

Ministère de l'enseignement supérieur de la recherche scientifique  
Université d'Oran Es-Sénia  
Faculté des sciences de la terre, géographie et aménagement du territoire

Laboratoire de recherche Espaces Géographiques et Aménagement du Territoire (EGEAT)

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de Magister en Géographiques et Aménagement du Territoire

**Option : Evolution et dynamique des milieux semi-aride et aride**

**SECHERESSE PLUVIOMETRIQUE DURANT CES DERNIERES DECENNIES SUR LES  
HAUTES PLAINES SUD ORANAISES**

**Par  
Nassima TRIKI**

Soutenue le 02/07/2009, devant la commission d'examen

M. HADEID Mohamed  
Mme REMAOUN Khadidja  
M. DJALLEM Mohamed  
M. MEBARKI Azzedine  
Mme MEBROUK Naima

Maitre de conférences. univ Oran  
Professeur. univ Oran  
Chargé de cours. univ Mostaganem  
Professeur. univ. Constantine  
Maitre de conférences. univ Oran

Président  
Rapporteur  
Co-rapporteur  
Examineur  
Examinatrice

SOMMAIRE.....	1
INTRODUCTION GENERALE.....	4
Typologie du concept sécheresses.....	5
Le cadre général des Hautes Plaines Sud Oranaises.....	8

## CHAPITRE 1

### **RESEAU DES STATIONS METEOROLOGIQUES ET TRAITEMENT STATISTIQUE DES SERIES DE DONNEES PLUVIOMETRIQUES**

Introduction I.....	12
1. Réseau des stations météorologiques.....	13
1.1. Localisation.....	13
1.2. Les données recueillies.....	15
1.3. Critique des données.....	15
1.4. L'influence de l'emplacement géographique des postes d'observation et la hauteur des précipitations.....	16
2. Quelques rappels sur des méthodes de traitement d'une série de données météorologiques.....	16
2.1. Estimation des données pluviométriques manquantes et correction des données météorologiques.....	16
2.2. Contrôle de l'homogénéité des données météorologiques.....	17
2.2.1. <i>Nature des discontinuités temporelles des séries météorologiques</i> .....	17
2.2.2. <i>Le recours aux outils mathématiques pour distinguer les discontinuités temporelles</i> .....	19
3. Tests statistiques appliqués.....	21
3.1. La Loi Normale : test d'ajustement de la distribution.....	21
3.2. Test de Kolmogorov-Smirnov de Normalité.....	25
4. Résultats et commentaires.....	29
Conclusion I.....	33

## CHAPITRE 2

### **DELIMITATION DES PHASES DE SECHERESSE ET CARACTERISATION**

Introduction III.....	35
1. Quelques définitions se rapportant aux termes utilisés.....	36
2. Caractéristiques descriptives de la pluviométrie annuelle.....	38
3. Variabilité inter-annuelle des précipitations et la tendance générale.....	39
4. Délimitation des grandes phases sèches.....	46

4.1. Par la moyenne mobile.....	46
4.2. Par l'écart à la moyenne.....	50
5. Caractéristiques descriptives des phases de sécheresses.....	56
6. Evolution de la sécheresse pluviométriques ans les Hautes Plaines Sud Oranaises.....	58
6.1. Comparaison entre les stations météorologiques par périodes communes.....	58
6.2. Comparaison entre les stations météorologiques par décennies.....	60
7. Comparaison des résultats obtenus avec ceux connus.....	62
Conclusion II.....	65

### CHAPITRE 3

#### CARCTERISATION DES PHASES DE SECHERESSES

Introduction III.....	68
1. Caractérisation de la sécheresse par les indices.....	68
1.1. Les indices de sécheresse annuelle.....	69
1.2. Indices de sévérité de la sécheresse.....	69
1.2.1- <i>L'analyse fréquentielle</i> .....	70
1.2.2- <i>Indice de sévérité de sécheresse de Palmer</i> .....	71
1.2.3- <i>Indice du nombre d'écart type</i> .....	72
1.2.4- <i>L'indice standardisé de précipitation « SPI » (standardised precipitation index)</i> .....	72
1.2.5- <i>Indice de xéricité</i> .....	73
1.3. La sévérité de la sécheresse selon sa durée.....	74
1.4. Indice d'anomalie centrée réduite de Lamb (1985).....	74
1.5. Résultats.....	77
1.5. Indices de sécheresse saisonnière et mensuelle.....	81
1.5.1- <i>Indice d'anomalies centrées réduites de Nicholson</i> .....	82
1.5.2- <i>Indice de pluviométrie mensuelle</i> .....	82
1.5.3. <i>Indice de saison de pluies (ISP)</i> .....	83
1.6. Résultats.....	83
2. Les périodes de récurrences.....	86
2.1. Notion de temps de retour.....	86
2.2. Calcule des précipitations annuelles pour une période de récurrence donnée.....	87
2.2.1. <i>Calcul du module sec</i> .....	87
2.2.2. <i>Calcul récurrence humide</i> .....	88
2.3. Calcul de la récurrence d'une valeur connue.....	89

3. Étude des régimes pluviométriques.....	90
3.1. Résultats et commentaire.....	91
3.2. Comparaison des régimes pluviométriques mensuels.....	95
Conclusion III.....	96
CONCLUSION GENERALE.....	97
BIBLIOGRAPHIE.....	101
La liste des tableaux.....	107
La liste des figures.....	108
Annexe.....	109

## INTRODUCTION GENERALE

La sécheresse est un aléa climatique très restreignant (car difficilement prévisible) pour l'Homme, les êtres vivants et leur environnement surtout dans le domaine climatique méditerranéen et subtropical. Or, les Hautes Plaines Sud Oranaises steppiques sont situées entre les marges nord du Sahara et les retombées sud des montagnes telliennes. Par conséquent, elles sont assez vulnérables au phénomène « sécheresse ».

Cette étude vise à mettre en évidence les phases de sécheresse pluviométrique dans cette région durant les dernières décennies.

Le problème rencontré au cours de cette étude concerne le nombre insuffisant de stations météorologiques et surtout, les années du début de leur fonctionnement ne coïncident pas et ne sont pas identiques pour l'ensemble des stations (ex. Naama, a commencé à fonctionner en 1987 et Ain Sefra avant 1900) sans parler des lacunes dans les séries de données.

Après le recueil de données auprès de l'ONM et des sources bibliographiques diverses, des traitements statistiques ont été faits (homogénéisation, ajustement, etc.... ) ce qui a permis de dégager une tendance très nette à la baisse de la pluviométrie depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle et à l'intérieur de la série, les années dont la pluviométrie est soit supérieure, soit inférieure à la moyenne de la série et ainsi de mettre en évidence des phases de sécheresse. Ces dernières ont été ensuite caractérisées par des paramètres différents comme la moyenne mobile, l'écart type, le coefficient de variation etc... Les résultats ont été comparés ou confrontés avec d'autres existants relatifs au Hautes Plaines Sud Oranaises (Cf. Bibliographique) et en particulier ceux attestant d'un abaissement ou changement dans l'étage ou sous-étage bioclimatique des stations météorologiques comme par exemple, Sebdou et El Aricha (Cf. Fig2) qui sont passées depuis les années 1970, du semi-aride moyen à l'aride supérieur. Aussi ce travail s'articule-t-il en trois parties :

- Une étude statistique afin de valider la normalité des données pluviométriques.
- Comment se caractérise la pluviométrie durant ces dernières décennies dans les Hautes Plaines Sud Oranaises ?
- Le phénomène « sécheresse » a-t-il sévi dans les Hautes Plaines Sud Oranaises durant les dernières décennies et combien de fois ? et si oui, est-ce que les phases de sécheresse ont les mêmes caractéristiques (intensité etc..) ?

Mais avant tout, quelles sont les définitions du terme sécheresse et quelles sont les caractéristiques générales des Hautes Plaines Sud Oranaises.

## Typologie du concept sécheresse

Nous soulignerons simplement que la sécheresse est une notion relative, car non seulement ses manifestations sont diverses mais sa définition même varie en fonction de son impact et selon l'approche scientifique. Il existe plus de 30 définitions se rapportant à la sécheresse : d'une façon très pragmatique, on peut donner une définition de la sécheresse comme étant « un manque d'eau par rapport aux besoins spécifiques ». On parle alors de sécheresse quand le déficit hydrique n'est pas propre au climat de la zone et quand il dure suffisamment longtemps pour être dommageable. La sécheresse est un caractère de temps sec, qui influe directement sur les termes du bilan besoin - ressource et engendre des dégâts économiques. Elle peut se produire à n'importe quelle période et à différentes échelles (saison, année, décade) (Rognon, 1996). Donc pour qu'il y ait sécheresse il faut que cette absence de pluie ait une incidence dans d'autres domaines que celui de la météorologie. (P. Carbonnel, 1995)

Voici en résumé certains types fondamentaux de sécheresse pouvant survenir séparément ou simultanément :

### La sécheresse climatique

En climatologie, on parle de sécheresse climatique ou pluviométrique, lorsque les précipitations sont anormalement faibles par rapport à la normale, souvent, elle est définie par *l'écart entre la pluie annuelle et la pluie moyenne annuelle*. La définition de la sécheresse est différente selon les zones aussi. Citons par exemple celle proposée par la British Rainfall Organization en 1936 pour les pays occidentaux situés dans des zones pluvieuses :

- Sécheresse absolue: période de 15 jours consécutifs pendant laquelle la précipitation enregistrée est inférieure ou égale à 0,25 mm/jour.
- Sécheresse partielle: période de 29 jours avec une précipitation moyenne inférieure ou égale à 0,25 mm/jour.
- Temps sec: période de 15 jours consécutifs avec des précipitations ne dépassant pas 1 mm/jour

Aux États-Unis, on dit qu'il y a sécheresse quand une zone étendue reçoit seulement 30 % ou moins de précipitations qu'en temps normal sur vingt et un jours minimum.

En Australie, il faut qu'une région reçoive moins de 10 % de précipitations par rapport à la moyenne annuelle et en Inde il faut que les précipitations annuelles soient inférieures de 75 % aux normales saisonnières pour qu'on parle de sécheresse.

Dans certains cas, elle peut durer de nombreuses années et envahir une grande partie d'un continent. Elle peut alors être définie par trois échelles : locale, régionale et subcontinentale.

Elle peut être définie aussi par la période de temps pendant laquelle il n'est jamais tombé de *pluie mesurable*.

Dubief a considéré ce point de vue et a envisagé deux autres catégories de sécheresse dans un sens plus accentué.

La première consiste si pour un mois X bien déterminé de l'année ou un jour i précis d'un mois donné, il n'y a pas eu de chute de pluie mesurable. On dira donc que ce mois ou ce jour est sec. La durée annuelle de cette sécheresse, qu'il qualifie d' « *apparente* », sera donnée par le nombre de mois ou la somme des jours sans pluie rigoureusement nulle.

La deuxième appelée « *sécheresse réelle* » englobe toutes les périodes sans pluie rencontrées au cours des années étudiées. Elle sera comptée d'un jour de pluie au suivant, entre deux mois ou deux années pluvieuses séparées par un intervalle de temps sans précipitation. Ces durées réelles de sécheresse sont plus intéressantes que les précédentes et ont une plus grande portée.

### **La sécheresse hydrologique**

La sécheresse hydrologique est exprimée par la réduction de l'écoulement superficiel dans les cours d'eau et la baisse du niveau des lacs. Elle survient principalement à la suite d'une longue sécheresse météorologique. Elle intervient après l'épuisement de la réserve en eau des sols. Elle est modifiée par le coefficient *ruissellement/infiltration et par l'évaporation* et par conséquent, elle conduit à une diminution des volumes stockés dans les ouvrages hydrauliques et à une baisse naturelle du niveau d'eau dans les nappes souterraines.

### **La sécheresse agricole**

La sécheresse agricole est le manque d'eau utilisable pour les plantes cultivées. Elle est liée au taux d'humidité du sol à 1 mètre de profondeur, lorsque la réserve utile des sols des végétaux s'épuise, ce qui ralentit la montée de la sève. Elle se calcule par la disponibilité de l'eau du sol pour les plantes et pour les animaux.

Pour la caractériser, les généticiens mesurent la sensibilité des plantes selon le génotype face aux contraintes hydriques et calculent « des indices variétaux de sensibilité... L'esquive ou l'évitement ou encore l'échappement qui consiste à réaliser le cycle pendant la période favorable est l'un des moyens pour la plante de réduire ou d'annuler les effets du stress hydrique » (Monneveux & This 1997).

Donc, la faible humidité du sol, associée à la rareté de l'eau, arrête la croissance végétale, diminue les rendements.

Brunis (1996), la nuance par la *sécheresse pastorale* qui se définit par le rapport : *demande par les activités rurales / offre potentielle d'eau*, Sa durée est donnée par le temps qui s'écoule

entre deux chutes de pluie utile. Ici la hauteur des pluies utiles varie suivant les utilisateurs. Dans les deux cas, elle est mesurée en termes de pertes économiques pour les agriculteurs, après observation des conséquences du manque d'eau sur les plantations.

### **La sécheresse édaphique**

Elle se définit par la baisse de la réserve en eau dans le sol et notamment de la réserve utile (R.U), due à l'intensité de l'évaporation, le dépôt en surface de produits dissous, par une moindre infiltrabilité et s'exprime dans les paysages par l'accentuation du caractère d'aridité. Elle a pour conséquence des dessiccations répétées dans le sol.

### **La sécheresse socio-économique**

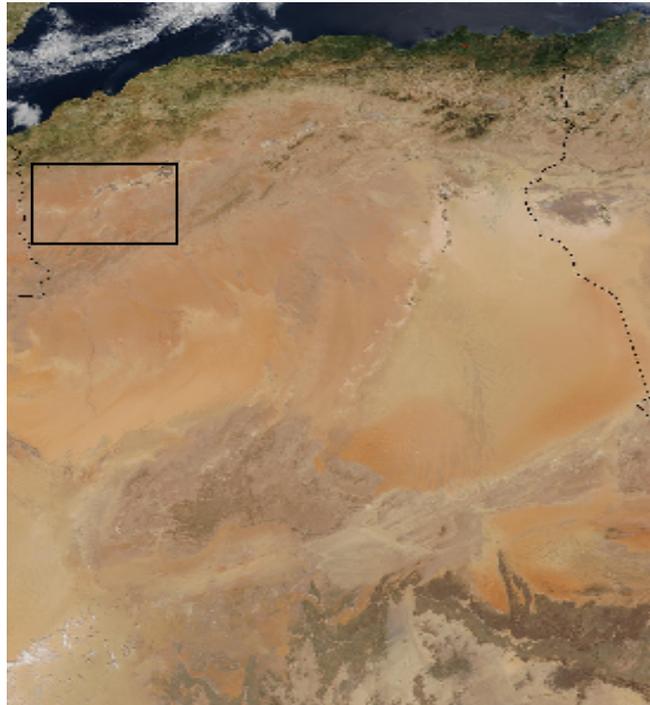
Selon Brunis (1999), *la sécheresse socio-économique* survient lorsque l'Etat vend à sa population plus de ressources hydriques, qu'il ne peut en restituer à l'environnement, Soulignons que ce sont alors moins les sécheresses qui sont traumatisantes que la gestion des ressources en eau.

### **Les sécheresses conjoncturelles dues au phénomène El Nino**

El Nino est un phénomène climatique, qui peut être accompagné de pluies excédentaires (mousson) ou d'absence totale de pluies. Ses conséquences sont catastrophiques : pluviométrie excessive, inondations, sécheresses et incendies de forêts. Ainsi des sécheresses lui ont été imputées en 1998, notamment en Amérique centrale, au Mexique, au Brésil, dans quelques îles du Pacifique, en Indonésie, en Australie et en Afrique du Sud. (Glantz 1998).

## Le cadre général des Hautes Plaines Sud Oranaises

Fig. 1 : Situation géographique des Hautes Plaines Sud Oranaises



Les stations choisies pour cette étude appartiennent aux Hautes Plaines Sud Oranaises, zone de transition entre deux domaines différents un domaine tellien au nord et un domaine saharien au sud. Cette région est steppique et se caractérise donc par une formation végétale spécifique entre le Tell et le Sahara, composée essentiellement d'herbacés tel l'alfa, l'armoise et de petits arbustes tel le jujubier.

### • Les caractéristiques du relief :

Les Hautes Plaines steppiques Oranaises occupent une très vaste superficie 6 000 000 ha correspondant en fait au bassin versant de deux grands chotts : le Chott El Chergui et le Chott El Gharbi. Elles s'étendent, sans accident topographique important, des Monts de Tlemcen, des Monts des Daya et de Saida (chaîne telliennes) jusqu'aux Monts de Ksour de l'Atlas saharien. L'altitude est entre 900 et 1200m. Les Hautes Plaines steppiques sont interrompues par de petits chaînons d'orientation WSW-ENE (Dj. Antar, Dj.Aïssa, Dj.Mekhter etc...) ainsi que par des cuvettes (dayas, Mekmènes) et une grande Sebkhia, Sebkhia Naama.

Au nord se dresse la barrière de l'Atlas tellien formée par les monts de Tlemcen (1843m), les monts de Daya (1203m) et les monts de Saida (1201m). Puis, la morphologie change complètement, les monts laissent la place à de vastes étendues planes, comportant des cuvettes et des dépressions de dimensions variables allant de plusieurs kilomètres à une vingtaine de mètres comme par exemple les Mekmènes. La plupart des cuvettes et daïas sont inondées en hiver et

asséchées en été. Les Hautes Plaines Sud Oranaises sont de vastes étendues faiblement inclinées vers la gouttière axiale formée par les chotts El Chergui et El Gharbi. Elles s'abaissent, d'ouest en est, de 1 000m à 800 m.

Les grands chotts (El Chergui et El Gharbi) sont de vastes dépressions à fond plat qui constituent une véritable barrière entre deux espaces différents : au nord un espace ou domaine céréalier et au sud un domaine pastoral.

Au sud, les Monts des Ksour forment l'extrémité ouest de l'Atlas saharien. Ils sont orientés ENE/WSW et dépassent 2000 m d'altitude au Dj. Aïssa (2236 m).

Les Hautes Plaines steppiques oranaises sont caractérisées par un réseau hydrographique constitué de nombreux oueds à écoulement endoréique aboutissant dans les diverses dépressions comme les dayas, mekmènes, ainsi ceux qui constituent les bassins versants des sebkhas ainsi que les chotts.

De par leur position géographique, les Hautes Plaines Sud Oranaise sont situées en climat méditerranéen semi-aride à aride, dont la pluviométrie annuelle varie entre 100 mm et 300 mm.

Cette dominance de l'étage bioclimatique semi-aride à aride, les soumet à un climat très capricieux qui se caractérise principalement par des précipitations irrégulières et très variables d'une année à l'autre. Plus de 80% des précipitations de cette région sont inférieures à 300 mm, les précipitations annuelles enregistrées dépassent rarement les 200mm et on constate une grande variabilité interannuelle des précipitations entre 200 et 350 mm/an et des épisodes de sécheresses périodiques et fréquentes dont la durée peut dépasser les trois tiers de l'année jusqu'à plusieurs années successives. Il y a aussi des précipitations sous forme de neige, principalement sur les sommets des djebels et durant 5 à 20 jours par an.

Le couvert végétal est tributaire de pluviométrie on a par conséquent (d'après Aidoud)

- En zone sub-steppique du semi-aride, des espèces steppiques telles que l'armoise (*Artemisia herba alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*) et le sparte (*Lygeum spartum*).
- Dans les steppes méridionales arides et présahariennes qui sont caractérisées par une réduction importante du couvert végétal donnant lieu à des parcours médiocres sur des sols squelettiques et ayant atteint un seuil de dégradation très avancé.

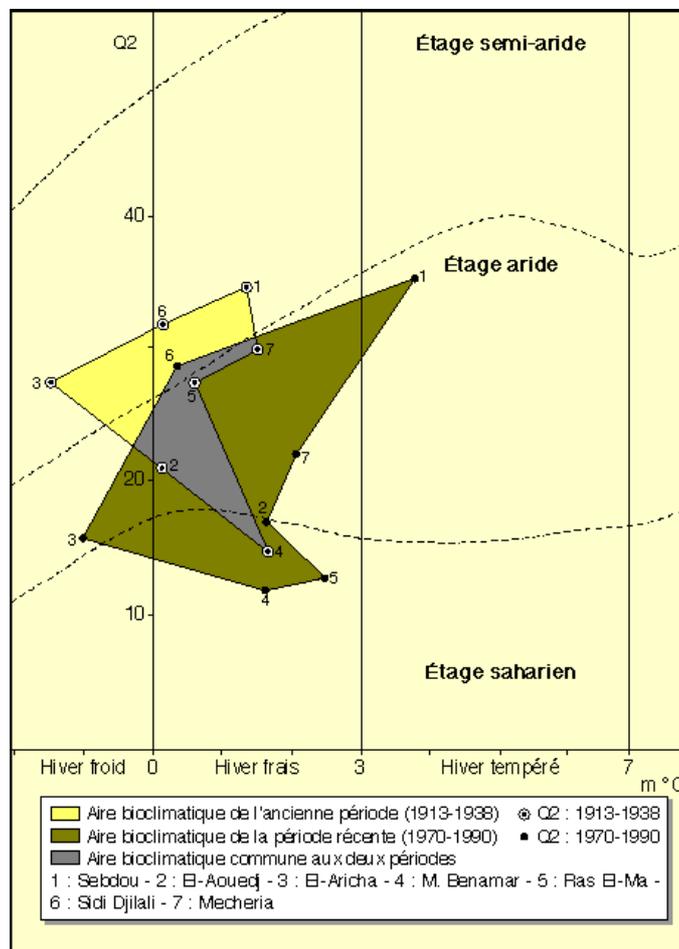
Les températures sont fortes l'été (des maximums absolus dépassent les 45°C) et froides l'hiver (des températures minimales peuvent être bien au-dessous de 0°C). Les températures

moyennes annuelles sont élevées. Des amplitudes thermiques annuelles se caractérisent par des  $T^{\circ} > 35^{\circ}\text{C}$  en été et des  $T^{\circ} < 0^{\circ}\text{C}$  en hiver.

**T ° max t° moy t° voir Bénabadji**

- La moyenne des températures minimales du mois le plus froid "m" est comprise entre 0 et 9°C et inférieure à 0°C dans cette région semi-arides à arides.
- La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud "M" varie de 33°C à 38°C dans les Hautes Plaines steppiques et supérieure à 40°C dans les régions sahariennes.

**Fig.2** : Evolution des étages climatiques dans quelques stations des Hautes Plaines Sud Oranaises (Benabadji N et Bouazza M. 2000)



**CHAPITRE 1**  
**RESEAU DES STATIONS**  
**METEOROLOGIQUES**  
**ET**  
**TRAITEMENT STATISTIQUE DES SERIES**  
**PLUVIOMETRIQUES**

## **Introduction I**

Les Hautes Plaines Sud Oranaise, ont un réseau de stations météorologique peu dense, ce qui fait que les distances entre elles, sont très grande (elle peut atteindre plus de 200km).

Les données pluviométriques ont été recueillies dans 8 stations météorologiques installées dans les Hautes Plaines Sud Oranaises : El Aricha, Sebdou, Saida, Saida PC, Medrissa, El Bayedh, Mécheria et Ain Sefra. Elles ont permis d'établir une base de données pluviométriques sur 30 ans et plus.

Ces stations offrent des séries de données pour la plupart lacunaires. Ces lacunes n'ont pu être comblées vu l'absence d'une série de référence fiable provenant de deux stations se situant dans la même entité géographique et à moins de 40km.

Un traitement statistique de base, s'appuyant sur quelques tests tels la loi Normale (loi de Gauss), le test Kolmogorov-Smirnov, le test d'ajustement,...etc., permet de valider la normalité des séries pluviométriques.

Dans ce chapitre, nous allons localiser les stations météorologiques selon leurs coordonnées géographiques (x,y,z), et la distance qui les sépare. Ensuite nous ferons une analyse globale de la qualité et la quantité des données pluviométriques collectées à partir de ces stations météorologiques.

Nous les soumettrons après, à certains de ces tests, pour de multiples raisons citées précédemment et en particulier l'inexistence d'une série de référence ainsi que le décalage existant entre les dates du début et de la fin des séries. Néanmoins, il est fondamental que toute série chronologique doit être attestée par une loi normale afin de justifier sa distribution en une "courbe en cloche" symétrique autour de la moyenne indiquant sa normalité. Nous allons donc vérifier l'homogénéité des données par le test du simple cumul, ensuite nous appliquerons ces deux séries de tests statistiques ainsi que la loi normale d'ajustement à la distribution et le test de Kolmogorov-Smirnov de Normalité.

# 1. Le réseau des stations météorologiques

## 1.1. Localisation

L'historique des stations météorologiques s'avère un point très important, car la position passée ou actuelle d'une station donnée influe directement sur les relevés et donc sur la fiabilité de ces derniers. Les stations météorologiques existantes dans cette partie occidentale des Hautes Plaines Steppiques et dont sont issues les séries des données pluviométriques utilisées dans ce travail sont au nombre de huit, à savoir: Saida (1944-1988), Saida PC (1922-1988), Medrissa (1922-1988), Sebdou (1941-1987), El Aricha (1968-1987), El Bayedh (1971-2001), Mécheria ANRH (1970-2001) et Ain Sefra (1898/2001). (Cf.Tab.1).

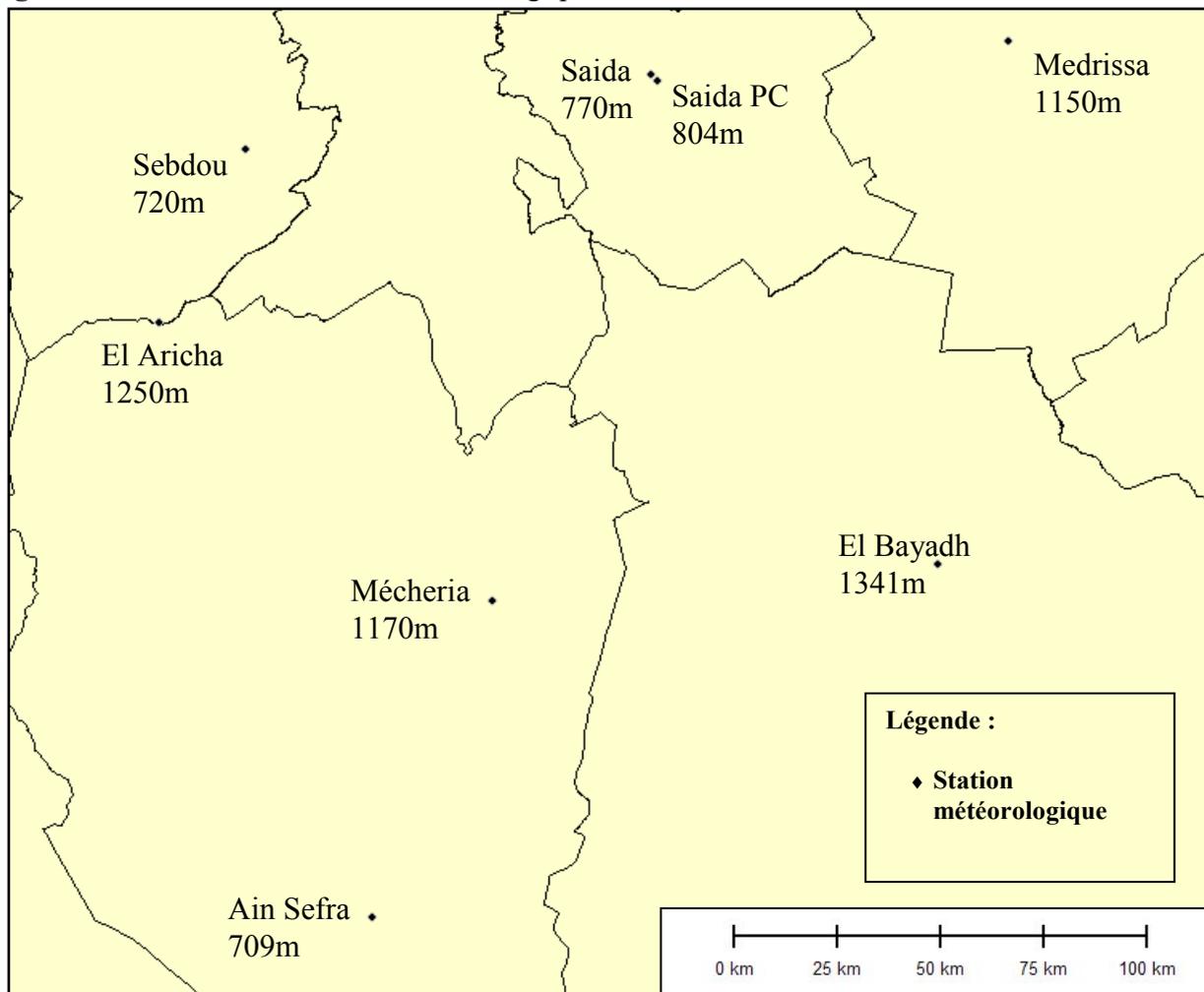
**Tab.1** : Localisation et caractéristiques des stations météorologiques.

STATION	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	PÉRIODE
Saida	34°87N	0°15W	770m	1979-2001
Saida ONM	34°83N	0°16E	804m	1943-1980
Medrissa	34°57N	1°12E	1150m	1922-1989
Saida PC	34°50N	0°10E	872m	1922-1989
Sebdou	34°38N	1°20W	720m	1941-1987
El Aricha	34°12N	1°16W	1250m	1968-1987
El Bayadh ONM	33.67N	1.02 E	1311m	1971-1977
El Bayadh ONM	33.67N	1.02 E	1341m	1977-2004
Mécheria ANRH	33°33N	00°16'W	1170m	1970-2001
Ain Sefra ONM	32°46N	00°35W	709m	1889-2001

La faible densité des stations météorologique dans Hautes Plaines Sud Oranaises ne facilite pas l'étude de la variabilité du paramètre « précipitations ». Le réseau de stations couvre surtout la bordure sud du Tell occidental (Cf.Fig.3), El Aricha est située dans la partie NW des Hautes Plaines Sud Oranaises, El Bayadh et Ain Sefra dans les Monts des Ksour et les 2 autres entre les chaines avancés de ces dernières : Mécheria se situe piémonts SE du DJ Antar et Naama au centre de la plaine entre Dj Antar et les Dj Malah- Souiga-Morhad. La partie occidentale, frontalière avec le Maroc n'est pas couverte. Or pour une bonne étude de la sécheresse par le biais du paramètre pluviométrique, il faut que le réseau de stations soit assez dense et que les stations se situent dans la même entité géographique à une distance inférieure à 40 km. Dans les Hautes Plaines Sud Oranaises les stations sont espacées de plus de 40 km. Du nord au sud, la distance la plus petite est celle entre Sebdou-El Aricha 47 km, entre Saida et Medrissa elle est de 121km, entre Saida et Mécheria elle est de 147 km, entre Saida et Ain Sefra: 204 km, entre El Aricha et Mécheria, 118 km. D'ouest en Est, il ya 111km entre Sebdou-Saida et 224 km entre Sebdou et Medrissa.

A ceci vient s'ajouter l'irrégularité des séries chronologiques, soit parce que les stations ont changé d'emplacement à un certain moment ou parce qu'elles ont cessé de fonctionner pendant un laps de temps, particulièrement durant les années qui ont suivi l'indépendance (après 1962). En plus, les dates du début de leur fonctionnement sont différentes et les périodes communes ne durent quelques années. La plus ancienne station est Ain Sefra, elle a commencé à fonctionner en 1889, et la plus récente, Naama(1987).

**Fig. 3:** Localisation des stations météorologiques dans les Hautes Plaines Sud Oranaise.



## 1.2. Les données recueillies

Les données sont de 2 types ; brutes ou traitées. Les données brutes ont été recueillies auprès de l'ONM, l'ANRH et des archives de la FAO. Les données traitées ont été relevées dans les ouvrages suivants :

- Les données de 1913-1938 publiées dans "Le climat de l'Algérie" par P. SELTZER (1946).
- Les données de 1926-1950 publiées dans "Le climat du Sahara" par J. DUBIEF (1959-1963).
- Les données de 1913-1961 publiées dans "La notice de la carte pluviométrique de l'Algérie septentrionale" établie par M.CHAUMONT et C. PAQUIN (1974).

Pour les comparaisons une série d'articles a été utilisée (Cf. Bibliographique).

## 1.3. Critique des données

On remarque, suite à une simple analyse qu'en plus de plusieurs lacunes enregistrées avant l'indépendance et dont la durée ne dépasse pas les 4 ans généralement, les données enregistrées après 1962 et jusqu'au début des années 70, sont des données lacunaires qui manquent de fiabilité et sont une source évidente de rupture statistique souvent difficilement détectable. Il est évident que les résultats obtenus seront plus significatifs si la période couverte est longue. Mais étant donné la difficulté d'obtenir des données fiables sur une longue, avec des périodes communes à l'ensemble des stations, nous n'avons pu utiliser l'analyse statistique approfondie qui est généralement associée à des méthodes largement employées dans la recherche de la variabilité climatique conçue pour détecter des ruptures significatives tel : le test de Pettitt et de Buishand... ou autres tests conçus pour détecter des ruptures significatives d'un point de vue instrumental ou autre.

Les données sont d'autant plus difficiles à obtenir que le pas de temps demandé est fin (données mensuelles, journalières et plus encore données horaires). En effet, la multiplication des données nécessaires est amplifiée lorsque l'espace étudié couvre une grande région comme c'est le cas dans cette étude. Là, l'obtention des données devient très difficile voire impossible et dans le cas où elles existent elles présentent des lacunes couvrant souvent une durée variable égale à l'année, mois estivaux, souvent aussi les mois de décembre (congé des observateurs).

Par exemple à la station d'Ain Sefra : les données disponibles vont de 1889 à 2001 avec 12 années lacunaires (1900, 1903, 1917-1921, 1963, 1974-1977). Les stations de Saida PC et Medrissa, plus à l'est, rassemblent des données de 1922 à 1987 avec des lacunes entre 1961 à 1968.

- Insécurité et abandon de plusieurs stations météorologiques lors de la guerre

- Enfin la récupération des données météorologiques est rendue très difficile en raison des coûts imposés par l'ONM.

#### **1.4. L'influence de l'emplacement géographique des postes d'observation et la hauteur des précipitations**

Il existe un certain nombre de rapports de cause à effet entre le climat et le relief, la nature de la végétation et les sols. En effet, en observant les moyennes annuelles pluviométriques dans les différentes stations, on constate une grande variabilité spatiale de la pluviométrie, ceci met l'accent sur la relation entre la hauteur des pluies et la position de la station. Cela dépend de :

Leur position par rapport à :

- L'horographie
- Leur exposition sur le versant nord ou sud, ouest et est
- La continentalité

L'accroissement des pluies avec l'altitude a été défini par des gradients altitudinaux gradient altitudinal, par Seltzer (1946), J. Dubief (1959-1963) et Alcazar (1975).

## **2. Quelques rappels sur des méthodes de traitement d'une série de données météorologiques.**

### **2.1. Estimation les données pluviométriques manquantes et correction des données météorologiques.**

On peut estimer les données manquantes ou erronées dans une station météorologique à partir de valeurs provenant de stations voisines, soumises aux mêmes conditions climatiques et situées dans la même zone géographique. Trois méthodes existent pour les données pluviométriques :

- a). Remplacer la valeur manquante par la valeur de la moyenne de la station voisine la plus proche. Cette méthode est utilisée lorsque les précipitations moyennes annuelles de la station à compléter ne diffèrent pas de plus de 10% des précipitations moyennes annuelles des stations de référence.
- b). Remplacer la valeur manquante par une moyenne pondérée par la tendance annuelle des stations pluviométriques, soit :

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\bar{P}_x}{\bar{P}_i} P_i \right)$$

Où :

$P_x$  : Donnée manquante de précipitation, estimée

$n$  : Nombre de stations météorologiques de référence.

$P_i$  : Précipitations à la station météorologique de référence  $i$ .

$\overline{P}_x$  : Précipitations moyennes à long terme de la station météorologique  $x$  à combler.

$\overline{P}_i$  : Précipitations moyennes à long terme de la station météorologique de référence  $i$ .

- c). Remplacer les valeurs manquantes par la méthode de régression. Pour que cette méthode soit efficace, il faut que la régression soit linéaire et que le coefficient de corrélation soit élevé.

Nous avons essayé de mettre en application chacune de ces méthodes afin de combler les lacunes. Nous avons d'abord éliminé les deux premières méthodes vu :

- L'éloignement des stations entre elles
- L'absence d'une station de référence avec une série chronologique assez longue et sans lacune.
- Quant à la méthode de régression, elle peut être vérifiée dès le début à l'aide d'un graphique, en portant sur les ordonnées les deux stations à comparer. Ces stations doivent présenter au moins une dizaine de valeurs communes dans une même région où les fluctuations d'amplitudes sont très différentes. Cette méthode n'a pas donné de résultats satisfaisants.
- Nous avons tenté de combler ces lacunes à l'aide du logiciel SYTSAT mais les valeurs obtenues étaient trop aberrantes et ne traduisaient pas l'évolution et le changement réel de la pluviométrie. Comme cela a été démontré (Cf.Tab.2), l'écart entre les deux valeurs est non seulement très grand, voire même aberrant, comme par exemple 1990 à la station de Mécheria la pluviométrie annuelle était de 154,6mm et la valeur estimée grâce au logiciel de 401,6mm : on obtient une valeur plus du double.

**Tab.2 : Exemple comparatif entre les données pluviométriques réelles et estimés par le logiciel Sytsat dans deux stations Ain Sefra et Mécheria.**

Années	Ain sefra		Mécheria	
	Données réelles	Données estimées	Données réelles	Données estimées
1991	492,5	414,3	154,6	401,6
1992	89,1	256,6	103,8	229,7
1993	204,5	266,5	101,3	398,6
1994	253	221,3	184,3	208,9
1995	148	258,0	157,9	234
1996	191	380,0	128,8	308
1997	153	321,0	122,5	251
1998	96	117,0	96,9	123
1999	132	266,0	59,8	233
2000	86	142,0	187,2	200
2001	60	220,1	166,5	141

## 2.2. Contrôle de l'homogénéité des données météorologiques.

Une série de données est dite non homogène lorsqu'elle provient de la mesure d'un phénomène dont les caractéristiques évoluent durant la période de mesure. Le phénomène est alors dit *non-stationnaire* (par exemple: les paramètres climatiques, comme la température, les précipitations, l'humidité, etc.). Il est également possible d'observer les signes d'une non stationnarité apparente lorsque l'électronique intégrée à l'équipement de mesure présente une dérive temporelle ou lors du changement de l'observateur.

On recense principalement 4 périodes au cours desquelles peut survenir ce type d'erreurs sérielles :

- Ⓒ La phase de mesure.
- Ⓒ La phase de transmission.
- Ⓒ La phase de stockage.
- Ⓒ La phase de traitement (prétraitement et analyse).

### 2.2.1. Nature des discontinuités temporelles des séries météorologiques (Cf.Tab.3).

Très schématiquement, une erreur de mesure peut être définie comme la différence entre la « valeur vraie » (idéal théorique recherché et qui n'est jamais connu) et la valeur mesurée là il faut tenir compte du matériel et des conditions instantanées de la mesure. Il est commode, tant pour les présenter que pour différencier la façon de les aborder, de considérer deux types d'erreur : les **erreurs aléatoires** et les **erreurs systématiques**.

- **Les erreurs aléatoires** (ou accidentelles) : Elles affectent la précision des données et sont non corrélées. Ce type d'erreur est dû à des raisons nombreuses et variées, généralement inconnues, affectant différemment chaque mesure individuelle. Ces erreurs étant

inévitables, il faut en estimer l'importance afin de pouvoir en tenir compte lors de l'évaluation de l'incertitude finale. Dans la mesure du possible, la technique de mesure induisant les erreurs aléatoires les plus faibles doit être privilégiée.

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

Mestre (2000) recense six causes principales provoquant des discontinuités dans les séries climatiques :

- un changement d'emplacement du site de mesure.
- un changement de capteur et/ou d'abri météorologique.
- une modification de l'environnement du capteur.
- un changement du mode de calcul paramétrique.
- un changement d'observateur.
- une valeur reconstituée sur une longue période.

**Tab. 3:** Principales causes de rupture d'homogénéité statistique en fonction de leur intensité sur différents paramètres météorologiques (d'après Heino, 1996).

Origines du Changement	Paramètres météorologiques						
	TM	Tn, Tx	RR	PP	Hu	dd	ff
<b>Instrumentation</b>	-	+	+	-	++	-	++
<b>Hauteur instrument</b>	+	+	+	+++	+	+	++
<b>Exposition</b>	+	++	+++	-	+	++	++
<b>Heures observations</b>	+	+	-	-	+	-	+
<b>Méthode de calcul</b>	++	-	-	-	+	-	+
<b>Emplacement</b>	++	+++	+++	-	+	++	+++
<b>Environnement</b>	+	+	+	-	+	+	++
<b>Observateur</b>	-	-	-	-	-	-	+

Soit : - : pas de problèmes majeurs ; + : quelques hétérogénéités ; ++ : ruptures importantes ; +++ : ruptures très importantes) TM : température moyenne ; Tn/Tx : températures mini/maxi ; RR : précipitations ; PP : pression ; Hu : humidité ; dd/ff : direction et force du vent.

### **2.2.2. Le recours aux outils mathématiques pour distinguer les discontinuités temporelles.**

En dehors des différentes méthodes spécifiquement adaptées à la détection des ruptures contenues au sein des séries climatiques, de nombreuses autres procédures mathématiques peuvent servir à l'analyse du signal temporel de ces séries, c'est-à-dire la recherche des ruptures chronologiques, des tendances, persistances et cycles, mais aussi l'évaluation de la stationnarité. On notera par exemple le test de Mann-Kendall qui est couramment utilisé et assez simple à mettre en œuvre afin de détecter la date de la cassure ou en d'autres mots, le début de la tendance (Sneyers, 1975 ; Demaree et Nicolis, 1990).

Les métadonnées doivent alors être connues à une échelle relativement fine (au moins annuelle). En ce qui concerne les caractéristiques instrumentales et environnementales (altitude, environnement proche et éloigné, dates de déplacement, zones d'activités humaines, plantations d'arbres,...). Mais les archives ne sont pas toujours précises et complètes, particulièrement pour les plus anciennes. En outre, il faut rappeler qu'un changement recensé dans les archives de la station n'induit pas systématiquement une rupture dans les chroniques mesurées et il n'existe pas de réel contrôle concernant les changements de densité du bâti environnant, les stations de mesures ou bien la croissance végétale, la plupart de ces modifications pouvant être responsables d'un changement dans la mesure (Karl et Jones, 1989).

Néanmoins, il faut relever le problème des lacunes temporelles, souvent et arbitrairement comblées afin de fournir une série complète. Même s'il est possible d'estimer ou simplement de corriger les données manquantes ou erronées d'une chronique stationnelle à partir de nombreuses méthodes mathématiques, notamment grâce aux valeurs provenant des stations voisines soumises a priori aux mêmes conditions climatiques, ces séries résultantes comporteront toujours une marge d'erreur et le plus souvent on est obligé de choisir entre deux hypothèses : validation de l'hypothèse que la série est non homogène à cause de raisons instrumentales, etc...ou on valide la série on s'appuyant sur l'hypothèse que c'est l'évolution naturel d'un aléa climatique.

On peut aussi classer les tests et/ou les méthodes selon leur objet. Mais c'est surtout en fonction de leurs propriétés mathématiques que le choix final se fait. Pour un usage en climatologie, les tests sont généralement classés en quatre groupes principaux :

- Les tests de conformité : la comparaison d'une caractéristique d'un échantillon par rapport à une valeur de référence, destinée à vérifier si la caractéristique correspondante de la population peut être admise égale à la valeur de référence.
- Les tests d'ajustement : si un échantillon donné peut être considéré comme tiré d'une population-parente spécifiée.
- Les tests d'autocorrélation : si une dépendance existe dans des données chronologiques d'une série d'observations avec une autre série.
- Les tests d'homogénéité (ou *test de comparaison d'échantillons*) : si on peut admettre que deux échantillons ont été prélevés dans une même population, indépendamment l'un de l'autre.

Il existe plusieurs moyens pour valider une série de données chronologiques. Nous avons appliqué quelques tests dont la loi normale, le test de Kolmogorov-Smirnov et la courbe cumulative pour détecter les ruptures temporelles afin de valider la normalité et l'ajustement des séries de données pluviométriques.

### 3. Tests statistiques appliqués

#### 3.1. La Loi Normale : test d'ajustement de la distribution.

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 :

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

Comme mécanisme sous-jacent produit par la Loi Normale, on peut penser à un nombre infini d'événements aléatoires indépendants (binomiaux) déterminant les valeurs d'une variable particulière.

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

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{s} e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{(x-m)}{s} \right]^2}$$

$$-\infty < x < \infty$$

où

m: moyenne

s : écart-type

e: constante d'Euler (2,718)

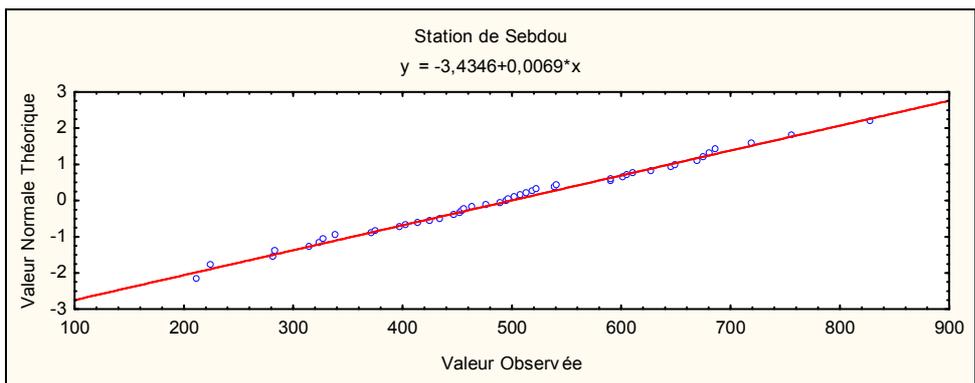
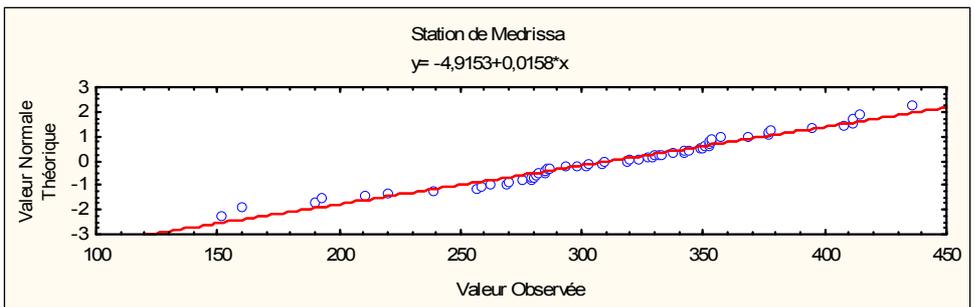
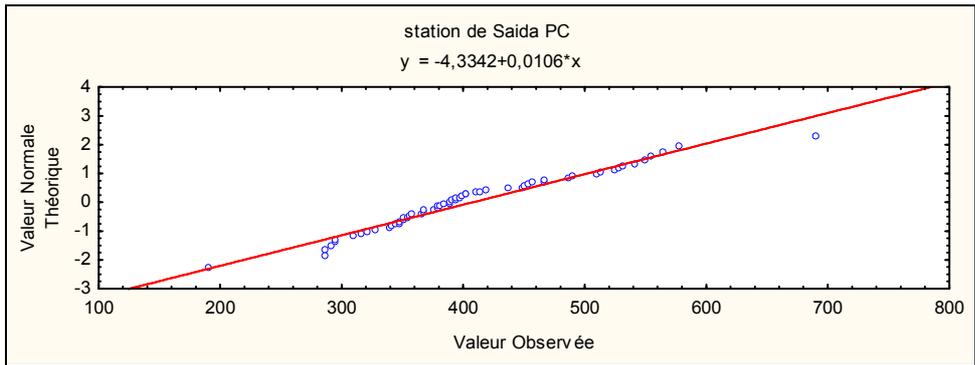
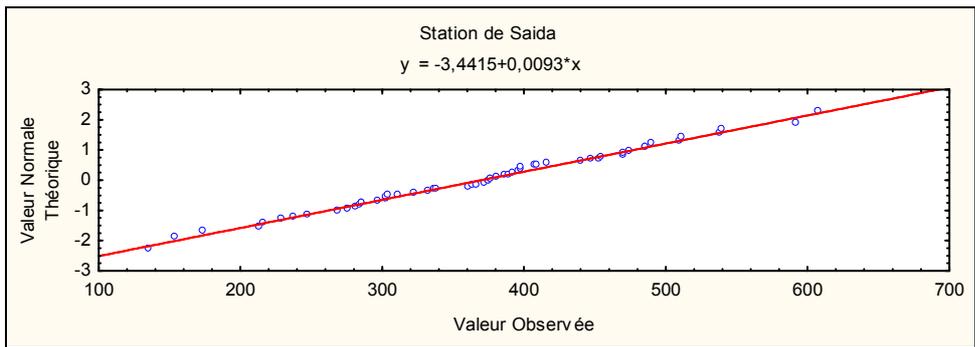
p: constante Pi (3,14)

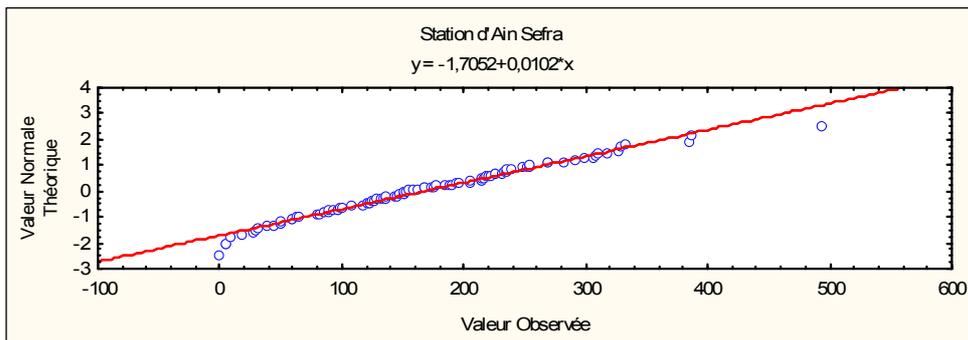
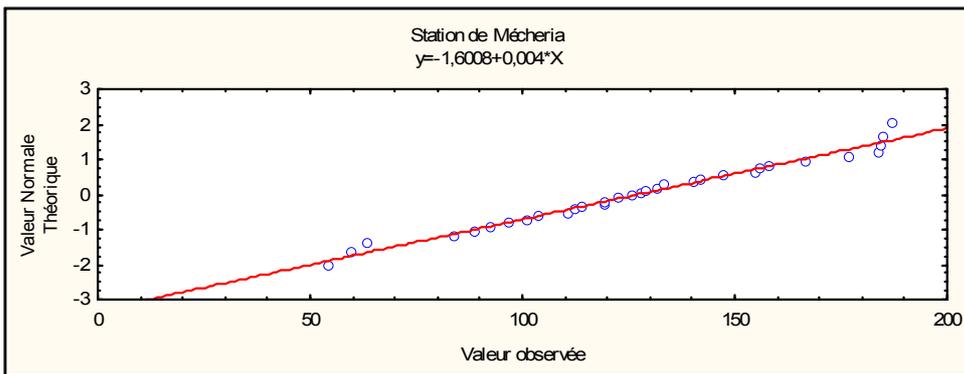
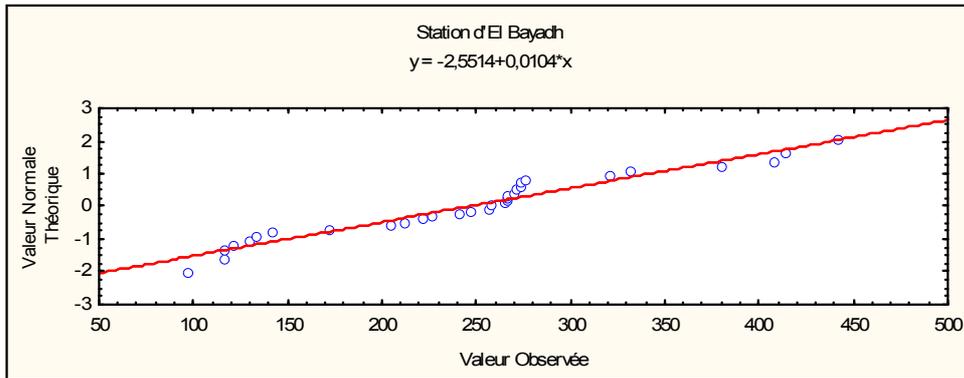
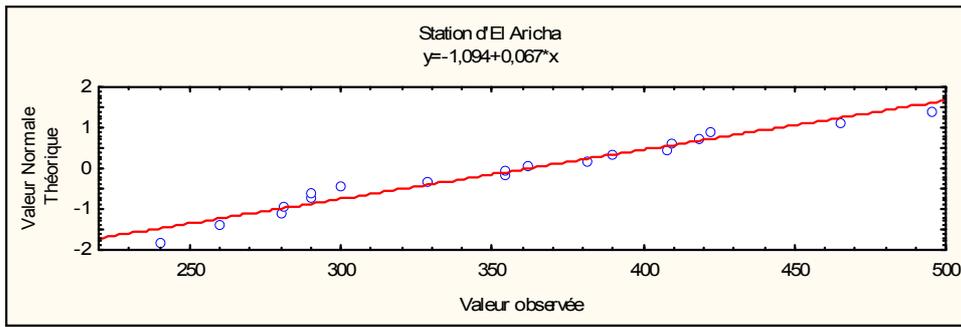
### **Tracé de la Loi Normale**

Ce type de graphique est utilisé pour évaluer la normalité de la distribution d'une variable, c'est-à-dire si, et dans quelle mesure, la variable suit la Loi Normale. La variable sélectionnée est représentée par un nuage de points mettant en relation les valeurs observées et les valeurs "théoriques de la distribution normale". Le tracé standard de loi Normale est construit comme suit : tout d'abord, les écarts à la moyenne (résidus) sont classés en rangs. A partir de ces rangs, le programme calcule les valeurs z (c'est-à-dire les valeurs standardisées (centrées-réduites) de la distribution normale) sous l'hypothèse que les données suivent la loi Normale. Ces valeurs z sont tracées selon l'axe Y. Si les résidus observés (tracés selon l'axe X) sont distribués normalement, toutes les valeurs doivent être alignées sur une droite, Si les résidus ne sont pas distribués normalement, ils s'écarteront plus ou moins de la droite. Les points aberrants peuvent également être mis en évidence dans ce tracé.

S'il existe un manque manifeste d'ajustement et si les données forment une structure claire (par exemple une forme en S) autour de la droite, alors il peut être nécessaire de transformer la variable (par exemple une transformation log pour "redresser" les extrémités de la distribution, etc....

**Fig.4** : Application de la loi normale



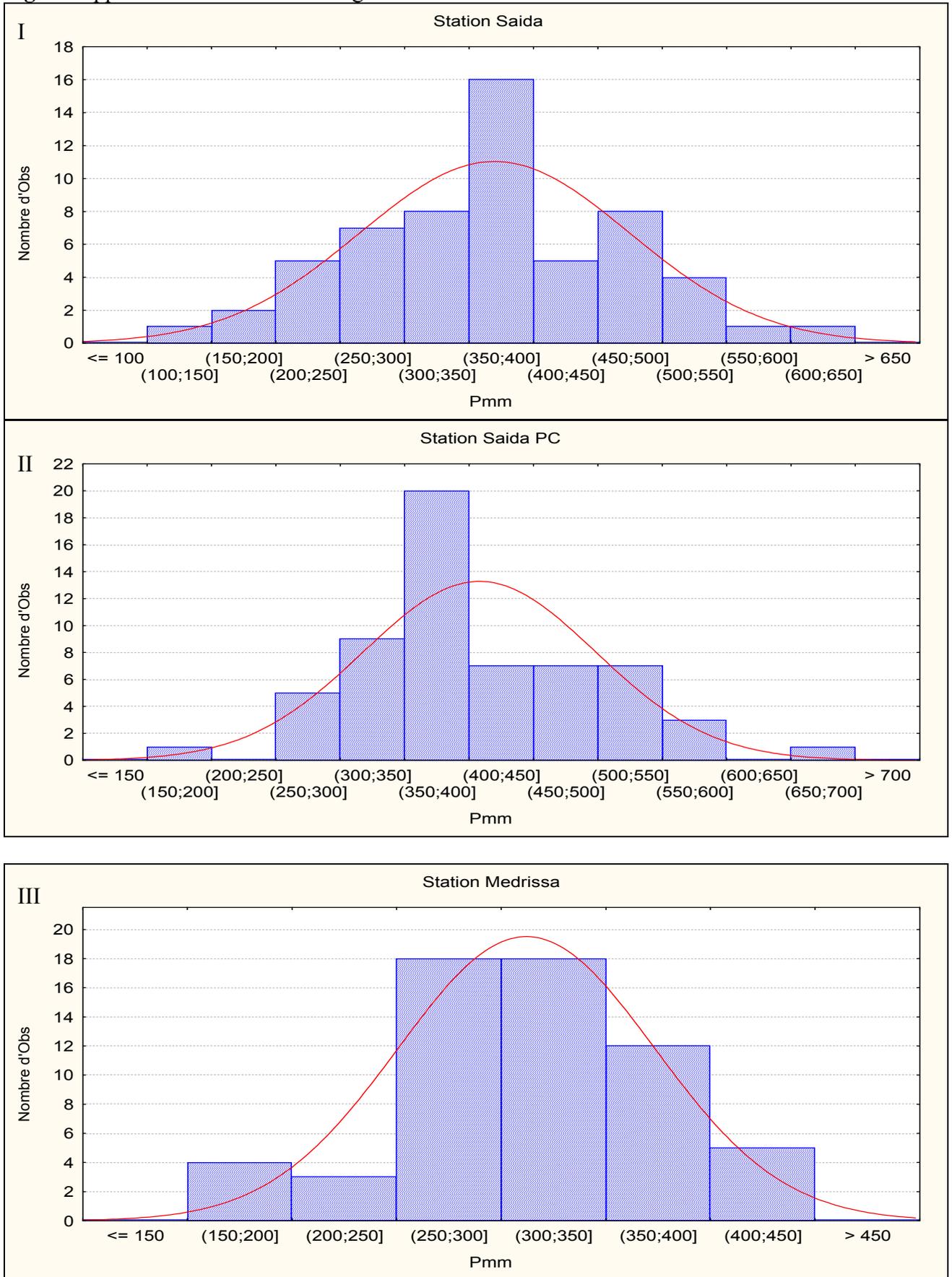


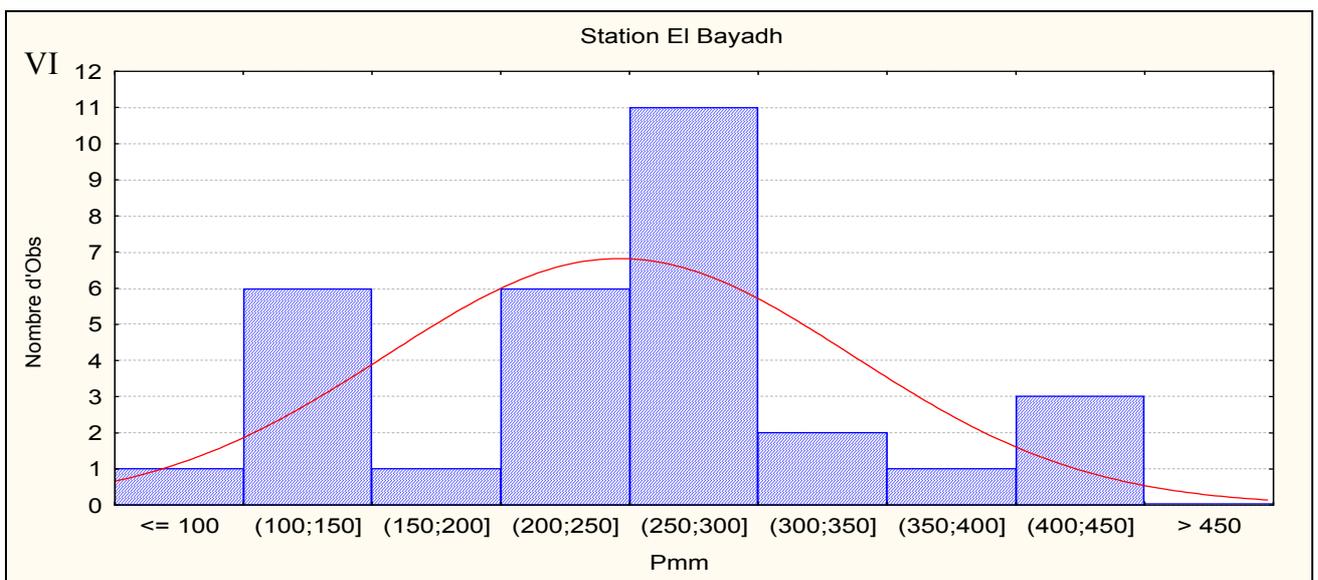
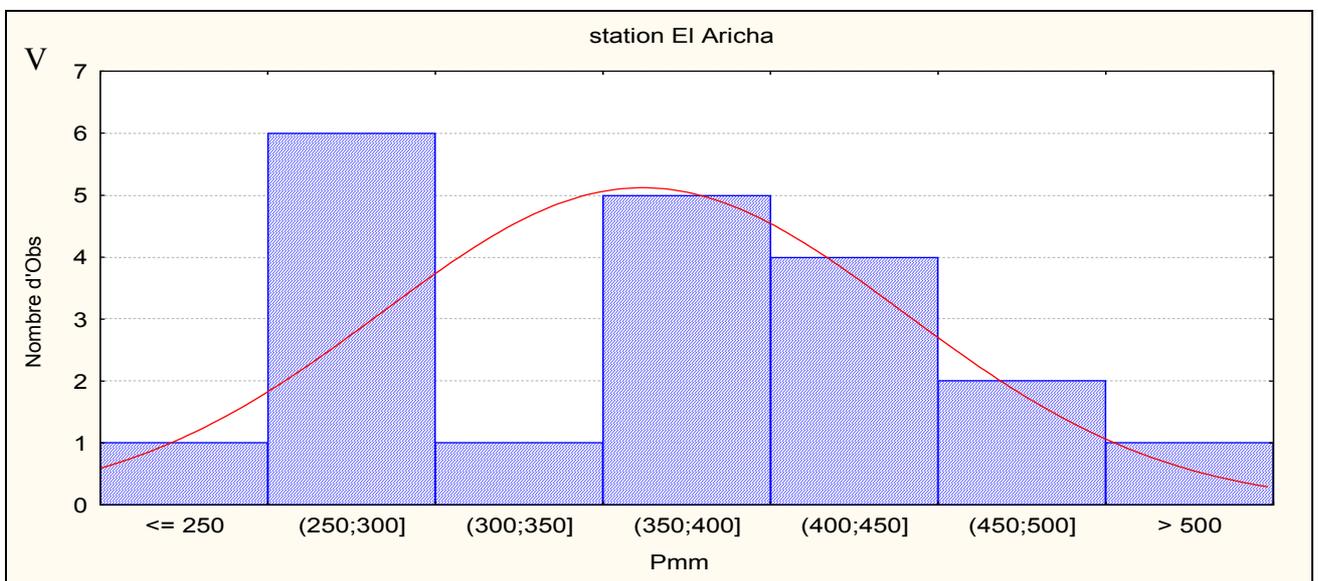
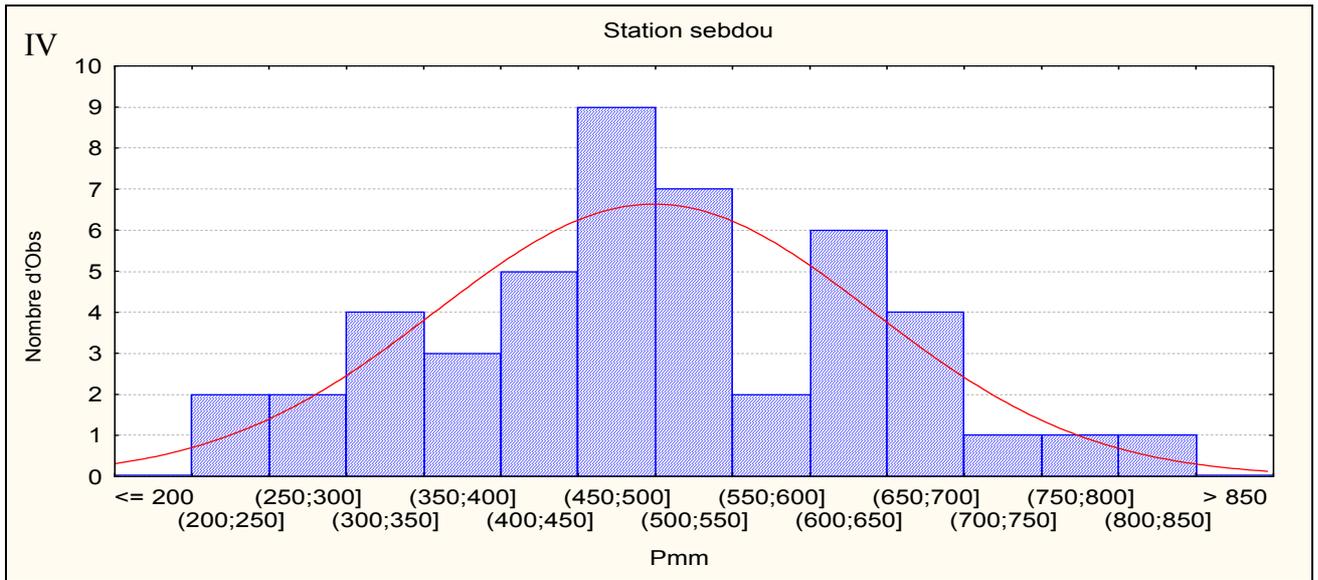
### 3.2. Test de Kolmogorov-Smirnov

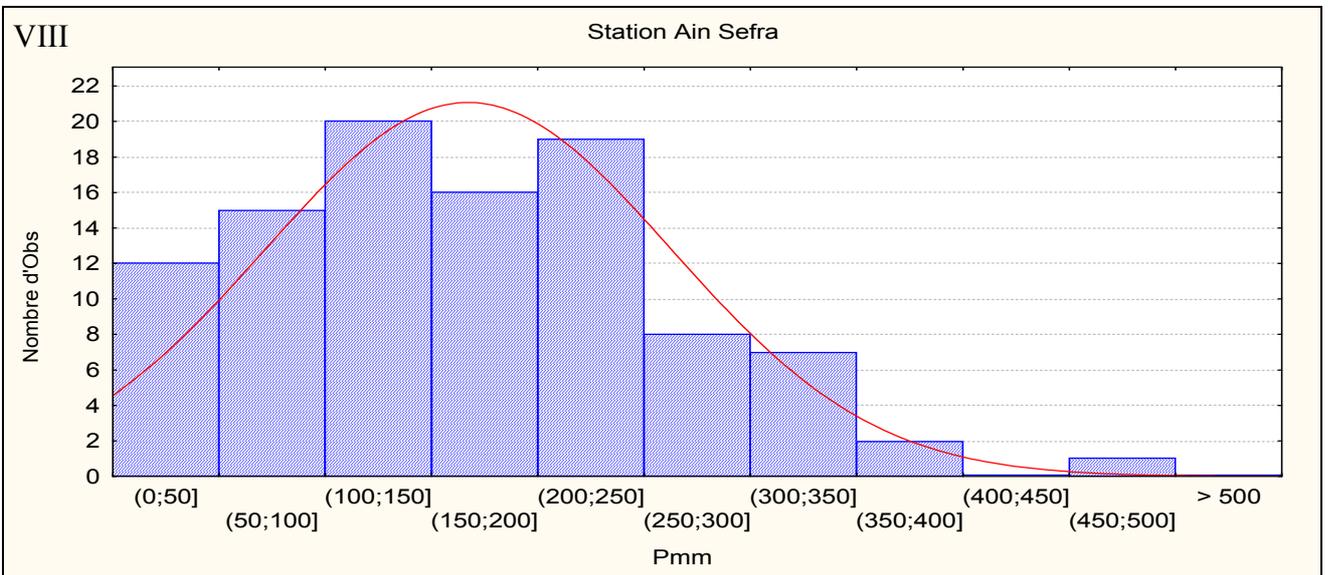
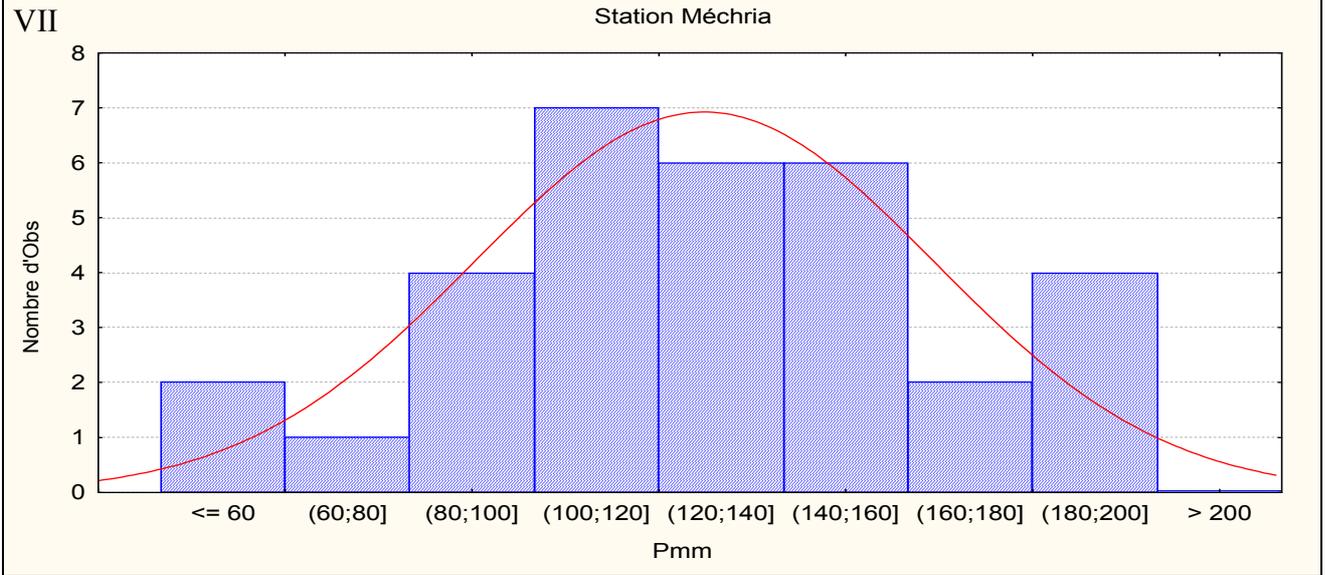
Deux valeurs de probabilité  $D$  (significativités) seront reportées pour chaque  $D$  de Kolmogorov-Smirnov : la première est basée sur des valeurs de probabilité tabulées par Massey (1951). Ces valeurs de probabilité s'appliquent aux observations lorsque la moyenne et l'écart-type de la distribution normale sont connus a priori et non pas estimés à partir des données. Cependant, ces paramètres sont typiquement calculés à partir des données réelles. Dans ce cas, le test de normalité implique une hypothèse conditionnelle complexe ("quelle est la probabilité d'obtenir une statistique  $D$  de cette grandeur ou plus grande, dépendant de la moyenne et de l'écart-type calculés à partir des données ?), (Lilliefors, 1967).

En statistiques l'étude des mesures dues à des causes aléatoires telles que la pluviométrie. Se fait selon une procédure bien définie : on range d'abord en classes les valeurs observées, on compte ensuite les observations contenues dans chaque classe ; le rapport d'un de ces nombres au 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. A partir de là j'ai tracé à l'aide du logiciel statistique des histogrammes de fréquences, en portant en abscisses les différentes classes de hauteur de pluie et en ordonnées leurs fréquences.

**Fig .5 :** Application du test de Kolmogorov-Smirnov de Normalité sur les 8 stations.







## 4. Résultats et commentaires

4.1. L'application des tests de normalité et d'ajustement aux séries de données pluviométriques de chaque station (Cf.Fig.4 et 5), démontre leur normalité, étant donné qu'elles s'alignent autour de la droite d'Henry (Cf.Fig.4). Les points qui s'écartent plus au moins de cette droite et qui peuvent être cause probable d'inhomogénéité des séries, de là, la rupture et donc prise dans le sens d'une pluviométrie exceptionnelle, sont dus à une évolution naturelle du climat. Pour le reste des stations on remarque une distribution normale des observations (pluviométrie annuelle moyenne) formant dans l'ensemble une courbe en cloche.

**Remarque :** La graduation appliquée aux données de la station de Mécheria est par marche de 20 pour les deux tests contrairement aux autres stations pour lesquelles on a appliqué une graduation de 100 et 50. Ceci afin de mieux faire ressortir les classes de fréquences étant donné que la moyenne pluviométrique la plus élevée dans cette station ne dépasse pas les 200 mm. Les tests de normalité et d'ajustement démontrent que les séries pluviométriques étudiées sont « normales » (distribution normale des valeurs des précipitations en cloche).

4.2. Le test de Kolmogorov-Smirnov de normalité a permis de dégager des classes pluviométriques de fréquence, ce qui permet de comparer les stations entre elles. Ainsi :

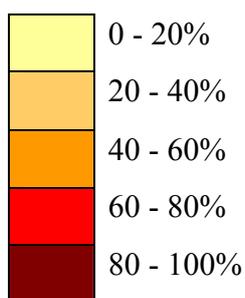
Le test de Kolmogorov-Smirnov de Normalité rassemble les valeurs des moyennes pluviométriques en classes de fréquences (Cf.Fig 5). Ces dernières indiquent quelles sont les pluviométries les plus fréquentes, en tenant compte du fait que chaque série pluviométrique a une durée différente. De même, l'écart entre les minima et les maxima des moyennes pluviométriques, donne un nombre plus grand de classes de fréquences par ex : la série de données pluviométriques d'Ain Sefra avec 101 observations (années pluviométriques) on trouve 10 classes, groupant la pluviométrie en classe >50 mm à la classe de 450-500 mm, ou encore les données pluviométriques de Sebduou qui vont de 200-250 mm à plus de 800-850 mm où on a 13 classes.

Ces classes ont été groupées en 5 grandes classes définies en pourcentage de chaque classe pluviométrique par rapport à la valeur de la classe la plus fréquente dans chaque station.

**Tab 4 :** Fréquences des classes de précipitations (% de la moyenne pluviométrique la plus fréquente par rapport à la longueur de la série pluviométrique).

	Saida	Saida Pc	Medrissa	Sebdou	El Aricha	El Bayadh	Mécheria	Ain Sefra
0-50						0 - 20%		20 - 40%
50-100							60 - 80%	60 - 80%
100-150	0 - 20%					60 - 80%	80 - 100%	80 - 100%
150-200		0 - 20%	20 - 40%			0 - 20%	40 - 60%	60 - 80%
200-250	20 - 40%		0 - 20%		0 - 20%	60 - 80%		80 - 100%
250-300	40 - 60%	20 - 40%	80 - 100%		80 - 100%	80 - 100%		20 - 40%
300-350	60 - 80%	60 - 80%	80 - 100%	40 - 60%		20 - 40%		20 - 40%
350-400	80 - 100%	80 - 100%	60 - 80%	40 - 60%	60 - 80%	0 - 20%		0 - 20%
400-450	60 - 80%	40 - 60%	40 - 60%	40 - 60%	40 - 60%	40 - 60%		
450-500	20 - 40%	40 - 60%		80 - 100%	20 - 40%			0 - 20%
500-550	20 - 40%	40 - 60%		60 - 80%				
550-600	0 - 20%	20 - 40%		20 - 40%				
600-650	0 - 20%			60 - 80%				
650-700		0 - 20%		40 - 60%				
700-750				0 - 20%				
750-800				0 - 20%				
800-850				0 - 20%				

**Légende :**



Les données pluviométriques ont donné les classes de fréquence suivante : Sebdou : 13, Saida et Saida PC : 11, Ain Sefra : 10, El Bayedh : 8, Mécheria : 8, El Aricha : 7, Medrissa : 6.

Les stations situées au nord de la région de Hautes Plaines Sud Oranaises telles Saida, Medrissa, Sebdou et El Aricha ont enregistré des moyennes annuelles très dispersées (grand nombre de classes pluviométrique), comme suite :

- Saida et Saida PC (11 classe):
  - 350-400 mm: entre 16 et 20 années

- 300-350 mm et 450-500 mm : 8 années
- (250-300, 400-450, 450-500, 500-550) mm :  $\leq 6$  années
- $< 200$  mm et  $> 550$  mm :  $\leq 4$  années
- Medrissa (6 classe):
  - 250-300 et 300-350 mm : 16 années
  - 350-400 mm : 12 années
  - 150-200, 200-250, 400-450 :  $< 5$  années
- Sebdou (13 classe) :
  - 450-500 mm : 9 années
  - 500-550 mm : 7 années
  - 600-650 mm : 6 années
  - 400-450 mm : 5 années
  - 200-300, 350-400, 550-600 et  $> 700$  mm :  $\leq 3$  années
- El Aricha (7 classe) :
  - 250-300 mm : 6 années
  - 350-400 mm : 5 années
  - 400-450 mm : 4 années
  - $> 250$ , 300-350,  $< 450$  mm : plus de 2 années
- El Bayadh (8 classe) :
  - 250-300 mm : 11 années
  - 100-150, 200-250 mm : 6 années
  - $> 100$  mm et  $< 300$  mm :  $\leq 3$  années
- Mécheria (8 classe) :
  - 100-120 mm : 7 années
  - 120-160 mm : 6 années
  - 80-100, 180-200 mm : 4 années
  - 60-80, 160-180 mm :  $\leq 2$  années
- Ain Sefra (10 classe) :
  - 100-150 et 200-250 mm : plus de 18 années
  - 0-100 et 150-200 mm : entre 14 et 16 années
  - 250-350 mm : entre 6 et 8 années
  - 350-500 mm :  $\leq$  à 2 années

On conclu donc que les classes pluviométriques les plus fréquentes, suivent une distribution latitudinale, impliquant une diminution du nord au sud, on aboutit au classement suivant :

Sebdou et El Aricha plus au nord de la région des Hautes Plaines Sud Oranaises, sont les plus arrosées avec une fréquence des pluies de plus de 300-500 mm qu'on retrouve (9 années /47 ans à Sebdou et 6 années /20ans à El Aricha) et entre 6-7 années la pluviométrie a atteint (500-650 mm), suivit par Saida avec (20 années/ 60 ans) la classe de 350-400 mm et (8 années /60 ans) la classe des 300-350 mm, Medrissa a enregistré entre (12-16 années /60 ans) entre 300-400 mm, El Bayadh et Mécheria plus au centre enregistre des classes à plus basse pluviométrie qui varie de 250-300 mm (11 années /31 ans) et 100-150 mm à Mécheria (6-7 années /32 ans), en dernier Ain Sefra en nettement marquée par la classe des 200-250 mm(16 années /101 ans), la classe 0-100mm et 100-150 mm sont aussi fréquentes avec (14-16 années /101ans), et (6-8 années/101 ans) la pluviométrie à atteint entre 250-350 mm.

## **Conclusion I**

Les Hautes Plaines Sud Oranaise ne possèdent pas un réseau de stations météorologique dense, le choix des huit stations météorologiques nous a été imposé.

Les positions géographiques des stations météorologiques est d'une haute importance pour les statistiques climatiques, la nature et la densité des réseaux doivent donc tenir compte du phénomène observé, du but des observations, de la précision désirée, de la topographie et d'autres facteurs encore. La représentativité des précipitations par les mesures est fonction du réseau d'observation. Plus celui-ci est dense, meilleure est l'information.

Quelques stations fournissent des séries des séries de données pluviométriques lacunaires, l'analyse des valeurs annuelles des précipitations réparties sur des périodes de longueur différentes dans les huit stations météorologique, montre qu'elles se caractérisent fréquemment par des effectifs faibles et répondent rarement aux conditions requises pour l'application de tests statistiques dont certains tel le comblement des lacunes, la corrélation entre stations, etc....

Néanmoins, la loi normale a démontré que la distribution des séries de données pluviométriques est une distribution normale, le test de Kolmogorov, quant- à-lui, appui cette normalité mais en plus, a permis de dégager des classe de fréquences pluviométriques, d'où il en ressort à: Saida et Saida PC (350-400 mm), Sebdou (400-450 mm), Medrissa (250-350mm), El Aricha et El Bayadh ( 250-300mm), Mécheria et Ain Sefra ( 100-150mm).

**CHAPITRE 2**

**DELIMITATION DES PHASES DE**

**SECHERESSE ET CARACTERISATION**

## Introduction II

Les séries pluviométriques s'identifient par certains critères statistiques. Les données des séries pluviométriques constituent une information considérable à partir de laquelle on peut établir une caractérisation descriptive en appliquant des lois statistiques. On détermine ainsi:

- Les valeurs moyennes, les tendances centrales ou dominantes (moyenne, médiane,...).
- La dispersion ou fluctuation autour de la valeur centrale (écart-type, variance, quantiles Q1 et Q3).

Dans ce chapitre, il sera appliqué des traitements statistiques pour une première caractérisation descriptive de la sécheresse à partir des séries pluviométriques. Ainsi seront calculés la moyenne arithmétique et mobile, la médiane, l'écart type et le coefficient de variation. À partir de là, seront déterminées la variabilité interannuelle des précipitations et l'écart des précipitations annuelles par rapport à la moyenne historique (normale) de la série, il est possible alors, de détecter les apports déficitaires témoins de la sécheresse et d'estimer la durée de ces événements. De la même façon, les périodes caractérisées par des apports excédentaires peuvent être considérées comme humides. Ensuite chaque phase pluviométrique sera caractérisée. En partant du calcul de la moyenne à différentes échelles, cela permet en premier lieu de comparer entre elles les différentes stations, principalement leurs périodes communes.

En suite une comparaison entre les résultats obtenus dans ce travail et les résultats recueillis dans diverses sources bibliographiques sur la même région sera établie.

En dernier lieu, la tendance générale des séries pluviométriques sera déterminée afin de confirmer si oui ou non la baisse pluviométrique est une tendance vers la sécheresse durant ces dernières décennies.

## 1. Quelques définitions se rapportant aux termes utilisés (Cf.Tab.5 )

**a- La moyenne arithmétique:** d'une série statistique est la *moyenne* ordinaire, c'est-à-dire le rapport de la somme d'une distribution d'un caractère statistique quantitatif discret par le nombre de valeurs dans la distribution.

Sa formulation mathématique peut se faire comme suit :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$x$  : la valeur d'une distribution (ex : précipitation)

$n$  : le nombre des valeurs (ex : nombre d'années)

### **b- La moyenne mobile ou "moyenne glissante"**

Une Moyenne Mobile (*MM*) est une courbe calculée à partir des moyennes d'une valeur, sur une période donnée: chaque point d'une moyenne mobile sur 100 séances est la moyenne des 100 derniers cours de la valeur considérée.

La moyenne mobile est calculée par une moyenne arithmétique, calculée sur la valeur de cette observation et les valeurs voisine qui l'encadrent. Dans le cadre de cette étude on a utilisé 3 valeurs ainsi  $x_i$  est remplacé dans le série par :

$$MM = x_{i-1} + x_i + x_{i+1} / 3 \quad \text{ou} \quad x_i : \text{pluviométrie annuelle (Pi)}$$

La moyenne mobile peut être calculée sur différentes périodes, ce qui permet de dégager des tendances à court terme (20 séances selon les spécialités), à moyen terme (50-100 séances) ou à long terme (plus de 200 séances).

Cette courbe, affichée simultanément avec la courbe d'évolution des valeurs, permet de lisser les variations des valeurs, et de dégager une tendance en hausse si la moyenne mobile est croissante (valeur > à MM) et en baisse si la moyenne mobile est décroissante (valeur < MM).

Cette méthode réduit l'influence des variations accidentelles, élimine l'effet des fluctuations de très courtes durées et par conséquent les résultats sont plus commodes à interpréter. Cette méthode, permet aussi, de faire ressortir les grandes tendances pluviométriques dans les séries météorologiques. Etant donné la longueur de ces séries nous avons calculé la moyenne mobile à moyen terme, ceci nous a permis de mettre en évidence les tendances vers une augmentation de la pluviométrie et celle vers une baisse (sécheresse).

**c-Ecart type ( $\delta$ ):** est la moyenne quadratique des écarts entre les observations et leur moyenne.

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (p_i - \bar{p})^2}$$

**P<sub>i</sub>** : précipitation annuelle

**$\bar{P}$**  : moyenne des précipitations

**d- Le coefficient de variations (CV)** est le rapport «  $\delta / \bar{p}$  » (exprimé en % ou  $\delta$  : l'écart type et  $\bar{P}$  : moyenne des précipitations). Il marque numériquement le degré de variabilité des moyennes pluviométriques ainsi que la dispersion en nombre des valeurs autour de la moyenne. Plus ce nombre est grand, plus la dispersion et la variabilité est forte.

Selon Matthews (1981) « *le coefficient de variation des pluies est une mesure assez efficace de la variabilité par rapport à la moyenne d'un échantillon et que ses valeurs sont, en général, plus élevées si les moyennes des séries sont petites.* »

**e- Les quantiles Q<sub>1</sub> (25%) , Q<sub>3</sub> (75%) et la médiane Q<sub>2</sub> (50%) :** la valeur de Q<sub>3</sub> signifie qu'il y a 75 chances sur 100 pour que les précipitations soient inférieures à sa valeur, ou 25 chances sur 100 pour qu'elles soient supérieures à sa valeur et de la même manière pour le Q<sub>1</sub> et la médiane.

**Tab. 5 :** Tableau récapitulatif des caractéristiques statistiques des données pluviométriques

Paramètres	Formules
Moyenne arithmétique	$\bar{P} = \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{n}$
Moyenne mobile	$MM = P_{i-1} + P_i + P_{i+1} / 3$
Ecart-type	$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (p_i - \bar{p})^2}$
Coefficient de variation	$CV = \delta / \bar{p}$

## 2. Caractéristiques descriptives de la pluviométrie annuelle.

Les éléments cités dans le tableau (Cf.Tab.6), permettent d'établir une première approche, afin de dégager le comportement des données pluviométriques selon la longueur de la série et la position géographique de la station.

**Tab.6 :** caractéristiques descriptives des séries de données pluviométriques à l'échelle annuelle

STATION	NBR D'ANNEES	MOYENNE	Q1	MEDIANE	Q3	MINIMUM	MAXIMUM	EC-TYPE	CV%
Saida	58	364,6	285,4	375,2	448,1	135	607,4	106,2	29
Saida PC	60	407,8	349,9	390,5	462,05	190,8	690,7	90,5	22
Medrissa	60	312	279,8	319	352,1	151,3	435,5	61,4	20
Sebdou	47	499,1	404	495,8	606,6	211,7	827,8	141,2	28
El Aricha	20	361,9	290	358,2	413	240	505	77,9	21
El Bayadh	31	245,9	172,6	258	273,5	97	442,3	90,6	37
Mécheria	32	127,3	102,55	126,9	155,3	54,3	187,2	36,9	29
Ain Sefra	101	167,3	96,5	153	229	0	492,5	95,6	57

Les stations des Hautes Plaines Sud Oranaises ont une pluviométrie assez modeste ou la moyenne pluviométrique maximum ne dépassant pas les 500 mm (maximum enregistré à Sebdou au nord à 720 m d'altitude) et le minimum (127,28 mm) à Mécheria au sud (1170 m d'altitude).

Cette variabilité d'après l'écart type est plus accentuée dans la partie nord des Hautes Plaines Sud Oranaises. Ainsi l'écart-type moyen des précipitations est le plus élevé pour les stations de Saida et Sebdou (106,22 et 141,24). Il est par contre proche ou inférieure à 100 pour le reste des stations vers le sud.

Le coefficient de variation diffère d'une station à l'autre, il est de l'ordre de 0,20 pour la station de Medrissa, ce qui indique une dispersion peu importante contrairement à la station d'Ain Sefra dont le CV est de 0,57.

D'après la valeur des écarts types :

La variabilité des précipitations est la plus forte à :

- Saida ( $\delta=106,22$ ), située sur les Mts de Saida (770m d'altitude)
- Sebdou ( $\delta=141,2$ ), située en pleine sur les piémonts sud des Mts de Tlemcen à (872m d'altitude) (position continentale).

En 2<sup>ième</sup> position on retrouve 3 stations :

- Ain Sefra ( $\delta=95,6$ )
  - El Bayadh ( $\delta=90,6$ )
- } sont situées dans les monts des Ksour (Atlas Saharien) entre (709m et 1341m pour El Bayedh)

- Saida Pc ( $\delta=90,5$ , située sur les montagnes telliennes monts de Saida à (872m d'altitude)

En 3<sup>ème</sup> position :

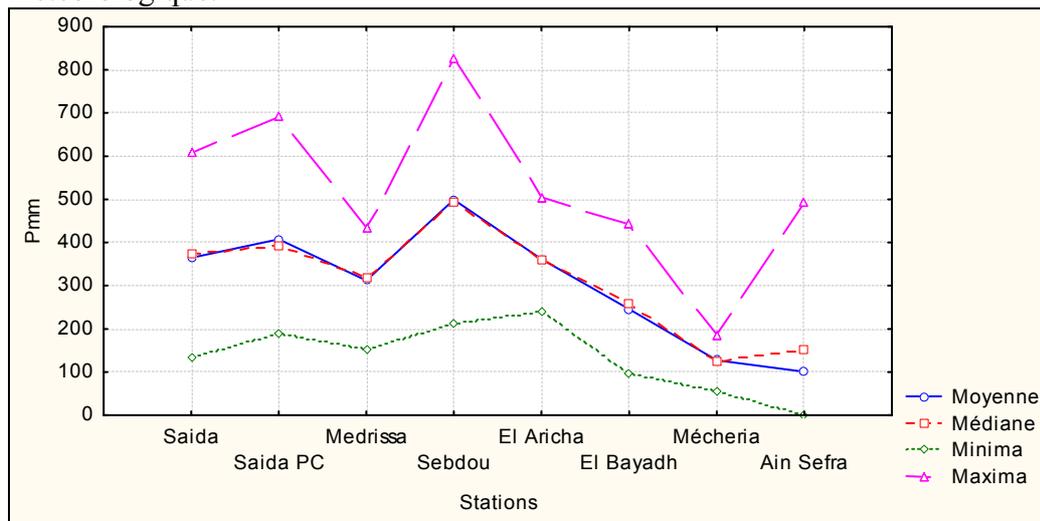
- El Aricha ( $\delta=77,91$ )
- Medrissa ( $\delta= 61,36$ )

Enfin, c'est Mécheria ( $\delta=36,9$ ) qui enregistre la variabilité la plus faible, due à sa position à l'abri (exposition E du Dj Antar)

Si on considère le coefficient de variation (CV), nous obtenons un classement différent de la variabilité de la pluviométrie :

- C'est Ain Sefra et El Bayadh qui ont le CV le plus élevé= respectivement (57 et 37)
- En 2<sup>ème</sup> position, nous trouvons Mécheria et Saida (CV= 29) et Seb dou (CV=28)
- Le reste des stations (Saida PC, Medrissa et El Aricha) ont des CV compris entre 20 et 22.

**Fig.6 :** Evolution des moyennes, médianes, minima et maxima de la pluviométrie par station météorologique.



### 3. Variabilité inter-annuelle des précipitations et la tendance générale

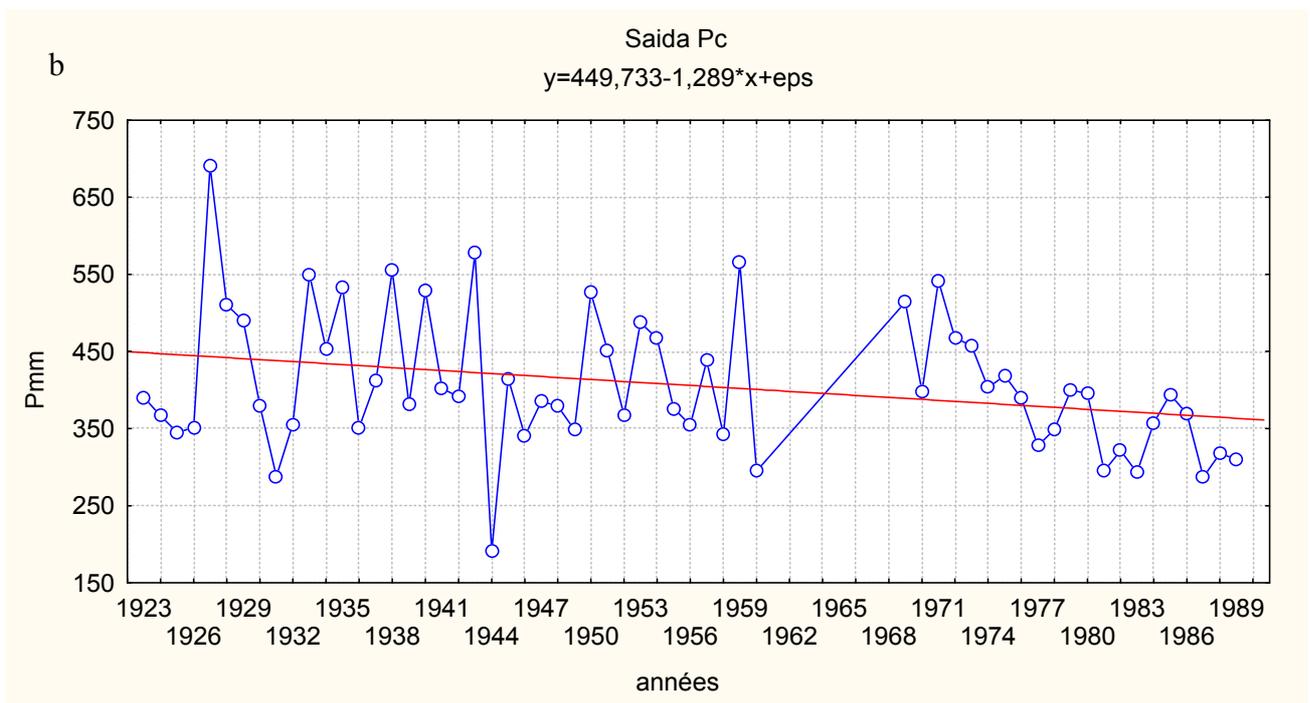
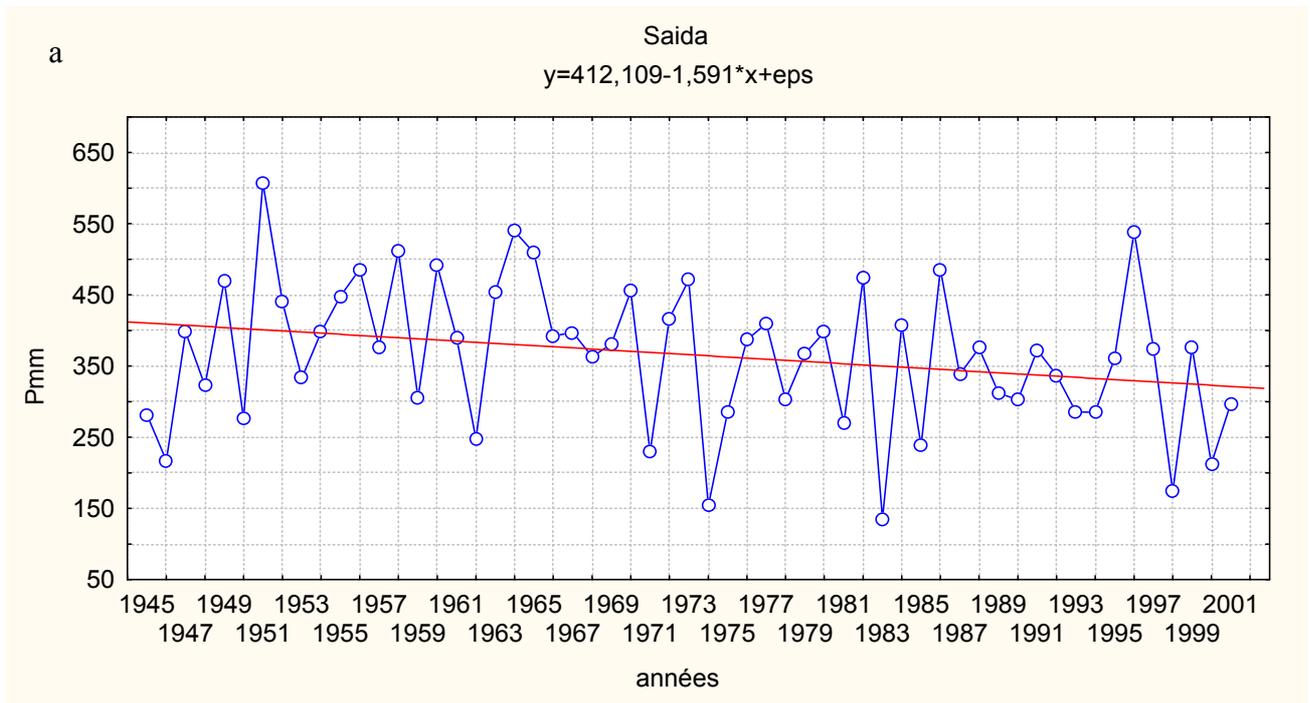
La tendance climatique est un changement climatique caractérisé par une diminution ou un accroissement significatif régulier des valeurs moyennes durant les périodes relevées.

L'analyse des séries pluviométriques dans les différentes stations des Hautes Plaines Sud Oranaises, a permis d'établir des tracés de l'évolution de la pluviométrie annuelle et de la droite de tendance. Les droites de l'évolution de la pluviométrie annuelle sur une série d'années montrent pour toutes les stations, une tendance à la régression (Cf.Fig.7), cependant, celle-ci est plus au moins nette selon les stations.

- Elle est nette pour les stations à série pluviométriques longue (Saida PC et Saida, Sebdou, Medrissa et Ain Sefra). A Saida PC et Medrissa, les données pluviométriques en globalité révèlent une tendance à la baisse, nous avons pris les deux périodes avant et après la période lacunaire séparément, afin de mieux distinguer la tendance, alors entre 1922 et 1960 la droite de tendance est quasiment droite contrairement à la deuxième période entre 1969 et 1989 où on remarque nettement la droite qui plonge

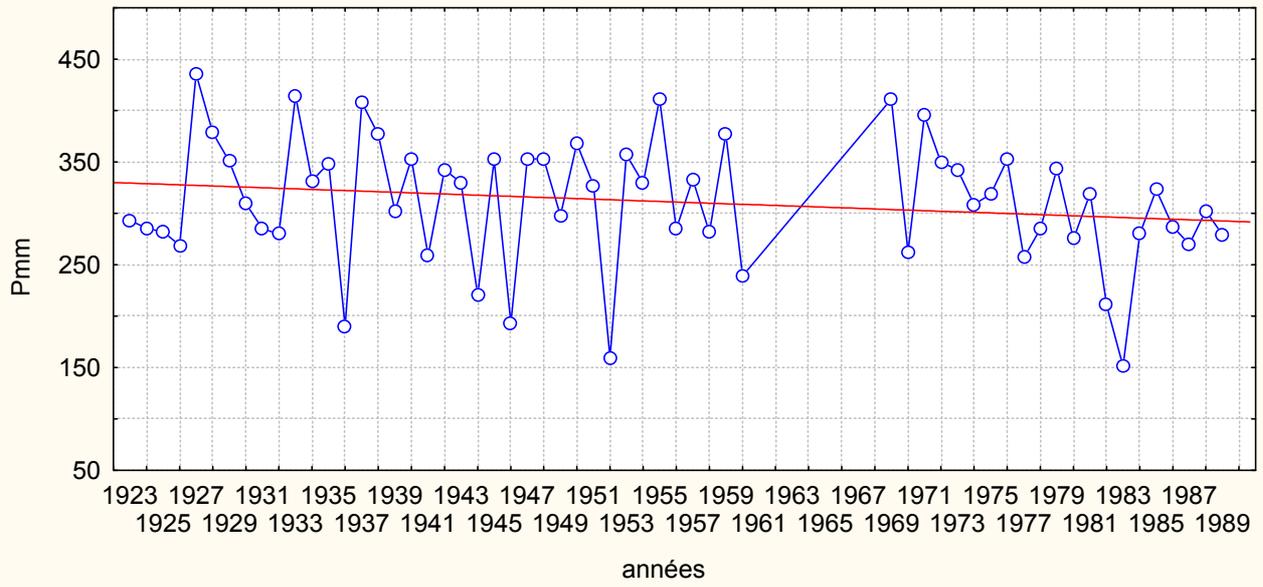
- Elle est moins nette pour les autres.

**Fig 7 :** Evolution de la pluviométrie avec la tendance générale



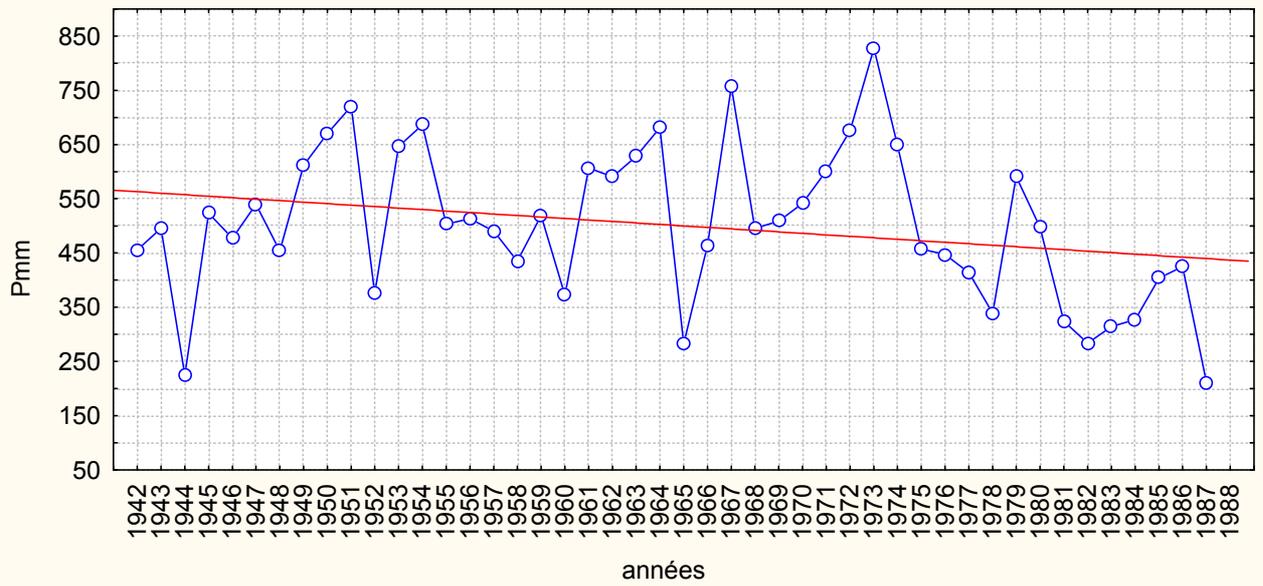
c

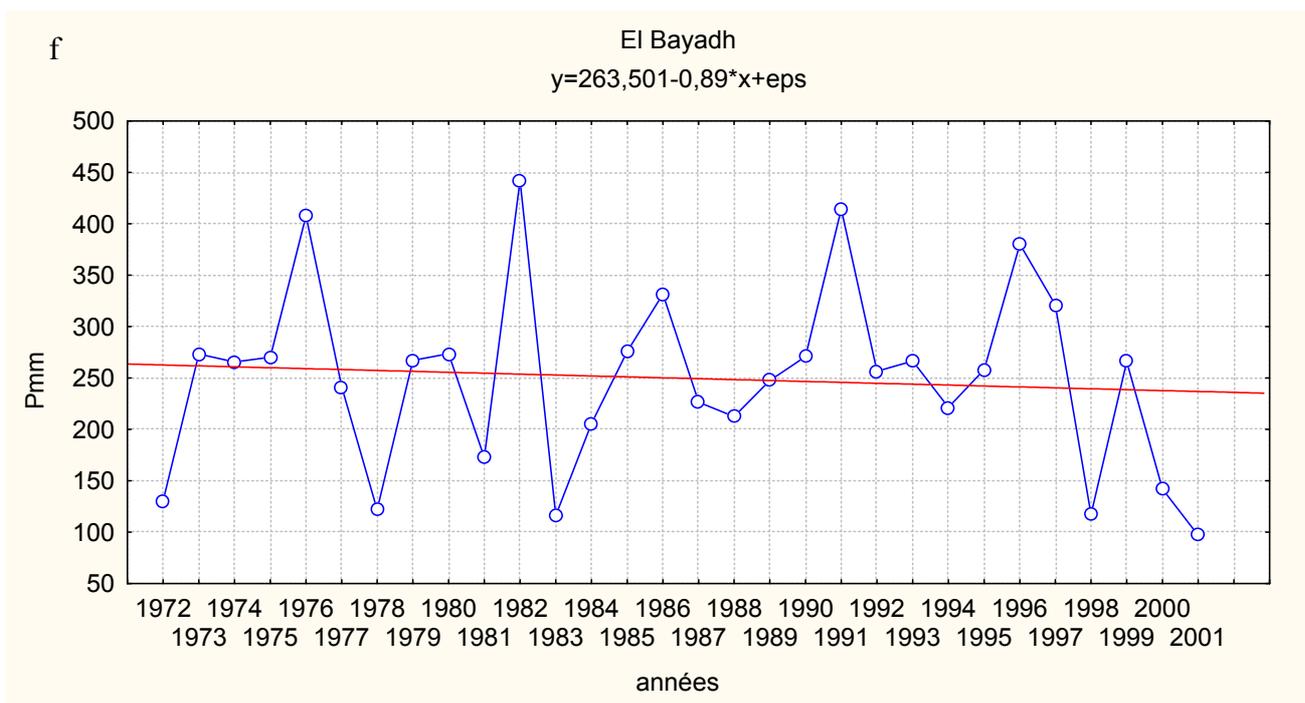
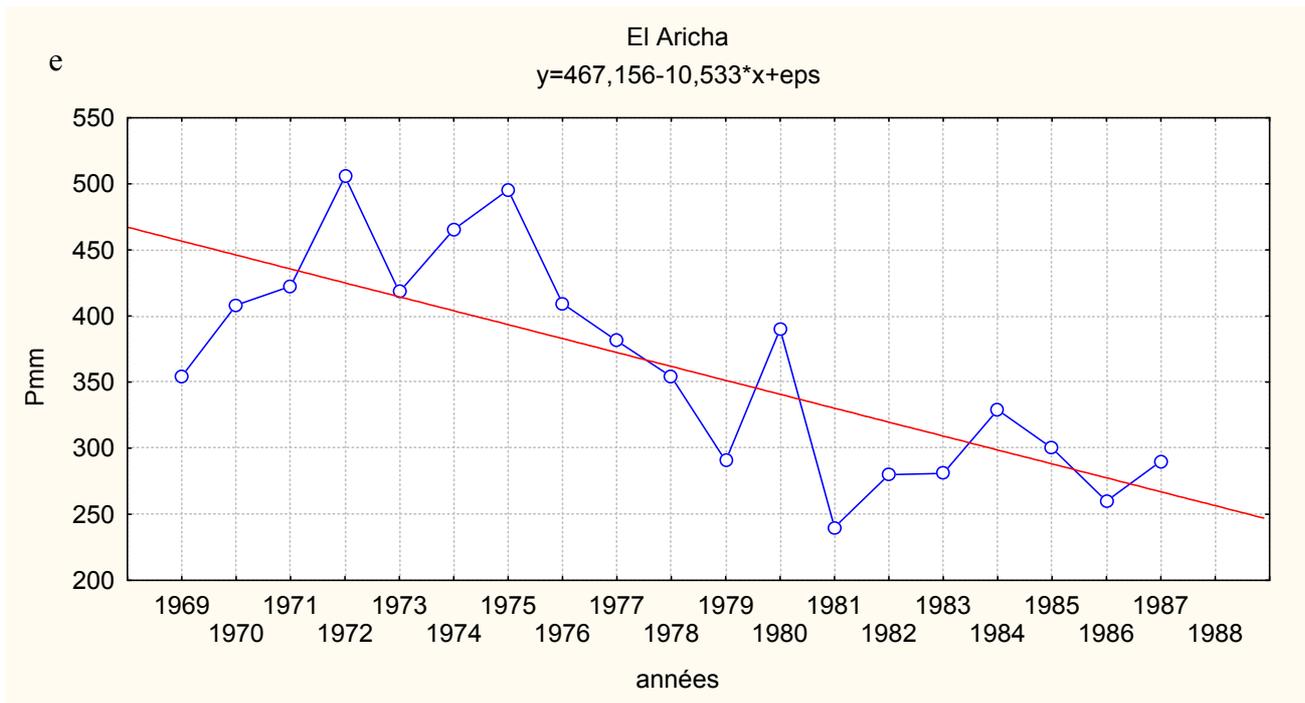
Medrissa  
 $y=329,936-0,558*x+eps$

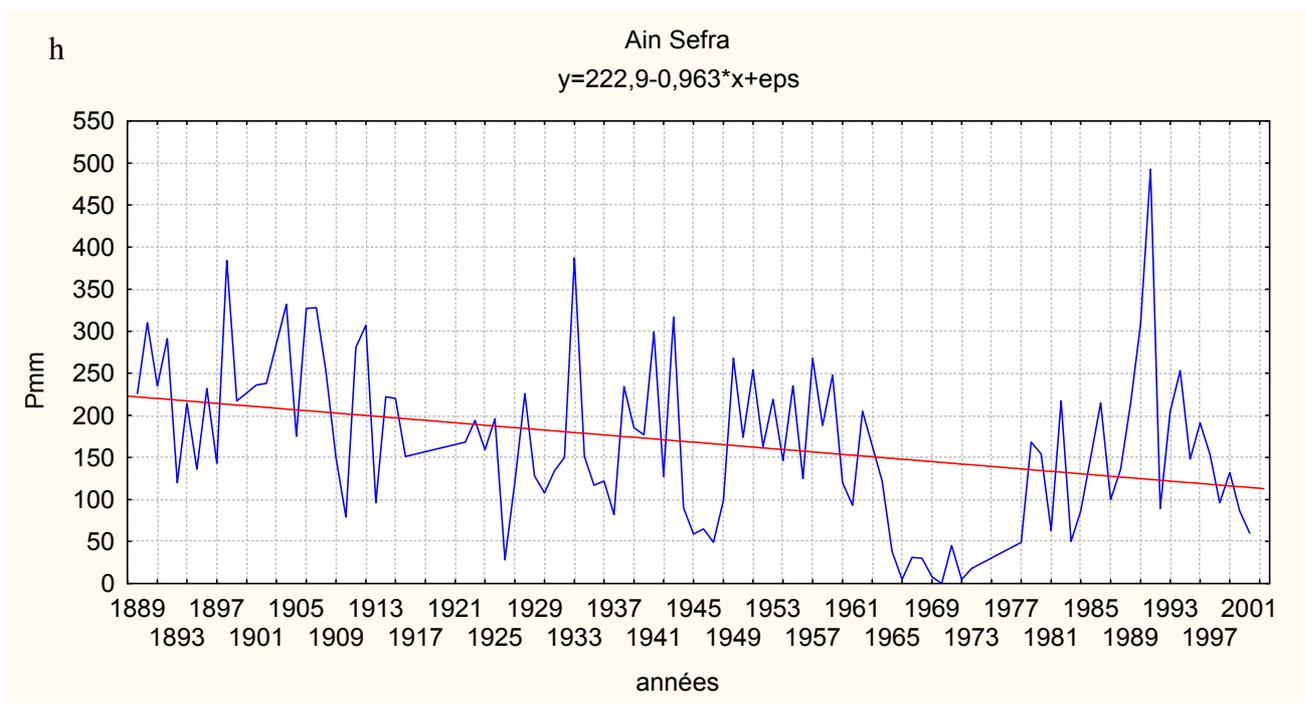
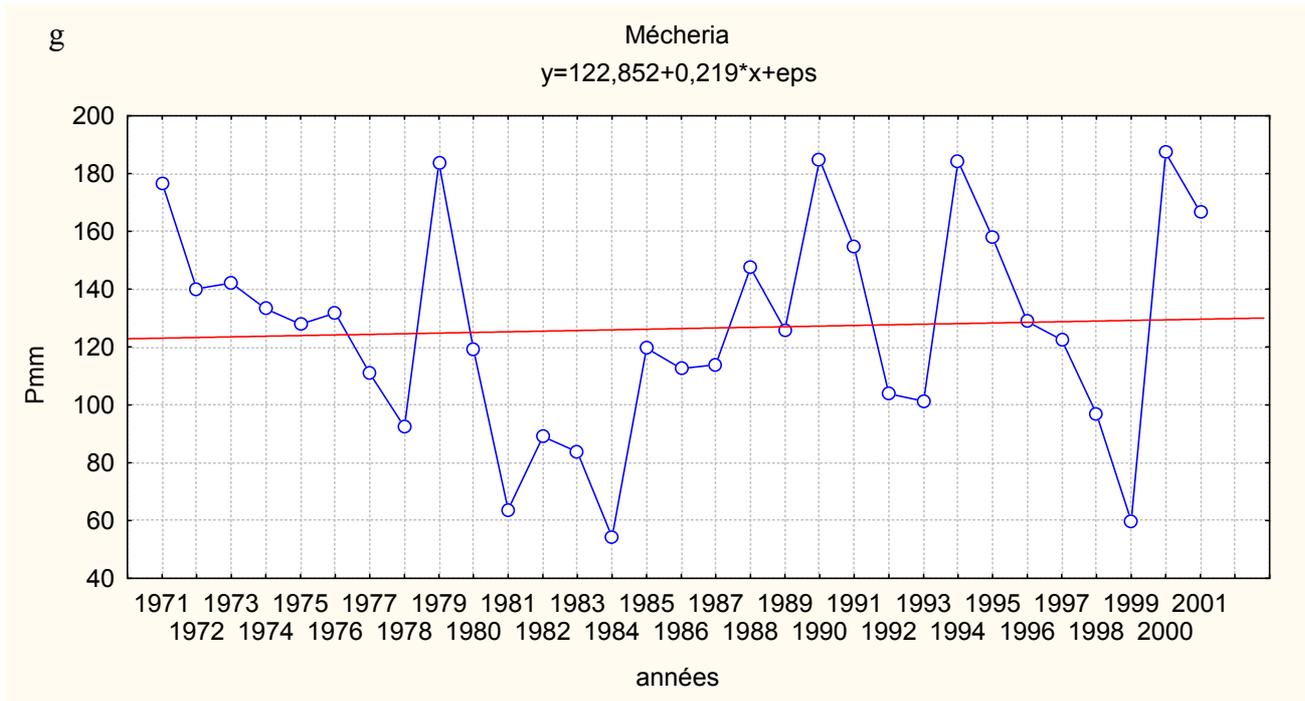


d

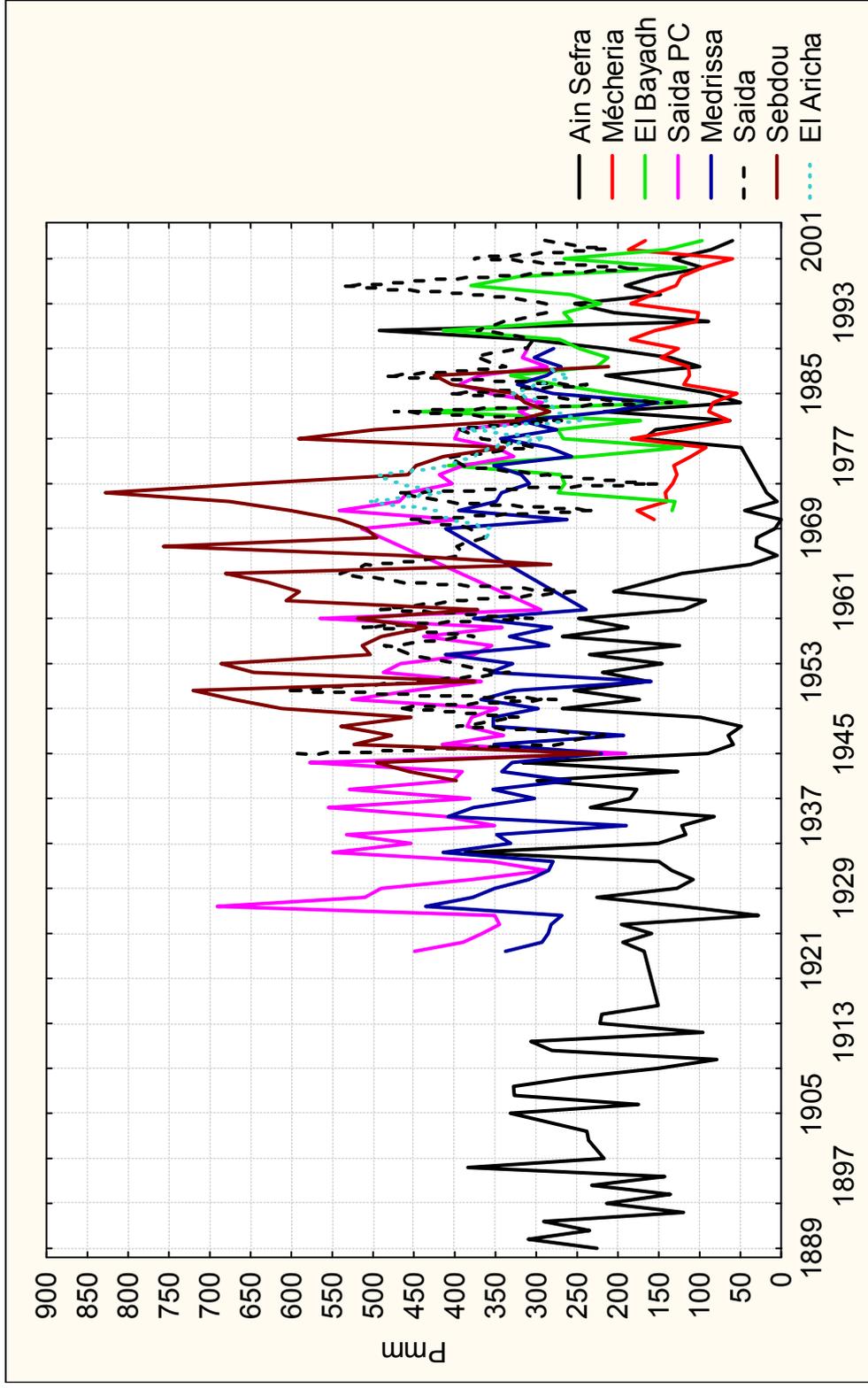
Sebdou  
 $y=565,695-2,74*x+eps$







**Fig 8 :** Evolution des précipitations sur l'ensemble des stations des Hautes Plaines Sud Oranaise



## 4. Délimitation des grandes phases sèches

### 4.1. Par la moyenne mobile

A partir de la moyenne mobile on peut dégager les grandes tendances, on a choisi pour cela 4 stations météorologiques (Cf.Fig.9), 2 stations au nord des Hautes Plaines Sud Oranaises Seb dou et Saida et les 2 autres au sud de celles-ci, Mécheria et Ain Sefra.

A partir de là, on fait une comparaison entre la moyenne mobile et la moyenne annuelle des stations météorologique des deux limites des Hautes Plaines Sud Oranaises.

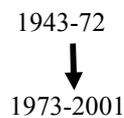
Les tendances se présentent comme suit :

Les stations nord des Hautes Plaines Sud Oranaises :

*La station de Seb dou*



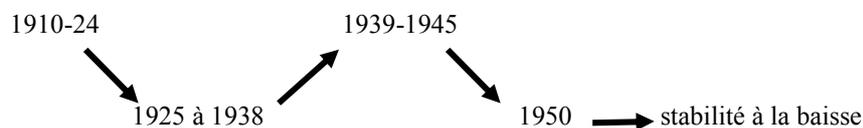
*La station de Saida*



*La station de Mécheria*



*La station de Ain Sefra*



En conclusion, nous pouvons avancer que les courbes des moyennes mobiles montrent une succession des phases « humides » et phases « sèches » ou les  $(P_{MM} < \bar{P})$ , ainsi :

⇒ A Seb dou, il ya successivement 4 tendances:

- Hausse des précipitations de 1941-48 à 1949-58
- Basse des précipitations de 1949-58 à 1959-62
- Hausse des précipitations de 1959-62 à 1963-78

- Basse des précipitations de 1963-78 à 1979-87

⇒ A Saida, se dégagent 2 tendances :

- Hausse des précipitations de 1944-72
- Baisse des précipitations de 1973-2001

⇒ A Mécheria se dégagent 3 tendances :

- Baisse des précipitations de 1970-82
- Stabilité des précipitations inférieure à la moyenne de la série de 1983-98
- Hausse des précipitations de 1999-2001

⇒ A Ain Sefra on note :

- Baisse des précipitations de 1910 à 1924
- Stabilité des précipitations de 1924 à 1938
- Hausse des précipitations de 1939 à 1945
- Baisse des précipitations de 1946 à 1950 puis stabilité jusqu'en 1966
- Baisse des précipitations de 1967 à 2001

En Résumé, en comparant les stations entre elles, nous relevons :

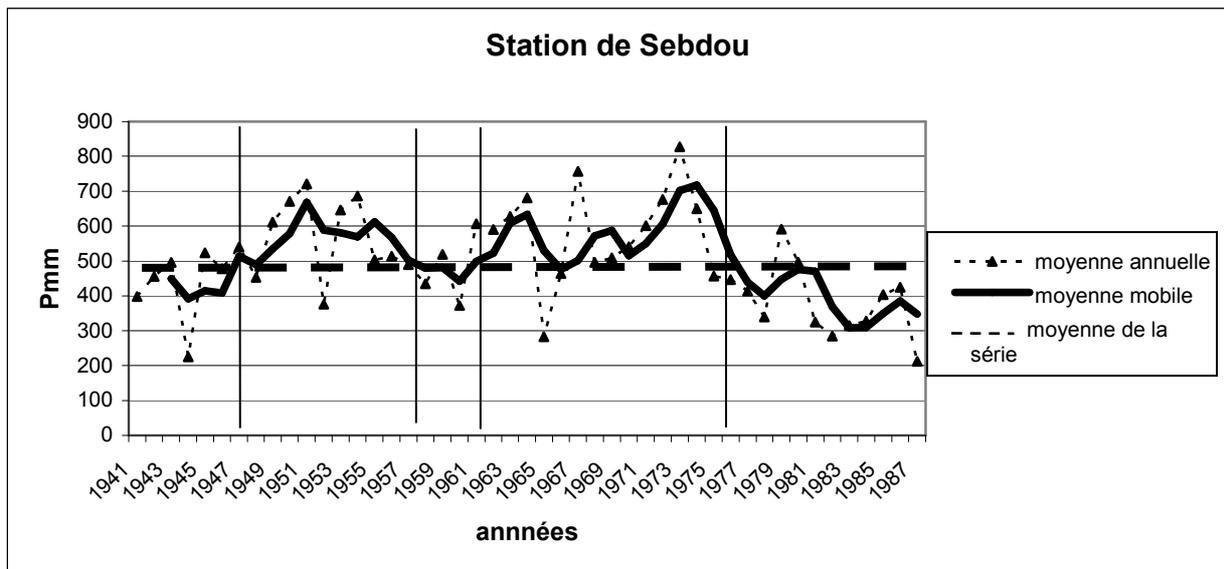
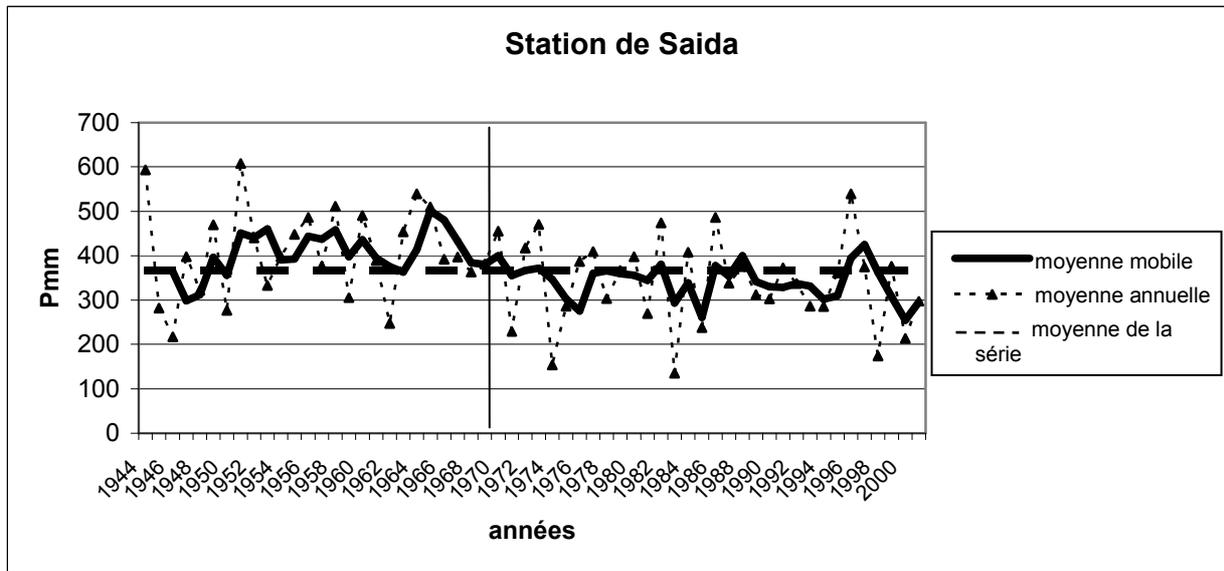
1- qu'entre 1943 à 1951 (Sebdou) et 1943 à 1971 (Saida) : il ya hausse des précipitations, et pendant cette même période à Ain Sefra, il ya une tendance à la baisse des précipitations.

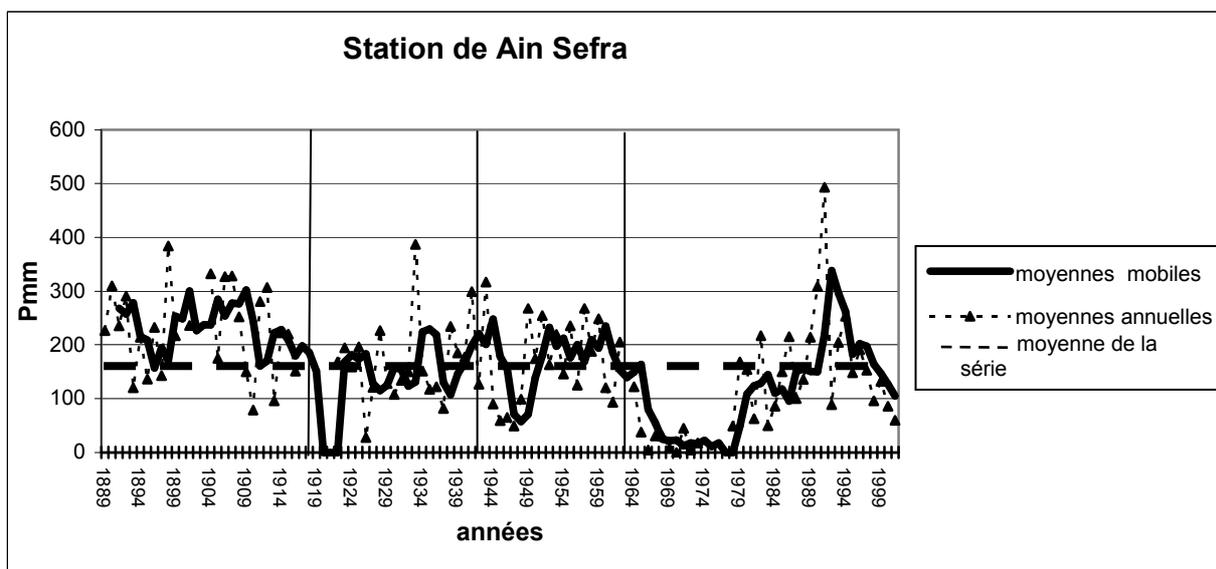
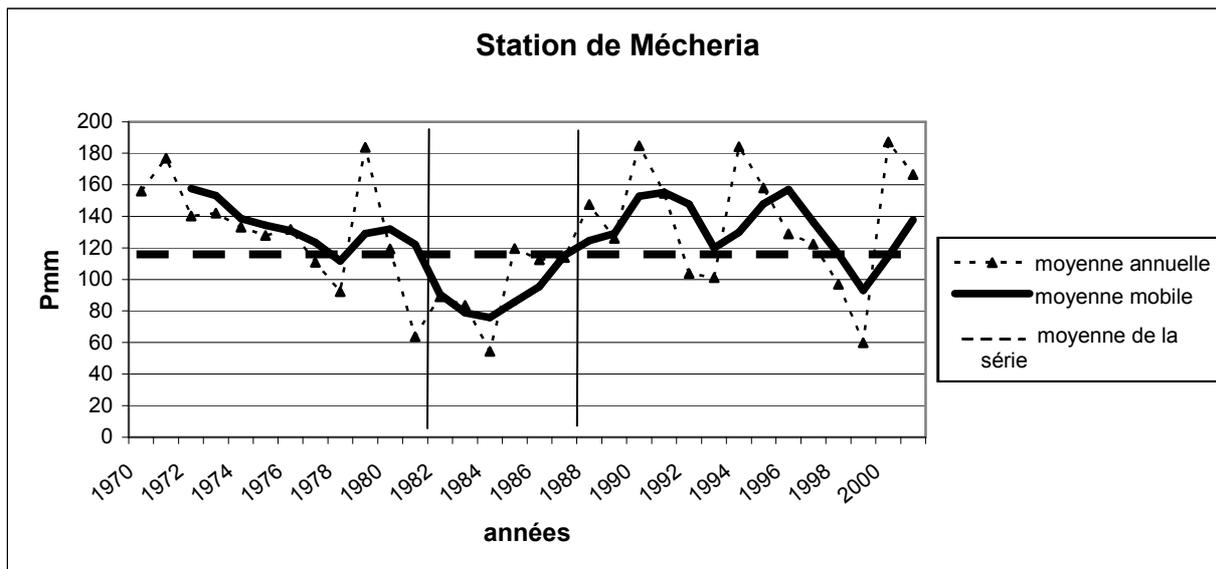
Donc les 2 extrêmes nord et sud des Hautes Plaines Sud Oranaises ont eu une évolution contraire des précipitations.

2- A partir de 1974 ya eu baisse des précipitations à Sebdou et Saida, idem à Mécheria, alors qu'il y a peu de variabilité à Ain Sefra.

Donc, il y a une certaine opposition dans l'évolution pluviométrique des 2 marges (N et S) de la steppe sud oranaise

**Fig. 9** : Evolution des moyennes annuelles et mobiles des précipitations





## 4.2. Par l'écart à la moyenne

La répartition annuelle des précipitations renseigne de manière directe sur la fluctuation des hauteurs des pluies et permet, comparé à la moyenne de la série, de dégager les années humides et sèches, permet aussi d'estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année et de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession, on parle alors d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. (Cf.Fig.10).

Les mêmes résultats sont obtenus par la méthode des cumuls des écarts à la moyenne dont la somme égale à zéro (NB : cette méthode sera reprise au 3<sup>iem</sup> chapitre).

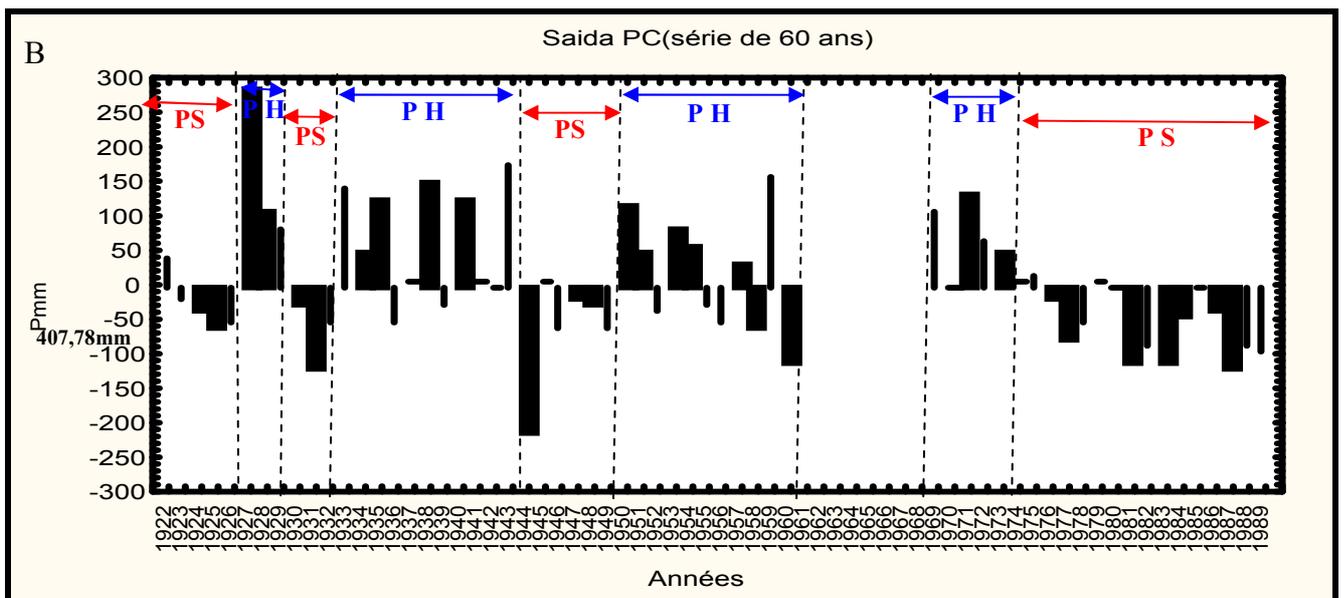
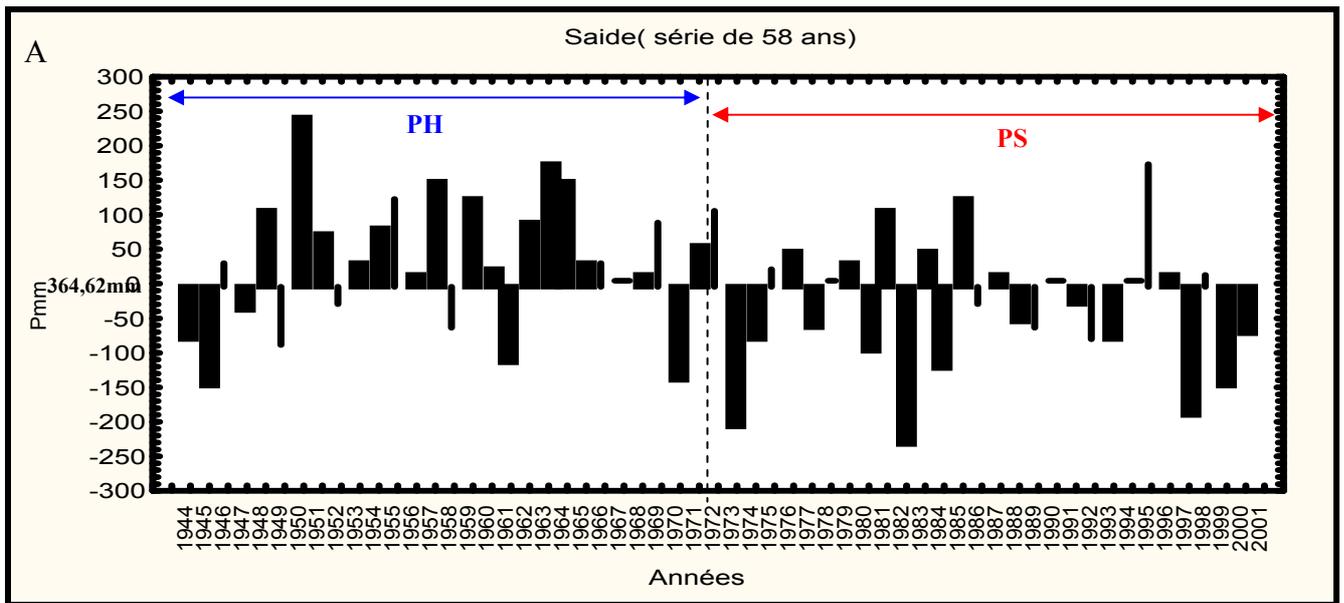
$$Em = \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})$$

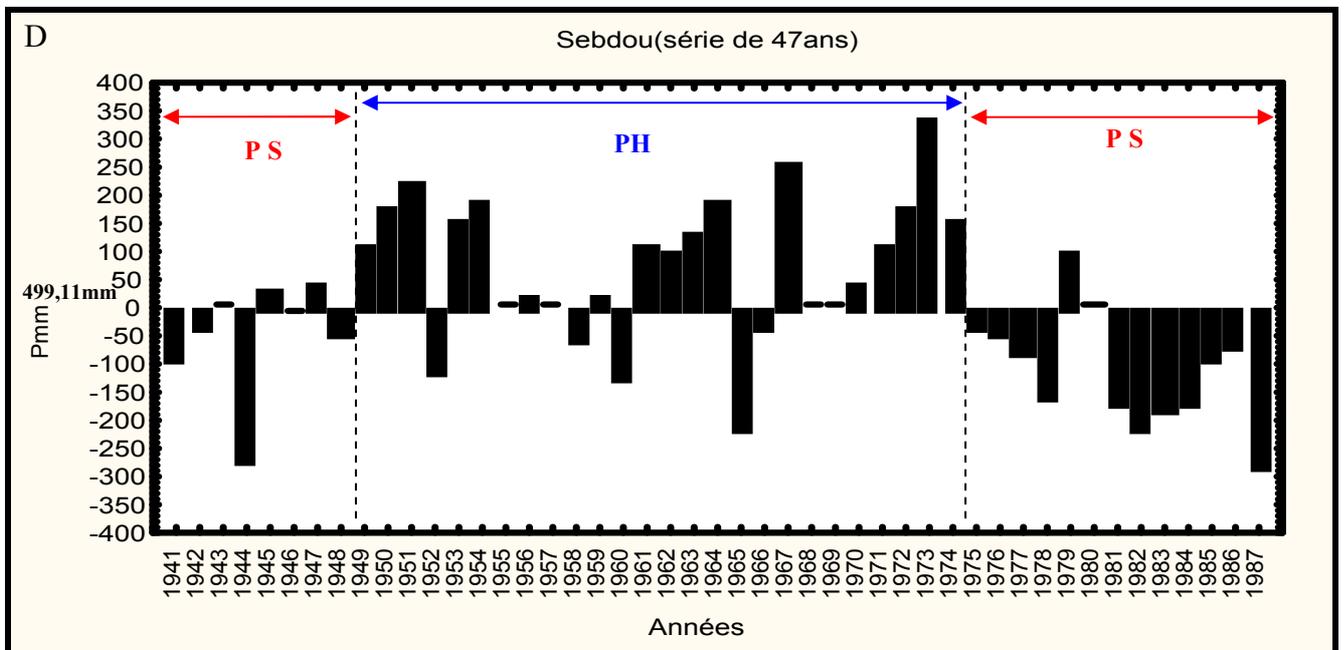
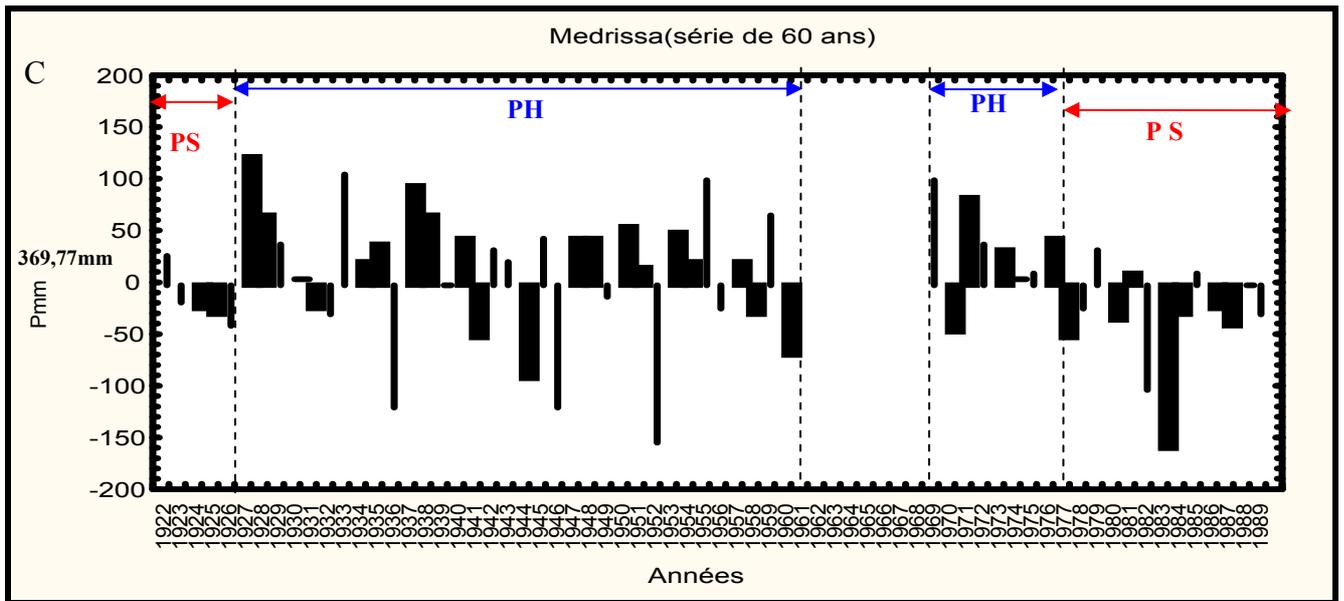
Cette méthode permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre, quand la somme de ces écarts croît, la tendance est à la hausse, quand elle décroît, elle sera à la baisse. Si l'écart est positif cela indique les années humides et négatif indique les années sèches.

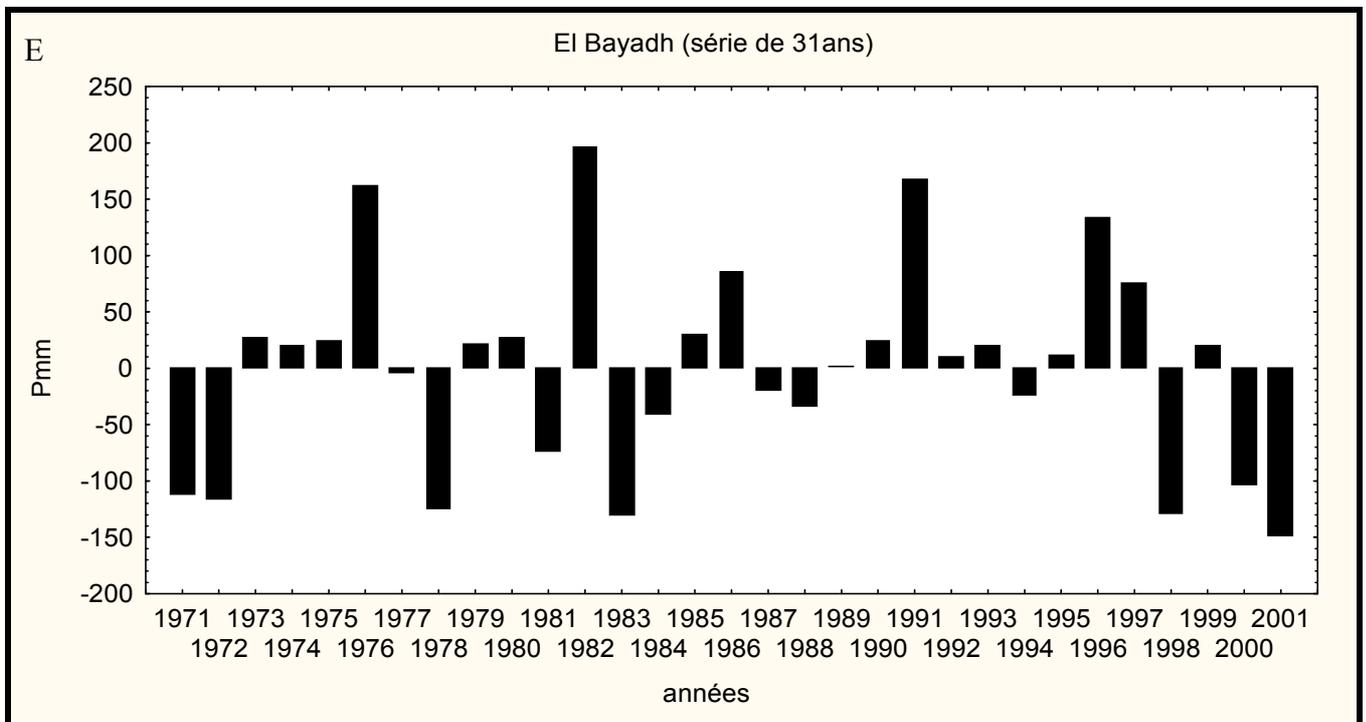
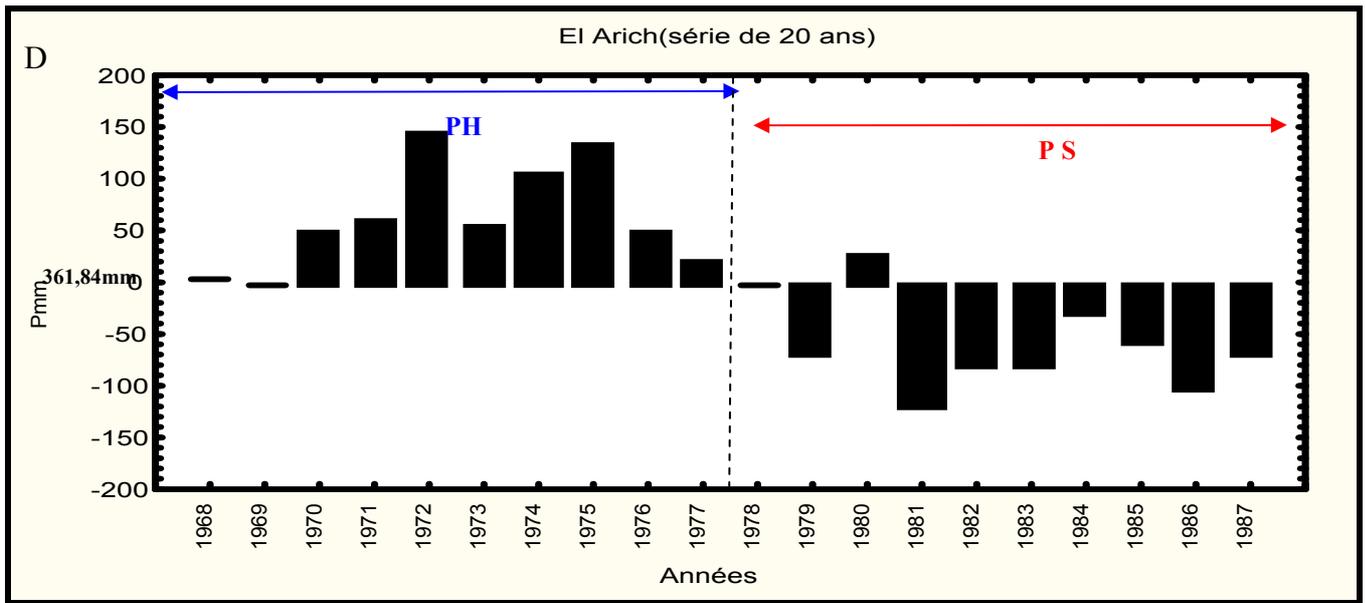
**Tab 7 : Tableau récapitulatif des phases sèches et pluviométriques sur les Hautes Plaines Sud Oranaises**

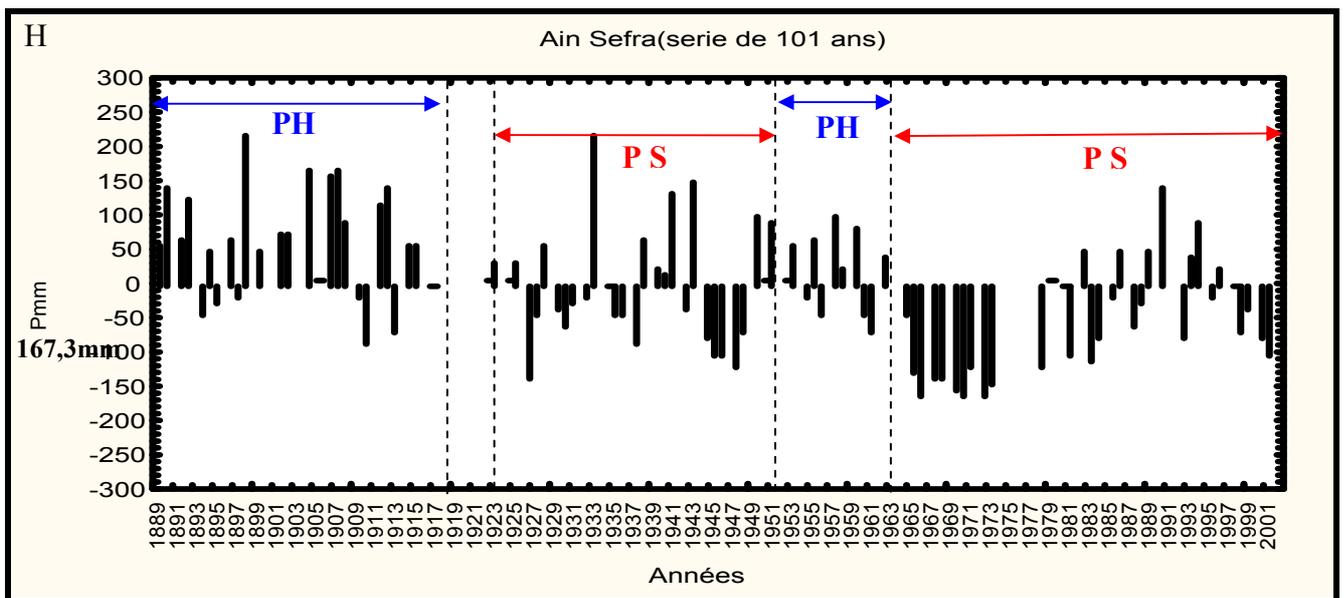
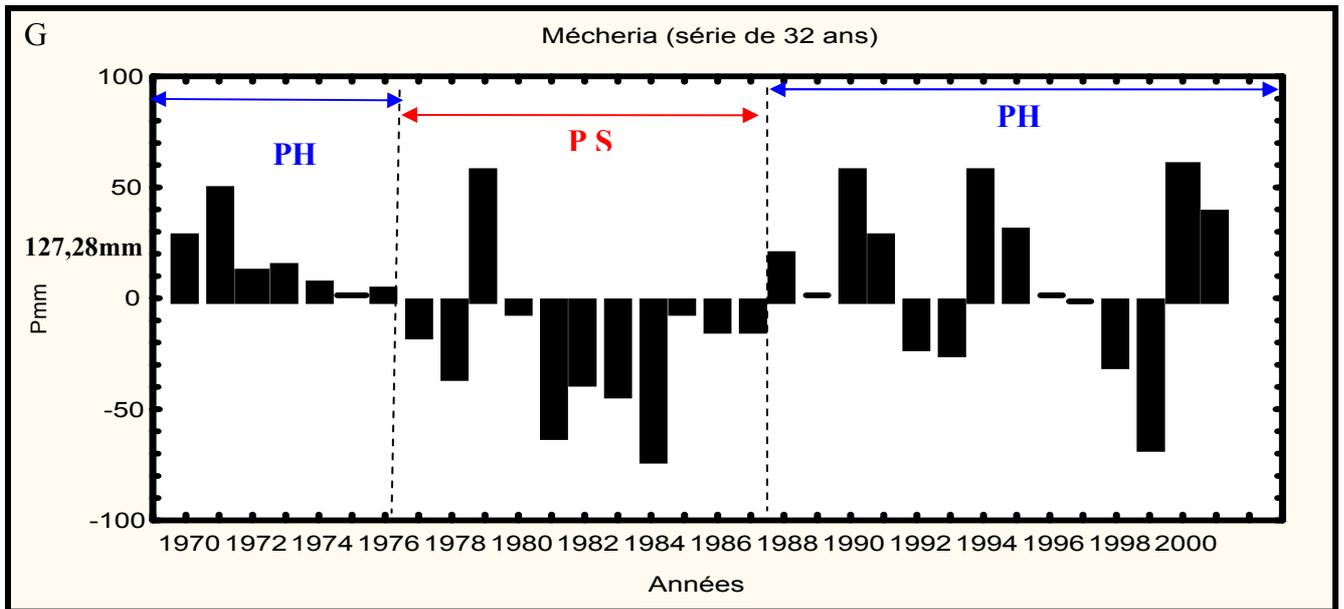
<b>Station</b>	<b>phase humide</b>	<b>phase sèche</b>	<b>phase humide avec années sèches</b>	<b>phase 1961-77 humide</b>	<b>Phase 1978-2001 années pluvieuses</b>	<b>sèche avec des années sèches</b>
Saida Et Saida (PC)		1922-43	1943-1972 : phase humide 1944-60 : années sèche (PC)	1969-73	1973-2001	1974-89
Medrissa		1922-26	1927-60 : phase humide	1968-		1978-1989
Sebdou		1941-48	1949-56 : phase humide 1957-60 : années sèche	1961-74	1975-70 : phase sèche	1971-74 années humides 1975-87 années sèches
El Aricha				1968-74		1975-87
El Bayadh (Atlas Saharien, située plus au N/A.Sefra)				1971-72 : années sèches 1973-84 : années humides		1985-1997
Mécheria				1970-79 : années humide	1980-87 : phase sèche	1987-2001 : années humides
A.Sefra (Atlas Saharien)	1889-1917	1919-1948	1949-1959		1960-2001 phase sèche	

**Fig.10** : Délimitation des phases sèches et phases humides









## 5. Caractéristiques descriptives des phases de sécheresses

Les caractéristiques statistiques descriptives des phases pluviométriques sèches et humides, ressorties suite à la méthode des moyennes mobiles et l'écart par rapport à la moyenne des séries pluviométriques des 8 stations, ceci a permis de calculer le nombre d'années sèches par phase, la moyenne, l'écart type, ...etc, et ceci pour chaque phase.(Cf.Tab.8)

**Tab 8 :** Caractéristiques statistiques des phases Sèches et humides.

Saida	N Années sèches	Moyenne	Minimum	Maximum	Ec-Type	CV	max/min
PERIODE HUMIDE							
1944/1973	9/30	592,7	135,0	539,0	101,0	0,2	
PERIODE SECHE							
<b>1974/2001</b>	<b>16/28</b>	<b>335,5</b>	<b>216,9</b>	<b>607,4</b>	<b>97,5</b>	<b>0,3</b>	<b>2,8</b>
<b>Saida PC</b>							
PERIODE HUMIDE							
1927 /1929	3	563,7	490,0	690,7	110,5	0,2	
1933 /1943	4/11	466,7	351,0	577,7	83,0	0,2	
1950 /1960	5/11	424,5	294,7	564,9	84,1	0,2	
1969 /1973	1/5	475,8	397,8	541,6	55,4	0,1	
PERIODE SECHE							
<b>1922 /1926</b>	<b>4/5</b>	<b>380,4</b>	<b>345,2</b>	<b>449,1</b>	<b>42,1</b>	<b>0,1</b>	<b>1,3</b>
<b>1930 /1932</b>	<b>3</b>	<b>341,0</b>	<b>287,8</b>	<b>379,3</b>	<b>47,5</b>	<b>0,1</b>	<b>1,3</b>
<b>1944 /1949</b>	<b>5/6</b>	<b>343,2</b>	<b>190,8</b>	<b>415,2</b>	<b>79,4</b>	<b>0,2</b>	<b>2,2</b>
<b>1974 /1989</b>	<b>15/16</b>	<b>351,7</b>	<b>286,9</b>	<b>418,9</b>	<b>44,9</b>	<b>0,1</b>	<b>1,5</b>
<b>Medrissa</b>							
PERIODE HUMIDE							
1927/1960	13/27	321,3	159,7	435,5	64,1	0,2	
1969/1976	2/8	94,5	54,3	119,6	25,8	0,3	
PERIODE SECHE							
<b>1923/1926</b>	<b>3</b>	<b>282,5</b>	<b>268,8</b>	<b>293,2</b>	<b>12,5</b>	<b>0,0</b>	<b>1,1</b>
<b>1977/1989</b>	<b>10/13</b>	<b>275,7</b>	<b>151,3</b>	<b>343,8</b>	<b>49,9</b>	<b>0,2</b>	<b>2,3</b>
<b>Sebdou</b>							
PERIODE HUMIDE							
1949/1974	7/26	571,9	303,2	614,5	127,5	0,2	
PERIODE SECHE							
<b>1941/1948</b>	<b>6/8</b>	<b>446,0</b>	<b>224,6</b>	<b>539,6</b>	<b>99,7</b>	<b>0,2</b>	<b>2,4</b>
<b>1975/1987</b>	<b>12/13</b>	<b>387,5</b>	<b>240,0</b>	<b>418,7</b>	<b>100,0</b>	<b>0,3</b>	<b>1,7</b>
<b>El Aricha</b>							
PERIODE HUMIDE							
1968/1974	2/7	239,5	160,0	302,0	58,5		
PERIODE SECHE							
<b>1978/1987</b>	<b>9/10</b>	<b>301,5</b>	<b>240</b>	<b>354,2</b>	<b>44,7</b>	<b>0,1</b>	<b>1,4</b>
<b>Mécheria</b>							
PERIODE HUMIDE							
1970/1976	1/7	144,0	92,3	183,8	17,2	0,1	
1990/2001	5/12	137,4	101,3	184,9	41,4	0,3	
PERIODE SECHE							
<b>1977/1989</b>	<b>11/13</b>	<b>109,0</b>	<b>54,3</b>	<b>119,6</b>	<b>34,1</b>	<b>0,3</b>	<b>2,2</b>
<b>Ain sefra</b>							
PERIODE HUMIDE							
1889/1916	7/26	227,0	79,0	384,0	79,4	0,4	
1949/1959	3/11	208,0	124,7	268,0	51,1	0,3	
PERIODE SECHE							
<b>1922/1948</b>	<b>17/27</b>	<b>150,2</b>	<b>28,0</b>	<b>387,0</b>	<b>90,0</b>	<b>0,6</b>	<b>13,8</b>
<b>1960/2001</b>	<b>27/37</b>	<b>125,6</b>	<b>0,0</b>	<b>491,0</b>	<b>101,8</b>	<b>0,8</b>	

**Saida :** La série pluviométrique à Saida dégage une phase sèche qui s'étale sur 28 ans de 1973 à 2001 avec 16/28 d'années sèches, la moyenne de cette phase est de 335.5 mm par rapport à 364.6 mm (Moyenne de la série), la variabilité de la pluviométrie est assez importante avec ( $\delta=97.5$ ), la moyenne pluviométrique la plus basse durant cette phase atteint 2.8 ca valeur en phase humide.

**Saida PC :** La série pluviométrique à Saida PC indique 4 phases sèches et 4 phases humides. (Cf.Fig.11.C), les phases sèches sont 26-29, 30-33, 44-49, 74-89, on a un total de 27/30 années sèches, leurs moyennes varient entre 341-380 mm(407.7mm moyenne de la série), l'écart-type reste contigüe à 40, sauf pour la phase 44-49 où il est de 79.4, le CV varie entre 10 à 20%, quant à la moyenne la plus basse, elle peut atteindre entre 1.3 jusqu'à 2.2 la valeur maximal.

**Medrissa :** à 4 phases pluviométriques, dont 2 sèches, d'une durée de 13/16 années, leur moyenne (282.5-275.7mm) reste basse par rapport à la moyenne de la série (312mm), l'écart type est faible ce qui explique un CV nul. La valeur pluviométrique la plus élevée est des 1.1 fois la valeur la plus basse pour la 1<sup>ière</sup> phase (1923-26), et de 2.2 fois pour la 2<sup>ième</sup> phase (1977-89).

**Seb dou :** avec 3 phases pluviométriques dont 2 sèches, la 1<sup>ière</sup> 1941-48, une moyenne de 446 mm avec 6/8 années sèches, la variabilité est assez forte ( $\delta=99.7$ ), les précipitations faibles atteignent 2.4 fois la valeur des précipitations fortes. la 2<sup>ième</sup> phase (1975-1987), une moyenne de 387,7mm une baisse de plus de 100 mm par rapport à 499.1mm moyenne de la série, on à 12/13 années sèche, la variabilité interannuelle durant cette phase est assez forte ( $\delta=100$ ), un rapport de 1.7 fois entre les précipitations les plus faibles et les plus fortes.

**El Aricha :** sur une série de 20 ans on a une phase sèche de 9/10 (1978-1987), la moyenne est de 301.5mm, l'écart-type est de 44,7 et les précipitations les plus fortes sont de 1.4 fois par rapport aux précipitations les plus faibles.

**Mécheria :** on a une phase sèche de 11/13 années 1977-1989 sa moyenne est de 109 mm par rapport à 127.28mm (moyenne de la série), la variabilité interannuelle durant cette phase est assez faible ( $\delta=34.1$ ), mais le rapport entre la valeur des plus fortes précipitations et les plus faibles est de 2.2.

**Ain Sefra :** sur une série de 101 ans on a 2 phases sèches, d'une durée de 17/27 et 27/37 années (922-48 et 1960-2001, on note que la 2<sup>ième</sup> phase est plus èche que la 1<sup>ière</sup> avec une moyenne respectivement de 125.6mm et 150.2mm, l'écart-type et le CV sont assez important durant les 2 phases où ils sont de ( $\delta=90$ , CV=0.6) entre 1922-48 et ( $\delta=101.8$ , CV=0.8) ce qui indique une variabilité assez forte.

## 6. Evolution de la sécheresse pluviométriques ans les Hautes Plaines Sud Oranaises

### 6.1. Comparaison entre les stations météorologiques par périodes communes (Cf.Tab.9 )

Nous avons dégagé des périodes communes entre les stations météorologiques. Celles-ci ont des séries de durées variables mais dépassent tous 30 ans. Nous avons calculé la moyenne par période commune et le nombre d'années correspondant à l'exception de la station d'Ain Sefra dont la période II comporte une année lacunaire (1963). Ceci a permis d'établir une comparaison avec l'évolution des moyennes annuelles pluviométriques.

**Tab 9 :** Caractéristiques statistiques de la pluviométrie par station et par période communes

	1922-1960(39 ans)			1941-1973 (33 ans)			1944-1987 (44 ans)			1971-2001 (31 ans)			La série		
	P	$\bar{\delta}$	CV	P	$\bar{\delta}$	CV	P	$\bar{\delta}$	CV	P	$\bar{\delta}$	CV	P	$\bar{\delta}$	CV
Saida							502.5	145	0.4	334	97.4	0.3	364,6	106,2	29
Saida PC	422.5	96.6	0.2										407,8	90,5	22
Medrissa	317.9	62.9	0.2										312	61,4	20
Sebdou				538.5	132.3	0.2	382.9	107.7	0.2				499,1	141,2	28
El Bayedh										245.9	90.6	0.3	361,8	77,9	21
Mécheria										126.3	37.4	0.3	245,9	90,6	37
Ain Sefra	168.7	78.3	0.5	128.5	97.2	0.7							127,3	36,9	29

Quatre périodes communes se dégagent :

#### *Moyenne de la période / Moyenne de la série*

- |                         |   |   |   |
|-------------------------|---|---|---|
| - 1922-1960<br>(39 ans) | { - Saida PC: 422,5mm / 407,7mm<br>- Medrissa: 317,9mm / 312mm<br>- Ain Sefra : 168,7mm / 167,3mm | (I)   |   |
| - 1941-1973<br>(33 ans) |   | { - Sebdou : 538,5mm / 499,1mm<br>- Ain Sefra : 128,5mm / 167,3mm | (II)  |
| - 1944-1987<br>(44 ans) |   |   | { - Sebdou : 382,9mm / 499,1mm<br>- Saida : 502,5mm / 364,6mm |

- 1971-2001 (31 ans)	{	- Saida: 334mm /364,6mm	(IV)
		- El Bayedh : 245,9mm / 245,96mm	
		- Mécheria : 126,3mm /127,3mm	

- La période I (1922-1960), concerne trois stations : Saida PC au nord, Medrissa au centre Est et Ain Sefra au sud. Les moyennes pluviométriques des trois stations durant cette période ne diffèrent que de quelques millimètres de les moyennes annuelles de chaque série on a respectivement (422,5mm / 407,7mm),( 317,9mm / 312mm),( 168,7mm / 167,3mm)

La variabilité inter-annuelle des précipitations durant cette période et dans les 3 stations reste moyenne, l'écart-type varie entre 96.6 à Saida PC, 62.9 à Medrissa et 78.3 à Ain Sefra. Comme nous pouvons le remarquer cette variabilité est plus accentuée au nord où elle approche des 100, reste plus modeste vers l'Est et moyenne au sud.

D'une autre part le coefficient de variation exprime une dispersion et une irrégularité des pluies, plus importante par rapport à la moyenne, dans la station plus au sud, Ain Sefra avec un CV de 46% contre 22% dans la station Nord de Saida PC et seulement 19% dans la station Est Medrissa.

- La période II. 1941-1973 regroupe Sebdu et Ain Sefra. Le rapport entre la moyenne pluviométrique de Sebdu et Ain Sefra est supérieur à 4fois la valeur de la moyenne entre Sebdu et Ain Sefra (538,5mm et 128,5mm). A Sebdu, la pluviométrie de cette période est de plus de 40 mm par rapport à celle de la série (538,5mm /499,1mm) et à Ain Sefra, elle est inférieure de près de 40 mm (128,5mm / 167,3mm).

La comparaison des deux stations de Sebdu au nord et Ain Sefra au sud durant cette période, est marquée par une variabilité des précipitations assez forte l'écart-type à (Sebdu = 132.3 et à Ain Sefra= 97.2). Par contre le CV indique une irrégularité plus importante des précipitations au sud avec un CV de 75% à Ain Sefra et seulement 24% à Sebdu.

- La période III.1944-1987 est commune à Saida et Sebdu. Durant cette période et à l'opposé de la station de Sebdu, la station de Saida marque une hausse pluviométrique de presque 200 mm comparée à la moyenne de la série (502,5mm / 364,6mm). Cependant Sebdu a enregistré une baisse pluviométrique par rapport à la moyenne de la série (382,9mm / 499,1mm). De plus cette moyenne est plus faible que la moyenne calculée durant la période précédente 1941-1973, cela signifie que la baisse de la pluviométrie a commencé dans cette station durant cette période.

Ces deux stations marquent une variabilité interannuelle très forte : l'écart-type dépasse les 100, (145.08 à Sebdu et 107.73 à Saida). Par contre le CV reste plus modéré

avec 37% pour Sebdou et 21% pour Saida. Ces deux paramètres indiquent, une variabilité annuelle des précipitations assez importante mais peu importante par rapport à la moyenne dans les deux stations.

- La période IV. 1971 et 2001 est commune à trois stations : Saida, El Bayedh et Mécheria. On distingue à Saida une forte chute de la pluviométrie entre la moyenne de la période précédente (de 502,47mm à 334mm), cette dernière reste proche de la moyenne de la série (364,6mm).

Cette période met très nettement en évidence le degré de variabilité en allant du nord au sud des Hautes Plaines sud Oranaises, commençant par Saida au nord, El Bayedh au centre et Ain Sefra au sud, (un écart-type respectivement de 97.36, 90.64 et 37.42). D'autre part le coefficient de variation reste très proche dans les trois stations, puisqu'il varie entre 29%, 36% et 29% du nord au sud.

## 6.2. Comparaison entre les stations météorologiques par décennies

A partir des moyennes de chaque décennie de chaque station (Cf.Tab.10 et .Fig.9), nous avons fait ressortir les décennies déficitaires et calculé le déficit enregistré par rapport à la moyenne de chaque série pluviométrique, en tenant compte des décennies lacunaires, Ain Sefra : période de 60 à 69, manque 1963, de 70 à 79, manque 4 ans de 1974 à 1977, Sebdou et El Aricha : période de 88 à 89 manque 2ans 1988 à 1989.

**Tab.10:** Répartition des moyennes pluviométriques par décennie dans chaque station météorologique.

	Saida1	saida PC	Medrissa	Sebdou	El Aricha	El Bayed	Mecheria	Ain Sefra
30-39		425,71	324,54					167,00
40-49		<b>395,90</b>	<b>305,35</b>	<b>464,46</b>				<b>155,00</b>
50-59	418,19	437,46	322,90	555,99				201,97
60-69	416,34			538,62				<b>72,46</b>
70-79	<b>347,70</b>	415,30	321,47	554,42	415,04	<b>234,53</b>	139,49	<b>47,50</b>
80-89	<b>343,32</b>	<b>333,95</b>	<b>269,79</b>	<b>348,53</b>	<b>296,25</b>	250,36	<b>102,96</b>	<b>138,48</b>
90-99	<b>340,75</b>					277,16	129,48	206,78
moyenne	364,62	407,78	312,04	499,11	361,84	245,96	127,28	167,3

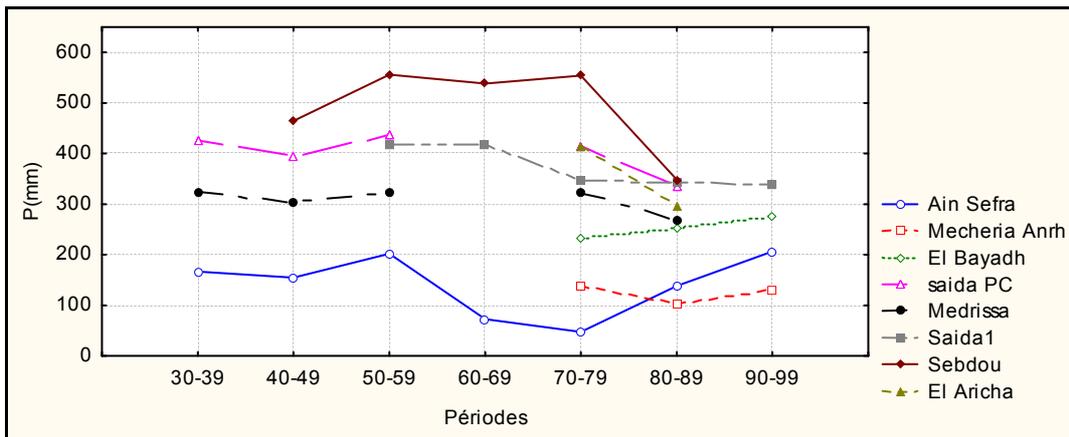
Les décennies déficitaires sont à :

- ✓ Saida : 70/79 (4,6%), 80/89(5,84%), 90/99 (6,54%)
- ✓ Saida PC : 40/49(2,91%), 80-89(18%)
- ✓ Medrissa : 40/49 (2%), 80/89 (13,03%)
- ✓ Sebdou : 40/49 (7%) et 80/89 (30%)
- ✓ El Aricha : 80/89 (18,11%)
- ✓ El Bayadh : 70/79(4,64%)

- ✓ Mécheria : 80/89(19%)
- ✓ Ain Sefra : 60/69(56,68%), 70/79(42%), 80/89(17,22%)

D'après l'ensemble des stations météorologiques, deux décennies ressortent nettement. La première décennie (1940 à 1950) les déficits ne sont pas très importants ils varient entre 2 et 7%, durent la seconde décennie (&ç80-9à), ils s'accroissent durant la décennie 1980/1990, le déficit est de 5,84% à Saida et dépasse les 30% à Sebdu.

**Fig.11:** Evolution des moyennes pluviométriques par décennies.



## 7. Comparaison des résultats obtenus avec ceux connus

➤ Nous allons commencer par exposer les résultats bibliographiques des différents auteurs, ensuite établir une comparaison entre nos résultats et ceux proviennent de diverses sources bibliographiques. Les données proviennent de P.Seltzer (1946), Paquin et Chaumont (1975), Djellouli et Nedjraoui (1991) et l'ONM (2003-2004). Nous analysons les résultats de chaque chercheurs, ensuite nous établissons une corrélation entre les données des chercheurs et les nôtres.

**Tab 11:** Comparaison de l'évolution des moyennes pluviométriques d'après les résultats de plusieurs auteurs et les résultats obtenus

1913-1930 données Seltzer

1952-1975 données Paquin et Chaumont

1975-1990 données Djellouli et Nedjraoui

1990 – 2001 données ONM

	1913-1930 (28ans)	1952-1975 (29ans)	1975-1990 (16ans)	1990-2001 (12ans)
<b>Saida</b>	430	419	320	326
<b>Mécheria</b>	293	310	213	137
<b>Ain Sefra</b>	192	194	156	184

**Tab 12:** Précipitations moyennes annuelles d'après Chaumont et Paquin (1913-1971) et les résultats obtenus de 1971 à 2001

	Chaumont et Paquin		Nos résultats		Evolution
	Pluviométrie (mm)	Ecart-type	Pluviométrie (mm)	Ecart-type	
<b>Saida</b>	424	94	334	97.36	-21%
<b>Sebdou</b>	338	91	458	163.4	+35.5%
<b>El Aricha</b>	301	80	359	84	+19.26%
<b>El Bayadh</b>	309	73	246	90.64	-20.38%
<b>Mécheria</b>	264	101	126	37.11	-52.27%
<b>Ain Sefra</b>	143.59	95.14	143	102.48	~0%

**4.1.** Si nous comparons les moyennes pour chacune des périodes étudiées par les chercheurs (Cf.tab.10), nous relevons :

**a-** A **Saida**, une baisse de la pluviométrie, avec en moyenne 430 mm entre 1913 et 1930 et 419 mm entre 1952 et 1975 (moyenne de séries de même durée et de se succédant).

- Une *baisse plus nette ou accentuée* durant les périodes 1975-1990 et 1990-2001 (successives de durée proche : 16 et 12 ans)= 320 et 326 mm.
- Ainsi, globalement, à Saida il y a une *baisse nette* de pluviométrie depuis le début du siècle (1913) jusqu'à 2001.

**b- A Mécheria :**

- La pluviométrie a *très peu varié* d'après les moyennes de 1913-30 et 1952-1975 (293 et 310).
- Par contre, à partir de 1975, on relève *une nette baisse* (213mm, 137 mm)

**c- A Ain Sefra :** la pluviométrie a *peu variée* pendant les 2 premières périodes (192 et 194 mm d'après Seltzer et Paquin-Chaumont), elle a *ensuite largement baissée* de 1975 à 199à (Djellouli et Nedjraoui) et à partir de 1990 jusqu'à 2001, on note *une légère hausse* (156 et 184 mm).

**4.2.** La comparaison avec les données de Paquin et Chaumont (19913-1971) et nos résultats obtenus pour la période 1971-2001 démontrent :

**a- A Saida,** il y a *une baisse* de pluviométrie (424mmà 334mm, soit un déficit de 21%), l'écart-type est *assez élevé et augmente un peu* (94 à 97,36) ;

**b- A Sebdou,** il y a *une légère hausse* de la pluviométrie (338mm à 458mm soit +35.6%) et la valeur de l'écart-type *augmente considérablement* (91 à 163,4), ce qui démontre *une accentuation* de la variabilité interannuelle des précipitations en même temps que *l'augmentation* de celles-ci;

**c- A El Aricha,** de même que précédemment en relève *une très légère hausse* de la pluviométrie (301 à 359 mm, soit +19%) ainsi que la valeur de l'écart-type (80 à 84) ;

**d- A El Bayadh,** il y a *une certaine baisse sensible* de la pluviométrie (309 à 246 mm, soit -20,38%) et une hausse de l'écart-type (73 à 90,64) et donc *une accentuation* de la variabilité interannuelle des précipitations;

**e- C'est Mécheria,** qui enregistre *une baisse très nette* de la pluviométrie (264 mm à 126 mm, soit un déficit de -52,7%) ainsi que de la valeur de l'écart-type (101 à 37,11), ce qui indique *une pondération* de la variabilité des précipitations;

**f- Enfin, Ain Sefra,** connaît une certaine « *stabilité* » pluviométrique (143,6mm à 143mm) et un écart-type qui a *légèrement augmenté* quand même (95 à 102,48);

D'après cette analyse comparative avec les résultats de Chaumont et Paquin complétés dans cette étude (1971-2001) par nos résultats, nous relevons *4 cas de figures* :

- ✓ A Sebdou et El Aricha (station située en plein, au NW, en contre bas des Mts de Tlemcen), il y a *une hausse légère* des précipitations qui s'accompagne d'*une hausse* de la valeur de l'écart-type. Celle-ci est proche à Sebdou et légère à El Aricha, et de même, pour la variabilité interannuelles des précipitations.

- ✓ A Saida et El Bayadh (station situées l'une au N sur les Mts de Saida, à 770-872 m d'altitude et l'autre au S sur les Mts des Ksour, à 1341m d'altitude), il y a *une baisse sensible* de la pluviométrie. Celle-ci s'accompagne d'*une augmentation* de la valeur de l'écart-type, nette à El Bayadh et peu prononcés à Saida.
- ✓ A Mécheria, (station située à l'abri sur le piémont E de Dj Antar à 1170m d'altitude), il y a une *baisse nette* de la pluviométrie et de la valeur de l'écart-type = sécheresse et pondéraiment la variabilité interannuelle des précipitations.
- ✓ A Ain Sefra, (station située au S dans les monts des Ksour (Atlas Saharien) à 709 m d'altitude, la pluviométrie à *très peu varié* et l'écart-type, a *légèrement augmenté*.

## Conclusion II

Lorsque les années de faible pluviosité persistent et la tendance générale est à la baisse cela annonce la sécheresse, il est clair aussi que, cela n'empêche pas d'avoir des alternances de phases humides et de phases sèches révélées par l'analyse de chaque série pluviométrique, notamment dans les Hautes Plaines Sud Oranaises. Les résultats obtenus par cette analyse ainsi que ceux obtenus par plusieurs auteurs connus tel Selzer confirme l'hypothèse de départ « **il ya sécheresse** ».

Dans ce chapitre par la moyenne, la médiane, l'écart type, le CV..., cela a permis de ressortir des périodes communes entre les stations afin de comparer leurs moyennes, et ainsi déceler où la sécheresse est plus importante dans la région des Hautes Plaines Sud Oranaises et définir quelles sont les décennies les plus sèches, sachant qu'une année sèche correspond à un déficit pluviométrique, ce dernier est la différence entre la pluviométrie d'une année donnée et la normale (la moyenne de la série) sur une période plus ou moins longue. Les déficits varient d'une année à l'autre et d'une station à l'autre ; pour certaines stations, le nombre d'années déficitaires peut atteindre plus d'une décennie.

Ces premiers résultats permettent d'affirmer que depuis soixante ans, les apports pluviométriques ont sévèrement réduits, donc la rareté des précipitations jumelée à une distribution très variable. Les moyennes annuelles baissent graduellement du nord au sud et de l'ouest à l'est, dans la région des Hautes Plaines Sud Oranaise, elles sont de plus de 500 mm dans les stations nord tel Saida et Sebdou et atteignent les 100 mm vers le sud à Mécheria et Ain Sefra.

Les stations des Hautes Plaines Sud Oranaises dégagent une pluviométrie assez modeste ou la pluviométrie durant les périodes sèches ne dépasse que rarement les 400mm, comme maximum enregistré à Saida plus au nord et un minimum de 93 mm à Mécheria au sud à (1170 m d'altitude).

D'autre part, la variabilité des précipitations varie d'une station à une autre en fonction de l'altitude de ces dernières, cette variabilité est plus accentuée dans la partie nord des hautes Plaines Sud Oranaises. Ainsi l'écart-type moyen des précipitations est le plus élevé pour les stations Saida et Sebdou entre 106,22 et 141,24. Il est par contre proche ou inférieur à 100 pour le reste des stations vers le sud. Le coefficient de variation diffère d'une station à une autre, il est respectivement de l'ordre de 0,20 pour la station de Medrissa, ce qui indique une dispersion peu importante contrairement à la station de Ain Sefra dont le CV est de 0,57.

On a donc des phases de sécheresses qui varient de 2 à 3 ans exemple à Sebdou entre 1941-48 on a eu 6 ans de sécheresse et peuvent atteindre plusieurs décennies telles à Ain Sefra de 1960-2001. Dans l'ensemble il ressort que la sécheresse a bien débuté à partir de 1974-75 dans toutes les stations

de la région voir même avant le cas échéant à Ain Sefra ou la sécheresse a été proclamée dès les années 1960.

**CHAPITRE 3**

**CARCTERISATION DES PHASES DE**

**SECHERESSES**

## **Introduction III**

selon Yevjevich « *étudier la sécheresse c'est caractériser sa durée, sa sévérité et son intensité* » (Yevjevich. 1976) ; Il est délicat d'avancer d'après la seule tendance générale à la baisse de la pluviométrie qu'il y a sécheresse, pour cela, une analyse plus détaillée nous a permis de démontrer l'hypothèse de départ « il y a sécheresse durant ces dernières décennies dans les Hautes Plaines Sud Oranaises.

De là il nous est possible de caractériser cette sécheresse à l'aide de plusieurs indices, qui permettent de définir les années sèches de celles humides, la sévérité de la sécheresse et son intensité par rapport à la durée de chaque période sèche.

Ensuite on déterminera les périodes de récurrences, et enfin caractériser les régimes pluviométriques des ces phases de sécheresse et comparer au régime « moyen ».

### **1. Caractérisation de la sécheresse par les indices**

Une fois qu'on a démontré l'existence de la sécheresse durant ces dernières décennies, dans les Hautes Plaines Sud Oranaises, dans le chapitre précédent, on a ainsi délimité les grandes phases de sécheresses et caractérisé par la moyenne, écart-type,..., nous allons procéder dans ce chapitre à caractériser cette sécheresse en s'appuyant sur un certain nombre d'indices, le choix d'utilisation de certains indices au lieu que d'autres, a été dicté premièrement par les paramètres propres à certains indices nécessitant ainsi des données autres que le paramètre pluviométrique pour établir une caractérisation de la sécheresse tel la température, ETP ou encore des données à une échelle plus fine tel le nombre de jour de pluie ou leurs durée /24H, deuxièmement, le choix de ces indices s'est fait suite à une recherche bibliographique d'où on a ressorti quels sont les indices les plus répons et les plus adaptés pour caractériser la sécheresse pluviométrique en Algérie et d'autres régions sous les mêmes conditions et influences climatiques.

De là nous avons classé les indices pour caractériser la sécheresse en 4 types distinctes :

- Indices de sécheresse, ils permettent de définir les années sèches de celles pluvieuses,
- Indices de sévérité de la sécheresse, ils démontrent le degré d'intensité de la sécheresse,
- Indices de sévérité de la sécheresse selon sa durée,
- indices de sécheresse à l'échelle saisonnière et mensuelle.

## 1.1. Les indices de sécheresse

### ▪ *Indice de pluviosité (Ip)*

Cet indice est défini par le rapport de la hauteur de précipitation annuelle à la hauteur moyenne annuelle de précipitation (moyenne de la série).

Une année est qualifiée d'humide si ce rapport est supérieur à 1 et de sèche s'il est inférieur à 1, Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne (Ipm) qui diffère de la pluviosité en soustrayant 1 de cet indice.

$$I_{pm} = I_p - 1$$

L'indice de pluviosité reste lui aussi très global dans ses résultats, vu que le classement qui nous propose ne diffère pas de celui de **l'indice de l'écart à la moyenne** (défini au chapitre II, pp55), de manière à classer si c'est une année sèche ou humide sans autre précision.

### - *Indice de sécheresse par l'ETP*

$$I_s = \frac{P}{ETP}$$

Où :

P : représente le cumul annuel de la pluviométrie.

ETP : l'évapotranspiration.

Cet indice s'obtient à partir du rapport entre le total pluviométrique et l'évapotranspiration. Il permet de coordonner les deux facteurs pouvant influencer sur le type d'année. Il met en relation la pluviométrie et la température qui influe à son tour sur l'évapotranspiration ; Nous n'avons pu utiliser cet indice par manque de données.

## 1.2. Indices de sévérité de la sécheresse

Une fois les années classées, selon quelles sont sèches ou humides, on la caractérise selon la sévérité de la sécheresse qui les a touché, en plus de l'identification des séquences 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, nous présentons ici 5 méthodes largement utilisées pour définir le degré de sévérité, parmi ces méthodes notre choix s'est porté sur 3 méthodes dont :

- L'analyse fréquentielle, 3 méthodes sont proposées, nous avons opté pour 2 méthodes sur les 3 citées ci-dessous, la distribution selon les fréquences et la distribution selon les déciles, on a choisi ces dernières pour leurs simplicités et pour le degré de

précision dans le classement contrairement à la méthode des quintiles ou la caractérisation de la sécheresse se fait selon 2 classe : sèche et très sèche.

- Indice de sévérité de sécheresse de Palmer, cet indice est cité à titre bibliographique.
- Indice du nombre d'écart type

### 1.2.1- L'analyse fréquentielle

Si l'écart à la moyenne (*Em*) et l'indice de pluviosité (*Ip*) nous indiquent 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.

Cette méthode inclut deux possibilités :

#### a- La distribution selon les fréquences

**Tab.13:** Classe de sécheresse en fonction des fréquences

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

Les pluies annuelles sont classées dans l'ordre croissant suivant leur probabilité au non-dépassement puis divisées en cinq classes. [Cette étude est complétée par le test de Kolmogorov (chapitre I) pour ressortir les fréquences empiriques en utilisant le logiciel Statistica] pour chaque pluviométrie annuelle ensuite classées selon le tableau ci-dessous]

#### b- La distribution selon les déciles

**Tab.14:** Classification de la sécheresse selon les déciles

Décile	Distribution des Pi	Classe de sécheresse
Décile 1-2	Très inférieure à 20%	Très inférieur à la normale
Décile 3-4	Inférieure à 20%	En dessous de la normale
Décile 5-6	Proche de 20%	Proche de la normale
Décile 7-8	Supérieure à 20%	Au-dessus de la normale
Décile 9-10	Très supérieure à 20%	Très supérieur à la normale

Classer les données des précipitations selon des déciles, est une autre façon d'identifier la sécheresse. En effet, les déciles sont utilisés comme indicateurs de sécheresse, cette technique est développée afin d'éviter les faiblesses rencontrées au niveau de l'approche du rapport à la normale des précipitations exprimé en pourcentage. La méthode des déciles partage la distribution des précipitations enregistrées à long terme en sections de 10 %, la médiane est le cinquième décile. La méthode des déciles a été utilisée par exemple de détermination de la sécheresse météorologique dans le système mis en place en Australie dans le cadre de l'*Australien Drought Watch System*. En effet, il est plus simple de déterminer les déciles que d'estimer l'indice de Palmer relatif à la sévérité de la sécheresse (*Palmer Drought Severity Index* - PDSI). Le calcul des déciles nécessite une série de données pluviométriques relativement longue.

### ***c- Méthodes des quintiles :***

La méthode est basée sur l'ajustement des observations selon une loi normale qui permet d'estimer correctement les différents quintiles et de calculer leur période de récurrence. Les fréquences sont calculés à partir des valeurs des quintiles de la série. Avec ces indices on peut définir si une année, une saison ou un mois a été sec ou très sec.

$$Q_n = n \frac{N}{5}$$

Où :

n : seuil recherché des quintiles

N : longueur de la série temporelle.

- Très sec : fréquence des précipitations inférieure à 0,20 (la précipitation enregistrée se trouve dans l'intervalle correspondant au 20 % des années les plus sèches).

- Sec : fréquence des précipitations entre 0,20 et 0,40 (la précipitation enregistrée est égale ou supérieure au 20 % et inférieure au 40 % des années les plus sèches).

### ***1.2.2- Indice de sévérité de sécheresse de Palmer***

Palmer a développé l'indice PDSI (*Palmer Drought Severity Index*) afin d'évaluer le début. L'intensité et la fin des sécheresses passées et actuelles et d'effectuer la classification des

sécheresses. McKee *et al.* Pensent que l'indice de sévérité de Palmer est conçu pour l'agriculture et ne représente pas exactement les effets hydrologiques résultant des sécheresses de longue période. Le PDSI ne peut pas être utilisé comme indicateur pour comparer l'intensité de sécheresses entre deux régions. Nous l'avons abordé dans cette note mais il ne sera pas calculé.

PDSI = 4 extrêmement humide

PDSI = -4 extrêmement sec

### 1.2.3- Indice du nombre d'écart type

Cet indice est déterminé par la comparaison entre ( $Pm$ )

peut être calculé par la comparaison de la pluie moyenne annuelle au nombre d'écart types ( $\sigma = \delta$ ). Comme indiqué (Cf.Tab.16), cet indice classe la sécheresse à 3 degré : modérée, forte ou très forte.

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (p_i - \bar{p})^2}$$

$P_i$  : précipitations annuelles

$\bar{P}$  : moyenne pluviométrique de la série

$n$  : nombre d'années

Lorsque  $P_i$  est inférieur à  $Pm - \delta$ . On parle d'une sécheresse forte. Il s'agit d'une sécheresse très sévère si  $P_i$  est inférieur à  $Pm - 2\delta$ .

**Tab.15** : Classe de sécheresse selon l'indice du nombre d'écart type  $\delta$

Type de sécheresse	Critère de comparaison
Modérée	$Pm - \delta < P_i < Pm$
Forte	$Pm - 2\delta < P_i < Pm - \delta$
Très sévère	$P_i < Pm - 2\delta$

### 1.2.4- L'indice standardisé de précipitation « SPI » (standardised precipitation index)

L'indice été développé en 1993 en vue de caractériser les déficits en précipitations pour une période donnée. Son calcul ne demande pas de longues séries pluviométriques et il présente le grand

avantage de fonctionner à diverses échelles de temps et de permettre des évaluations de la sécheresse à court, moyen, ou long terme.

Cet indice est calculé surtout lorsque les précipitations ne sont pas normalement distribuées. Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$SPI = (Pi - Pm) / \sigma$$

On effectue une classification des séquences pluviométriques suivant les valeurs des SPI (Cf.Tab.17).

**Tab.16:** Classe de distribution des années selon SPI.

<b>SPI</b>	<b>Classification</b>
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

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. La méthode la plus utilisée pour déterminer le cumul des déficits successifs avec l'objectif d'identifier et de caractériser les séquences sèches est le calcul de la période de retour ou la probabilité d'occurrence des séquences à durée préalablement établie, la durée de 12 mois étant la plus utilisée (Pérez Cueva y Escrivá Ortega. 1983. Pita. 1995).

### 1.2.5- Indice de xéricité

L.Emberger (1941) a caractérisé le degré de sécheresse d'un climat par l'indice de sécheresse estivale et avait proposé d'adopter S=7 comme limite pour distinguer les étés secs. Cet indice est exprimé par :

$$S = \frac{\text{Total des précipitations moyennes estivales}}{\text{Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud}}$$

### 1. 3. La sévérité de la sécheresse selon sa durée

La durée de la sécheresse  $L(s)$  est définie par le nombre d'intervalles consécutifs où la variable demeure au-dessous d'un seuil de troncature. C'est le temps entre le début et la fin de l'événement de sécheresse soit:

$$L(s) = i_f - i_i + 1$$

Où :

$i_f$  = fin de l'intervalle considéré

$i_i$  = début du même intervalle considéré.

La sévérité de la sécheresse  $D(s)$  est définie comme étant la somme des déviations par rapport au seuil de troncature des précipitations durant la période détectée comme sèche.

$$D(s) = \sum_{i=i_i}^{i_f} d(i)$$

L'intensité de la sécheresse en fonction de sa durée temporelle (journalière, annuelle ou périodique) est donc définie comme étant le rapport du déficit cumulé à la durée du déficit.

$$I_s = [D(s) / L(s)]$$

Où :

$D(s)$  = le déficit cumulé de la sécheresse (mm)

$L(s)$  = la durée de sécheresse.

### 1.4. Indice d'anomalie centrée réduite de Lamb (1985)

Cet indice permet de détecter les anomalies positives et négatives indiquant les périodes humides, sèches à très sèches. Cet indice n'a pu être retenu, par manque d'une station de référence couvrant une longue période commune aux stations.

$$x_j = \frac{1}{N_j} \sum \frac{r_{i,j} - r_i}{s_i}$$

Où :

$r_{ij}$  : cumul pluviométrique pour l'année j. à la station i.

$r_i$  : la moyenne pluviométrique annuelle calculée à la station i pour la période donnée

$s_i$  : L'écart type de la pluviométrie annuelle calculée à la station i pour une période donnée. période

$N_j$  : nombre de stations sans données manquantes pour l'année j.

**Tab.17** : Classification des indices de sécheresses par année et par station

indice	SAIDA		SAIDA PC		MEDRISSA		SEBDOU		EL ARICHA		EL BAYADH		MECHERIA		AIN SEFRA		
	CLASSE	NB	CLASSE	NB	CLASSE	NB	CLASSE	NB	CLASSE	NB	CLASSE	NB	CLASSE	NB	CLASSE	NB	%
Em	H	28	H	23	H	31	H	22	H	7	H	18	H	15	H	47	46,53%
	S	30	S	37	S	29	S	25	S	13	S	11	S	17	S	54	55,44%
Ip	H		H	23	H		H	22	H	7	H	18	H		H	47	46,53%
	S		S	37	S		S	25	S	13	S	11	S		S	54	55,44%
DD	TIN	19	TIN	11	TIN	10	TIN	10	TIN	1	TIN	7	TIN	7	TIN	14	13,86
	IN	10	IN	19	IN	14	IN	10	IN	8	IN	5	IN	7	IN	20	19,8
	PN	13	PN	19	PN	10	PN	9	PN	4	PN	6	PN	7	PN	21	20,79
	SN	2	SN	0	SN	15	SN	9	SN	2	SN	6	SN	6	SN	28	
	TSN	14	TSN	11	TSN	11	TSN	9	TSN	5	TSN	5	TSN	5	TSN	18	17,82
SIGMA	F	3	F	7	F	4	F	7	F	3	F	5	F	4	F	17	19,83
	M	18	M	28	M	22	M	17	M	10	M	6	M	11	M	37	36,63
	TS	5	TS	1	TS	2	TS	1	TS	0	TS	0	TS	1	TS	0	0
	H	32	H	24	H	32	H	22	H	7	H	18	H	16	H	47	46,53
SPI	HE	2	HE	1	HE	1	HE	1	HE	2	HE	1	HE	0	HE	3	2,97%
	HF	7	HF	10	HF	8	HF	8	HF	2	HF	3	HF	6	HF	11	10,89%
	HM	20	HM	12	HM	22	HM	13	HM	3	HM	13	HM	9	HM	32	31,68%
	SF	5	SF	36	SF	26	SF	7	SF	3	SF	5	SF	16	SF	38	37,62%
	SM	21	SM	0	SM	0	SM	17	SM	10	SM	7	SM	0	SM	0	0,00%
SE	3	SE	1	SE	3	SE	1	SE	0	SE	0	SE	1	SE	17	17%	

## 1.5. Résultats

On a soumis les données pluviométriques aux différents tests et indices afin de caractériser la sécheresse subie durant chaque année.(Cf.TabE.annexe)

Il en ressort de ces indices des résultats mitigés, classés en % (Cf.Tab.18), selon la durée de chaque série pluviométrique, le pourcentage des années sèches comparé aux celui humide varie d'une station à l'autre, on notera que plus la série est longue plus le nombre d'années sèches et humides se rapproche le cas de plusieurs stations telles que Medrissa avec 31 années humides contre 29 sèches selon l'Indice de l'écart à la moyenne (Em), on notera par contre que la série pluviométrique d'El Aricha sur une série de 20 ans de données se caractérise par 65% d'années sèches.

Les indices d'intensité de la sécheresse nous donnent une idée précise du degré de sécheresse, les 3 indices choisis démontrent des résultats différents pour certaines années selon le seuil de chaque indice.

- En ce qui concerne le calcul des écarts par rapport à la moyenne au niveau des stations météorologiques indique à :
  - Saida 51,72% d'années sèches et 61,67% à Saida PC dont les déficits les plus importants sont respectivement de : (-147, -211 et -151,6mm à Saida en 1946.1974 et 2000 et -217mm en 1944 à Saida PC)
  - Medrissa 48,33% d'années sèches le déficit le plus important est de (-160,7mm en 1983)
  - Sebdu 53,19% d'années sèches, les déficits les plus important sont de (-216 en 1965 ; -215 en 1982 et -288 en 1987)
  - El Aricha 65% d'années sèches, le déficit le plus important est de (-101,8mm en 1986)
  - El Bayadh 37%<sup>93</sup> d'années sèches, les déficits les plus importants sont de (-129 en 1983-98 et de -148,9 en 2001)
  - Mécheria 53,13% d'années sèches les déficits les plus importants sont de (-63,6 67,5 en 1988-99)
  - Ain Sefra 55,44% d'années sèches les déficits sont importants principalement au début des années 60 ou le déficit à atteint les 100%.
- Analyse fréquentielle

De cet indice classe la sécheresse en 3 classe très supérieure, inférieure et proche de la normale, par conséquent, on obtient les résultats suivant : 19 années très inférieurs à la normale à Saida, 11 à Saida PC, 10 à Medrissa et Sebdu, seulement 1 à El Aricha, 7 à El Bayadh et Mécheria et

14 à Ain Sefra. En globalité cet indice donne 42/58 années sèches à Saida, 49/60 à Saida PC, 34/60 à Medrissa, 29/47 à Sebdou, 13/20 à El Aricha, 18/31 à El Bayadh, 21/32 à Mécheria et 56/101 à Ain Sefra.

- Comparaison à la moyenne et au nombre d'écarts-types

Cet indice se base sur la comparaison de la pluviométrie  $P_i$  à la moyenne moins 1 ou 2 fois l'écart type, afin de caractériser la sévérité de la sécheresse, en 3 classe modérée, forte et très sèche, on obtient alors : 26 années sèches dont 5 de très sèches à Saida, 36 ans dont 1 très sévère à Saida PC, 28 ans dont 2 très sévères à Medrissa, 13 ans à El Aricha, 11 ans à El Bayadh ces deux dernières n'ont pas eu de sécheresse très sévère, 16 à Mécheria dont 1 année très sévère et enfin Ain Sefra 17 années de sécheresse très sévère.

- Le SPI

Cet indice donne 6 classes dont 3 qui caractérisent la sécheresse en sécheresse modérée, forte et extrême. Par cet indice on obtient : 28 ans sèches avec 3 années d'extrême sécheresse à Saida, 37 ans à Saida PC avec 1 an d'extrême sécheresse, à Saida PC, 29 ans à Medrissa et 3 années d'extrême sécheresse, 25 ans et 1 extrêmes sèche à Sebdou, 13 et 12 années sèche à El Aricha et El Bayadh, 17 ans à Mécheria et 1 extrêmes et Ain Sefra on retrouve 38 ans de sécheresse forte et 17 ans de sécheresse extrême.

- 1974 extrêmes sécheresses à Saida
- 1936.1952.1983. extrême sécheresse à Medrissa
- 1944 extrêmes sécheresses à Saida PC
- 1987 extrêmes sécheresses à Sebdou
- 1982.85.98 et 2000 El Aricha
- 1971.72.78.83.98.2000 et 2001 années de forte sécheresse à El Bayedh
- 1984 extrêmes sécheresses à Mécheria
- 1926,45, 46,47.63.65-73.78.90.2001 sont des années d'extrêmes sécheresses à Ain Sefra

- La sévérité de la sécheresse selon sa durée

**Tab.18:** la sévérité de la sécherese selon sa durée

	Début	Fin	Durée (an)	Déficit (mm)	Intensité (mm/an)
Saida	1945	1946	2	230,9	115,5
	1948	1948	1	42,1	42,1
	1950	1950	1	88,4	88,4
	1953	1953	1	31,4	31,4
	1959	1959	1	59,7	59,7
	1962	1962	1	117,4	117,4
	1968	1968	1	1,4	1,4
	1971	1971	1	135,5	135,5
	1974	1975	2	290,1	145,1
	1978	1978	1	61,4	61,4
	1981	1981	1	95,2	95,2
	1983	1983	1	229,6	<b>229,6</b>
	1985	1985	1	126,6	126,6
	1987	1987	1	26,6	26,6
	1989	1990	2	114,8	57,4
	1992	1995	<b>4</b>	189,8	47,4
	1998	1998	1	190,6	190,6
2000	2001	2	219,2	109,6	
saida PC	1923	1926	4	178,2	44,6
	1930	1932	3	200,5	66,8
	1936	1936	1	56,8	56,8
	1939	1939	1	26,4	26,4
	1941	1942	2	22,3	11,2
	1944	1944	1	217	<b>217,0</b>
	1946	1949	4	178,1	44,5
	1952	1952	1	40,3	40,3
	1955	1956	2	84,8	42,4
	1958	1958	1	65,8	65,8
	1960	1960	1	113,1	113,1
	1970	1970	1	10	10,0
	1974	1974	1	4,7	4,7
1976	1989	<b>14</b>	903,6	64,5	
Medrissa	1923	1926	<b>4</b>	118,4	<b>29,6</b>
	1930	1932	3	62,0	20,6
Sebdou	1941	1944	4	422,1	105,3
	1946	1946	1	21,6	21,6
	1948	1948	1	45,6	45,6
	1952	1952	1	123,6	123,6
	1957	1958	2	73,2	36,6
	1960	1960	1	126,9	<b>126,9</b>
	1965	1966	2	251,2	125,6
	1968	1968	1	34,5	34,5
	1975	1978	4	338,8	84,7
	1980	1987	<b>8</b>	1204,6	150,6

	Début	Fin	Durée (an)	Déficit (mm)	Intensité (mm/an)
El Aricha	1969	1969	1	7,5	7,5
	1978	1979	2	79,0	39,5
	1981	1987	7	525,6	<b>75,1</b>
El Bayadh	1971	1972	2	227,7	113,9
	1977	1978	2	128,8	64,4
	1981	1981	1	73,3	73,3
	1983	1984	2	170,1	85,1
	1987	1988	2	53,1	26,6
	1994	1994	1	24,6	24,6
	1998	1998	1	128,9	128,9
	2000	2001	2	252,8	<b>126,4</b>
Mécheria	1977	1978	2	51,4	25,7
	1980	1987	8	834,6	<b>104,3</b>
	1989	1989	1	1,3	1,3
	1992	1993	2	49,5	24,8
	1997	1999	3	102,7	34,2
Ain Sefra	1893	1893	1	47,3	47,3
	1895	1895	1	31,3	31,3
	1897	1897	1	24,3	24,3
	1909	1910	2	105,6	52,8
	1913	1913	1	71,3	71,3
	1916	1916	1	16,3	16,3
	1924	1924	1	8,3	8,3
	1926	1927	2	185,6	92,8
	1929	1932	4	149,2	37,3
	1934	1937	4	197,2	49,3
	1942	1942	1	40,3	40,3
	1944	1948	5	474,5	94,9
	1952	1952	1	4,3	4,3
	1954	1954	1	21,3	21,3
	1956	1956	1	42,6	42,6
	1960	1961	2	121,6	60,8
	1964	1973	10	1371	<b>137,1</b>
	1978	1978	1	118,3	118,3
	1980	1981	2	117,6	58,8
	1983	1985	3	215,9	72,0
	1987	1988	2	98,8	49,4
	1992	1992	1	78,2	78,2
	1995	1995	1	19,3	19,3
1997	2001	5	309,5	61,9	

Cet indice a révélé les résultats suivant (Cf.Tab.19):

- **Saida** 18 périodes de sèches, d'une durée qui varie de 1 à 4 ans donc une durée moyenne de 1.4 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 125.1mm et l'intensité moyenne est de 93.4mm/an.
- **Saida PC** 18 périodes de sèches, d'une durée qui varie de 1 à 14 ans donc une durée moyenne de 2.6 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 150.1mm et l'intensité est de 57.7mm/an
- **Medrissa** 2 périodes de sèches, d'une durée qui varie de 3 et 4 ans, donc une durée moyenne de 3.4 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 90.2 mm et l'intensité est de 25.1mm
- **Sebdou** 10 périodes sèches, d'une durée qui varie de 1 à 8 ans, donc une durée moyenne de 2.5 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 264.2mm et l'intensité est de 85.5mm/an
- **El Aricha** 3 périodes sèches, d'une durée qui varie de 1 à 7 ans, donc une durée moyenne de 3.3 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 204mm et l'intensité est de 40.7mm/an
- **El Bayadh** 8 périodes sèches, d'une durée qui varie de 1 à 2 ans, donc une durée moyenne de 1.6 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 132.4mm et l'intensité est de 80.4mm/an
- **Mécheria** 5 périodes sèches, d'une durée qui varie de 1 à 8 ans, donc une durée moyenne de 3.2 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 207.9mm et l'intensité est de 38.1mm/an
- **Ain Sefra** 24 périodes sèches, d'une durée qui varie de 1 à 10 ans, donc une durée moyenne de 2.2 années, le déficit cumulé est de l'ordre de 161.2mm et l'intensité est de 53.8mm/an

## 1.6. Indices de sécheresse saisonnière et mensuelle

Il est clair qu'une année est classée sèche ou humide selon un taux de précipitation bien déterminé et des critères bien définis, qui tiennent compte d'une évolution vers un certain seuil par rapport à quoi on enregistre un dépassement ou non, mais il est certain que l'année est composée par un nombre de mois qui est bien sure de 12, dont le taux de pluie précipité durant ces mois constitue la pluviométrie annuelle dont nous tenant compte.

Les pluies enregistrées durant un mois, une saison ou plusieurs influences directement sur le taux de pluie annuelle enregistré. Et donc nous arrivons ici à la conclusion que la sécheresse d'une année peut être la cause d'une baisse de la pluviométrie de quelques mois, que nous considérons comme mois secs. Nous allons ici établir une analyse s'appuyant sur des données mensuelles au niveau de 3 stations dont nous avons pu nous procuré les données mensuelles, ces stations sont : Saida, Mécheria ANRH et Ain Sefra durant les séries d'années cité précédemment.

- D'après certains auteurs un mois sec se définit comme étant un mois qui ne reçoit pas de pluie ou qui ne reçoit qu'une quantité en dessous d'un certain seuil ; Cependant ce seuil varie d'une région à l'autre, il est de 5 à 10 mm dans les régions tempérées.
- Le seuil adopté par Koppen (1918) et repris ultérieurement par Aubréville (1949), pour caractériser les mois secs ou biologiquement secs; si un mois reçoit des précipitations dont le total est inférieur à 30mm.

### 1.6.1- Indice d'anomalies centrées réduites de Nicholson

$$I_N = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i}$$

$X_i$ : cumul pluviométrique saisonnier (juin à octobre) pour l'année j. à la station i.

$\bar{X}$ : la moyenne de la pluviométrie saisonnière calculée à la station i pour la période.

$s_i$ : l'écart type de la pluviométrie saisonnière calculée à la station i pour la période.

Il existe finalement d'autres indices de sécheresse qui prennent en compte plus de paramètres, tels que l'évapotranspiration. C'est le cas, par exemple de :

### 1.6.2- Indice de pluviométrie mensuelle

$$I = (P_m/n) / (P_a/N)$$

où :

$P_m$ : précipitations mensuelles moyennes.

$P_a$ : précipitations annuelles moyennes.

$n$ : nombre de jours du mois.

$N$ : nombre de jours de l'année.

$I$  :

$I > 1$ : mois humide.

$I = 1$ : mois moyen.

$I < 1$ : mois sec.

### 1.6.3. Indice de saison de pluies (ISP)

L'ISP est constitué par le groupement de trois (3) chiffres indiquant dans l'ordre :

- le nombre de mois très pluvieux ( $P_i > 100$  mm).
- le nombre de mois intermédiaires ( $30 < P_i < 100$  mm).
- le nombre de mois secs ( $P_i < 30$  mm).

Les deux indices cités ci-dessus permettent d'affiner la classification d'une échelle annuelle à une échelle mensuelle et de caractériser chaque mois selon son degré d'humidité ou de sécheresse. Effectivement, ceci aide à mieux comprendre le régime annuelle et de savoir si la classe à laquelle appartient l'année en cause est due à la simple baisse ou non de la pluviométrie d'un ou de plusieurs mois voire même une ou plusieurs saisons.

pour cette étude on a opté pour l'indice de saison des pluies ISP

### 1.7. Résultats

La variabilité mensuelle est importante, le maximum pluviométrique enregistré durant un mois peut atteindre 8 fois le minimum sur certaines stations; tout mois de l'année peut être absolument sec ou anormalement pluvieux.

Les figures (Cf.Fig.21) démontrent très clairement la distribution des mois selon leurs classes pluviométriques, cette répartition varie d'une station à une autre, on retrouve :

- a- Saida** : a une répartition de 9mois/12 des mois pluvieux ( $P_i > 100$ mm), le mois d'octobre reste le mois où le taux est le plus élevé (10%), cela correspond aux orages de début d'automne, suivi par le mois de janvier, mars et avril. On note la dominance des mois intermédiaires à plus de 50% sur l'ensemble des années de la série, mise à part le mois de juin à septembre où le taux de mois secs est supérieur.
- b- Mécheria** : enregistre un taux de moins de 10% de mois pluvieux limités aux mois de février, mars, novembre et décembre, le reste des mois sont généralement classés comme étant des mois intermédiaire à plus de 60%. Toute fois les mois de mai à juillet reste à dominance sec.
- c- Ain Sefra** est marquée par un pourcentage infime de mois pluvieux, réparti entre le mois de mars, avril et mai, septembre due aux orages de début et fin d'été.

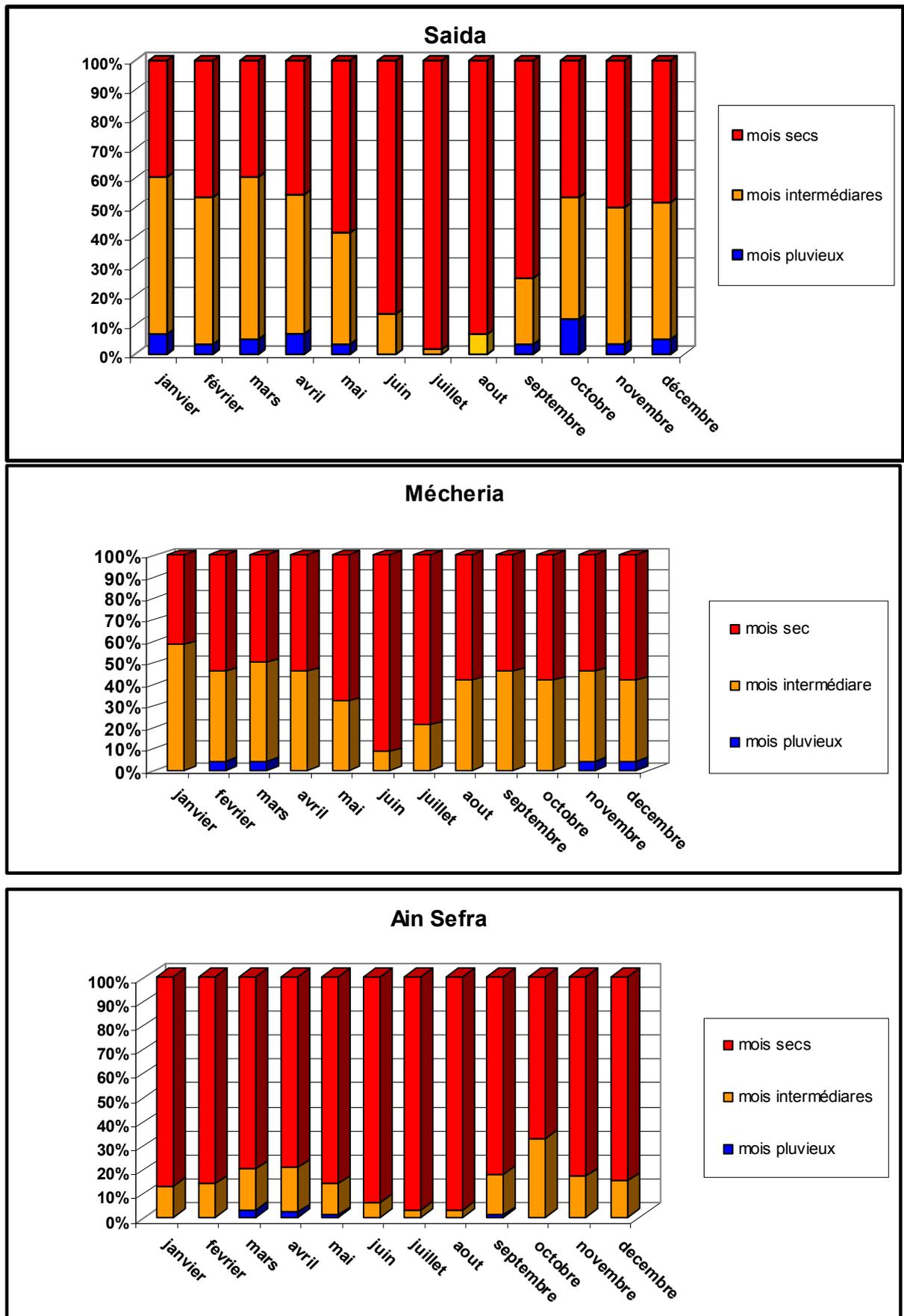
Les mois intermédiaires quant à eux sont négligeable par rapport au pourcentage très élevé des mois secs dominant sur plus de 80% des mois de l'année et sur l'ensemble de la série.

On conclut donc que Saida station au nord de la région steppique enregistre une répartition des mois pluvieux durant les  $\frac{3}{4}$  de l'année mais ne dépasse pas les 10%, contrairement à Mécheria où les mois pluvieux se concentrent principalement entre février-

mars et novembre-décembre à Mécheria et Ain Sefra entre mars-avril-mai et septembre-décembre, le faible pourcentage des mois pluvieux à Mécheria peut s'expliquer par le fait de sa position à l'abri à l'E de DJ Antar.

On conclut aussi que le taux des mois intermédiaires diminue du nord au sud et laisse place aux mois plus secs, comme on le remarque on passe de 60-70% de mois intermédiaires à Saida à 30-50% à Mécheria et moins de 20% à Ain Sefra, où les mois secs marquent le plus grand pourcentage (>80%)

**Fig.12:** Délimitation des mois secs intermédiaires et humides par l'indice ISP



## 2. Les périodes de récurrences

### 2.1. Notion du temps de retour

Lorsque l'on étudie des grandeurs comme les précipitations (caractérisées à la fois par leur hauteur et leur durée) ou les débits de crue d'un point de vue statistique, on cherche donc et, en règle générale, à déterminer par exemple la probabilité pour qu'une intensité  $i$  ne soit pas atteinte ou dépassée (i.e. soit inférieure ou égale à une valeur  $x_i$ ).

Cette probabilité est donnée, si  $i$  représente une variable aléatoire, par la relation suivante :

$$F(x_i) = P(i \leq x_i)$$

On nomme cette probabilité fréquence de non-dépassement ou probabilité de non-dépassement. Son complément à l'unité  $1 - F(x_i)$  est appelé probabilité de dépassement, fréquence de dépassement ou encore fréquence d'apparition.

On définit alors le temps de retour  $T$  d'un événement comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement. Soit :

$$T = \frac{1}{1 - F(x_i)}$$

Ainsi, l'intensité d'une pluie de temps de retour  $T$  est l'intensité qui sera dépassé en moyenne toutes les  $T$  années.

Si l'analyse fréquentielle d'une série d'intensités maximales de pluie permet de déterminer le temps de retour d'une valeur particulière mais en revanche il n'est pas possible de savoir la notion de temps de retour ne permet pas de répondre aux questions où  $q$  est la probabilité que l'événement ne se produise pas dans une année en particulier.

Une pluie peut être caractérisée par plusieurs paramètres qui peuvent avoir, au sein de la même pluie, des temps de retour très différents. Citons notamment :

- La hauteur totale de pluie
- la durée.
- l'intensité moyenne.
- les intensités maximales sur des intervalles de temps quelconques.

- la distribution d'intensité instantanée  $i(t)$ .

Partant de l'équation de la loi normal qui donne l'adéquation avec les distributions des valeurs observées nous pouvons soit calculer les valeurs des précipitations pour une période donnée de récurrence soit calculer le période de retour des précipitations présentant une valeur connue.

Afin de donner plus de précision j'ai préféré calculer la récurrence par les deux méthodes, la récurrence des périodes sèches et humide ainsi que les deux valeurs la maxima et la minima.

## 2.2. Calcule des précipitations annuelles pour une période de récurrence donnée

La seule méthode acceptable consiste à estimer les vitesses devant qui risquent d'être atteintes à partir des vitesses enregistrées dans le passé en utilisant le calcul des probabilités : la valeur du calcul de la vitesse du vent va être caractérisée par une probabilité d'occurrence pour une période de référence donnée.

Considérons la plus forte pluie observée  $x$  au cours d'une année, et  $F(X)$ , sa fonction de répartition calculée sur la base de l'ensemble des périodes unitaires dont on dispose ; par définition :

$$F(X) = \text{Prob}(x < X)$$

$F(X)$  est la probabilité pour que la valeur de pluie maximale  $x$  au cours d'une année ne dépasse pas la valeur  $X$ . Inversement, la probabilité de dépassement de la vitesse  $X$  au cours d'une année

S'exprime par :

$$P = 1 - F(X)$$

On y associe généralement la notion de période de retour  $T$  qui est égale à la valeur moyenne de la période séparant deux dépassements de la vitesse  $X$ .  $T$  est donné par  $F(X)$

La fonction de répartition  $F(X)$  des vitesses maximales est ajustée par une loi de distribution dite des valeurs extrêmes. C'est la loi de Gumbel (loi de type I) qui est généralement utilisée :

Le rapport de C. Sacré (CSTB, EN-CLI 93.9) présente une cartographie des vitesses moyennes extrêmes de période de retour 50 ans établis selon la méthode exposée ci dessus.

### 2.2.1. Calcul du module sec

#### calcul de la récurrence décennale sec (10 ans)

Cette période correspond à la fréquence d'espacement de 0,90 à laquelle correspond  $u = 1,28$  pour la variable réduite de GAUSS.

Avec  $X$  = moyenne des précipitations.

$T = X - \delta u$
--------------------

$\delta$  = écart type.

### **calcul de la récurrence quinquennale (50ans)**

Ça correspond à une fréquence d'espacement de 0,98 à laquelle correspond  $u = 2,05$  pour la variable réduite de GAUSS,

### **calcul de la récurrence centennale (100ans)**

Représente une fréquence d'espacement de 0,9 à laquelle correspond  $u = 2,33$  pour la variable réduite de GAUSS

## **2.2.2. Calcul récurrence humide**

### **calcul du module décennale humide (10ans)**

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

$$T = X + \delta u$$

Avec  $X$  = moyenne des précipitations annuelles

$\delta$  = écart type.

### **calcul de la récurrence quinquennale humide (50ans)**

Ça correspond à une fréquence d'espacement de 0,98 à laquelle correspond  $u = 2,05$  pour la variable réduite de GAUSS.

### **calcul récurrence centennale humide (100ans)**

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

Application aux données des stations :

La récurrence sec :

**Tab 19 :** Calcul du module sec

Station	P	10ans	50ans	100ans
Saida	407,78	280	207	175
Médrissa	312,04	233	189	169
Saida PC	244,35	129	62	33
Sebdou	499,12	318	215	170
El Aricha	189,79	119	79	61
El Bayedh	245,96	130	64	35
Mécheria ANRH	127,28	80	53	41
Ain Sefra	167,3	45	25	55

**Tab 20** : Calcul du module humide

<b>Station</b>	<b>P</b>	<b>10ans</b>	<b>50ans</b>	<b>100ans</b>
Saida	374,11	497	567	598
Saida PC	244,35	360	426	455
Medrissa	312,04	391	435	455
Sebdou	499,12	680	783	828
El Aricha	189,79	260	301	318
El Bayedh	245,96	362	428	457
Mécheria ANRH	127,28	174	201	213
Ain Sefra	167,3	290	359	390

### 2.3. Calcul de la récurrence d'une valeur connue

L'interval moyen de récurrence est défini comme, étant la durée moyenne de retour pour une valeur donnée soit les maxima, soit les minima soit des valeurs exceptionnelles ou n'importe quelle autre valeur, pour ce travail notre choix c'est porté sur deux valeurs définies, la valeur maxima et minima rencontré pour chacune une des stations, ce calcul se fera comme suite :

#### Récurrence des plus fortes pluies enregistrées

$$\mu = P - \bar{P} / \delta$$

où

P : Précipitation

$\bar{P}$  : moyenne des précipitations

$\delta$  : L'écart type

$$F = 1 - \mu$$

$$T = 1/1-F$$

#### Récurrence pour la plus faible pluie

$$\mu = P - \bar{P} / \delta$$

$$F = 1$$

$$T = 1/F$$

Comme nous pouvons le voir (Cf.Tab.22) ci-dessus nous renseigne sur la période de retour de chaque valeur minimale de précipitation dans chaque station météorologique.

**Tab 21** : Calcul de la période de retour de la plus faible précipitation

Station	Pmin	Pmoy	$\delta$	$\mu$	F	T/ans
Saida	153,6	407,78	99,74	-2,5484259	0,9945	181
Medrissa	151,3	312,04	61,36	-2,6196219	0,9955	222
Saida PC	190,8	244,35	90,5	-0,5917127	0,7224	3
Sebdou	211,7	499,12	141,24	-2,0349759	0,9788	47
El Aricha	127	189,79	55,12	-1,1391509	0,8708	8
El Bayed	97	245,96	90,64	-1,6434245	0,9494	20
Mécheria ANRH	54,3	127,28	36,88	-1,9788503	0,9756	41
Ain Sefra	0	167,3	95,61	-1,749817	0,9591	24

### 3. Étude des régimes pluviométriques

Les régimes pluviométriques se trouvent sous l'influence des facteurs géographiques : Altitude, latitude, distance à la mer, orientation des versants et des facteurs météorologiques : masse d'air, centre d'action, trajectoire des dépressions.

Pour identifier et classer les régimes pluviométriques ont eu recours aux précipitations moyennes mensuelles (évaluation sur une longue période) et à leurs variations durant les séries pluviométriques par rapport à une moyenne annuelle établie sur un grand nombre d'années aussi appelée « valeur normale ».

L'étude du régime mensuel consiste à déterminer la saison où la sécheresse intervient, pour cela on s'appuie sur une comparaison entre le régime moyen des précipitations annuelles de la série pluviométrique et les régimes des deux décennies la plus sèche et humide (chapitre II, Cf.Tab.9) ; ceci a permis de voir si le régime a changé ou pas en fonction de la diminution de la pluviométrie (période sèche), on s'appuie aussi sur la fréquence annuelle des mois secs selon les résultats de l'ISP (pp 87 ; Cf. Tab G.annexe)

Le choix des stations s'est fait en fonction de la disponibilité des données mensuelles, pour cette analyse on a 3 stations météorologiques : Saida, Mécheria et Ain Sefra.

Les décennies choisies pour les régimes comparatifs au régime moyen sont :

- Saida : 1950-1959 (décennie humide) ,1990-1999 (décennie sèche)
- Mécheria : 1980-1989 (décennie humide), 1980-1989 (décennie sèche)

- Ain Sefra : 1990-1999 (décennie humide), 1960-1969 (décennie sèche)

### 3.1. Résultats et commentaire

✓ **La station de Saida :** le régime pluviométrique moyen à Saida est trimodale (Cf.Fig.12), se caractérise par trois pics pluviométriques durant le mois d'octobre, janvier et mars et cela durant la période 1943-2001 (Cf.Fig.13), durant la décennie humide de 1950-1959 (Cf.Fig.14), ne diffère pas de beaucoup du régime global par contre on note que le période pluvieuse s'étale de mars à avril.

Contrairement à ça, la décennie sèche se caractérise par un régime monomodal avec un pique en mars.

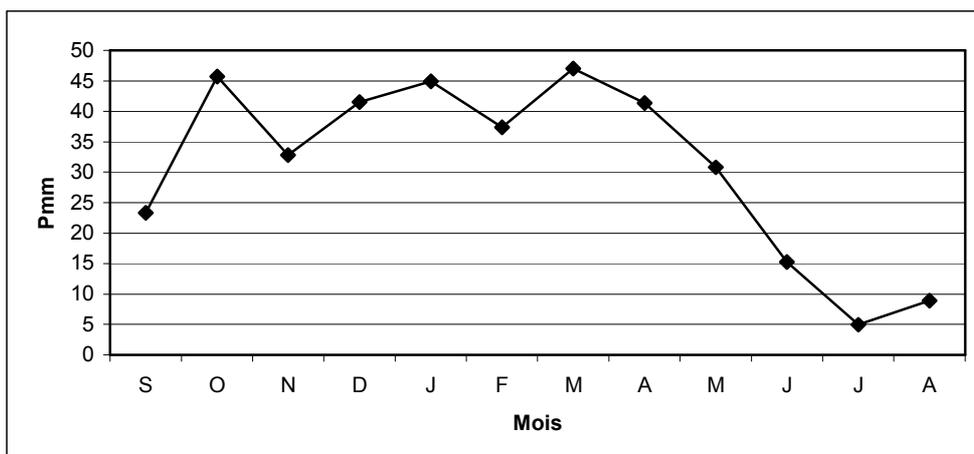
Le régime entre la période globale et les 2 décennies sèche et humide est marqué par une réduction des précipitations durant certains mois de l'année et un décalage net de la période pluvieuse d'octobre et janvier vers mars.

✓ **La station de Mécheria :** Le régime pluviométrique à Mécheria ANRH (Cf.Fig.15), diffère entre le régime de la série 1970-2001 et la période humide et sèche, on passe d'un régime monomodal avec un maximum en mars à un régime trimodale avec trois maxima en novembre, janvier et mars pour la décennie sèche (Cf. Fig16). et une continuité de la saison pluvieuse entre mars jusqu'en avril pour la décennie humide (Cf. Fig17).

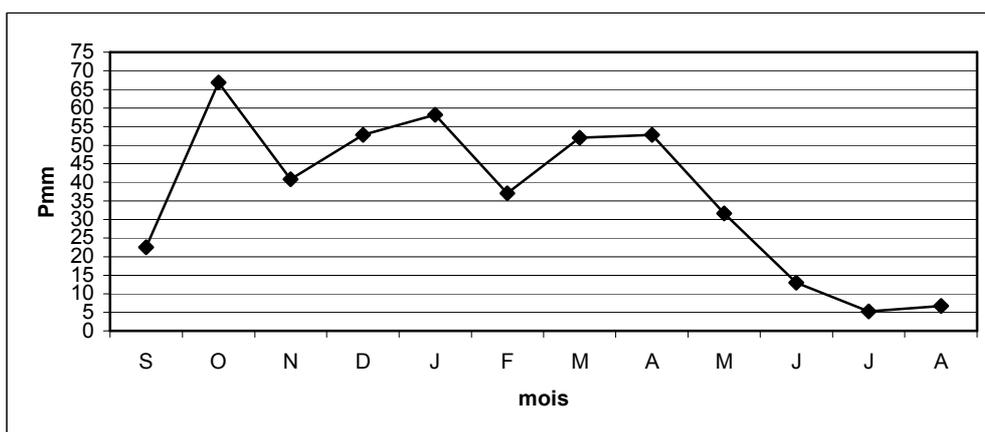
✓ **la station d'Ain Sefra :** On distingue à Ain Sefra, le régime pluviométrique est bimodal durant la totalité de la série (Cf. Fig18), avec 2 maxima en octobre et mars, par contre durant les deux décennies, la plus sèche et plus humide, le régime est monomodal (Cf. Fig19) avec un maxima net en mars et 2 second pics en janvier et en mai se distinguent durant la décennie humide (Cf. Fig20).

On conclut selon les résultats ci-dessus et les résultats de l'ISP peut déborder au delà de l'été, pour affecter non seulement les mois des saisons de transition (printemps et automne) mais aussi les mois d'hiver. Par conséquent, la période sèche peut être tranchée en plusieurs séquences selon les années. 3 régimes se sont dégagés : régime monomodal, bimodal et tri-modal.

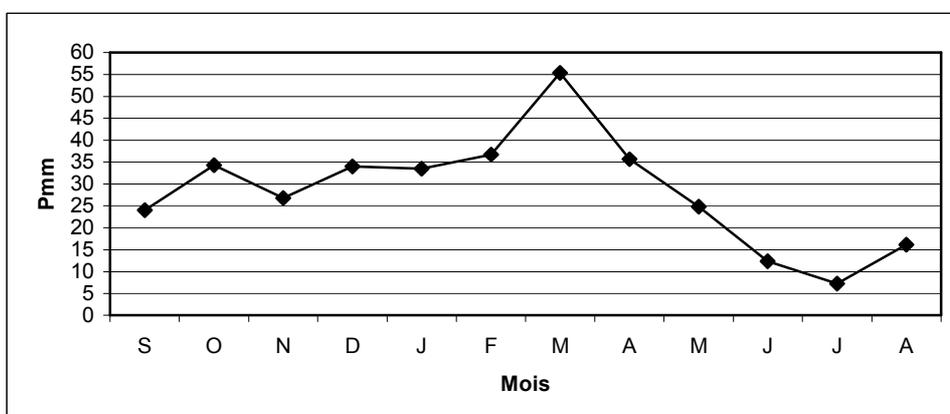
**Fig.13** : Régime pluviométrique moyen à Saida de 1943-2001



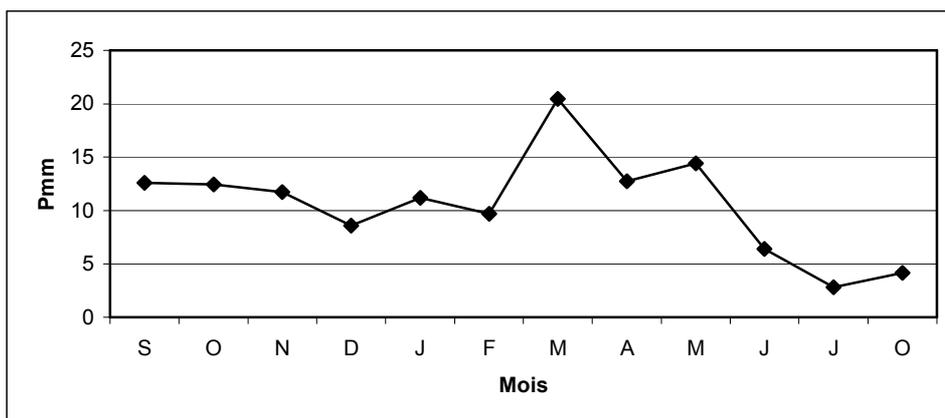
**Fig.14** : Régime pluviométrique moyen à Saida de 1950-1959 (décennie humide)



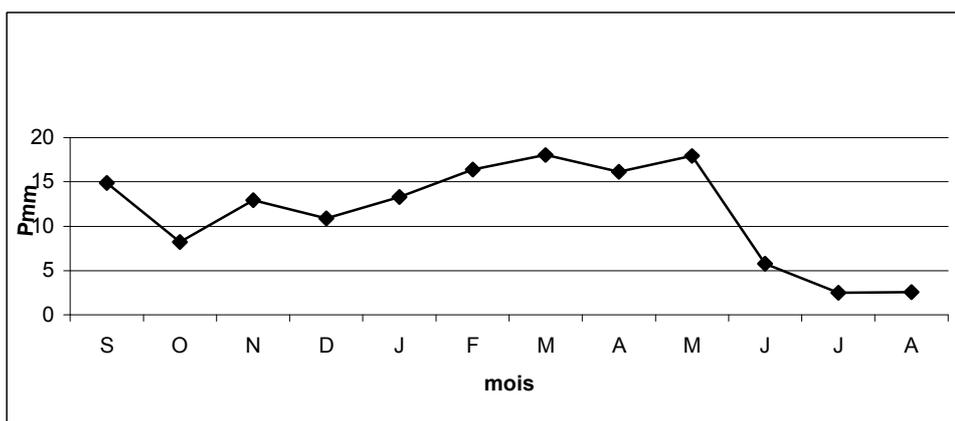
**Fig. 15**: Régime pluviométrique moyen à Saida de 1990-1999 (décennie sèche)



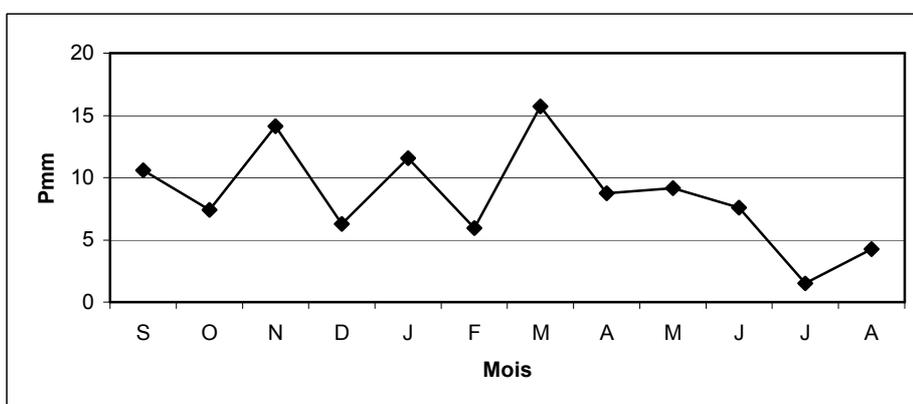
**Fig.16** : Régime pluviométrique moyen à Mécheria ANRH de1970-2001



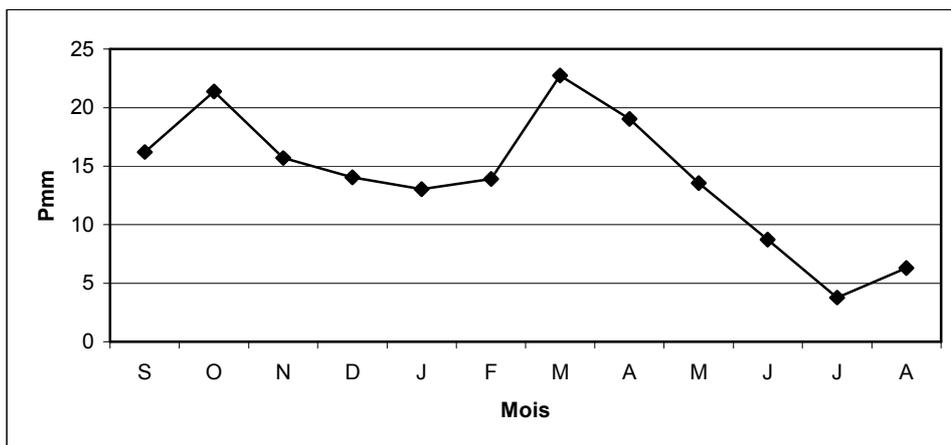
**Fig.17**: Régime pluviométrique moyen à Mécheria ANRH de 1980-1989 (décennie humide)



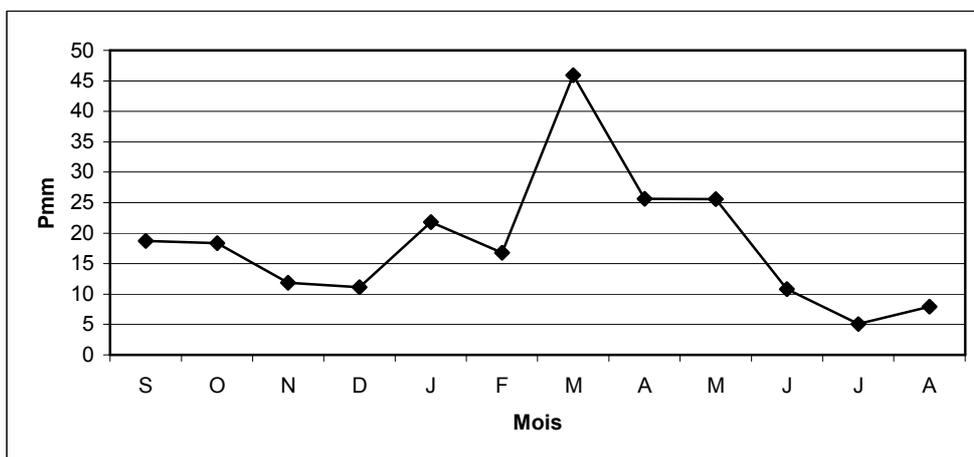
**Fig.18** : Régime pluviométrique moyen à Mécheria ANRH de 1980-1989 (décennie sèche)



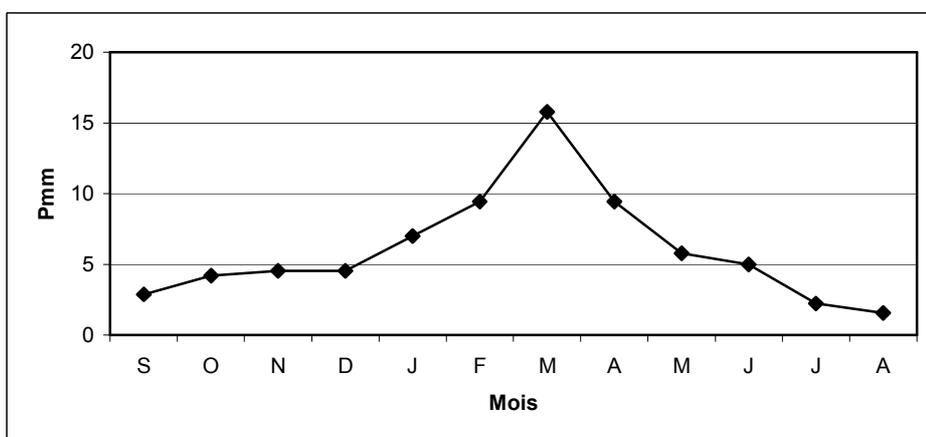
**Fig.N°19** : Régime pluviométrique à la station d'Ain Sefra pour la série 1889-2001



**Fig.N° 20**: Régime pluviométrique moyen à Ain Sefra de 1990-1999 (décennie humide)



**Fig.N° 21**: Régime pluviométrique moyen à Ain Sefra de 1960-1969 (décennie sèche)



### **3.2. Comparaison des régimes pluviométriques mensuels**

Les résultats des études effectuées (Djellouli et Daget, 1993) ont montré que depuis 1881, le pays a subi deux périodes de sécheresse : la pénurie a été ressentie de 1943 au 1948 et la deuxième est celle que nous subissons depuis 1980. (Voire annexe)

Une autre façon simple d'évaluer le type de période climatique consiste à calculer un indice de pluviosité à partir du rapport entre les précipitations effectives et les valeurs moyennes, calculées sur une longue durée et considérées comme étant normales pour cette même période. Si ce rapport est inférieur à la moyenne de la série pluviométrique on conclut qu'il s'agit d'une période sèche.

### **Conclusion III**

La plupart des indices utilisés pour caractériser la sécheresse dans ce chapitre, sont fondés sur le concept du: seuil qui indique la sécheresse (la moyenne de la série), ce qui confirme clairement l'hypothèse de départ sur les années déficitaires et l'intensité de la sécheresse sur cette région

La sécheresse prononcée des le début des années 70 dans la plus part des stations des Hautes Plaines Sud Oraises, voir même des les années 60 sur certaines région telle Ain Sefra, elle peut s'accroître durant plusieurs années ou des années de sécheresse extrêmes sont vécu telles : 1974 à Saida, 1936.1952.1983. à Medrissa, 1926,45,46,47,63,65-73,78,90,2001 à Ain Sefra, elle se caractérise par une durée indéfinie qui peut aller d'une année à plus de 10 ans et donc ne suit aucune cyclicité ou de récurrence précise.

La sécheresse passe de l'échelle annuelle à mensuelle, Saida située aux piémonts des Mts de Saida au nord des Hautes Plaines Sud Oraises, enregistre une répartition des mois pluvieux durant les  $\frac{3}{4}$  de l'année mais ne dépasse pas les 10%, les mois pluvieux se concentrent principalement entre février-mars et novembre-décembre, contrairement à Mécheria moins de 20% et Ain Sefra (>80%), où les mois pluvieux sont répartis entre mars-avril-mai et septembre-décembre.

Cela se distingue nettement par le changement des régimes pluviométriques, sur les quelques stations sur les quelles on a étudié les régimes, on constate que le régime moyen est passé d'un régime bi voir trimodale à un régime monomodal avec un décalage net du pic pluviométrique et donc des saisons, qui est passé soit d'octobre à novembre soit de janvier à mars avril.

## CONCLUSION GENERALE

Les Hautes Plaines Sud Oranaises se distinguent par un climat méditerranéen semi aride à aride. Dont l'irrégularité se traduit entre autre par la sécheresse qui accentue cette irrégularité. La sécheresse. Celle-ci, peut être définie, comme un déficit pluviométrique sur une période pendant laquelle, les ressources en eau diminuent, statistiquement elle se définit par un écart négatif par rapport à la normale pluviométrique (moyenne de la série).

Le réseau de station météorologique des Hautes Plaines Sud Oranaises, reste très limité par rapport à leur étendue. En effet, les données pluviométriques recueillies dans 8 stations météorologiques installées à Saida, Saida PC, Sebdou, Medrissa, El Aricha, El Bayedh, Mécheria et Ain Sefra, ont permis d'établir une base de données pluviométriques sur 30 ans et plus. Mais celle-ci, présentent plusieurs lacunes qu'on n'a pas pu combler, étant donné que les stations sont séparées par de longues distances (>40 Km) et qu'il n'y a pas de série de référence.

Cependant, les tests de normalités et d'ajustement démontrent que les séries pluviométriques étudiées sont « normales » (en distribution normale, les valeurs des précipitations sont une courbe en cloche). De plus, le test de Kolmogorov-Smirnov a dégagé des classes pluviométriques par station. Ainsi le mode est à:

- Saida et Saida PC 50-400 mm,
- Sebdou 400-450 mm,
- Medrissa 250-350mm,
- El Aricha et El Bayadh 250-300mm,
- Mécheria et Ain Sefra 100-150mm.

La sécheresse pluviométrique de ces dernières décennies a été mise en évidence : des phases de sécheresse ont été dégagées. Un premier bilan *caractérisant celles-ci* a été fait. Les Hautes Plaines Sud Oranaises ont une pluviométrie assez modeste, la pluviométrie moyenne ne dépassant pas les 500 mm. Les précipitations maxima et minima enregistrées respectivement sont à:

- Saida (607.4mm en 1951), (135 mm en 1983),
- Saida PC (690mm en 1927), (190 mm en 1944),
- Sebdou (827.8mm en 1973), (211 mm en 1987),
- Medrissa (435.5mm en 1927), (151 mm en 1983),
- El Aricha (505.4mm en 1972), (240 mm en 1981),
- El Bayadh (442.3mm en 1982), (97 mm en 2001),
- Mécheria (187.2mm en 2000), (54 mm en 1984),

- Ain Sefra (492.5mm en 1991), (0 mm en 1970).

La variabilité interannuelle des précipitations a été appréhendée par le calcul de l'écart-type moyen, les valeurs de ce dernier, ont montré que ce sont les stations septentrionales qu'ont la variabilité la plus forte, comme par exemple à Saida 106,22 et Sebdu 141,24. Les écarts-types des stations méridionales ont des valeurs  $\leq 100$ .

Le coefficient de variation est pour la plus part des stations entre 20-22% à Saida PC, Medrissa et El Aricha, 28-29% à Saida, Sebdu et Mécheria et de 37 et 57 à El Bayadh et Ain Sefra ( zone montagneuse de l'atlas saharien).

Ainsi, on a pu dégager le nombre d'années et périodes sèches, les résultats obtenus sont :

- ⇒ Saida ( $P_{\text{moyenne}} 364,6\text{mm}$ ) : 25 années sèches, sur une période de 58 ans et une phase sèche (1974/2001)
- ⇒ Saida PC ( $P_{\text{moyenne}} 407,8\text{mm}$ ) :40/60 années sèches et 4 phases sèches (1922/26, 1930/32, 1944/49, 74/89),
- ⇒ Medrissa ( $P_{\text{moyenne}} 312\text{mm}$ ) :28 années sèches, sur une période de 60 ans et 2 phases sèches (1923/26, 1977/89),
- ⇒ Sebdu ( $P_{\text{moyenne}} 499,1\text{mm}$ ) :25 années sèches, sur une période de 47 ans et 2 phases sèches (1941/48, 1975/87),
- ⇒ El Aricha ( $P_{\text{moyenne}} 361,9\text{mm}$ ) :11 années sèches, sur une période de 20 ans et une phase sèche (1978/87),
- ⇒ El Bayadh ( $P_{\text{moyenne}} 245,9\text{mm}$ ) :13 années sèches, sur une période de 31 ans, sans phase sèche définie,
- ⇒ Mécheria ( $P_{\text{moyenne}} 127,3\text{mm}$ ) :17 années sèches, sur une période de 32 ans et une phase sèche (1977 /89),
- ⇒ Ain Sefra ( $P_{\text{moyenne}} 167,3\text{mm}$ ) :54/101 années de sécheresse, sur une période de 101 ans et 2 phases de sécheresses (1922/48, 1960/2001).

La tendance générale indique une droite régressive (baisse) indiquant une tendance vers une sécheresse. L'analyse comparative avec ceux de Chaumont et Paquin complétés dans cette étude par nos résultats, révèle 4 cas de figures :

- ✓ A Sebdu et El Aricha (stations situées en plaine, au NW, en contre bas des Mts de Tlemcen), il y a une hausse légère des précipitations qui s'accompagne d'une hausse de la valeur de l'écart-type.

- ✓ A Saida et El Bayadh (station situées l'une au N sur les Mts de Saida, à 770-872 m d'altitude et l'autre au S sur les Mts des Ksour, à 1341m d'altitude), il y a *une baisse sensible* de la pluviométrie. Celle-ci s'accompagne d'*une augmentation* de la valeur de l'écart-type, nette à El Bayadh et peu prononcé à Saida.
- ✓ A Mécheria, (station située à l'abri sur le piémont E de Dj Antar, à 1170m d'altitude), il y a *baisse nette* de la pluviométrie et de la valeur de l'écart-type : la sécheresse et pondérant la variabilité interannuelle des précipitations.
- ✓ A Ain Sefra, (station située au S dans les monts des Ksour, Atlas Saharien à 709 m d'altitude, la pluviométrie a *très peu varié* et l'écart-type a *légèrement augmenté*.

Les indices ont permis de caractériser la sécheresse pluviométrique par son intensité, sa durée, et sa probabilité de récurrence.

L'analyse fréquentielle par distribution selon les déciles a permis de faire ressortir :

- à Saida : plus de 28 % des années de la série pluviométrique sont très supérieures à la normale(TSN), 23% sont classées comme années très inférieures à la normale,
- à Saida PC : indique que 31,67% sont des années inférieures à la normale(IN),
- à Medrissa : pas d'années de sécheresse exceptionnelles, il y a que 23,33% des années sont inférieures à la normale et 25% sont supérieures,
- à Sebdou : la distribution varie peu,
- à El Aricha 40% sont des années IN et 5% sont des années TIN,
- El Bayedh : 24% des années sont très inférieures à la normale TIN et seulement 17% reste TSN,
- à Mécheria : 21,81% sont des années proches de la normale PN,
- à Ain Sefra plus de 13% sont des années touchées par la sécheresse et sont classées comme très inférieures à la normale TIN.

L'indice Sigma classe la sécheresse selon quelle est modérée, forte ou très sévère, il en ressort que:

- Saida a 28% d'années de sécheresse modérée,
- Medrissa 36,67% des années touchées par une sécheresse modérée ,
- Saida PC 46,76% modérée,
- Sebdou et El Aricha on note des près de 15% sont des années à forte sécheresse,
- El Bayedh : 17%, années à forte sécheresse,
- Mécheria et Ain Sefra marquent 12% et 19% de sécheresse forte.

L'intensité de la sécheresse peut aussi être mise en évidence par sa durée (intensité = déficit /durée), elle est variable dans le temps et classes les stations, une année sèche peut avoir une intensité pluviométrique plus élevée qu'une phase sèche, l'exemple de Saida où la seule année de 1983 a enregistré une intensité de 229,6mm/an par rapport à la moyenne de la série, alors que le cumul de la plus longue durée d'années sèches successives, est de 4 ans, dont l'intensité est de 190,6mm/an, Saida PC avec une intensité de 217mm/an en 1944, et seulement 64,5mm/an durant 14 ans, Sebdou, une intensité 126,9mm/an en 1960 et 150,6 mm/an, ou encore Ain Sefra où, durant 10 l'intensité est de 137,1mm/an et 118,3mm/an d'intensité pour la seule année de 1978.

La sécheresse est également étudiée à l'échelle du mois, la baisse pluviométrique d'une année donnée, peut être due à une baisse anormale, enregistrée durant un nombre de mois ou de saisons, supposées être pluvieux. Toutefois, le pourcentage des mois secs reste supérieur à celui des mois pluvieux (l'indice de Saison des pluies ou ISP). Il en résulte moins de 10% des mois pluvieux, répartie sur 9 mois à Saida, 4 mois à Mécheria (février, mars, novembre et décembre) et 2 à 3 mois à Ain Sefra (mars, avril et septembre). Il en résulte donc soit un raccourcissement soit un décalage des mois pluvieux.

Les Hautes plaines Sud Oranaises ont connu des phases de sécheresse, de sévérités différentes. La tendance actuelle montre une poursuite du déficit pluviométrique ou basse de la pluviométrie. Celle-ci s'accompagne d'un changement dans la répartition ainsi que dans la concentration des précipitations, des régimes et intensité des pluies.

Ce caractère ne peut que renfoncer ou favoriser l'extension de l'ensablement et donc des processus de la désertification dans cette érgion.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ait Mouhoub D. Dechemi N. Souag D. (2000)- Contribution à l'analyse du régime pluviométrique sur le littoral algérien. *Sécheresse.. N° 4. Vol 12.*
- Aidoud A. Touffet J. (1996)- La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) graminée pérenne. un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse.. N° 3. Vol 7.*
- Allil T. (1984)- Etude climatologique des hauts plateaux oranais. *Mém. ing. IHFR. Oran.*
- Beltrondo G.(2004)- Les climats, variabilité et risque.*Ed Armand Collin, coll U, 270pp.*
- Benabadji N. Bouazza M. (2000)- contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artémisia herba-alba* Asso dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Sécheresse.N° 2. Vol11.pp 117-224.*
- Benlehzil K. Boukhebalet R. (1982)- Etude des précipitations sur la région de Saida. *Mém ing. IHFR. Oran.*
- Benzater B. (1992)- Détermination des cycles pluviométriques dans la région de Mascara. *Mém. Ing. Inst. agro. Univ. Mascara.*
- Bert B. (1989)- Les Hommes face aux sécheresses, *Ed IHEAL.*
- Bergaoui M. Alouini A. Iresa. (2001)- Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique : cas du bassin versant de Siliana en Tunisie. *Sécheresse. Vol 12. N° 4.pp 205-13.*
- Berge A. (1992)- Le climat de la terre. De Boeck Université. Belgique.
- Bisson J. Callot Y. (1990)- Les hommes et la sécheresse autour du grand Erg occidental (Nord Ouest du Sahara algérienne). *Rev. Sécheresse n°2. vol 1.*
- Bigot S. (1997)- Les précipitations et la convection profonde en Afrique centrale : cycle saisonnier. variabilité interannuelle et impact sur la végétation. *Thès. Doc. Univ de Bourgogne. Dijon. 283 pages.*
- Bruins H.J. (1996)- A rational for drought contingency planning in Israeal, *univ Ben gurion, p 516*

Calot G. (1973)- Cours de statistique descriptive. *Ed. Dunod. Paris.*

Chaline J. (1985)- Histoire de l'homme et des climats au quaternaire. *Ed. Doin. Paris.*

Clermont. Fernand. Theix. Grigon. (1990)- Réponse de la plante à la sécheresse. *Rev. Sécheresse. n°2. Vol 1.*

Chaumont P.et Pacquin. C. (1971)- Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie à petite échelle (1/500000 ème)

Conrad V. Pollack C. (1962)- Methods in climatology. *Harvard University Press. Cambridge. MA. 459 p.*

Daget Ph. (1977)- Le bioclimat méditerranéen : Caractères généraux. Modes de caractérisation. *C.N.E.S .vol. 34.1. France.*

Dagorne A. et Duvigneau G. (1989)- Du domaine morphostructural à l'espace wilayat et à la scène satellite généralités sur la zone « imagée ». *Aménagement & gestion du territoire applications en Algérie*

De Felice P. (1999)- La pluie au Sahel, *Ed Harmattan , Paris*

Der Megreditchian G. (1992)- Le traitement statistique des données multidimensionnelles; *Cours et Manuels N°8. Tome 1. Ecole Nationale de la Météorologie. Météo-France. Paris. 288 pages.*

Du Penhoat Y. Merle J. (1998)- El nino phénomène océano-météorologique. *Sécheresse .n°1.vol.9.pp 64.*

Dubief J. (1963)- Le climat du Sahara. *III. Ins de météorologie et de physique du globe de l'Algérie .Ed I.R.S. Alger.*

EL Jihad MD. (2003)- La sécheresse saisonnière dans la haut bassin de l'Oum-er-Rbia(Maroc central) : aspect et fréquence. *sécheresse.n° 3.vol.14.pp 157-166.*

El Mahi A. (2002)- Déficit pluviométrique des dernières décennies en Algérie et son impact sur les ressources en eau. *Thès Mag. hyd. Univ. Mascara.*

- El Ouissi A. (1992)- Contribution à la formation des micro-régions climatiques pour la région de Mascara. *Mém. Ing. Inst agro. Univ. Mascara.*
- Gonzalez M. (1995)- La diagonale aride argentine : une réalité écologique oscillante. *Rev. Sécheresse n°1.vol.6.*
- Halimi A. (1980)- L'Atlas blideen- Climats et étages végétaux. *Pub. Univ. Off. Alger.*
- Hamlaoui L. (1983)- Etude des PPTS dans la région de Tiaret annexe. *Mém. ing. IHFR. Oran.*
- Hirche A. Boughani A. Salamani M.(2007)- Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes, *Ed.Sécheresse. Vol 18, Numéro 4, 314-20, 2007-10-01.*
- Hubert P.et all. (1989)- Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *J. Hydrol.. 110. 349-367IPCC. 2001 : Third Assessment Report : Climate Change 2001. Technical Summary. a report accepted by Working Group I. of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Suisse. 83 pages.*
- Joussaume S. (1999)- Climat d'hier à demain. *Ed. CNRS.Paris*
- Khaldi A. (2005)- Impacte de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien « Monts de Tlemcen – Saida ». *Thès Doc.hydgéol. Univ.Oran.*
- Lamarque P. et Jourdain S. (1994)- Elaboration de longues séries climatologiques homogènes pour l'étude de l'évolution climatique. *La météorologie. 7. 61-68.*
- Leroux M. (1970)- La dynamique des précipitations en Afrique occidental . *Publication de la Direction de l'Exploitation Météorologique. n° 23.*
- Leroux M. (1995)- Sahel. La Grande Sécheresse. Ed . cf. Géocarrefour\_ N spécial. n° 1995. 3-4. *Rev Géog de Lyon (RGL)*
- Le Houerou H. (1993)- Changement climatique et désertisation. *Rev. Sécheresse n°2. vol 4.*
- Le Houerou H. (1995)- Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse n°2.vol 6.*
- Le Houerou H. (1993)- Changements climatiques et désertisation. *Rev. Sécheresse n°2. vol.4.*

- Le Roy Ladurie E. (1967)-Histoire du climat depuis l'an mil. *Ed. Flammarion. Paris.*
- Lona-Torimac G& Beltrando G. & all.(2007)- Typologie des situations météorologique associées à des forts épisodes pluvieux dans les bassins de la Prohava (Roumani), *Actes du XX<sup>ème</sup> International Coll, International de Climatologie, <Tunisie, 324-329*
- Lubes H. & all. (1994)- Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques. *Etude bibliographique. Programme ICARE. Rapport N°3. ORSTOM. Montpellier. 17 pages.*
- Matari A. Douguedroit A. (1995)- Chronologie des précipitations et des sécheresses dans les wilayas algériennes. *Pub.ICID.*
- Matari A.(1989)- Pluviométrie du Sahara. *Cahier de la météorologie. IHFR. Oran.*
- Meddi M. H. (1998)-Etude des pluies annuelles et journalières dans le Sahara algérien. *Sécheresse n°3. vol.9.*
- Mestre O. (2000)- Méthodes statistiques pour l'homogénéisation des longues séries climatiques. *Thès doct. Univ Paul Sabatier.Toulouse III. pp233.*
- Michel J. Fairbridge RW. (1980)- Dictionnaire des sciences de la Terre. Anglais-Français. Français-Anglais. *Ed Masson. Pub USA.*
- Minguet M. (2003)- Les pays secs environnement et développement, *ED Elipses, Paris.*
- Mous S. Benbrahim R.()- Etude climatique de la sécheresse et son impact sur le bilan de l'eau. *Mém.ing. inst. geol.*
- Ndong J.B. (1995)- L'évolution du climat au Sénégal et les conséquences de la sécheresse récente sur l'environnement. *Thèse. LCRE .*
- Ozer P. Erpicum M. (1995)- Méthodologie pour une meilleur représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905.*Sécheresse n°1.vol.6.pp 103-108.*
- Paturel J-E & all. (1995)- Manifestation de la sécheresse en Afrique de l'ouest non sahélienne. Cas de la cote d'Ivoire du Togo et du Bénin. *Sécheresse.n°1.vol.6.pp 95-102.*

- Peyer B. Defabregues. (1990)- Sécheresse et disparition des arbres fourragers au Sahel. *revu sécheresse n°2. vol 1.*
- Reginald A. (1981)- Statistique appliquée. auto apprentissage par objectifs. *pub Univ. Québec.*
- Remaoun Kh. et Aime S. (1988)- Variabilité climatique et steppisation dans le bassin de la Tafna (Oranie occidentale méditerranéenne)
- Remenieras G. (1986)- L'hydrologie de l'ingénieur. *Ed Eyrolles.*
- Rognon P.(1995)- Sécheresse et aridité : leur impact sur la désertification au Maghreb. *Sécheresse. n°4.vol.7.pp 287-297.*
- Rognon P. (2000)- Comment développé la recharge artificielle des nappes en régions sèches. *revu sécheresse n°4. vol 11.*
- Seltzer P. (1946)- Le climat de l'Algérie. *Inst. Météorol. Phys. Globe. Alger*
- Seydou B & all. (2000)- Adaptation à la sécheresse des écotopes locaux de sorghos du Mali. *Sécheresse n°4. vol 11.*
- Sneyers R. (1975)- Note technique n° 143 sur l'analyse statistique des séries d'observation. *OMM. n°145 .Geneve.Suisse.*
- Tabeaud M. (2000)- La climatologie. *Ed. Colin. Paris.*
- Tabeaud M. Godard A. (2004)- Les climats, mécanismes, variabilité, répartition, *Ed Colin, 3<sup>ième</sup> ed, Paris.*
- Tardy Y. Probest J-L.(1992)- Sécheresse. Crise climatiques et oscillations téléconnectées du climat depuis cent ans. *Sécheresse n°1 .vol.3.pp25-36.*
- Toupet CH.E. (1990)- la perception des climats secs. *Sécheresse n°4. vol 1.*
- Willy H. Verheye. (1990)- Une approche agropédologique de la désertification. *Sécheresse n°2. vol 1.*

Yacoubi M & all. (1998)- Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride marocain. *Sécheresse*. n°4.vol.9.pp 269-276

Yevjevich V. (1976)- An objective approach to definitions and investigation of continental hydrologic drought, *Hydrology paper n° 23, Colorado State University*.

Zaharia L & Beltrondo .(2006)- Variabilité spatiale et temporelle de pluviométrie dans la région de Courbeure de L'Arc Carpaiuque : étude par ACP, *Rev Roumaine de Géographie, Bucarest N° 47, 175-184*.

## La liste des tableaux

<b>Tab 1</b>	Localisation et caractéristiques des stations météorologiques.....	13
<b>Tab 2</b>	Exemple comparatif entre les données pluviométriques réelles et estimées dans deux stations Ain Sefra et Mécheria.....	18
<b>Tab 3</b>	Principales causes de rupture d'homogénéité statistique en fonction de leur intensité sur différents paramètres météorologiques (d'après Heino, 1996).....	19
<b>Tab 4</b>	Fréquences des classes de précipitations (% de la moyenne pluviométrique la plus fréquente par rapport à la longueur de la série pluviométrique).....	30
<b>Tab 5</b>	Tableau récapitulatif des caractéristiques statistiques des données pluviométriques...	37
<b>Tab 6</b>	caractéristiques descriptives des séries de données pluviométriques à l'échelle annuelle.....	38
<b>Tab 7</b>	Tableau récapitulatif des phases sèches et pluviométriques sur les Hautes Plaines Sud Oranaises.....	51
<b>Tab 8</b>	Caractéristiques statistiques des phases Sèches et humides.....	56
<b>Tab 9</b>	Caractéristiques statistiques de la pluviométrie par station et par période communes..	58
<b>Tab 10</b>	Répartition des moyennes pluviométriques par décennie dans chaque station météorologique.....	60
<b>Tab 11</b>	Comparaison de l'évolution des moyennes pluviométriques d'après les résultats de plusieurs auteurs et les résultats obtenus.....	62
<b>Tab 12</b>	Précipitations moyennes annuelles d'après Chaumont et Paquin (1913-1971) et les résultats obtenus de 1971 à 2001.....	62
<b>Tab 13</b>	Classe de sécheresse en fonction des fréquences.....	70
<b>Tab 14</b>	Classification de la sécheresse selon les déciles.....	70
<b>Tab 15</b>	Classe de sécheresse selon l'indice du nombre d'écart type $\delta$ .....	72
<b>Tab 16</b>	Classe de distribution des années selon SPI.....	73
<b>Tab 17</b>	Classification des indices de sécheresses par année et par station.....	76
<b>Tab 18</b>	La sévérité de la sécheresse selon sa durée.....	79
<b>Tab 19</b>	Calcul du module sec.....	88
<b>Tab 20</b>	Calcul du module humide.....	89
<b>Tab 21</b>	Calcul de la période de retour de la plus faible précipitation.....	90

## La liste des figures

<b>Fig 1</b>	Situation géographique des Hautes Plaines Sud Oranaises.....	8
<b>Fig 2</b>	Evolution des étages climatiques dans quelques stations dans les Hautes Plaines Sud Oranaises (Benabadji N. Bouazza M. 2000).....	10
<b>Fig 3</b>	Localisation des stations météorologiques dans les Hautes Plaines Sud Oranaise.....	14
<b>Fig 4</b>	Application de la loi normale.....	23
<b>Fig 5</b>	Application du test de Kolmogorov-Smirnov de Normalité sur les 8 stations.....	26
<b>Fig 6</b>	Evolution des moyennes, médianes, minimas et maximas de la pluviométrie par station météorologique.....	39
<b>Fig7</b>	Evolution de la pluviométrie avec la tendance générale.....	41
<b>Fig 8</b>	Evolution des précipitations sur l'ensemble des stations des Hautes Plaines Sud Oranaise.....	45
<b>Fig 9</b>	Evolution des moyennes annuelles et mobiles des précipitations.....	48
<b>Fig 10</b>	Délimitation des phases sèches et phases humides.....	52
<b>Fig 11</b>	Evolution des moyennes pluviométriques par décennies.....	61
<b>Fig 12</b>	Délimitation des mois secs intermédiaires et humides par l'indice ISP.....	85
<b>Fig 13</b>	Régime pluviométrique moyen à Saida de 1943-2001.....	92
<b>Fig 14</b>	Régime pluviométrique moyen à Saida de 1950-1959 (décennie humide).....	92
<b>Fig 15</b>	Régime pluviométrique moyen à Saida de 1990-1999 (décennie sèche).....	92
<b>Fig 16</b>	Régime pluviométrique moyen à Mécheria ANRH de 1970-2001.....	93
<b>Fig 17</b>	Régime pluviométrique moyen à Mécheria ANRH de 1980-1989 (décennie humide)....	93
<b>Fig 18</b>	Régime pluviométrique moyen à Mécheria ANRH de 1980-1989 (décennie sèche)....	93
<b>Fig 19</b>	Régime pluviométrique à la station d'Ain Sefra pour la série 1889-2001.....	94
<b>Fig 20</b>	Régime pluviométrique moyen à Ain Sefra de 1990-1999 (décennie humide).....	94
<b>Fig 20</b>	Régime pluviométrique moyen à Ain Sefra de 1960-1969 (décennie sèche).....	94

# **Annexe**

**Tab.A:** Moyennes pluviométrique mensuelles et annuelles durant la période 1913-38.d'après Seltzer

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sebdou	43	41	37	25	34	15	5	7	19	23	35	42
El Aricha	29.1	24	32	23.5	32	24.5	7.5	11.7	24.6	28.5	32	27.5
Mécheria	21	24	32	29	25	14	5	8	34	29	43	29

**Tab.B:** Moyennes pluviométriques mensuelles et annuelles de la période 1968-1988 d'après Bouabellah. H)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<b>Sebdou</b>	48,4	13,9	37,1	12,03	13,06	3,2	1,2	2,01	15,09	43,7	35,6	42,3	226,4
<b>El Aricha</b>	10,03	3,5	5,4	13,6	10	6	7,5	0,2	1,9	47,1	48,9	5,9	160,03
<b>Mécheria</b>	12,18	13,92	18,96	16,82	14,5	8,12	2,9	4,64	19,72	16,8	24,94	16,82	170,34

**Tab.C:** Moyennes pluviométriques mensuelles et annuelles (d'après Dubief 19 )

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<b>El Bayedh</b>	26	24,8	30,1	29,2	27	13,7	5	9,9	35,3	25,9	30	37,5	294,4
<b>Mécheria</b>	22,8	27,1	29,5	20,5	24,5	7,8	3,6	7,9	29,1	28	28	32	260,8
<b>AinSefra</b>	9,6	12	15,6	19,8	11,9	8,1	5,7	6,3	16,1	27,6	19,2	16,3	168,2

**Tab.D** : Récapitulatif des résultats de la classification de la sécheresse par les indices

SAIDA	Em	Ip	DD	sigma	SPI
1944	H	H	TSN		HE
1945	S	S	TIN	M	SM
1946	S	S	TIN	M	SF
1947	H	H	PN		HM
1948	S	S	DN		SM
1949	H	H	TSN		HM
1950	S	S	TIN	M	SM
1951	H	H	TSN		HE
1952	H	H	TSN		HM
1953	S	S	DN		SM
1954	H	H	PN		HM
1955	H	H	TSN		HF
1956	H	H	TSN		HF
1957	H	H	PN		HM
1958	H	H	TSN		HF
1959	S	S	DN	M	SM
1960	H	H	TSN		HF
1961	H	H	PN		HM
1962	S	S	TIN	M	SF
1963	H	H	TSN		HM
1964	H	H	TSN		HF
1965	H	H	TSN		HF
1966	H	H	PN		HM
1967	H	H	PN		HM
1968	S	S	PN		SM
1969	H	H	PN		HM
1970	H	H	TSN		HM
1971	S	S	TIN	M	SF
1972	H	H	SN		HM
1973	H	H	TSN		HM
1974	S	S	TIN	F	SE
1975	S	S	DN	M	SM
1976	H	H	PN		HM
1977	H	H	SN		HM
1978	S	S	DN	M	SM
1979	S	S	TIN	M	SF
1980	S	S	DN		SM
1981	S	S	TIN	M	SF
1982	S	S	DN		SM
1983	S	S	DN	M	SM
1984	S	S	PN		SM
1985	H	H	PN		HM
1986	S	S	PN		SM
1987	S	S	DN	M	SM
1988	S	S	DN		HM
1989	S	S	DN	M	SM

	Em	Ip	DD	sigma	SPI
1990	S	S	DN	M	SM
1991	S	S	DN		HM
1992	S	S	DN	M	SM
1993	S	S	DN	M	SM
1994	S	S	DN	M	SM
1995	S	S	PN		SM
1996	H	H	TSN		HF
1997	S	S	DN		HM
1998	S	S	TIN	F	SE
1999					
2000	S	S	TIN	F	SE
2001	S	S	DN	M	SM
<b>SAIDA PC</b>					
1922	H	H	SN		HM
1923	S	S	PN	M	SF
1924	S	S	PN	M	SF
1925	S	S	TIN	M	SF
1926	S	S	TIN	M	SF
1927	H	H	TSN		HE
1928	H	H	TSN		HF
1929	H	H	SN		HM
1930	S	S	PN	M	SF
1931	S	S	TIN	F	SF
1932	S	S	PN	M	SF
1933	H	H	TSN		HF
1934	H	H	SN		HM
1935	H	H	TSN		HF
1936	S	S	TIN	M	SF
1937	H	H	PN		HM
1938	H	H	TSN		HF
1939	S	S	PN	M	SF
1940	H	H	TSN		HF
1941	S	S	PN	M	SF
1942	S	S	PN	M	SF
1943	H	H	TSN		HF
1944	S	S	TIN	TS	SE
1945	H	H	SN		HM
1946	S	S	TIN	M	SF
1947	S	S	PN	M	SF
1948	S	S	PN	M	SF
1949	S	S	TIN	M	SF
1950	H	H	TSN		HF
1951	H	H	SN		HM
1952	S	S	PN	M	SF
1953	H	H	SN		HM
1954	H	H	SN		HM
1955	S	S	PN	M	SF

	Em	Ip	DD	sigma	SPI
1956	S	S	TIN	M	SF
1957	H	H	SN		HM
1958	S	S	TIN	M	SF
1959	H	H	TSN		HF
1960	S	S	TIN	F	SF
1961					
1962					
1963					
1964					
1965					
1966					
1967					
1968					
1969	H	H	TSN		HF
1970	S	S	PN	M	SF
1971	H	H	TSN		HF
1972	H	H	SN		HM
1973	H	H	SN		HM
1974	S	S	PN		SF
1975	H	H	DSN		HM
1976	S	S	PN	M	SF
1977	S	S	TIN	M	SF
1978	S	S	TIN	M	SF
1979	S	S	PN	M	SF
1980	S	S	PN	M	SF
1981	S	S	TIN	F	SF
1982	S	S	TIN	M	SF
1983	S	S	TIN	F	SF
1984	S	S	TIN	M	SF
1985	S	S	PN	M	SF
1986	S	S	PN	M	SF
1987	S	S	TIN	F	SF
1988	S	S	TIN	F	SF
1989	S	S	TIN	F	SF
<b>MEDRISSA</b>					
1922	H	H	SN		HM
1923	S	S	DN	M	SF
1924	S	S	DN		SF
1925	S	S	DN	M	SF
1926	S	S	TIN	M	SF
1927	H	H	TSN		HE
1928	H	H	TSN		HF
1929	H	H	SN		HM
1930	S	S	SN	M	SF
1931	S	S	DN	M	SF
1932	S	S	DN	M	SF
1933	H	H	TSN		HF

	Em	Ip	DD	sigma	SPI
1934	H	H	SN		HM
1935	H	H	SN		HM
1936	S	S	TIN	TS	SE
1937	H	H	TSN		HF
1938	H	H	TSN		HF
1939	S	S	SN	M	SF
1940	H	H	SN		HM
1941	S	S	TIN	M	SF
1942	H	H	SN		HM
1943	H	H	PN		HM
1944	S	S	TIN	F	SF
1945	H	H	SN		HM
1946	S	S	TIN	F	SF
1947	H	H	SN		HM
1948	H	H	SN		HM
1949	S	S	PN	M	SF
1950	H	H	TSN		HM
1951	H	H	PN		HM
1952	S	S	TIN	F	SE
1953	H	H	TSN		HM
1954	H	H	PN		HM
1955	H	H	TSN		HF
1956	S	S	DN	M	SF
1957	H	H	PN		HM
1958	S	S	DN	M	SF
1959	H	H	TSN		HF
1960	S	S	TIN	M	SF
1961					
1962					
1963					
1964					
1965					
1966					
1967					
1968					
1969	H	H	TSN		HF
1970	S	S	TIN	M	SF
1971	H	H	TSN		HF
1972	H	H	SN		HM
1973	H	H	SN		HM
1974	S	S	PN	M	SF
1975	H	H	PN		HM
1976	H	H	SN		HM
1977	S	S	TIN	M	SF
1978	S	S	DN	M	SF
1979	H	H	SN		HM
1980	S	S	TIN	M	SF

	Em	Ip	DD	sigma	SPI
1981	H	H	PN		HM
1982	S	S	TIN	F	SF
1983	S	S	TIN	TS	SE
1984	S	S	TIN	M	SF
1985	H	H	PN		HM
1986	S	S	DN	M	SF
1987	S	S	TIN	M	SF
1988	S	S	PN	M	SF
1989	S	S	DN	M	SF
<b>SEBDOU</b>					
1941	S	S	DN	M	SM
1942	S	S	DN	M	SM
1943	S	S	PN	M	SM
1944	S	S	TIN	F	SF
1945	H	H	SN		HM
1946	S	S	PN	M	SM
1947	H	H	SN		HM
1948	S	S	DN	M	SM
1949	H	H	SN		HM
1950	H	H	TSN		HF
1951	H	H	TSN		HF
1952	S	S	TIN	M	SM
1953	H	H	TSN		HF
1954	H	H	TSN		HF
1955	H	H	PN		HM
1956	H	H	PN		HM
1957	S	S	PN	M	SM
1958	S	S	DN	M	SM
1959	H	H	PN		HM
1960	S	S	TIN	M	SM
1961	H	H	SN		HM
1962	H	H	SN		HM
1963	H	H	SN		HM
1964	H	H	TSN		HF
1965	S	S	TIN	F	SF
1966	S	S	DN	M	SM
1967	H	H	TSN		HF
1968	S	S	PN	M	SM
1969	H	H	PN		HM
1970	H	H	SN		HM
1971	H	H	SN		HM
1972	H	H	TSN		HF
1973	H	H	TSN		HE
1974	H	H	TSN		HF
1975	S	S	DN	M	SM
1976	S	S	DN	M	SM
1977	S	S	DN	M	SM

	<b>Em</b>	<b>Ip</b>	<b>DD</b>	<b>sigma</b>	<b>SPI</b>
1978	S	S	TIN	F	SF
1979	H	H	SN		HM
1980	S	S	PN	M	SM
1981	S	S	TIN	F	SF
1982	S	S	TIN	F	SF
1983	S	S	TIN	F	SF
1984	S	S	TIN	F	SF
1985	S	S	DN	M	SM
1986	S	S	DN	M	SM
1987	S	S	TIN	TS	SE
<b>EL ARICHA</b>					
1968	S	S	PN	M	SM
1969	S	S	PN	M	SM
1970	H	H	TSN		HM
1971	H	H	TSN		HE
1972	H	H	TSN		HF
1973	H	H	TSN		HE
1974	H	H	TSN		HF
1975	S	S	DN	M	SM
1976	S	S	TIN	M	SM
1977	S	S	PN	M	SM
1978	S	S	TIN	M	SM
1979	H	H	SN		HM
1980	S	S	PN	M	SM
1981	H	H	SN		HM
1982	S	S	TIN	F	SF
1983	S	S	TIN	M	SM
1984	S	S	TIN	M	SM
1985	S	S	TIN	F	SF
1986	S	S	TIN	M	SM
1987	S	S	TIN	F	SF
<b>EL BAYED</b>					
1971	S	S	IN	F	SF
1972	S	S	IN	F	SF
1973	H	H	DN		HM
1974	H	H	PN		HM
1975	H	H	DN		HM
1976	H	H	TSN		HF
1977	S	S	SN	M	SM
1978	S	S	IN	F	SF
1979	H	H	DN		HM
1980	H	H	DN		SM
1981	S	S	SN	M	SM
1982	H	H	TSN		HE
1983	S	S	IN	F	SF
1984	S	S	SN	M	SM
1985	H	H	DN		HM

	Em	Ip	DD	sigma	SPI
1986	H	H	TSN		HM
1987	S	S	SN	M	SM
1988	S	S	SN	M	SM
1989	H	H	PN		HM
1990	H	H	DN		HM
1991	H	H	TSN		HF
1992	H	H	PN		HM
1993	H	H	PN		HM
1994	S	S	SN	M	SM
1995	H	H	PN		HM
1996	H	H	TSN		HF
1997	H	H	DN		HM
1998	S	S	IN	F	SF
1999	H	H	PN		HM
2000	S	S	IN	F	SF
2001	S	S	IN	F	SF
<b>MCHERIA</b>					
1970	H	H	SN		HM
1971	H	H	SN		HF
1972	H	H	PN		HM
1973	H	H	SN		HM
1974	H	H	PN		HM
1975	S	S	PN		HM
1976	H	H	PN		HM
1977	S	S	DN	M	SF
1978	S	S	TIN	M	SF
1979	H	H	SN		HF
1980	S	S	DN	M	SF
1981	S	S	TIN	F	SF
1982	S	S	TIN	F	SF
1983	S	S	TIN	F	SF
1984	S	S	TIN	TS	SE
1985	S	S	DN	M	SF
1986	S	S	DN	M	SF
1987	S	S	DN	M	SF
1988	H	H	SN		SF
1989	S	S	PN	M	SF
1990	H	H	SN		HF
1991	H	H	SN		HM
1992	S	S	DN	M	SF
1993	S	S	DN	M	SF
1994	H	H	SN		HF
1995	H	H	SN		HM
1996	H	H	PN		HM
1997	S	S	PN	M	SF
1998	S	S	TIN	M	SF
1999	S	S	TIN	F	SF

	Em	Ip	DD	sigma	SPI
2000	H	H	SN		HF
2001	H	H	SN		HF
<b>AIN SEFRA</b>					
1889	H	H	SN		HM
1890	H	H	TSN		HF
1891	H	H	SN		HM
1892	H	H	TSN		HF
1893	S	S	DN	M	SF
1894	H	H	SN		HM
1895	S	S	DN	M	SF
1896	H	H	SN		HM
1897	S	S	PN	M	SF
1898	H	H	TSN		HE
1899	H	H	SN		HM
1900					
1901	H	H	SN		HM
1902	H	H	SN		HM
1903					
1904	H	H	TSN		HF
1905	H	H	PN		HM
1906	H	H	TSN		HF
1907	H	H	TSN		HF
1908	H	H	TSN		HM
1909	S	S	PN	M	SF
1910	S	S	TIN	M	SF
1911	H	H	TSN		HF
1912	H	H	TSN		HF
1913	S	S	TIN	M	SF
1914	H	H	SN		HM
1915	H	H	SN		HM
1916	S	S	PN	M	SF
1917					
1918					
1919					
1920					
1921					
1922	H	H	PN		HM
1923	H	H	PN		HM
1924	S	S	PN	M	SF
1925	H	H	SN		HM
1926	S	S	TIN	F	SE
1927	S	S	DN	M	SF
1928	H	H	SN		HM
1929	S	S	DN	M	SF
1930	S	S	DN	M	SF
1931	S	S	DN	M	SF
1932	S	S	PN	M	SF

	Em	Ip	DD	sigma	SPI
1933	H	H	TSN		HE
1934	S	S	PN	M	SF
1935	S	S	DN	M	SF
1936	S	S	DN	M	SF
1937	S	S	TIN	M	SF
1938	H	H	SN		HM
1939	H	H	PN		HM
1940	H	H	PN		HM
1941	H	H	TSN		HF
1942	S	S	DN	M	SF
1943	H	H	TSN		HF
1944	S	S	TIN	M	SF
1945	S	S	TIN	F	SE
1946	S	S	TIN	F	SE
1947	S	S	TIN	F	SE
1948	S	S	TIN	M	SF
1949	H	H	TSN		HF
1950	H	H	PN		HM
1951	H	H	SN		HM
1952	S	S	PN	M	SF
1953	H	H	SN		HM
1954	S	S	PN	M	SF
1955	H	H	SN		HM
1956	S	S	DN	M	SF
1957	H	H	TSN		HF
1958	H	H	PN		HM
1959	H	H	TSN		HM
1960	S	S	DN	M	SF
1961	S	S	TIN	M	SF
1962	H	H	SN		HM
1963					SE
1964	S	S	DN	M	SF
1965	S	S	TIN	F	SE
1966	S	S	TIN	F	SE
1967	S	S	TIN	F	SE
1968	S	S	TIN	F	SE
1969	S	S	TIN	F	SE
1970	S	S	TIN	F	SE
1971	S	S	TIN	F	SE
1972	S	S	TIN	F	SE
1973	S	S	TIN	F	SE
1974					
1975					
1976					
1977					
1978	S	S	TIN	F	SE
1979	H	H	PN		HM

	<b>Em</b>	<b>Ip</b>	<b>DD</b>	<b>sigma</b>	<b>SPI</b>
1980	S	S	PN	M	SF
1981	S	S	TIN	F	SF
1982	H	H	SN		HM
1983	S	S	TIN	F	SE
1984	S	S	TIN	M	SF
1985	S	S	PN	M	SF
1986	H	H	SN		HM
1987	S	S	TIN	M	SF
1988	S	S	DN	M	SF
1989	H	H	SN		HM
1990	H	H	TSN		SE
1991	H	H	TSN		HE
1992	S	S	TIN	M	SF
1993	H	H	SN		HM
1994	H	H	TSN		HM
1995	S	S	PN	M	SF
1996	H	H	PN		HM
1997	S	S	PN	M	SF
1998	S	S	TIN	M	SF
1999	S	S	DN	M	SF
2000	S	S	TIN	M	SF
2001	S	S	TIN	F	SE

**Tab. E : délimitation des mois sec intermédiaires et pluvieux en %**

MOIS	SAIDA			MECHERIA			AIN SEFRA		
	humide	intermédiaire	sec	humide	intermédiaire	sec	humide	intermédiaire	sec
janvier	6,90	53,45	39,66	0	3,125	96,875	0,00	13,86	86,14
février	3,45	50,00	46,55	0	3,125	96,875	2,97	16,83	80,20
mars	5,17	55,17	39,66	3,13	15,625	81,25	1,98	18,81	79,21
avril	6,90	46,55	44,83	0	3,125	96,875	0,99	12,87	86,14
mai	3,45	37,93	58,62	0	12,5	87,5	0,00	5,94	93,07
juin	0,00	13,79	86,21	0	0	100	0,00	2,97	97,03
juillet	0,00	1,72	98,28	0	0	100	0,00	2,97	97,03
août	0,00	6,90	93,10	0	0	100	0,99	16,83	82,18
septembre	3,45	22,41	74,14	0	6,25	93,75	0,00	32,67	67,33
octobre	12,07	41,38	46,55	3,13	6,25	90,625	0,00	16,83	83,17
novembre	3,45	43,10	53,45	0	6,25	93,75	0,99	14,85	84,16
décembre	5,17	46,55	48,28	0	3,125	96,875	0,00	0,00	0,00

**Tab. F : délimitation du nombre de mois sec et intermédiaires**

	SAIDA			MECHERIA			AIN SEFRA		
	sec	intermédiaire	sec	intermédiaire	sec	intermédiaire	sec	intermédiaire	sec
janvier	23	31	23	8	88	13			
février	27	29	24	7	87	14			
mars	23	32	17	13	81	17			
avril	27	27	23	8	80	19			
mai	34	22	19	13	87	13			
juin	50	8	24	7	94	6			
juillet	57	1	31	0	98	3			
août	54	4	30	1	98	3			
septembre	43	13	22	9	83	17			
octobre	27	24	24	7	68	33			
novembre	31	25	23	8	84	17			
décembre	28	27	23	8	85	15			