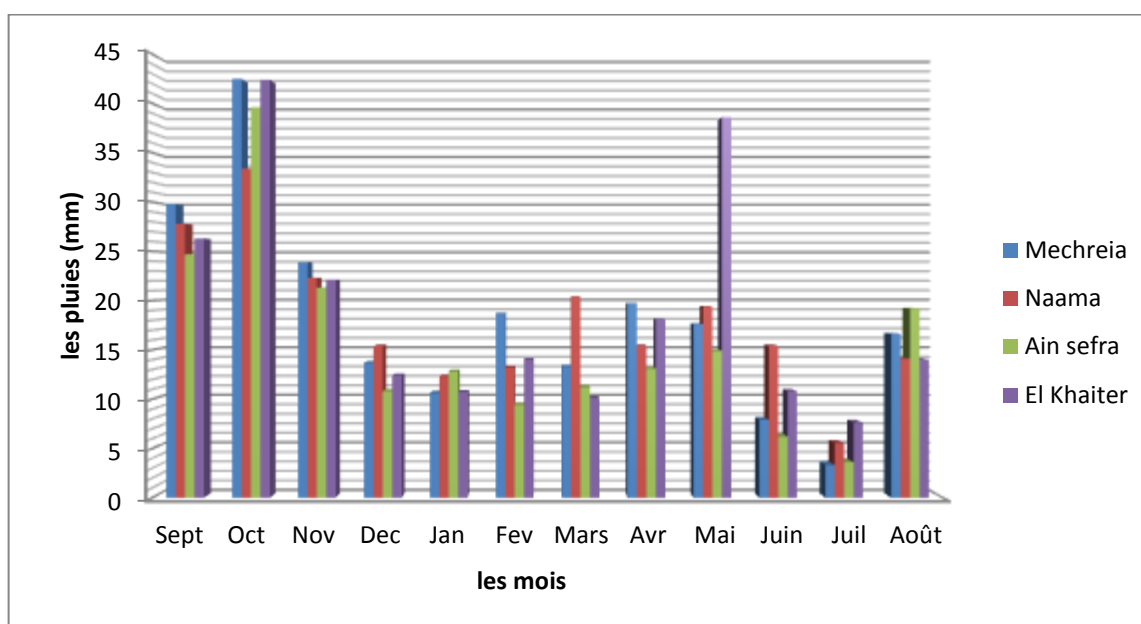
A partir de cette analyse on peut dire que la saison se divise en deux parties : saison sèche et humide qui est typique d'un climat tropical, au lieu de 4 saisons : Hiver, automne, printemps et été.

Tableau N° III.29 : Présentation des précipitations moyennes mensuelles (mm) :

Station	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Mechreia	29,8	42,5	23,9	13,7	10,6	18,7	13,3	19,7	17,6	7,9	3,3	16,6
Nâama	27,8	33,4	22,3	15,4	12,3	13,2	20,4	15,4	19,4	15,4	5,5	14,1
Ain sefra	24,7	39,6	21,3	10,8	12,8	9,4	11,2	13,1	14,9	6,2	3,6	19,2
El Kheiter	26,3	42,4	22,1	12,4	10,7	14,0	10,1	18,1	38,6	10,8	7,6	14,0

ANRH (2000-2018)

Figure N° III. 24 : Variation moyennes mensuelles des précipitations (4 stations)



Pour en savoir plus, nous allons faire une analyse des moyennes mensuelles du point de vue saisonnier et en dégager les conclusions.

- **Les précipitations saisonnières** : les quatre saisons de l'année correspondent à :
 - L'hiver (décembre, Janvier, Février)
 - Le Printemps (mars, Avril, Mai)
 - L'été (Juin, Juillet, Aout)

➤ L'automne (Septembre, Octobre, Novembre)

Le tableau et les figures ci-dessus présentent les précipitations moyennes saisonnières.

Tableau N° III. 30 : Présentation des précipitations moyennes saisonnière

Stations	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Mechreia	14,33	16,87	9,27	32,07
Nâama	13,63	18,4	11,67	27,83
Ain sefra	11	13,07	9,67	28,53
El kheiter	12,37	22,27	10,8	30,27

Figure N° III. 25 : Précipitations moyennes saisonnière de Mechreia

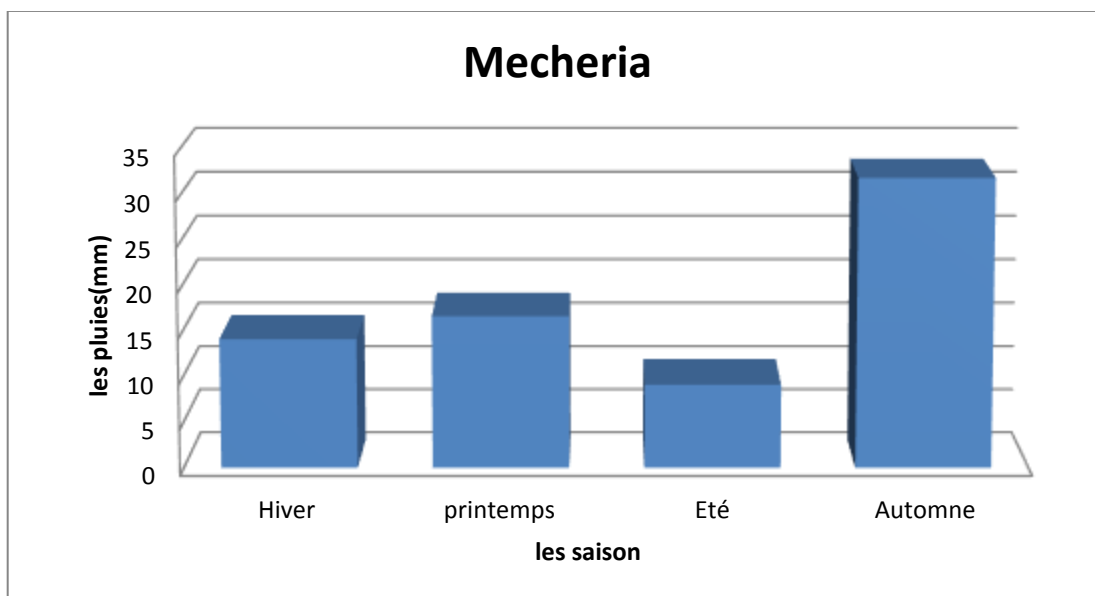


Figure N° III. 26 : Précipitations moyennes saisonnière de Nâama

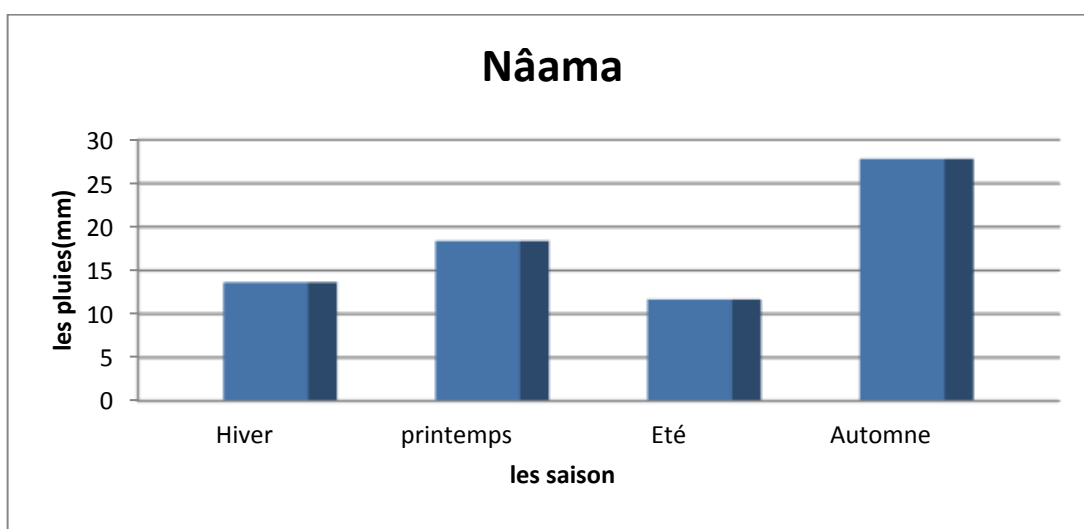
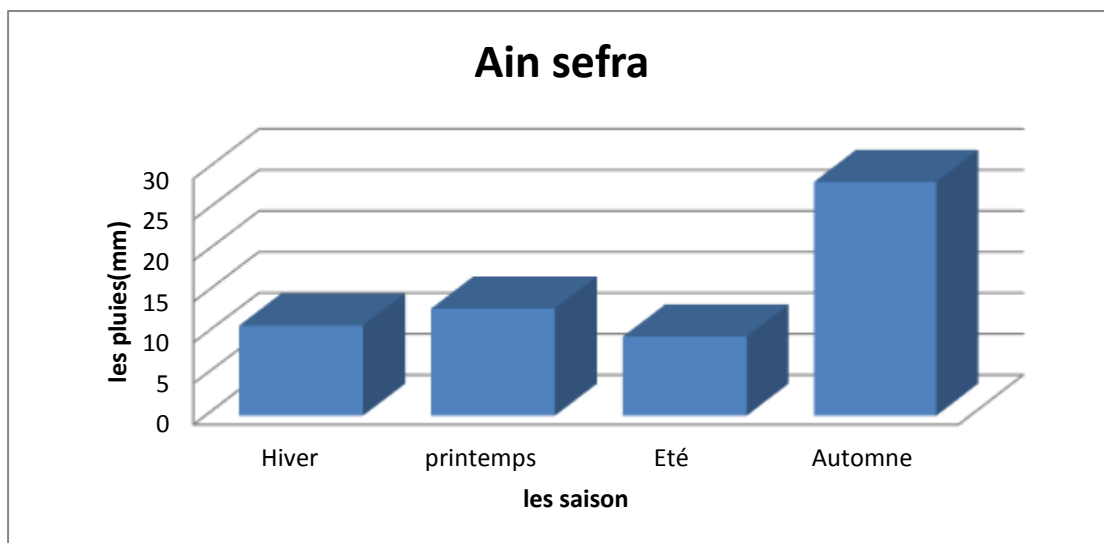
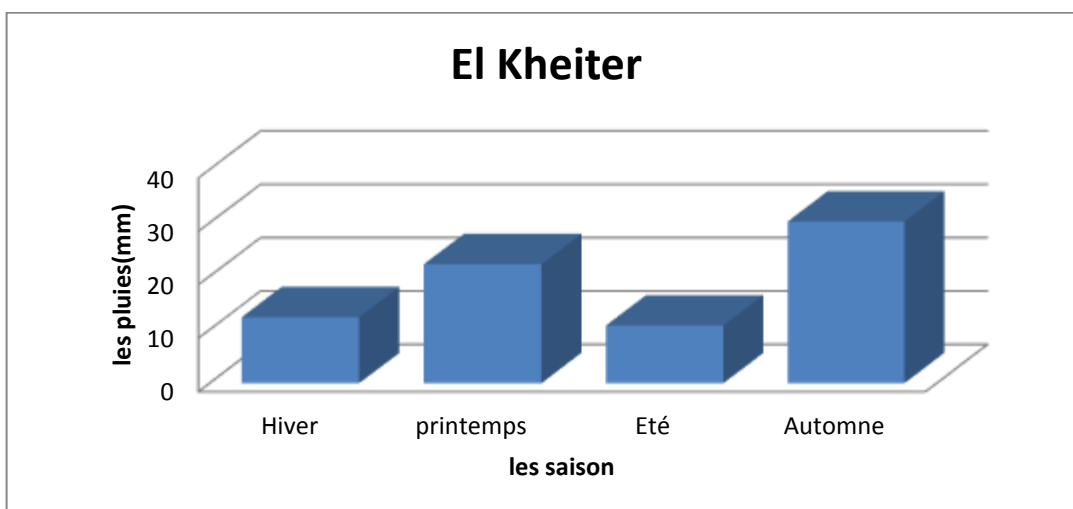


Figure N° III. 27 : Précipitations moyennes saisonnière de Ain sefra**Figure N° III. 28 : Précipitations moyennes saisonnière d'El kheiter**

Après l'analyse du tableau N° 30 et les figure N° (25, 26, 27, 28), on remarque que l'automne est la saison la plus humide pour toutes les stations.

D'un point de vue pluviométrie saisonnière, on constate que les périodes estivales sont bien présentes aux contraire les périodes hivernales qui ne sont pas dominantes suffisamment dans le cas où l'automne qui sont les plus humides pour toutes les stations. Donc on constate une irrégularité des saisons.

III.8. Conclusion

D'après l'analyse des études qui sont fait auparavant, la pluviométrie est parait favorable dans les zones situés au Nord, et elle a connu une diminution en dirigeant vers le sud. En revanche il existe une période humide (pluviométrie les plus élevées) et autre sèche commune entre les stations Mecheria, Nâama, Ain sefra et El Kheiter.

Le calcul des écarts par rapport à la moyenne nous a permis de constater que plus on va vers le sud, plus les années humides se succèdent comme c'est le cas Mecheria avec peu de période sèche par rapport à Ain sefra

Cette succession des années sèches, implique t-elle une aggravation de la sévérité de la sécheresse avec le temps ? Pour répondre à cette question, nous allons essayer d'effectuer, dans le chapitre suivant, une série de calcul avec des indices de sécheresse afin de déterminer le degré de sévérité de ses deux périodes : sèche et humide.

On sait que les années de sécheresse peuvent se succéder pendant 4 ans, Est- qu'une longue succession des années sèches signifie que le degré de sévérité de la sécheresse est élevé pendant ses périodes ?

IV. Caractérisation de la sécheresse météorologique

La sécheresse météorologique est due à la réduction naturelle de la pluviométrie sur une région donnée pendant une année ou sur plusieurs années successives. Souvent, elle est définie par l'écart entre la pluie annuelle et la pluie moyenne annuelle.

Nous proposons de faire l'étude des données pluviométriques observées au niveau de notre région d'étude afin de dégager les caractéristiques de la sécheresse existante.

Afin de caractériser la sécheresse de notre région d'étude nous utiliserons les indices de sécheresse et les indices de sévérité.

IV.1. Indices de sécheresses

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

IV.1.1. Indice de l'écart à la moyenne (Em)

Cet indice est utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année, il permet aussi de visualiser le nombre d'années déficitaires et leur succession.

$$E_m = P_i - P_m$$

Avec : **P_i** : pluie annuelle.

P_m : pluie moyenne annuelle.

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**), cet indice permet de faire une classification globale, si l'écart est positif cela indique les années humides et négatif indique les années sèches, on parle d'années déficitaire quand la pluie est inférieur à la moyenne est d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée.

IV.1.2. Indice de pluviosité (Ip)

$$I_p = P_i / P_m$$

C'est le rapport de la hauteur de précipitation annuelle à la hauteur moyenne annuelle de précipitation. Une année est qualifiée d'humide si ce rapport est supérieur à **1** et de sèche s'il est inférieur à **1**.

IV.1.3. Distribution selon les fréquences

Les pluies annuelles sont classées dans l'ordre croissant suivant leur probabilité au non dépassement puis divisées en cinq classes.

Si l'écart à la moyenne (E_m) et l'indice de pluviosité (I_p) nous indiquent simplement les années sèches et les années humides ainsi que les tendances générales, l'analyse fréquentielle nous permet en revanche de distinguer parmi les années sèches celles qui sont les plus déficitaires.

Tableau N° IV. 31 : distribution selon les fréquences

Classes	Fréquence ou probabilité au non dépassement
Très sèche	$F < 0,15$
Sèche	$0,15 < F < 0,35$
Normale	$0,35 < F < 0,65$
Humide	$0,65 < F < 0,85$
Très humide	$F > 0,85$

IV.2. Indices de sévérité

En plus de l'identification des fréquences sèches et de leur caractérisation par le calcul de ces indices, il est possible de déterminer l'ampleur de la sécheresse en termes de sévérité.

IV.2.1. Indice du nombre d'écart type

Cet indice peut être calculé par la comparaison de la pluie moyenne annuelle (P_m) au nombre d'écart types (σ).

Lorsque P_i est inférieur à $P_m - \sigma$, on parle d'une sécheresse forte. Il s'agit d'une sécheresse très sévère si P_i est inférieur à $P_m - 2\sigma$.

Tableau N° IV. 32 : les différentes classes de l'indice du nombre d'écart type

Type de sécheresse	Critère de comparaison
Modéré	$P_m - \sigma < P_i < P_m$
Forte	$P_m - 2\sigma < P_i < P_m - \sigma$
Très sévère	$P_i < P_m - 2\sigma$

IV.2.2. Indice standardisé de précipitation

L'indice standardisé de précipitation « SPI » (standardisé precipitation index) a été développé en 1993 en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée. Il reflète l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différentes ressources en eau. La principale contribution de cet indice est l'établissement très précis de la durée de la sécheresse.

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

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

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

Tableau N° IV. 33 : classe de distribution des années selon SPI

SPI	Classification
SPI > 2	Humidité extrême
1 < SPI < 2	Humidité forte
0 < SPI < 1	Humidité modérée
-1 < SPI < 0	Sécheresse modérée
-2 < SPI < -1	Sécheresse forte
SPI < -2	Sécheresse extrême

IV.3. Analyse du calcul des indices

En analysant le tableau N° 34 du calcul des indices on remarque :

A) Pour les indices de sécheresse

Pour le calcul des indices de l'écart à la moyenne et de pluviosité, sur les données pluviométriques observées au niveau des quatre stations, ces indices nous ont permis de constater 58 % d'années humides et 42 % d'années sèches au niveau de la station de Mecheria et 52 % d'années humides et 48% d'années sèches pour la station de Nâama, aussi 52 % d'années humides et 48 % d'années sèches pour la station de Ain sefra et 42 % d'années humides et 58 % d'années sèches pour la station d'El Kheiter.

Quand à l'analyse fréquentielle on remarque que pour les stations Mécherai , Ain sefra,et El Kheiter sur 19 ans, 3 années est considérée comme très sèches, 4 années sèches, 6 comme années normales, 4 humides et 2 très humides et pour la station de Nâama 3 années est considérée comme très sèches, 4 années sèches, 8 comme années normales, 2 humides et 2 très humides.

B) Pour les indices de sévérité

On a deux types de périodes : sèche et humide, chaque période est divisée en plusieurs classes en fonction de la sévérité de la sécheresse. Le classement des années selon les trois indices de la sévérité est similaire, l'indice le plus détaillé est l'indice standardisé de précipitation (SPI). Nous utiliserons les résultats de cet indice pour effectuer une interprétation des résultats.

L'indice standardisé de précipitation

- La station de Mecheria : sur les 19 ans, on a 11 ans humides soit 1 ans d'humidité forte et 1 année d'humidité extrême et 9 ans d'humidité modérée. Pour les 8 ans restant, on a 5ans de sécheresse modérées et 3 années de sécheresse forte.
- La station de Nâama : sur les 19 ans, on a 9 ans humides soit 1 année d'humidité extrême (2008) et 2 année d'humidité forte et 6 ans d'humidité modérée. Pour les années sèches on a 8 ans de la sécheresse modérée et 2 ans de la sécheresse forte.
- La station de Ain sefra : sur les 19 ans, on a 11 ans humides soit 1 ans d'humidité forte et 1 année d'humidité extrême et 9 ans d'humidité modérée. Pour les 8 ans restant, on a 4 ans de sécheresse modérées et 4 années de sécheresse forte..
- La station d'El Kheiter : sur les 19 ans, on a 8 ans humides soit 1 ans d'humidité forte et 1 année d'humidité extrême et 6 ans d'humidité modérée. Pour les 11 ans restant, on a 9 ans de sécheresse modérées et 1 années de sécheresse forte et 1 ans de sécheresse extrême.

Comme conclusion nous pourrons dire que le degré de sévérité n'est pas très élevé dans nos stations d'étude. En comparant les différentes classes de l'indice (SPI) entre eux (humidité moyenne et sécheresse moyenne ; humidité forte et sécheresse forte ; humidité extrême et sécheresse extrême), on constate qu'il y a une dominance des classes de la période sèche.

Tableau N° IV. 34 : calcul des indices de sécheresse

		Mechreia		Naama		Ain sefra		El kheiter	
Indice	classe	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%
Em	H	11	58%	10	52%	10	52%	8	42%
	S	8	42%	9	48%	9	48%	11	58%
Ip	H	11	58%	10	52%	10	52%	8	42%
	S	8	42%	9	48%	9	48%	11	58%
AF	TS	3	16%	3	16%	3	16%	3	16%
	S	4	21%	4	21%	4	21%	4	21%
	N	6	32%	8	43%	6	32%	6	32%
	H	4	21%	2	10%	4	21%	4	21%
	TH	2	10%	2	10%	2	10%	2	10%
SPI	HE	1	5%	1	5%	1	5%	1	5%
	HF	1	5%	2	10%	1	5%	1	5%
	HM	9	48%	6	37%	9	48%	6	26%
	SM	5	26%	8	37%	4	21%	9	48%
	SF	3	16%	2	10%	4	21%	1	5%
	SE	-	0%	-	0%	-	0%	1	5%

Conclusion générale

Durant notre étude de cette région nous avons notés plusieurs remarques concernant la pluviométrie et les changements climatiques :

- Dans cette région la pluviométrie est irrégulière caractérisée par des années successives de sécheresse aussi une succession des années humides.
- L'évolution Nord- Sud se fait par une pluviométrie de 217.76 mm pour la station de Mecheria , elle diminue par une moyenne de 216.59 mm pour la station de Nâama puis elle diminue vers le sud de 186.8 mm enregistrée dans la station de Ain sefra et la moyenne la plus élevée pour la station d'El kheiter de 226,86 mm qui se situe au Nord de la Wilaya d'El Bayadh.
- Dans la région Ain sefra, la moyenne est le plus bas, donc c'est une région sèche par rapport les autre régions.
- La région de Mecheria a enregistré le maximum le plus élevé ce qui pourrait s'expliquer par des orages dans cette région.
- L'analyse de la moyenne mensuelle nous a permis de constater qu'il ya deux périodes : sèche et humides.
- L'analyse des moyennes mensuelles nous a montré qu'il a une irrégularité de la pluviométrie saisonnière où l'automne est la saison la plus pluvieuse par rapport à l'hiver dans toutes les régions.

Le calcul des indices pour les différentes stations révèle l'existence de deux périodes distinctes humide et sèche. Les années de sécheresse sont plus remarquables car elles peuvent s'installer pendant 4 ans et plus. On constate une diminution de la pluviométrie pendant cette période d'étude mais elle est aussi interrompue par d'autres années de forte pluviométrie dans certaines régions telles qu'El Kheiter et Mecheria. C'est comme si, plus on va vers le sud plus l'impact sécheresse est présent.

Toutes ces remarques nous permettent de dire que nous sommes en face d'un climat irrégulier avec deux saisons dominantes. L'intervalle de variation pluviométrique est très étendu. L'extrême peut être atteint à tout moment de l'année : quand il y a humidité ou sécheresse, l'une comme l'autre peut atteindre un degré de sévérité très élevée.

Notre région s'étale entre une zone aride et l'autre semi aride d'après le classement des étages bioclimatiques donc la réponse hydrologique aux évènements pluvieux est complexe car l'influence des différents facteurs climatiques tels que l'insolation, la température, le vent... . L'irrégularité des saisons nous a démontré que le climat n'est pas stable et qu'il pourra continuer à évoluer dans le temps et dans l'espace.

Références bibliographiques

ANRH : les données pluviométriques de 19 ans (2000-2018).

ANDI : Agence Nationale De Développement de l'Investissement

ABIDAT.A ; (1999) : Contribution à l'étude hydro-climatique du massif du Dahra (Bassins versant d'Oued Kramis et Oued Tarhia). Mémoire d'Ingéniorat en sciences agronomiques, université de Mostaganem.

ALI BIDA Amel et DJELTI Ikram ; (2017) : Contribution à l'étude hydrogéochimique de la nappe d'El Kasdir (Chott El Gharbi- Ouest algérien).

BERAN MA, RODIER JA : Aspects hydrologiques des sécheresses. Contribution au programme hydrologique international.

Rapport préparé par un comité mixte UNESCO/OMM, (1987) 172p

BOUZIANI. N ; (2009) : Etude hydro climatique des bassins versants de l'Oued Hounet et l'Oued Melrir (w.Mascara).Mémoire d'ingéniorat en sciences agronomiques. Université de Mostaganem.

DAGNÉLIE P. (1970) - Théorie et méthodes statistiques. Édit. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, vol. 2, 451 p.

DIARRA. D (2006) : Contribution à l'étude hydro climatique d'un transect Nord-Sud Khadra-Ammi Moussa Algérie. Mémoire d'ingéniorat en sciences agronomiques .Université de Mostaganem.

ELOUISSI A. (2004) : impact des changements climatiques sur les ressources hydriques et la diversité biologique. Mémoire de magister, C.U.Mascara.

ELOUISSI. A. (1992) : Contribution à la formation des micro-régions climatiques pour la région de Mascara, Thèse d'Ingéniorat, Centre Universitaire de Mascara.

FAHIM. F ; (2010) : Contribution à l'étude hydrogéologique de la région Naama. Mémoire d'ingéniorat, université de Mostaganem.

HABBOUCHI RAHILA ; (2017) : Etude et Analyse des Précipitations annuelles est Mensuelles dans la région d'Oran. Master en sciences agronomiques, université de Mostaganem.

KHALDI A. (2005) - Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien "Monts de Tlemcen - Saida". Thèse de Doctorat d'État, Université d'Oran, Algérie. 229 p

LABORDE J.P. (1993) - Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500000. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, projet PNUD/ALG/88/021, une carte avec notice explicative, 44 p.

LUBES H., MASSON J.M., SERVAT É., PATUREL J.E., KOUAME B. et BOYER J.F. (1994) - Caractérisation des fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques. Étude bibliographique. Programme ICCARE, Rapport n° 3, ORSTOM, Montpellier.

LUBES-NIEL H., MASSON J.M., PATUREL J.E. et SERVAT É. (1998) - Variabilité climatique et statistique. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité des chroniques. Revue des Sciences de l'eau, vol. 11, n° 3, p. 383-408.

MOKHTARI Nassima ; (2007) : Contribution à l'étude pluviométrique de la région D'El Bayadh. Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques, université de Mostaganem.

Moussa BOUGUEFDA ; (2013) : Modalisation La nappe de crétaïcée inférieure de La Gouttière Synclinale D'El Maader (MONTES DES KSOURS-ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL).

MCKEE TB, DOESKEN NJ, KLEIST J : The relationship of drought frequency and duration time scales. Preprints, 8th Conference on Applied climatology, 17-22 Janury, Anaheim, CA, (1993) 179-84.

MEDDI H. et MEDDI M. (2009) - Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. Sécheresse, vol. 20, n° 1, p. 57-65.

MEDJAHED. L (1995) : Etude hydro climatique d'un bassin au Nord du Chott El Gharbi (Abdel Moula et Msekhsa). Mémoire d'ingénieur. Centre Universitaire de Mostaganem.

MOHAMED. B, Aws ALOUINI, IRESA (2001) : Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique : Cas du bassin versant de Siliana en Tunisie.

Microsoft Encarta 2009 – Collection.

OMM : l'Organisation météorologique mondiale.

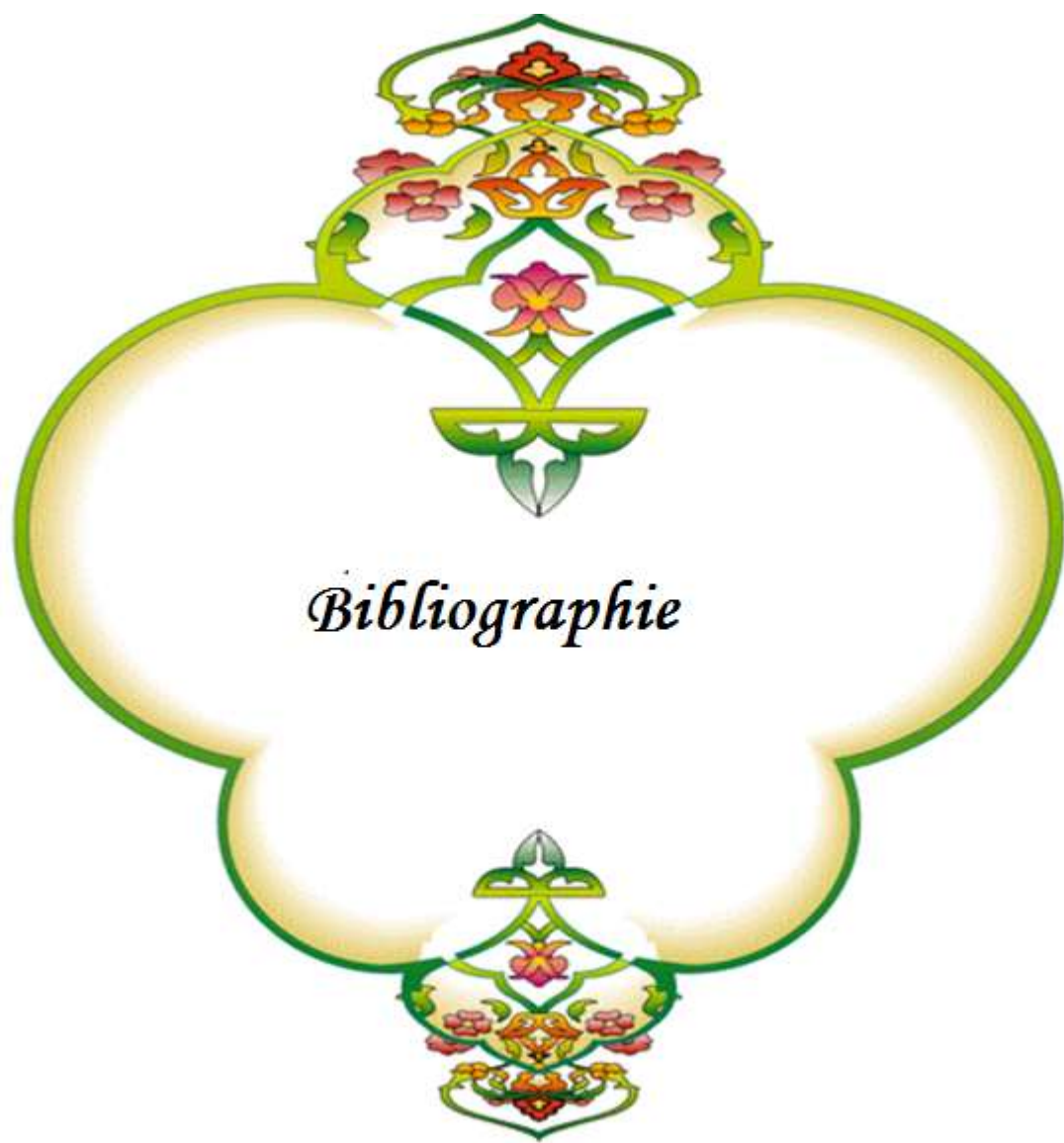
Site web: [http:// www.wilaya-Nâama.gov.dz](http://www.wilaya-Nâama.gov.dz)



*Introduction
générale*



*conclusion
générale*



Bibliographie

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'agronomie

Spécialité : Gestion Conservatoire des Eaux des Sols et de l'Environnement.

Thème:

**Etude et analyse des précipitations
annuelles et mensuelles dans la
région de Nâama**

Présenté par: Kouidri zourgui Abdelhak

Devant les membres du jury:

- **Président :** Pr. HADDAD Ahmed
- **Encadreur :** Dr .BOUALEM Abdelkader
- **Examineur :** Dr .TAHRI Miloud

2018 -2019

Plan de travail

Introduction

**Analyse des
données
pluviométriques**

**Aperçu général
sur la région
d'étude**

**Caractérisation
de la sécheresse**

**Variabilité des
précipitations annuelles
et mensuelles**

**Conclusion
générale**

Introduction

Connaitre l'évolution et la variabilité récentes du climat dans les régions arides et semi arides est une nécessité pour anticiper ce que pourraient être les conséquences sur les milieux et sur les sociétés et surtout sur la végétation de ces régions.

Pour une bonne connaissance de la distribution pluviométrique et aussi pour dégager les périodes critiques de la sécheresse, nous avons étudiés l'évolution pluviométrique de cette région par les méthodes suivants:

1. Collecte des données pluviométriques et création d'une banque de données sur l'ordinateur.
2. Prétraitement des données :
 - ❖ Test d'ajustement à la loi Normale
 - ❖ Test de Wilcoxon
 - ❖ Test de Khi deux
3. Traitement statistique des données et calcul des indices de sécheresse.



Nâama



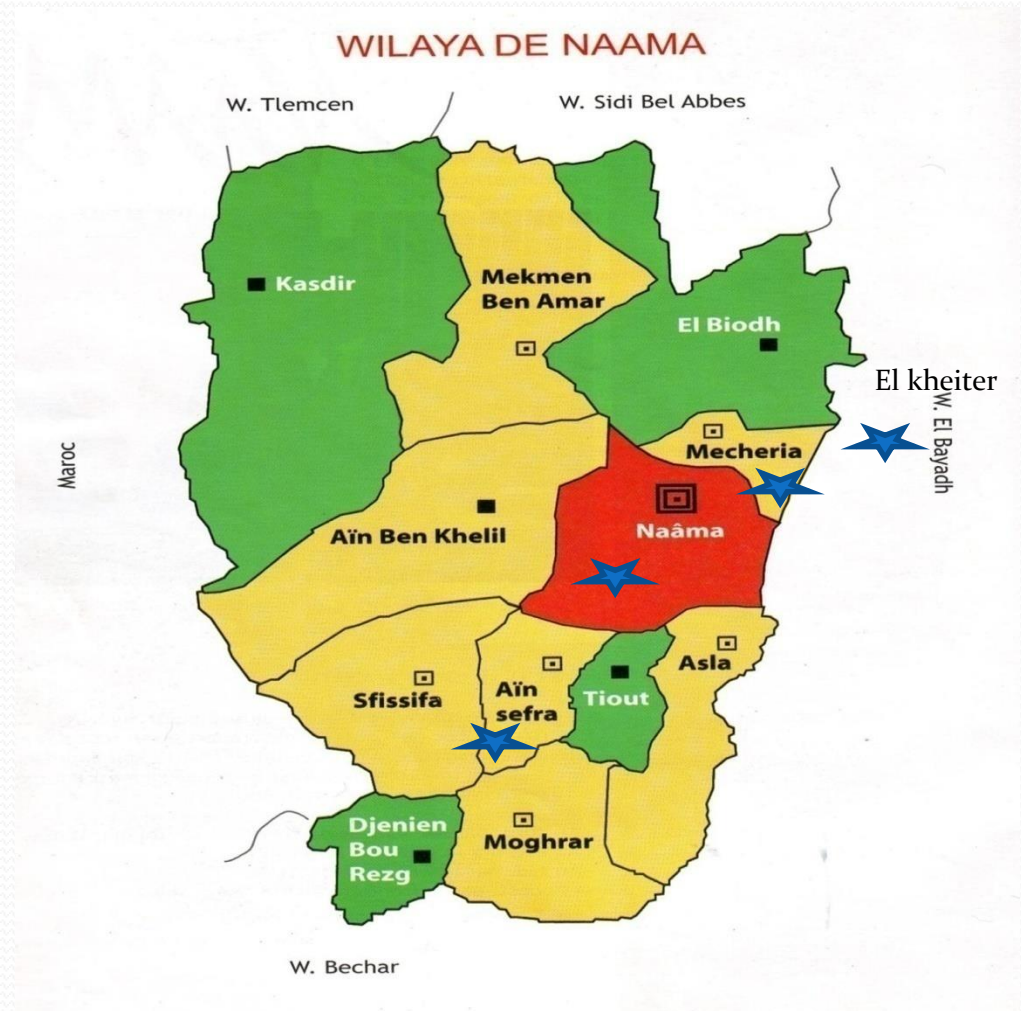
Analyse des données pluviométriques

Choix des stations utilisées :

Pour effectuer notre étude, nous avons choisi quatre stations à l'intérieur ou le plus proche des limites de la wilaya de Nâama

Contrôle de l'homogénéité:

Le contrôle d'homogénéité des séries est fait par:



1. Test de Wilcoxon:

Ce test se base sur le principe suivant: Si l'échantillon X est issu d'une population Y , l'échantillon $X \cup Y$ en est également issu.

Dans le cas où les deux échantillons X et Y constituent une série homogène, la quantité $W_x = \sum \text{rangs } X$, est comprise entre deux bornes W_{\max} et W_{\min} données par les formules suivant:

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

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

Nous allons utiliser le test de Wilcoxon pour vérifier l'homogénéité des données pluviométriques des quatre stations :

Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Mecheria

x	Y	Rang	(x)U(y)	origine	Rang2	(x)U(y)3	origine4
145,0	236,0	1	72	Y	11	227	X
98,0	163,0	2	98	X	12	231	X
192,0	243,0	3	108	Y	13	236	Y
231,0	174,0	4	145	X	14	242	X
227,0	108,0	5	163	Y	15	243	Y
316,0	198,0	6	174	Y	16	244	X
242,0	223,0	7	192	X	17	302.5	Y
244,0	224,0	8	198	Y	18	316	X
499,0	72,0	9	223	Y	19	499	X
	302,5	10	224	Y			

$W_{\min} = 65.49$

$W_x = 103$

$W_{\max} = 113.51$

$W_{\min} < W_x < W_{\max}$

c'est-à-dire $65.49 < 103 < 113.51$

L'inégalité est donc vérifiée, la série est homogène

Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Nâama

$$\begin{array}{l} \longrightarrow W_{\min} = 65.49 \\ \longrightarrow W_x = 80 \\ \longrightarrow W_{\max} = 113.51 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} W_{\min} \\ W_x \\ W_{\max} \end{array}} \right\} \longrightarrow W_{\min} < W_x < w_{\max}$$

Application de la méthode de Wilcoxon sur la station de Ain sefra

$$\begin{array}{l} \longrightarrow W_{\min} = 65.49 \\ \longrightarrow W_x = 84 \\ \longrightarrow W_{\max} = 113.51 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} W_{\min} \\ W_x \\ W_{\max} \end{array}} \right\} \longrightarrow W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

Application de la méthode de Wilcoxon sur la station d'El Kheiter

$$\begin{array}{l} \longrightarrow W_{\min} = 65.49 \\ \longrightarrow W_x = 94 \\ \longrightarrow W_{\max} = 113.51 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} W_{\min} \\ W_x \\ W_{\max} \end{array}} \right\} \longrightarrow W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

•La condition est donc réalisée, les séries sont homogènes

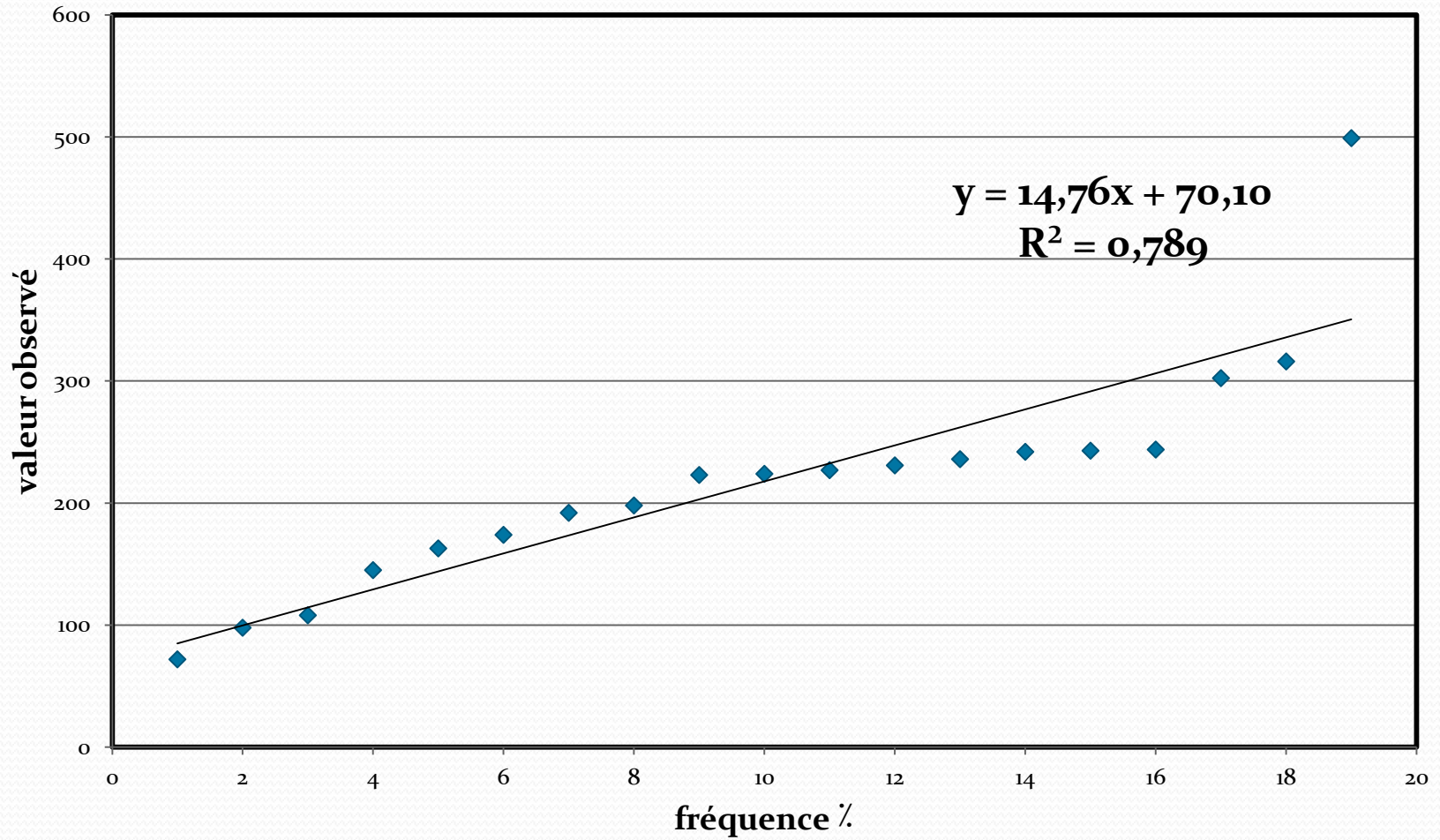
2. Ajustement par la loi Normale:

La loi Normale (la courbe en cloche symétrie au tour de la moyenne) est une fonction des probabilités continues et communément utilisée dans les calculs statistiques comme une approximation de nombreuses fonctions de probabilités, elle est donné par la formule suivante:

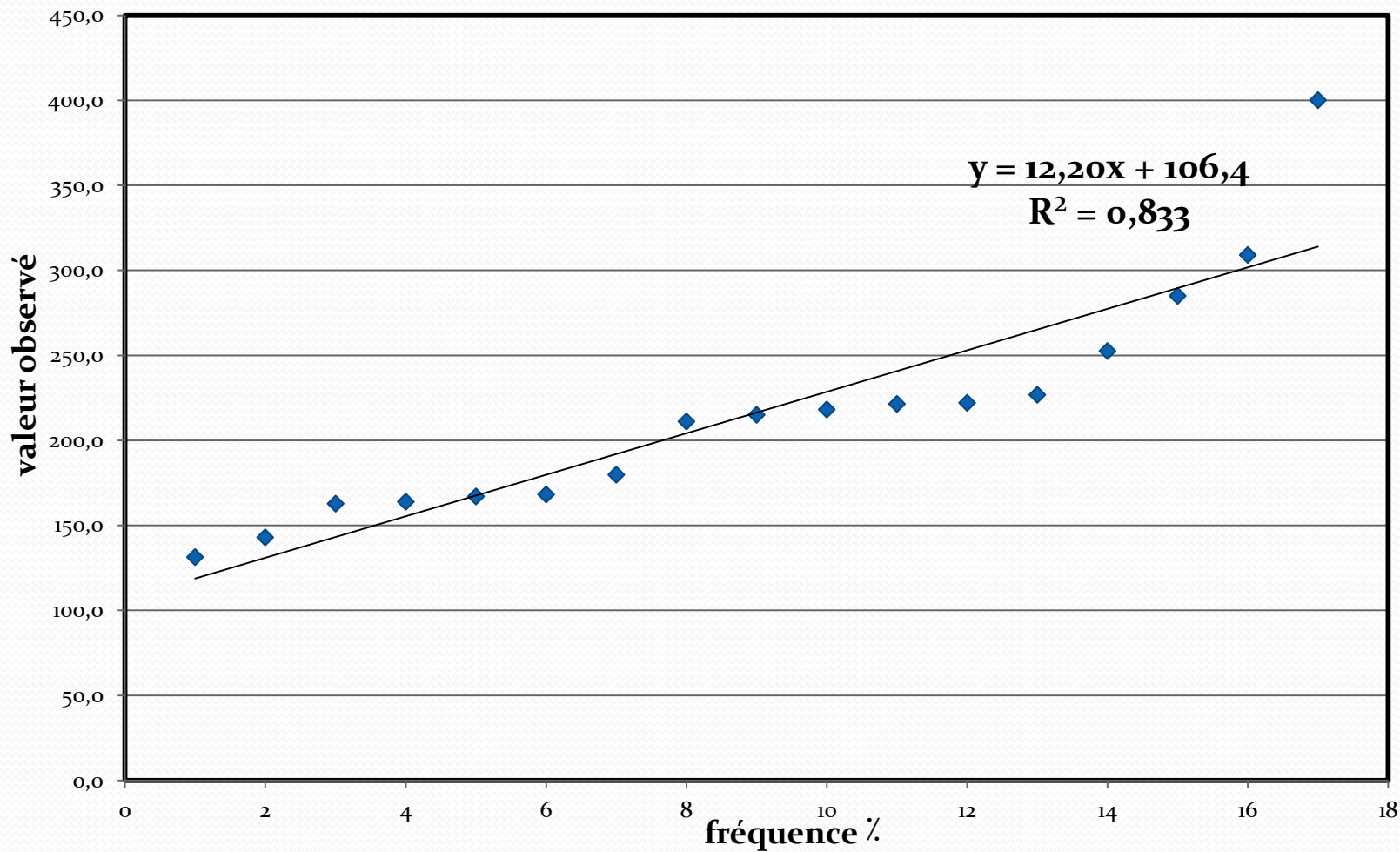
$$\textcircled{O} f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\alpha}^u e^{-\frac{u^2}{2}}$$

Les résultats d'analyse des tracés de la loi Normale pour les quatre stations est données par les graphes suivants :

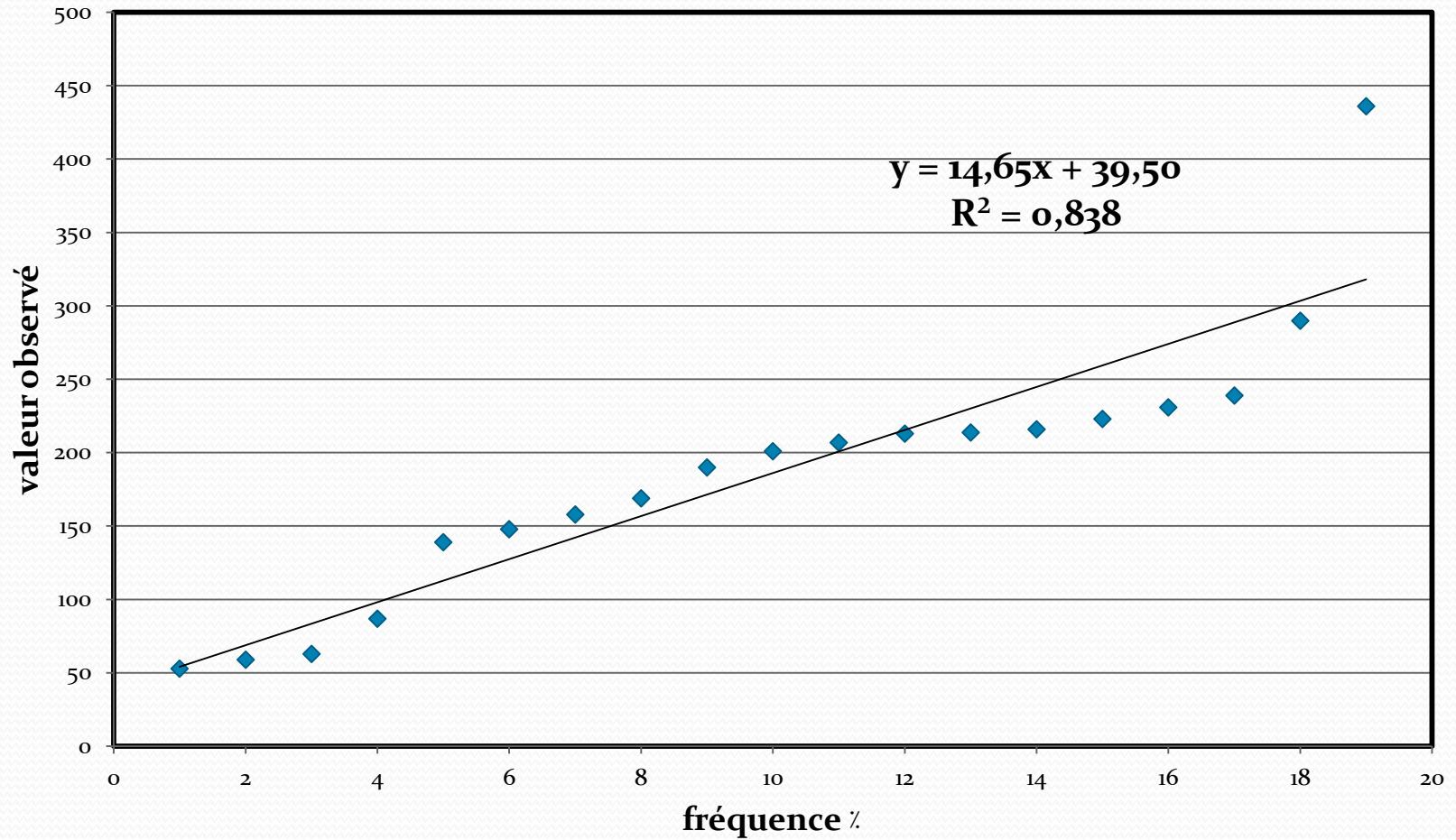
Tracé de la loi Normale de Mecheria



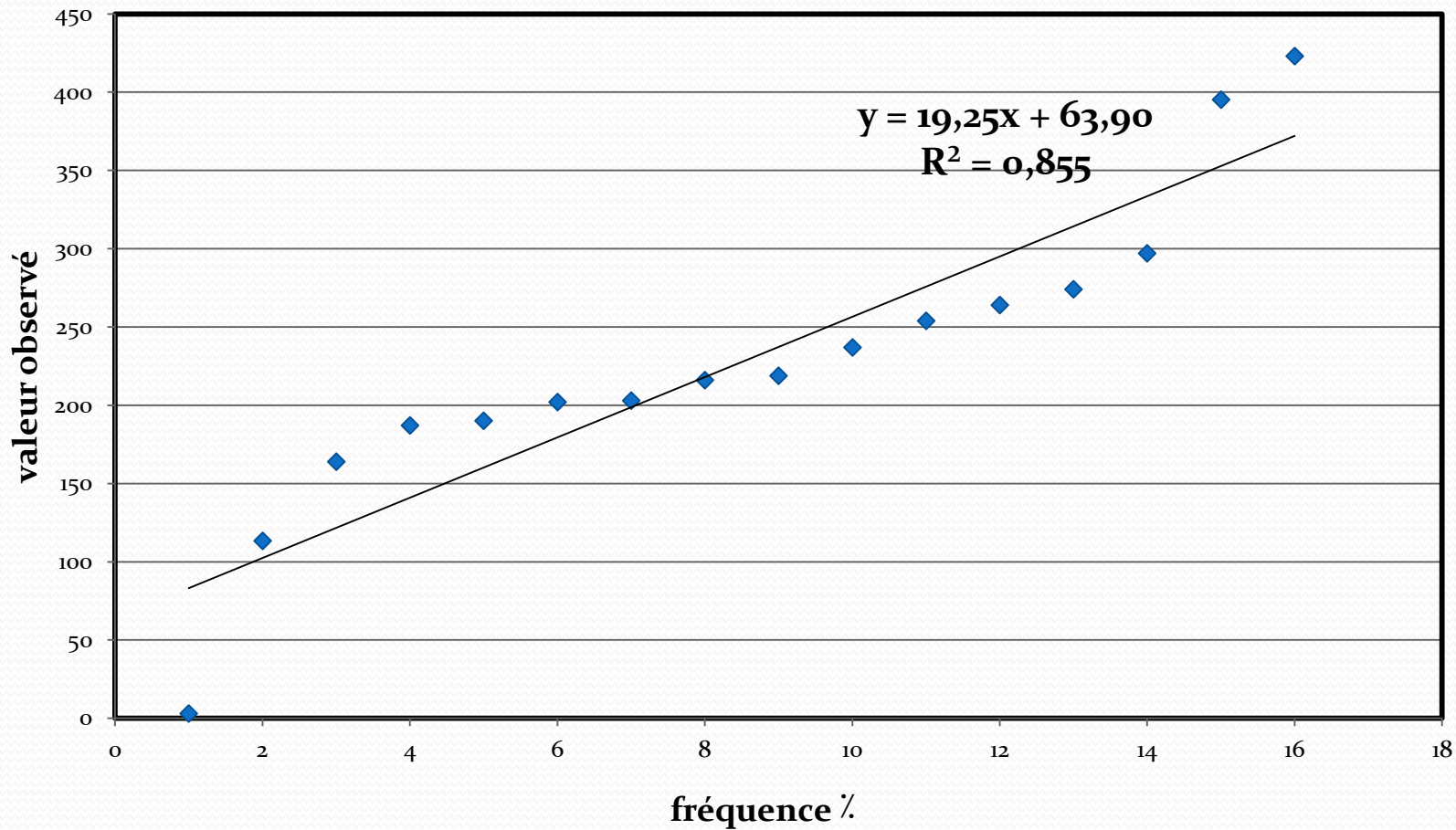
Tracé de la loi Normale de la station de Nâama



Tracé de la loi Normale de la station de Ain sefra



Tracé de la loi Normale de la station d'El Kheiter



3. Test de Khi deux :

L'application du test consiste à comparer l'effectif observé (n_i) à l'effectif théorique (np_i) obtenu pour chaque classe, par application de la loi on a alors :

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

Les résultats de ce test pour les 4 stations est donnée par le tableau suivant:

	Mecheria	Nâama	Ain sefra	El Kheiter
χ^2 calculé	1.39	1.39	1.39	1.39
ddl	3	3	3	3
χ^2 tabulé	7,815			
Observation	Bon ajustement			



donc l'adéquation a une loi normale est acceptable

Conclusion

L'analyse des différents graphes du tracé de la loi normale nous a montré que les séries peuvent être distribuées normalement.

Variabilité des précipitations annuelles et mensuelles

Dans cette partie nous allons essayer d'étudier les différentes variations pouvant exister au sein des séries pluviométriques et leur évolution dans le temps et selon l'espace.

Calcul des récurrence: $P = \bar{X} \pm \sigma \cdot U$

calcul des modules secs

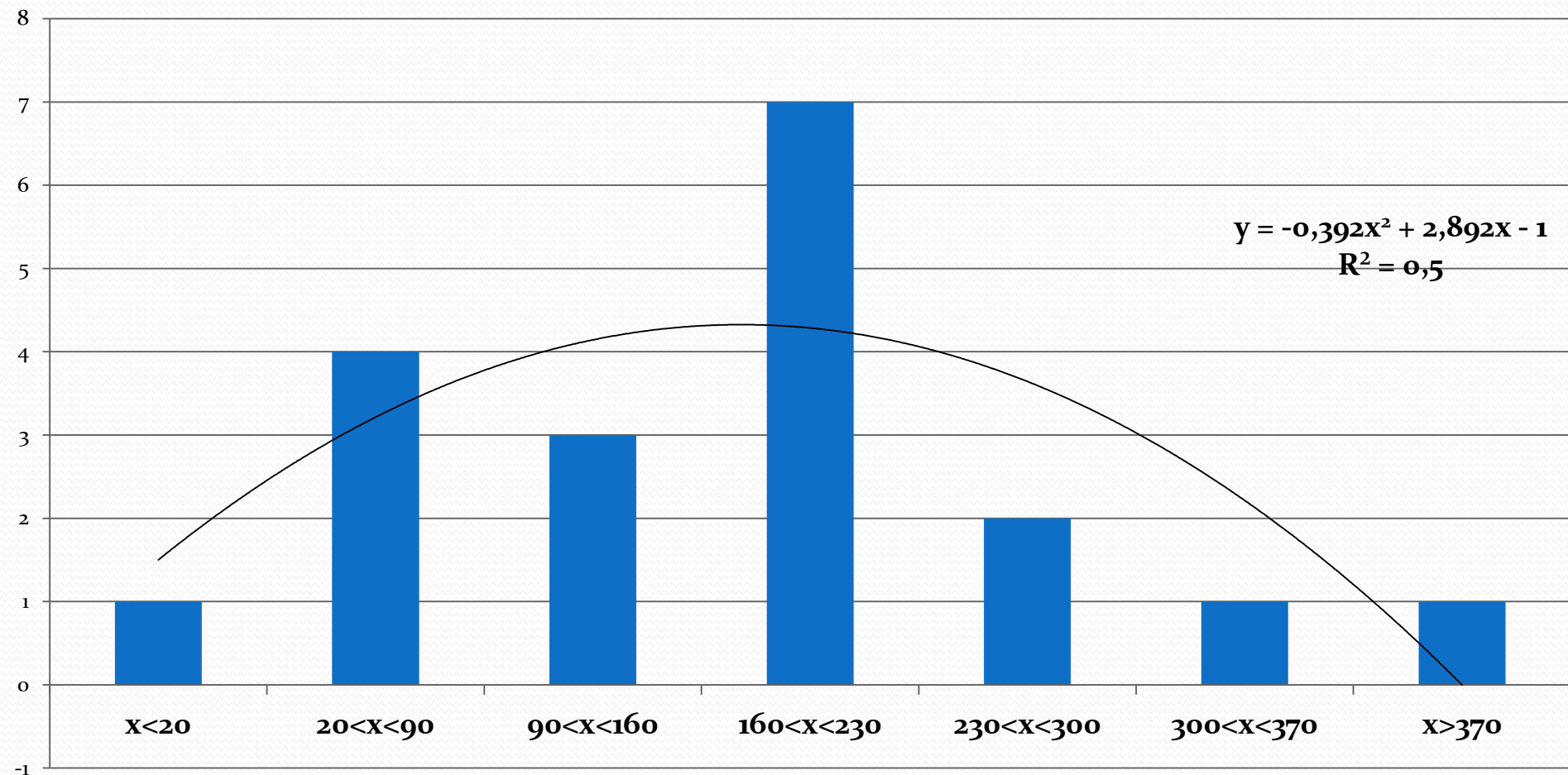
Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Mecheria	$P=217.76-93.51U$	98	26	0
Nâama	$P=216.59-61.21U$	138	91	74
Ain sefra	$P=186.8-90.4U$	71	1	-24
El kheiter	$P=226.86-90.62U$	111	41	16

calcul des modules humides

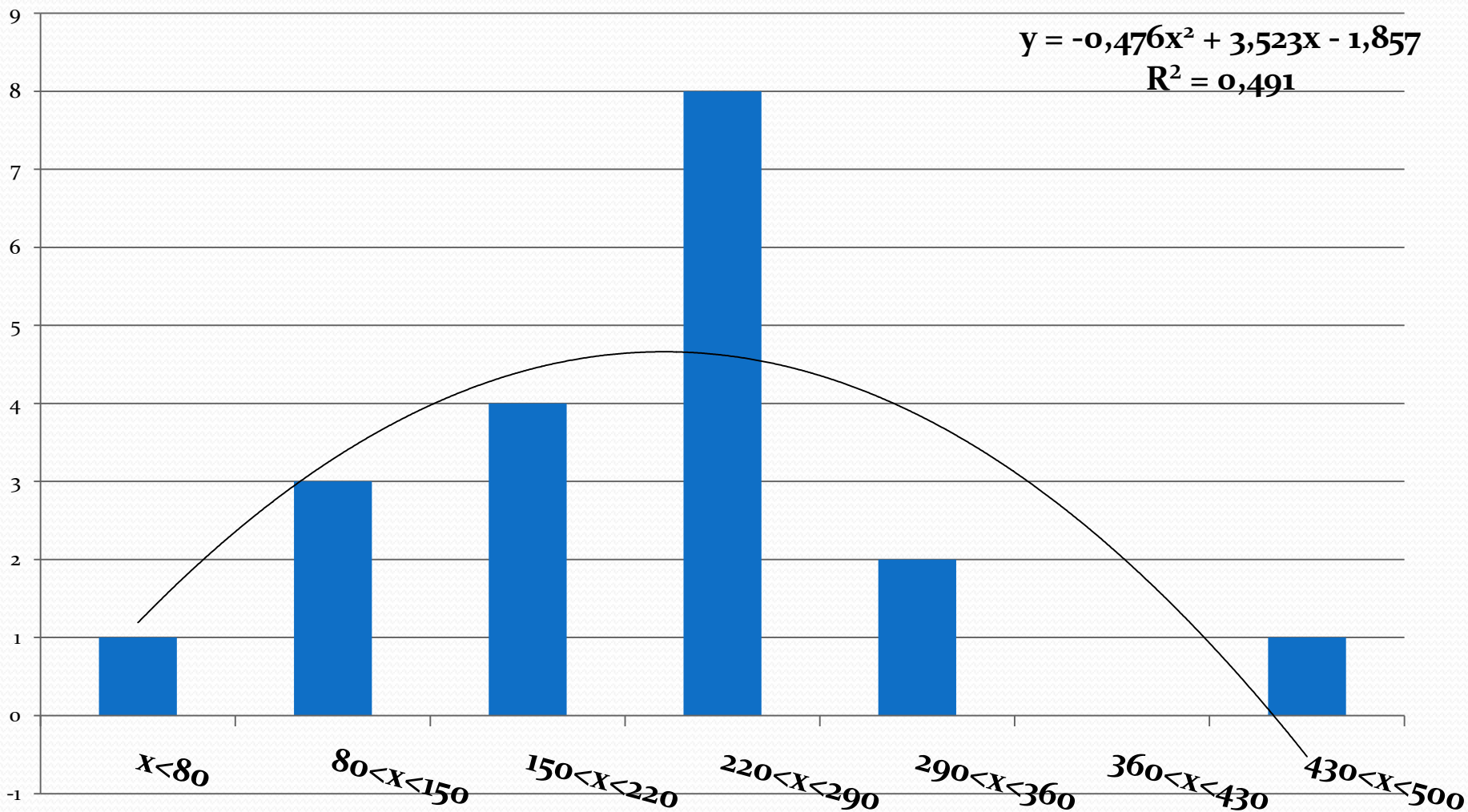
Station	Equation	Module décennal	Module 50 ans	Module centenaire
Mecheria	$P=217.76+93.51U$	337	409	436
Nâama	$P=216.59+61.21U$	295	342	359
Ain sefra	$P=186.8+90.4U$	303	372	397
El kheiter	$P=226.86+90.62U$	343	413	438

❖ Les histogrammes des fréquences absolues des hauteurs annuelles de pluie

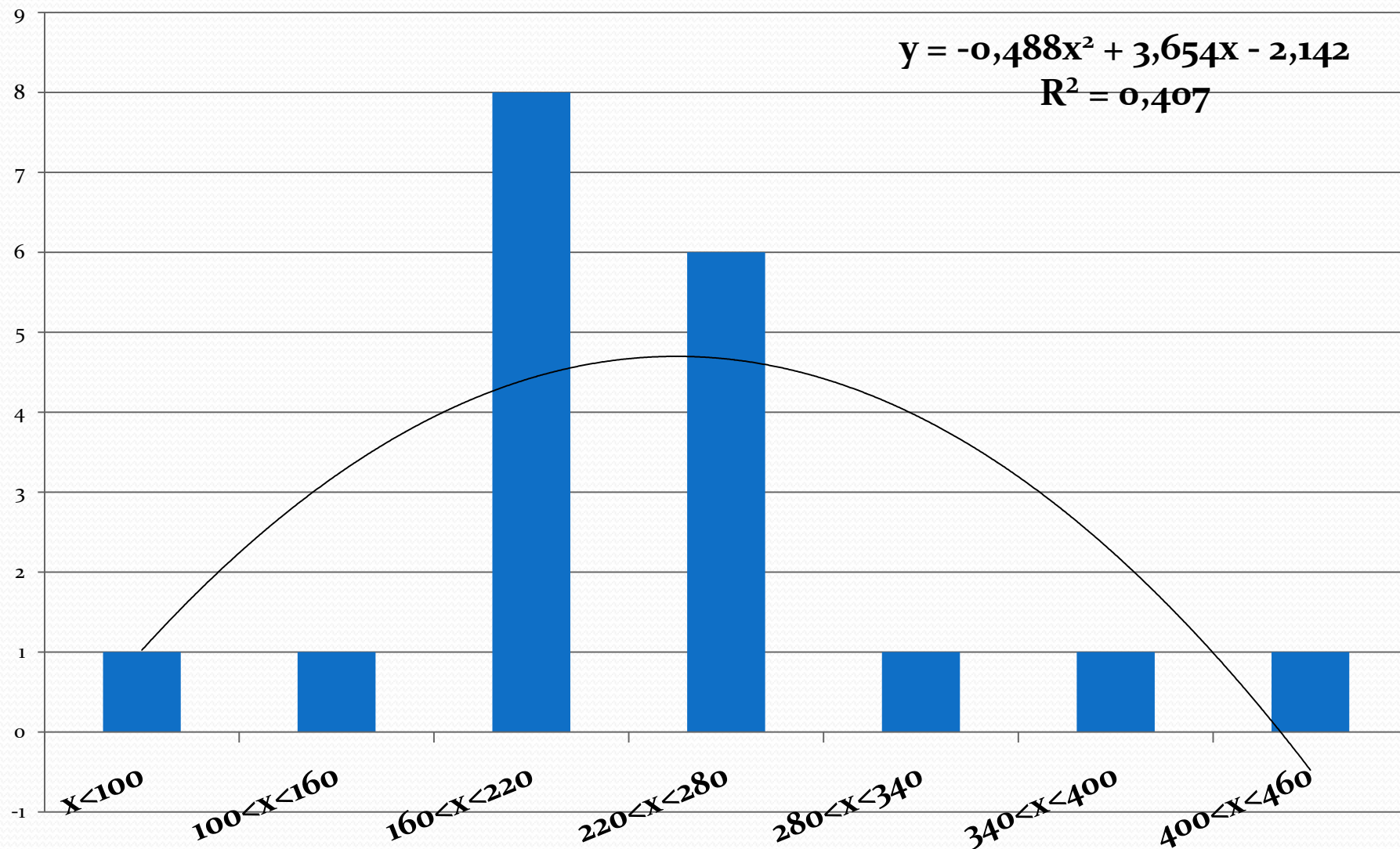
- Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Mecheria



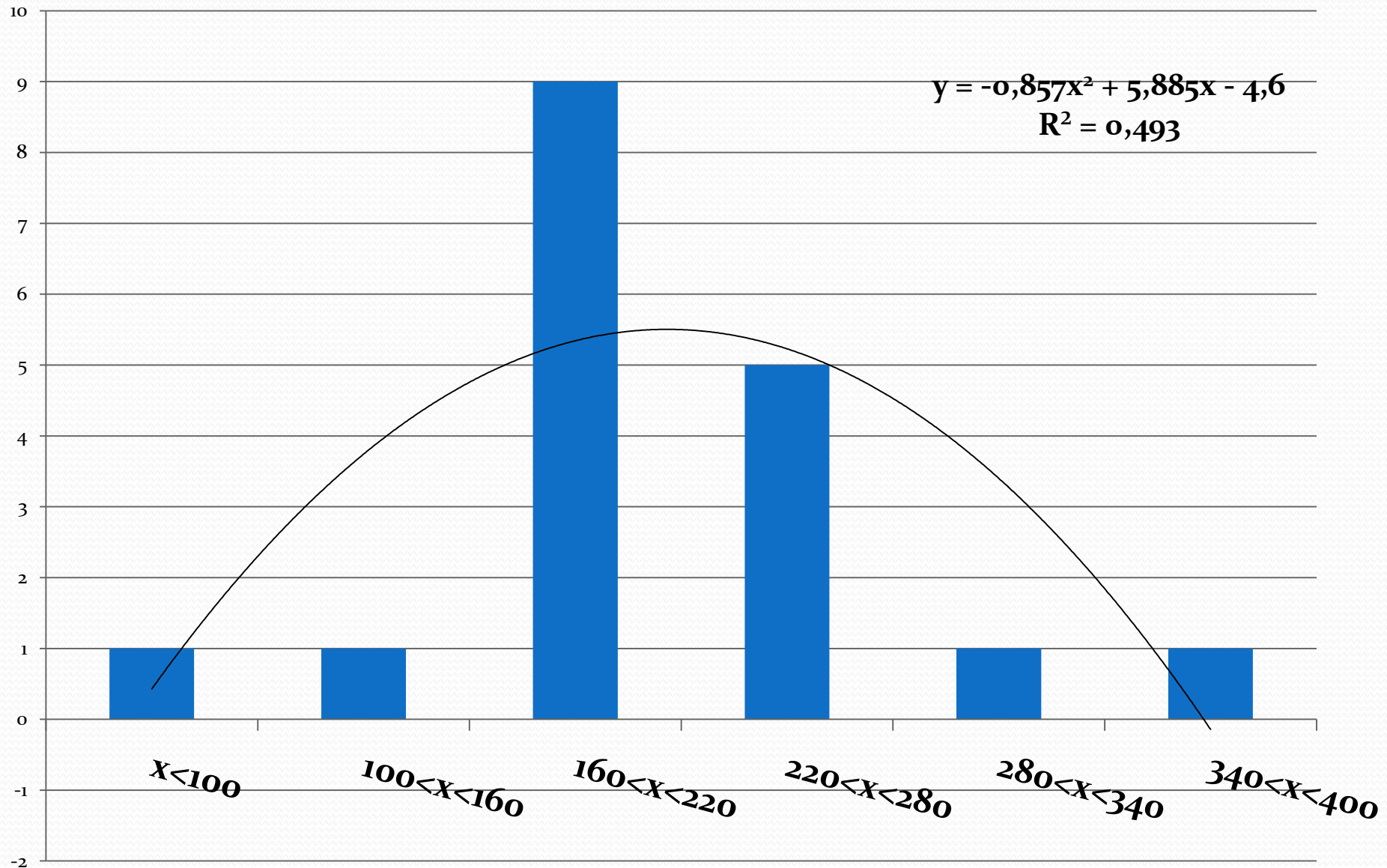
■ Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Nâama



■ Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques de la station de Ain sefra



■ Histogramme des classes de fréquence des moyennes annuelles pluviométriques pour la station d'El Kheiter



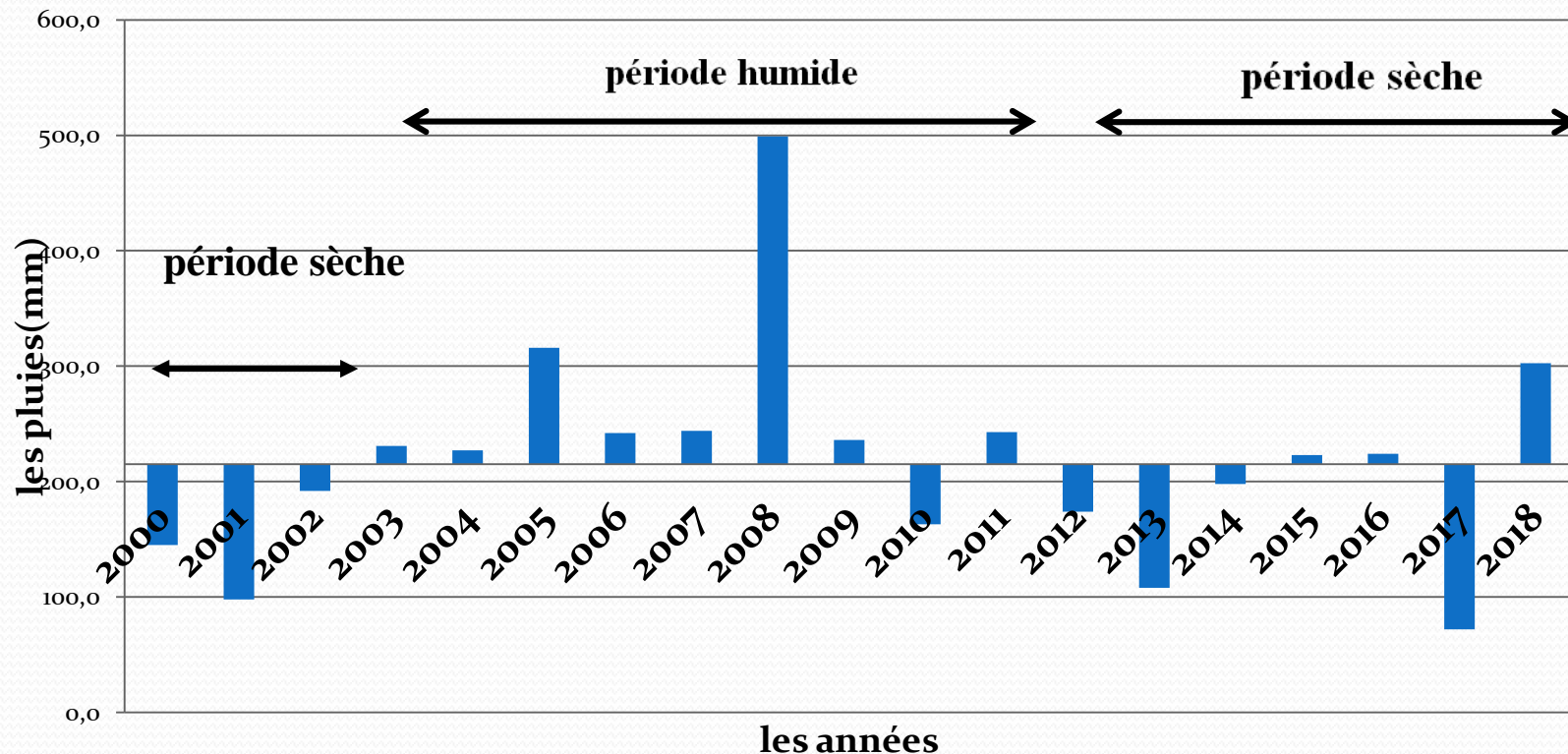
■ Evolution des moyennes médianes, minima et maxima annuelles pluviométriques

Station	Minimum (mm)	Moyenne (mm)	Maximum (mm)
Mécherai	72	217,76	499
Nâama	13	216,59	384
Ain sefra	53	186,98	436
El Kheiter	3	226,86	423

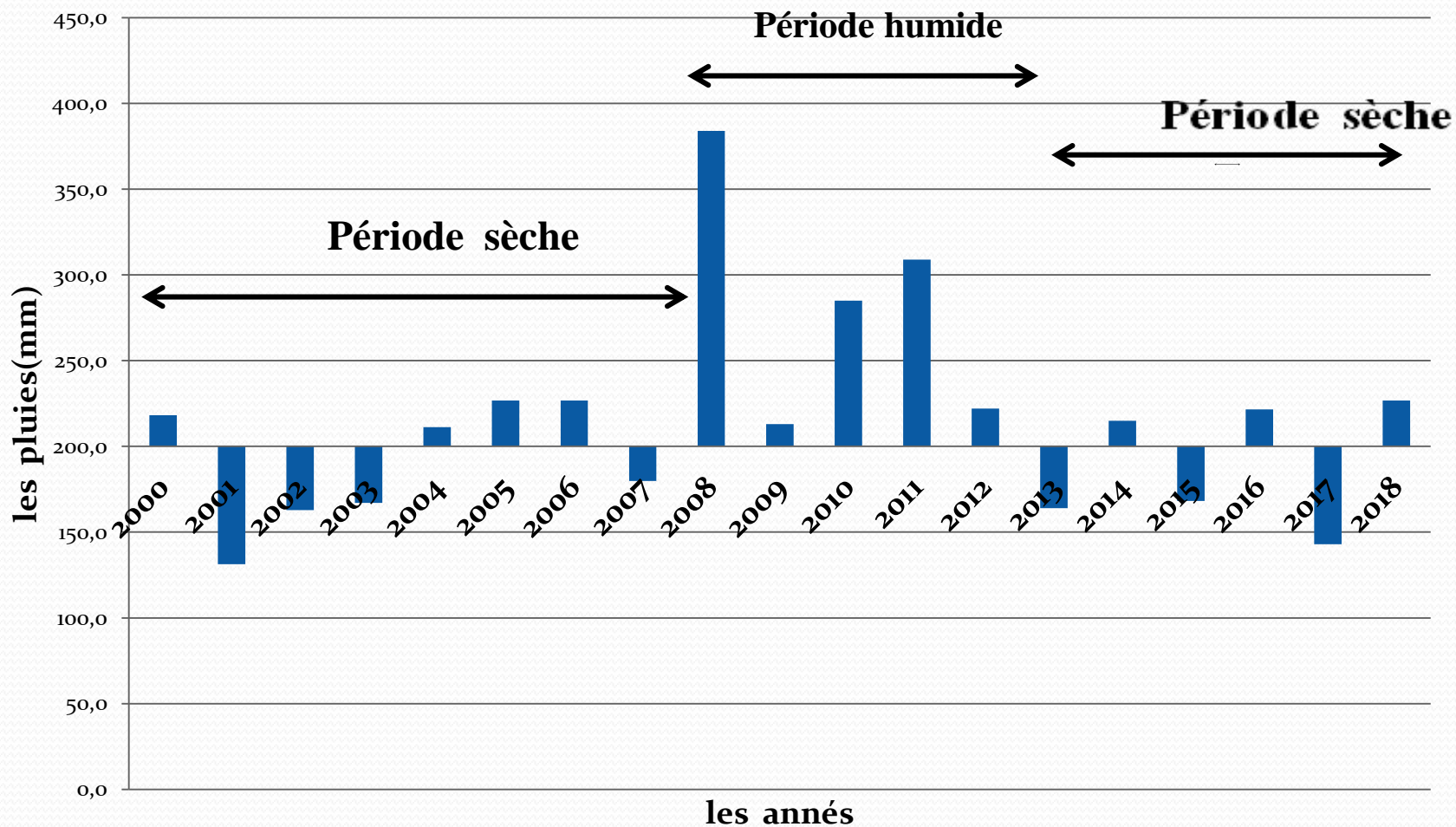
❖ Analyses par le tracé des écarts par rapport à la moyenne annuelle

Les tracés des écarts par rapport à la moyenne annuelle permettent de situer les périodes sèches et humide d'une série d'observation.

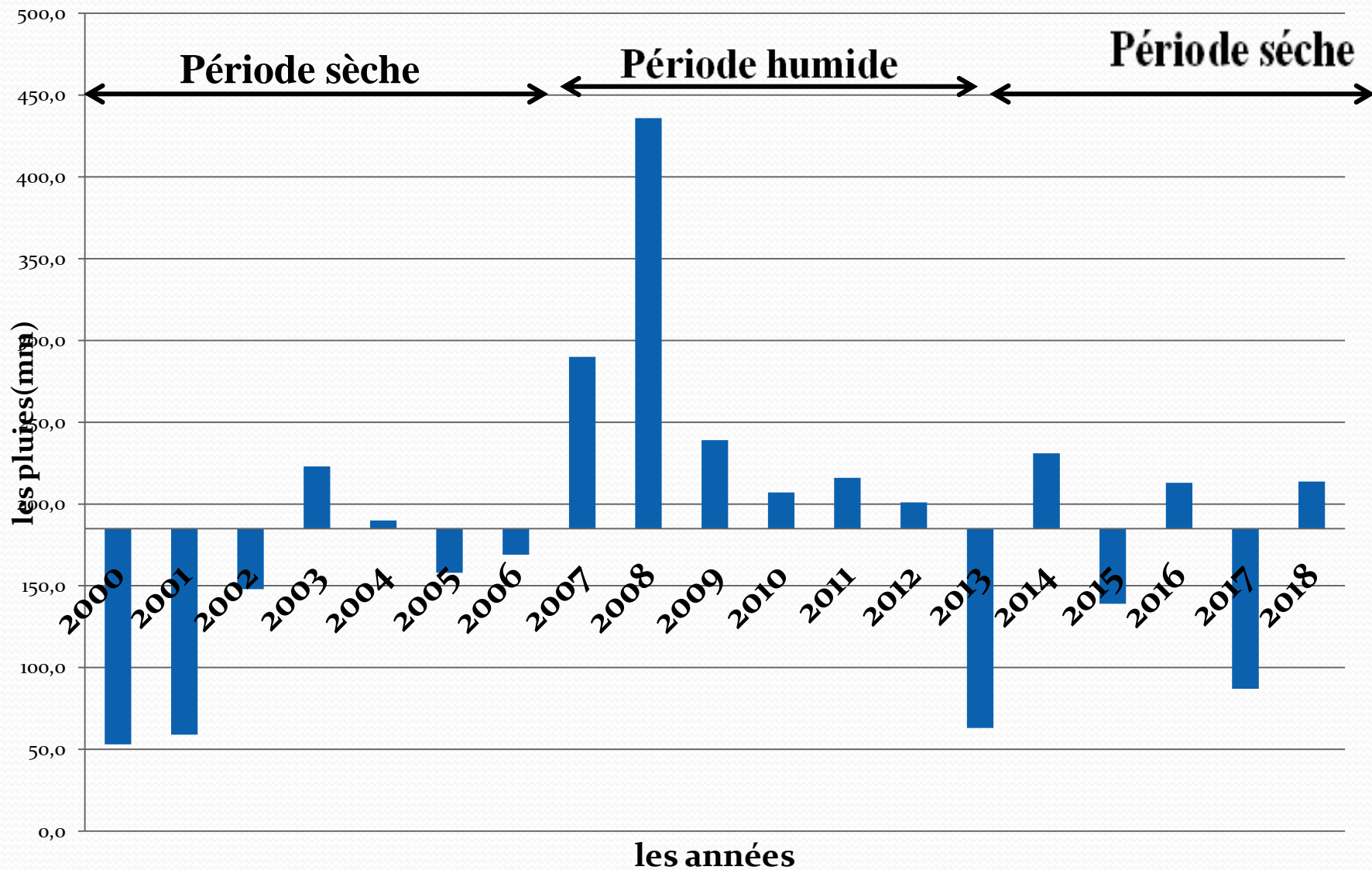
➤ Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Mecheria



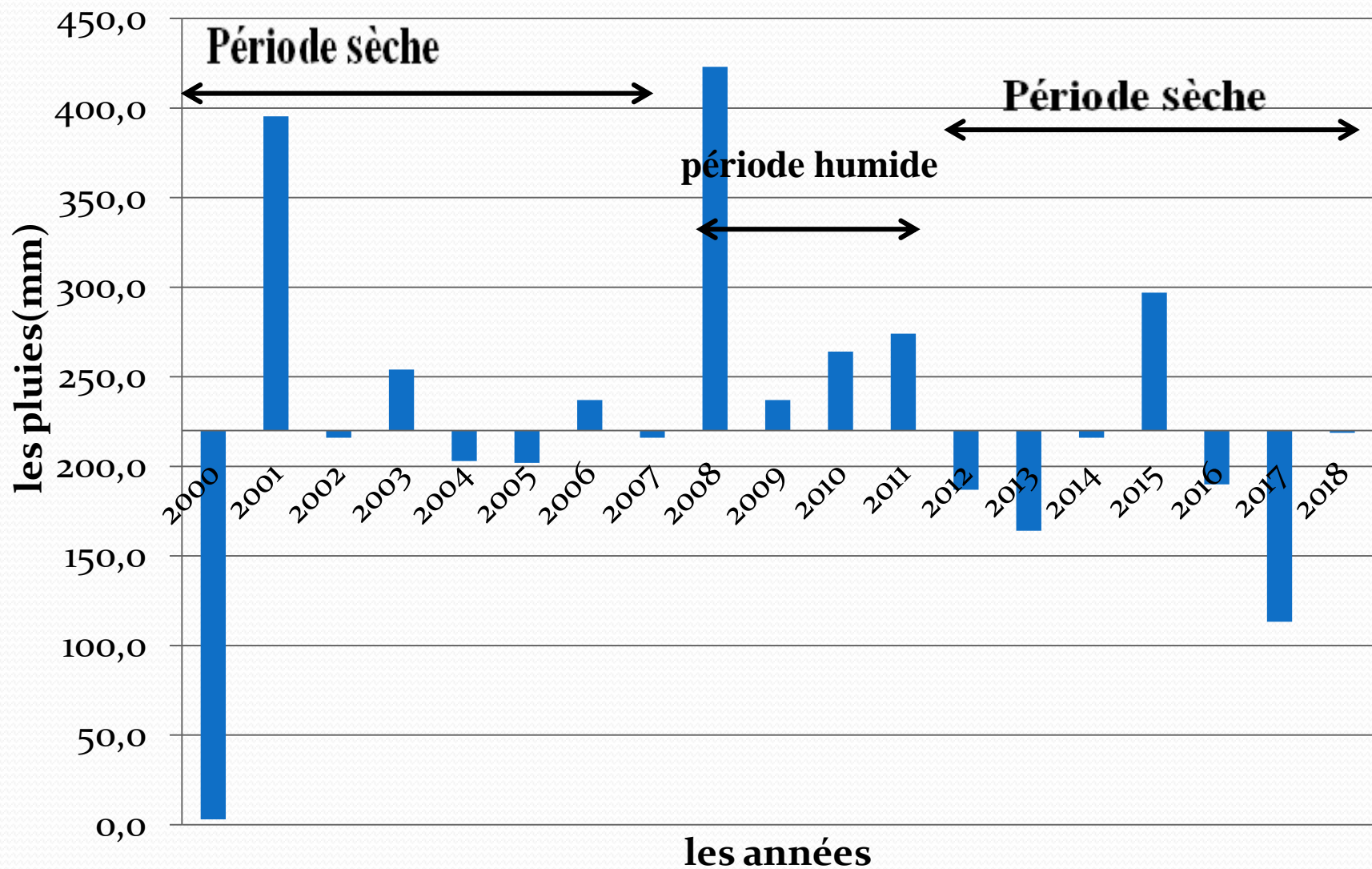
➤ tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Nâama



➤ **tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station de Ain sefra**



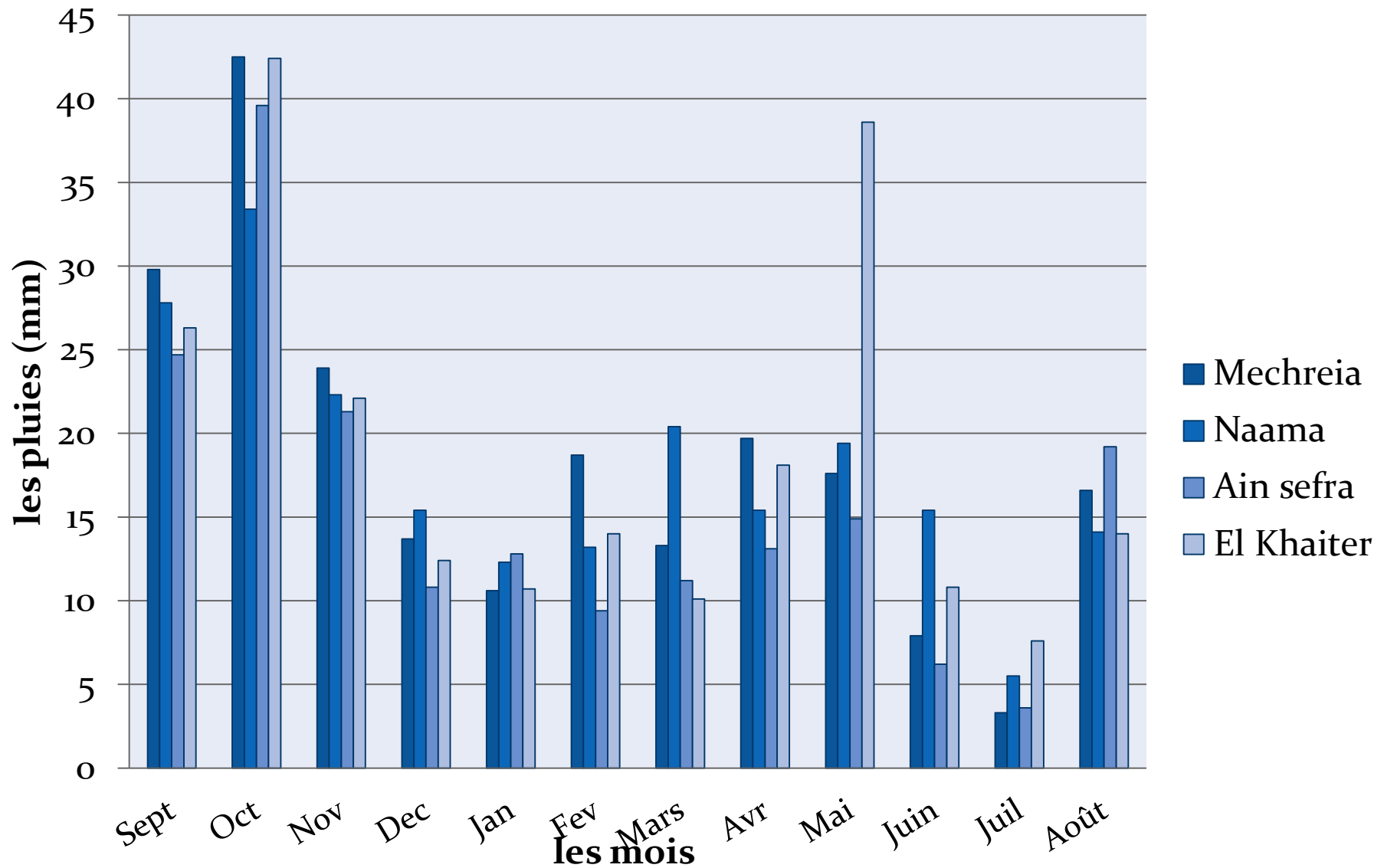
➤ Tracé des écarts des pluviométries moyennes annuelles pour la station d'El Kheiter



❖ Délimitation des mois secs et des mois humides

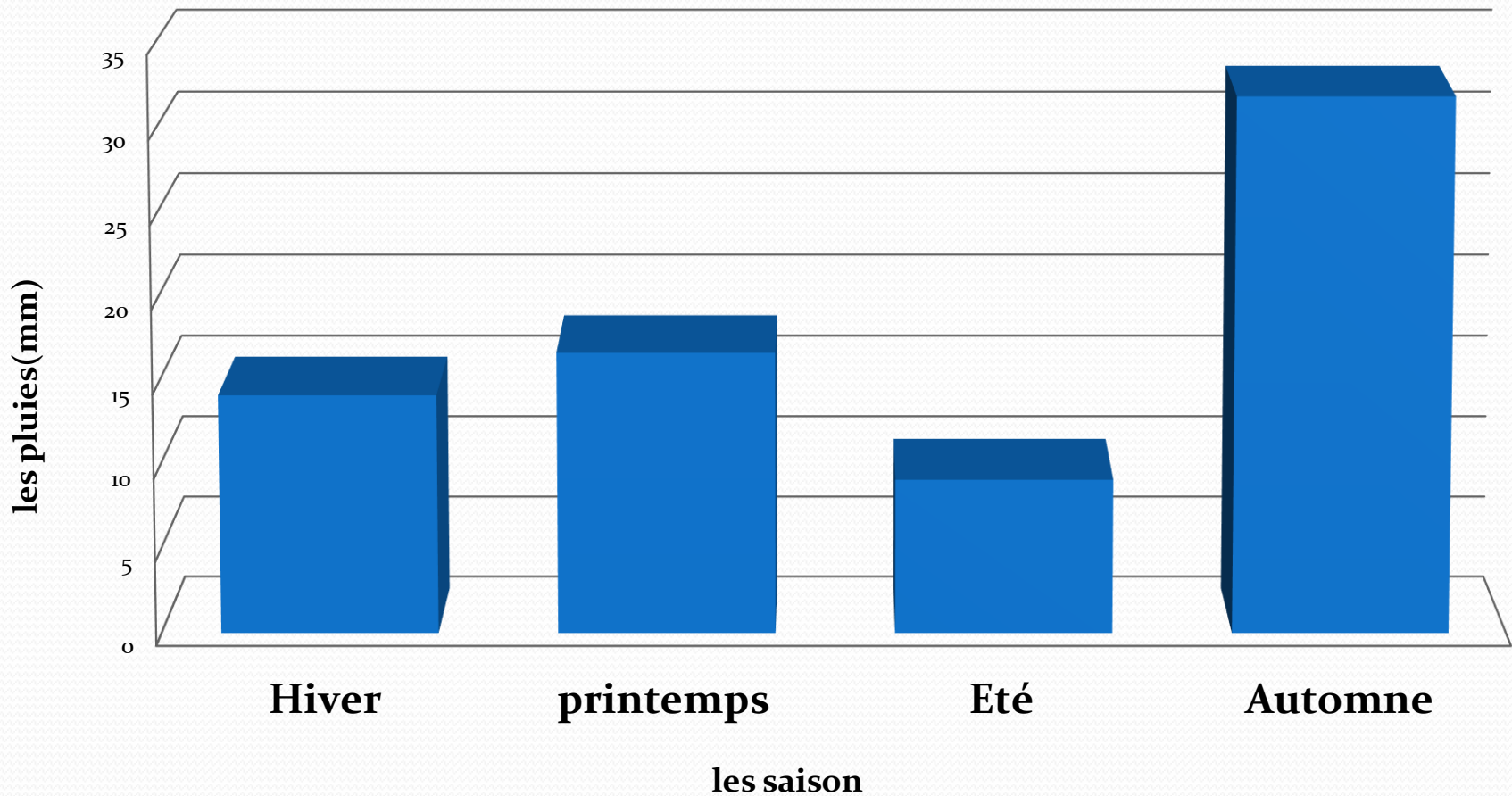
Pour la délimitation des mois secs et des mois humides nous avons adopté le seuil de 20 mm. Un mois sec à une pluviométrie moyenne mensuelle inférieure à 20 mm contrairement au mois humide qui est supérieur à 20 mm.

□ Variation moyennes mensuelles des précipitations (4 stations)



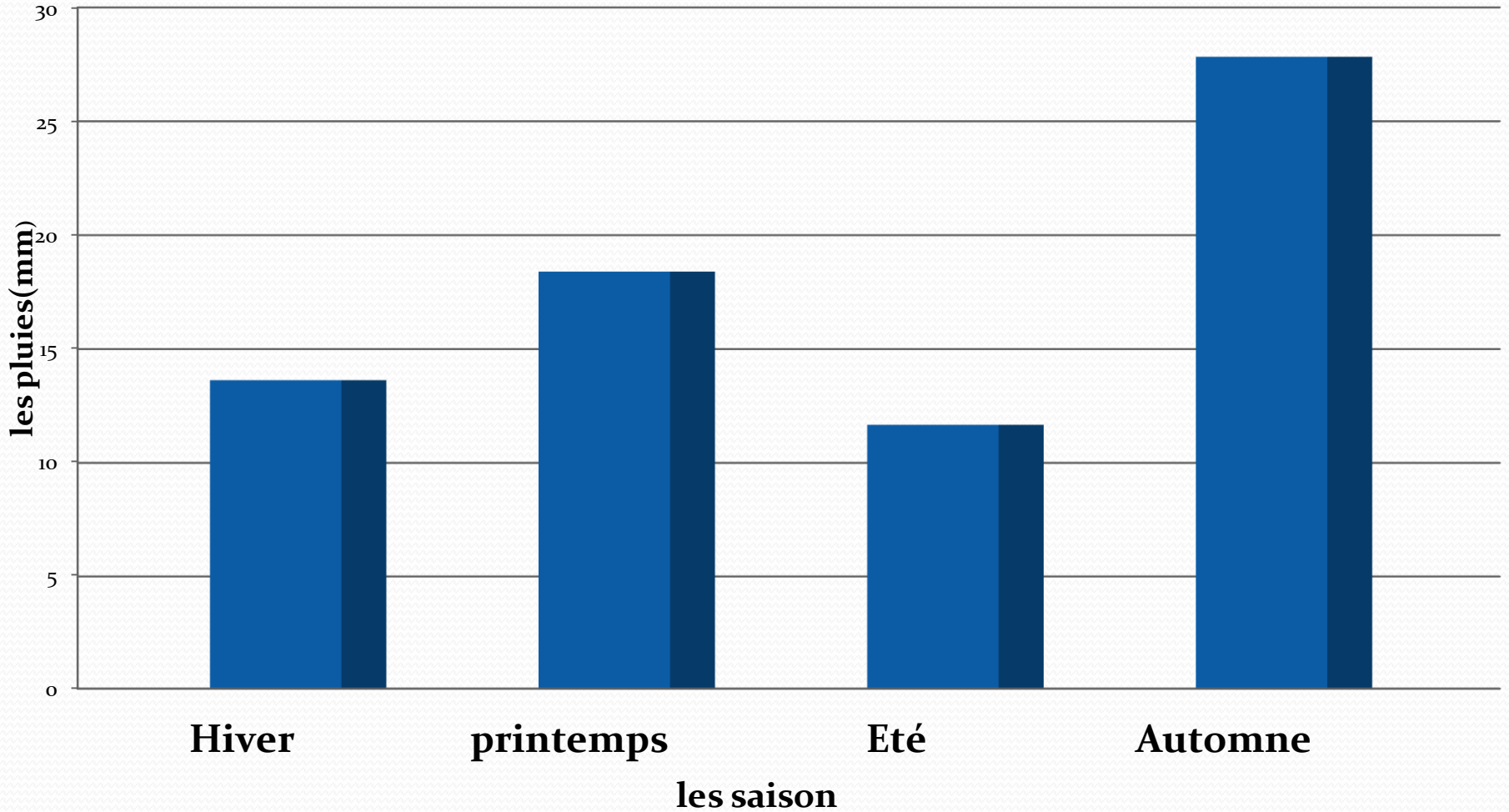
Précipitations moyennes saisonnière de Mecheria

Mecheria



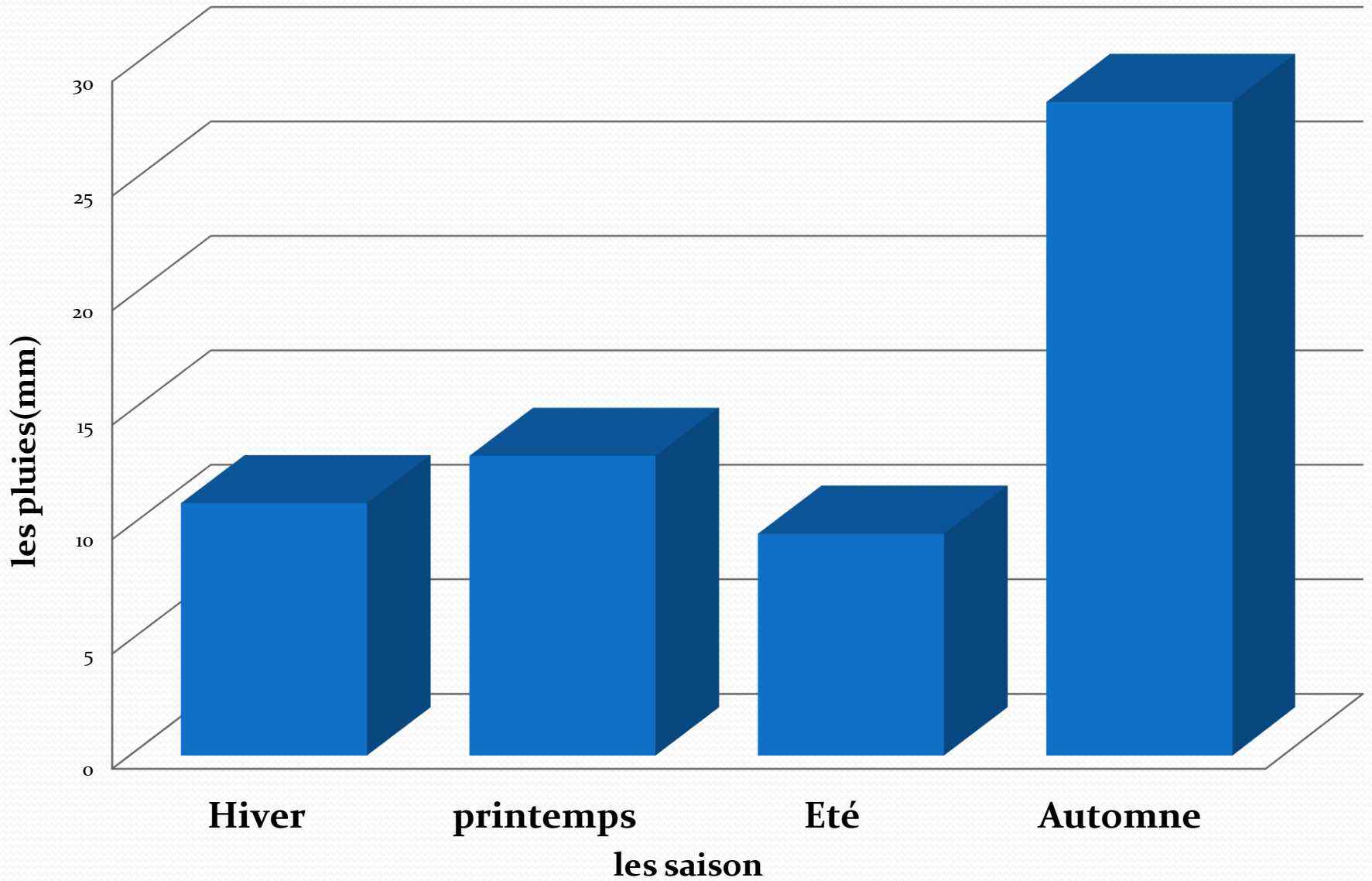
Précipitations moyennes saisonnière de Nâama

Nâama



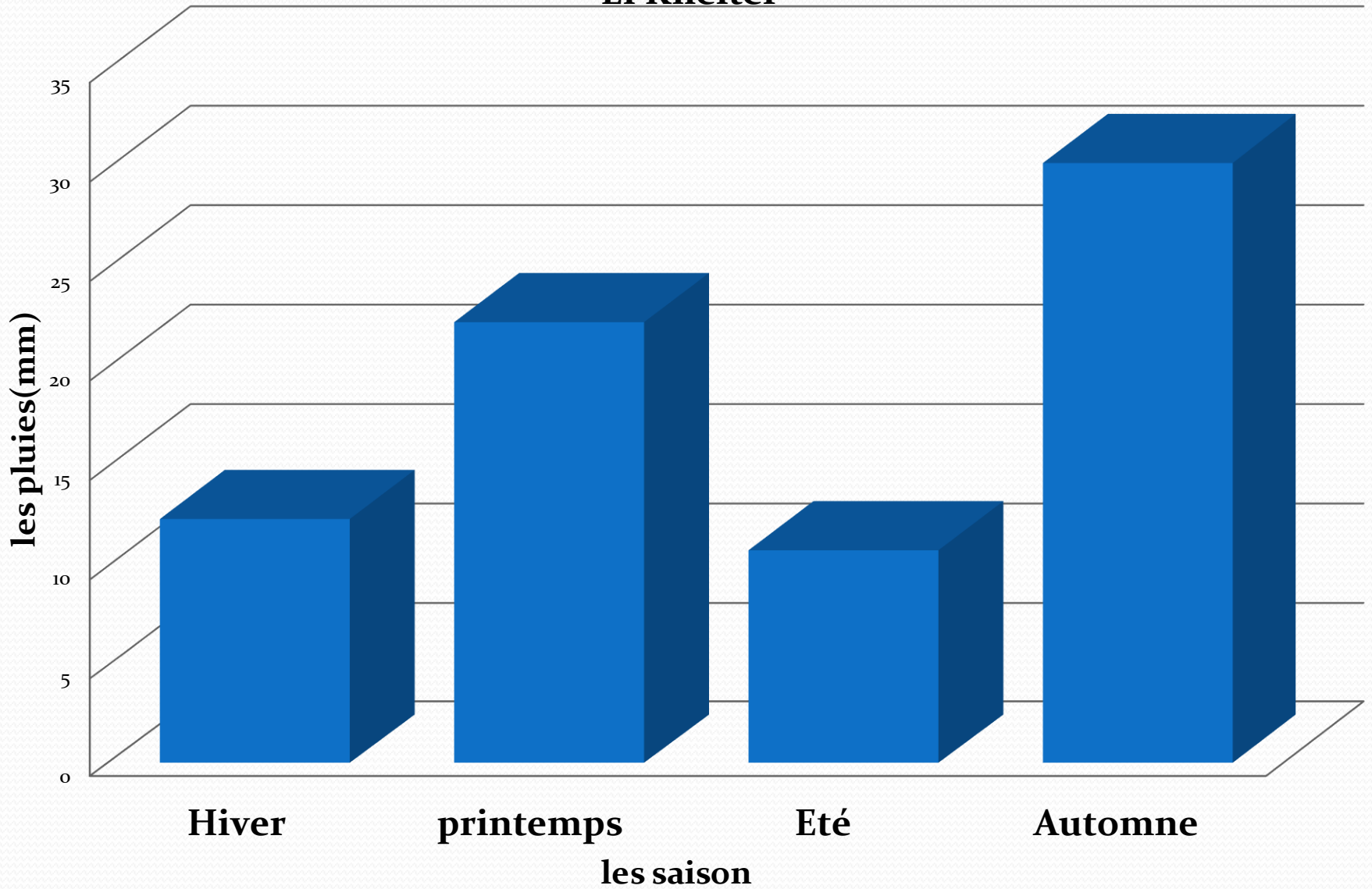
Précipitations moyennes saisonnière de Ain sefra

Ain sefra



Précipitations moyennes saisonnière d'El Kheiter

El Kheiter



Conclusion

D'après l'analyse des études qui sont fait auparavant, la pluviométrie est parait favorable dans les zones situés au Nord, et elle a connu une diminution en dirigeant vers le sud. En revanche il existe une période humide (pluviométrie les plus élevées) et autre sèche commune entre les quatre stations

Caractérisation de la sécheresse

Elle est définie par l'écart entre la pluie annuelle et la pluie moyenne annuelle.

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

□ Indice de sécheresse

1. Indice de l'écart à la moyenne (Em)

$$\triangleright E_m = P_i - P_m$$

Il est utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année, il permet aussi de visualiser le nombre d'années déficitaires et leur succession.

2. Indice de pluviosité (I_p)

➤ $I_p = P_i / P_m$

☐ Indices de sévérité

1. Indice du nombre d'écart type

Cet indice peut être calculé par la comparaison de la pluie moyenne annuelle (P_m) au nombre d'écart types (σ).

2. Indice standardisé de précipitation

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

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

ANALYSE DU CALCUL DES INDICES

		Mechreia		Naama		Ain sefra		El kheiter	
Indice	classe	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%
Em	H	11	58%	10	52%	10	52%	8	42%
	S	8	42%	9	48%	9	48%	11	58%
Ip	H	11	58%	10	52%	10	52%	8	42%
	S	8	42%	9	48%	9	48%	11	58%
AF	TS	3	16%	3	16%	3	16%	3	16%
	S	4	21%	4	21%	4	21%	4	21%
	N	6	32%	8	43%	6	32%	6	32%
	H	4	21%	2	10%	4	21%	4	21%
	TH	2	10%	2	10%	2	10%	2	10%
SPI	HE	1	5%	1	5%	1	5%	1	5%
	HF	1	5%	2	10%	1	5%	1	5%
	HM	9	48%	6	37%	9	48%	6	26%
	SM	5	26%	8	37%	4	21%	9	48%
	SF	3	16%	2	10%	4	21%	1	5%
	SE	-	0%	-	0%	-	0%	1	5%

Conclusion générale

- ✓ Dans cette région la pluviométrie est irrégulière caractérisée par des années successives de sécheresse aussi une succession des années humides.
- ✓ La région de Mecheria a enregistré le maximum le plus élevé ce qui pourrait s'expliquer par des orages dans cette région.
- ✓ Dans la région Ain sefra, la moyenne est le plus bas, donc c'est une région sèche par rapport les autre régions.
- ✓ C'est comme si, plus on va vers le sud plus l'impact sécheresse est présent.
- ✓ Le calcul des indices pour les différentes stations révèle l'existence de deux périodes distinctes humide et sèche.
- ✓ Toutes ces remarques nous permettent de dire que nous sommes en face d'un climat irrégulier avec une saison dominante.



*Merci pour votre
attention*