

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Djilali Bounaama - Khemis Miliana

Faculté des Sciences de La Nature et de la Vie et des Sciences de La Terre

Département de Biologie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Bioclimatologie.

Thème

**Etude de la variabilité spatiale de la sécheresse Au  
Nord-Ouest de l'Algérie**

Présenté par :

- HACHEMI Aida  
- BACHIR CHERIF Djamilia

Date de soutenance : 03/07/2018

Devant le jury composé de :

- **Président** : Mr AROUS Ali (M A A -U D B K M)
- **Promoteur** : Mr AMRANI Rachid (M A A-U D B K M)
- **Examineur** : Mr RATTA Mohamed (M A A-U D B K M)
- **Examineur** : Mme HALOUZ Faiza (M C B – U D B K M)

Année universitaire : 2017 – 2018

## *REMERCIEMENTS*

*Nous remercions tout d'abord Allah tout puissant de la force et l'aide qui m'a donné pour réaliser ce travail.*

*À l'heure où nous apportons la touche finale à ce mémoire, nous tenons à Remercier tout d'abord les personnes qui nous ont permis de réaliser ce Mémoire: nos chaleureux remerciements à notre promoteur : **AMRANI RACHID** , Maitre-assistant à l'université de Khemis Miliana , pour ses précieux conseils et orientations qu'il nous a prodigués tout au long de ce travail.*

*Mes remerciement s'adressent également à :*

- Madame **HALLOUZ FAIZA** Maitre-assistant à l'université Djilali bounaama , khemis Miliana , pour son soutien moral et sa participation d'avoir bien accepté de présider le présent jury.*
- Mr **RATTA MOHAMED**, et Mr **AROUS ALI**, maitre-assistant A à l'université Djilali Bounaama , Khemis Miliana , nos honorer pour avoir accepté d'examiner notre travail , et nous avoir donnes un peu de leur temps précieux .*

*Enfinement un grand merci à toutes Nos reconnaissances et gratitudes envers tous les enseignants, les responsables et les agents de la Faculté des Science de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre, Département de Biologie à l'université de Djilali Bounaama Khemis Miliana sans exceptions.*

# Dédicace

*A la volonte du grand dieu notre ALLAH tout puissant et bienveillant qui nous a aide à presenter ce modeste travail que je dedie à :*

*La lumiere de mes yeux et le bonheur de mon existence : mes **chers parents**, ceux qui m'ont encourage et qui ont sacrifie les meilleurs moments de leurs vie pour ma reussite, que Dieu les protège.*

- ✓ *A mes cheres soeurs : Souad et hafsa*
- ✓ *A mes grands-mere que dieux les proteges*
- ✓ *A mes oncles, tantes, cousins, cousines*
- ✓ *A ma binome Djamila et sa famille Bachir cherif .*
- ✓ *A tous mes amis : Lina , Affaf .*
- ✓ *A toute personne qui m'a aide de loin ou de pres.*

*HACHEMI Aida*

# Dédicace

*Tout d'abord je tiens à remercier le bon dieu pour m'avoir donné le courage, la force  
Et la volonté pour réussir et de m'avoir éclairci le chemin tout au long de ma  
vie.*

*Je dédie les fruits de ce modeste travail qui n'est qu'un geste de gratitude envers  
ceux que j'aime :*

- ✓ *A mes chers parents*
- ✓ *A ma famille, Bachir Cherif et Kateb.*
- ✓ *A Mon fiancée Hamza.*
- ✓ *A mes chères amies :Aida , Nasira , Soumia , Atika , Houda , khiera B ,  
Kheira L .*
- ✓ *A toute les étudiants de spécialité Bioclimatologie.*

*BACHIR CHERIF Djamila .*

# *Sommaire*

Résumés	
Liste d'abréviation	
Liste des figures	
Liste des tables	
Introduction générale	

## **Chapitre I : Aperçu bibliographique**

I.2. Climat	1
I.2. Cycle hydrologique de l'eau	1
I.3. Eléments du cycle de l'eau	1
I.4. Pluie	2
I.5. Sécheresse	3
I.5.1. Les types de sécheresses	3
I.5.2. Les relations réciproques entre ces différents types de sécheresse	4
I.5.3. Les impacts de la sécheresse	6
I.6. Système d'alerte précoce à la sécheresse (SAPS)	8
I.7. Quelques Indices de la sécheresse connus dans le monde	10
I.7.2 Indice de l'écart à la moyenne (Em)	10
I.7.3 Rapport à la normale de la précipitation (RN)	11
I.7.4. Indice de sévérité des sécheresses de Palmer « PDSI »	11

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

II.1. Situation géographique	13
II.2. Relief	15
II.3. Ressources en eau	17
II.3.1. Ressources en eau souterraines.	17
II.3.2. Ressources en eau superficielles.	17
II.4. Sols.	17
II.5. Occupation du sol.	18
II.6. Etude climatique.	18
II.6.1. Précipitations.	19

II.6.2. Températures.	21
II.6.3. Evaporations.	22
II.7. Synthèse climatique.	22
II.7.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1935).	23
II.7.2. Climatogramme d'EMMBERGER (Q2).	24

### **Chapitre III : Matériels et Méthodes**

III.1. Etude de la qualité de la donnée.	27
III.1.1. les données traités.	27
III.1.2. Carte de localisation les postes pluviométriques choisir.	28
III.1.3. Statistique descriptives des séries pluviométriques.	29
III.1.3.1. Les paramètres centraux.	29
III.1.3.2. Les paramètres de dispersions.	29
III.1.3.3. Les paramètres de forme.	29
III.1.3.4. Les quartiles.	29
III.1.4. Homogénéité des données pluviométriques.	30
III.2. Calculer SPI.	30
III.2.1. Outils utilisés.	30
III.2.2. L'indice de SPI.	30
III.2.3. Interprétation du SPI.	31
III.2.4. Avantages et inconvénients.	31
III.2.5. Méthode de calculs.	32
III.2.6. Exécuter le programme SPI_SL_6.exe sous Windows.	32
III.3. Détermination de la caractéristique de séquence sèche.	34
III.4. Variographie.	34
III.4.1. Interpolations.	34
III.4.2. Représentation Cartographique des données.	34

### **Chapitre IV : Résultats et Discussions**

IV.1. Interprétations des données.	36
IV.1.1. Choix de postes pluviométriques.	36

IV.1.2. Paramètres descriptifs des séries pluviométriques.	37
IV.1.3.Homogenetie des données.	37
IV.2.Determination de SPI 12.	38
IV.2.1. Evolutions et début de la sécheresse sur l'ensemble de la Macta.	38
IV.2.2.Choix des années, sèche, humide, normale, les plus élevées dans la période d'étude	39
IV.2.2.1.Année contenant le maximum des conditions normales.	39
IV.2.2.2.Année contenant le maximum des conditions sèches.	40
IV.2.2.2.Année contenant le maximum des conditions humides.	41
IV.2.3.Classes de sévérités pour l'ensemble des postes pluviométriques.	42
IV.2.3.1.Classes humides.	42
IV.2.3.2.Classe sèches.	42
IV.2.3.3. Classes humides et sèches.	43
IV.2.4. Caractérisation de la sécheresse.	44
IV.1.2.4.1.Durée sèche totale et maximale.	45
IV.1.2.4.2.Frequence de chaque poste pluviométrique.	46
IV.1.2.4.3.Intensites de la sécheresse pour chaque poste pluviométrique.	46
IV.3.Cartographie du SPI-12 .	46
IV.3.1. Année normale (1987).	46
IV.3.1.1.Varoigraphie du SPI-12 de l'année 1987.	46
IV.3.1.2.Régression .	47
IV.3.1.3. Validation de la carte.	48
IV.3.1.4.Carte du SPI12 pour année normale.	48
IV.3.2.Année séché (1992) .	49
IV.3.2.1.Varoigraphie du SPI12 de l'année 1992.	50
IV.3.2.2.Régression.	51
IV.3.2.2.Validation.	51
IV.3.2.4. La carte de SPI12 pour année sèche.	51
IV.3.3.Année humide 1995.	54
IV.3. 3.1.Varoigraphie de SPI12 de l'année 1995.	54
IV.3.3.2.Régression.	54
IV.3.3.3.Validation.	54
IV.3.3.4. La carte de SPI12 pour année Humide .	55

Conclusion Générale

References Bibliographiques

Annexes



**Résumé :**

L'Algérie vit une situation de sécheresse due au manque de régime pluviométrique, une situation imposée par les conditions climatiques. L'objectif de notre travail est l'étude de la variabilité spatiale de sécheresse cas de bassin versant de la Macta , d'une superficie de 14390 Km<sup>2</sup>, et située au nord-ouest de l'Algérie.

Cette étude s'est déroulée à partir les données pluviométriques mensuelles enregistrées selon année civile (janvier à décembre), durant la période 1905 jusqu'à 2011, à partir de 104 postes pluviométriques éparpillés sur l'ensemble de la Macta , L'analyse des données, les classes du SPI , la variographie , et la cartographie , dans le but pour la caractérisation de ce désastre ont été faites par l'indice standardisé de précipitation (SPI-12) proposé par (Mckee , 1993) .

Dans ce type de conditions anormales, les résultats obtenus montre que l'analyse spatiale de sécheresse et touchait les parties de bassin versant Macta durant les années estimées comme séché selon SPI12 , la plus par des postes pluviométriques caractérise par des événements sec dans l'année 1992 à 15 poste, et la sécheresse est la plus marquée, particulièrement située Nord Est dans la région de Mascara et Sud-Ouest dans la région sidi belabbes, et au centre de la région Bouhinifia et Hacine .

**Mots Clés :**

Sécheresse – Bassin versant de la Macta - Pluviométries mensuelles – variographie

Indice standardisé de précipitation (SPI) .

## ملخص :

الجزائر تعاني حالة جفاف بسبب قلة الأمطار ، التي تفرضها الظروف المناخية. الهدف من عملنا هو دراسة التحليل المكاني لحالة الجفاف في حوض المقطع و يقدر بمساحة 14390 كيلومتر مربع ، ويقع في شمال غرب الجزائر .

انطلاقاً من الدراسة التي اجريت على بيانات الأمطار الشهرية المسجلة في السنة المدنية (من جانفي إلى ديسمبر) ، و الفترة الممتدة من 1905 إلى 2011 ، لمئة واربعة محطة قياس المغيائية المنتشرة في حوض المقطع و اقسام مؤشر هطول التساقط و الفاربيوغرافي و رسم الخرائط ، لوصف الظاهرة الطبيعية للجفاف بواسطة مؤشر التساقط القياسي

الذي اقترحه (Mckee ،1993)

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن التحليل المكاني للجفاف يؤثر على أجزاء من حوض المقطع خلال السنوات المعتبرة جافة وفقاً لمعيار مؤشر التساقط القياسي ، أكثر سنة تميزت بالأحداث الجافة هي عام 1992 بنسبة 15 قسم جاف ، و شمل الجفاف كل من المنطقة الشمالية الشرقية وبالضبط منطقة معسكر وفي الجنوب الغربي منطقة سيدي بلعباس ، ووسط الحوض سجلت في منطقة بوحنيفية وحسين.

**كلمات مفتاح :** الجفاف- حوض المقطع- مؤشر التساقط القياسي- المغيائية الشهرية- فاغيوغرافي

**Abstract :**

Algeria is experiencing a drought situation due to lack of rainfall, a situation imposed by climatic conditions. In The objective of our work is the study of the spatial variability of the drought case of the Macta watershed, with an area of 14390 square kilometers, is located in northwestern Algeria.

This study was conducted on the monthly rainfall data recorded in the calendar year (January to December), during the period 1905 to 2011, from 104 rainfall stations scattered throughout the Macta, Data analysis , SPI classes, variography, and mapping, for the purpose of characterizing this disaster were made by the standardized precipitation index (SPI-12) proposed by (Mckee, 1993).

In this type of abnormal conditions, the results obtained show that the spatial analysis of drought is affecting the parts of Macta watershed during the years estimated as dried according to SPI12, the most by rainfall positions characterized by dry events in the year 1992to 15 post, and the drought is the most marked, particularly located Northeast region of Mascara and Southwest in the sidi belabbes region, and in the center of the region Bouhinifia and Hacine.

**Key Words :** drought – Macta watershed- standardized precipitation index- variography - monthly rainfall.

## **Liste des abréviations**

**A.B.H.O.C.C.** : Agence de Bassin Hydrographique Orani – chotte chergui

**ANRH** : Agence nationale des ressources hydriques

**D.M.N.C** : Drought métécation national, centre national de la lutte contre la sécheresse

**FAO** : Food Alimentaire organisation,

**OMM** : Organisation mondiale de la météorologie.

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

**ONS** : Office notional des statistiques

**OSS** : Observation du Sahara et du sahel

**PAM** : Programmes alimentaires mondiaux

**PDSI** : Indice de sévérité de sécheresses de palmer

**SAPS** : Système d'alerte précoce à la sécheresse.

**UE** : Union Européenne

**USAID** : Agence des États-Unis pour le développement international

## Liste des figures

<b>Fig.01</b> : Schéma de e cycle hydrologique .....	02
<b>Fig.02</b> : relations entre les différents types de sécheresse.....	05
<b>Fig.03</b> : Succession de situations de sécheresse et de leurs incidences pour les différents types de sécheresse .....	07
<b>Fig.04</b> : Localisation géographique du bassin versant de la Macta.....	14
<b>Fig.05</b> : Modèle numérique du terrain et réseau hydrographique du bassin versant de la Macta.....	16
<b>Fig.07</b> : Précipitation moyenne mensuelles de la station Mascara .....	20
<b>Fig.08</b> : Précipitation moyenne mensuelle de la station Saida .....	20
<b>Fig.09</b> : précipitation moyenne mensuelle de sidi belabbes .....	20
<b>Fig.10</b> : Température moyenne mensuelle de station Mascara .....	21
<b>Fig.11</b> : Température moyen mensuelle de station Saida.. .....	21
<b>Fig.12</b> : Température moyenne mensuelle de station sidi belabbes.. .....	22
<b>Fig.13</b> : Diagramme Ombrothermique de la station Matmore.....	23
<b>Fig.14</b> : Diagramme Ombrothermique de la station Saida.....	23
<b>Fig.15</b> : Diagramme Ombrothermique de la station sidi bel abbés.....	24
<b>Fig.16</b> : Quotient pluviométrique des stations climatologiques utilisées sur le climatogramme d'EMBERGER.....	26
<b>Fig.17</b> : Carte de localisation de poste pluviométrique choisir.....	28
<b>Fig.18</b> : Programme SPI_SL_6.exe.....	33
<b>Fig.19</b> : SPI 12 de Basin 03 dans la periode d'étude (exemple).....	33
<b>Fig.20</b> : Schéma explicatif de la méthode de travail.....	35
<b>Fig.21</b> : Nombre d'information pluviométrique existant et absente dans chaque PV et durant toute la période acquise.....	36

<b>Fig.22</b> : les épisodes secs, humide, normaux de la sécheresse météorologique pour l'ensemble des poste pluviométrique durant toute période d'étude. ....	38
<b>Fig.23</b> : évolutions du SPI-12 de chaque postes pluviométrique Année 1987 .....	39
<b>Fig.24</b> : évolutions du SPI-12 de chaque poste pluviométrique Année sèche 1992.....	40
<b>Fig.25</b> : évolutions du SPI-12 de chaque poste pluviométrique Année humide 1995.....	41
<b>Fig.26</b> : Histogramme des classes humides du SPI-12 pour chaque sous bassin Durant la période d'étude.....	43
<b>Fig.27</b> : Histogramme des classes sèches du SPI-12 pour chaque sous bassin Durant la période d'étude.....	44
<b>Fig.28</b> : Histogramme de la somme des classes humides et sèches du SPI-12 Pour chaque poste pluviométrique durant la période d'étude.....	45
<b>Fig.29</b> : Histogramme de comparaison entre la durée sèche totale et maximale pour chaque poste pluviométrique.....	45
<b>Fig.30</b> : Varoigramme théorique du SPI12 de l'année 1987.....	47
<b>Fig.31</b> : Carte du SPI12 correspondant à une année normale 1987.....	49
<b>Fig.32</b> : Varoigramme théorique du SPI12 de l'année 1992.....	50
<b>Fig. 33</b> : Carte du SPI12 correspondant à une année séché 1992.....	52
<b>Fig.34</b> : Varoigramme théorique du SPI12 de l'année 1995.....	53
<b>Fig.35</b> : Carte du SPI12 correspondant à une année Humide 1995.....	55

## Liste des tableaux

<b>Tableau.01</b> : Eléments du cycle de l'eau .....	02
<b>Tableau.02</b> : principaux systèmes d'alerte précoce en Afrique .....	09
<b>Tableau 03</b> : Caractéristiques morpho métriques et hydrographiques de Bassin versant de la Macta .....	17
<b>Tableau 04</b> : Caractéristiques des stations climatologiques .....	20
<b>Tableau 05</b> : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Matmore .....	19
<b>Tableau 06</b> : Précipitation moyennes mensuelles a la station de Saida.....	19
<b>Tableau 07</b> : Précipitation moyennes mensuelles a la station de sidi bel abbes.....	19
<b>Tableau 08</b> : Evaporation moyenne mensuelles de la station matmore .....	22
<b>Tableau 09</b> : Evaporation moyennes mensuelles de la station Saida .....	22
<b>Tableau 10</b> : Evaporation moyennes mensuelles de la station Sidi bel abbés .....	22
<b>Tableau 11</b> : Valeurs du quotient pluviométrique Q2 des trois stations climatologiques.....	25

# Introduction Générale

---

## Introduction Générale

La sécheresse est un phénomène naturel fait partie de la dynamique et l'évolution du climat. Cette notion est relative, mais sa principale caractéristique est la décroissance des disponibilités des ressources en eau, à cause de manque de pluie dans la période humide. Elle entraîne de graves déséquilibres hydrologiques du fonctionnement d'un bassin versant. En fonction de sa durée elle se propage par son intensité dans le temps et dans l'espace (**Chloé , 2013**). Les conséquences les plus graves sociales de la sécheresse sont, cependant, constaté dans les régions arides ou semi-arides où la disponibilité de l'eau est déjà très faible dans des conditions normales.

La sécheresse ne doit pas être confondue avec l'aridité, qui est une caractéristique permanente d'un climat sec. Ni la pénurie d'eau qui implique un déséquilibre à long terme des ressources en eau disponibles et des demandes. Elle se traduit pratiquement par une anomalie dans l'approvisionnement des cours d'eau, ces derniers étant essentiellement alimentés par les systèmes aquifères et subsidiairement par les eaux de ruissellement.

L'Algérie a connu au cours son histoire des fréquentes sécheresses à ampleur variable. Elle a sévit particulièrement dans les régions Ouest du pays (**Ould Amara, 2000**). De part leur position géographique, situé en zone aride à semi-aride, nous prenons le cas du bassin versant de la Macta. Qui s'étale sur une surface de 14390 km<sup>2</sup>, se domine par un climat résultant d'influences maritimes au nord de par la mer méditerranée et l'ouest par l'océan atlantique et d'influence continentale saharienne au sud. Il se caractérise par des conditions climatiques aride et sec avec des hivers froids et des étés chauds. Les précipitations annuelles varient en moyenne entre 280 mm dans la partie sud et 350 mm à l'intérieur du bassin. Il se compose par, la chaîne montagneuse du Tessala au nord-ouest, les hauts plateaux de Ras-el-Ma et les plaines de Maalifs au sud, aussi par les plateaux du Telagh et de Saida au sud-est et par les monts de Beni-Chograne à l'Est.

L'objectif de ce travail consiste à l'étude les variations spatiales de la sécheresse météorologique. Cette étude est menée à l'aide de l'interpolation par Krigeage de l'indice standardisé des précipitations d'un pas de temps de 12 mois (SPI- 12). Ce dernier est conçu en 1993 par les chercheurs climatiques de l'université Nebraska au Colorado(USA), Mckee et al. Il est recommandé depuis 2009 de l'organisation mondiale de la météorologie pour les pays membres. Dans but de suivre les conditions de sécheresses ainsi que les changements climatiques dans ces pays du monde. Cette étude déroule à partir les données pluviométriques



# Introduction Générale

---

mensuelles enregistrées selon année civile (janvier à décembre), durant la période 1905 jusqu'à 2011, à partir de 104 postes pluviométriques éparpillés sur l'ensemble de la Macta.

Ce mémoire est structuré comme suit :

Une introduction générale explicative du menu du travail.

**Le premier chapitre :** recherche bibliographique comprend les définitions et les concepts explicatifs du phénomène de la sécheresse.

**Le deuxième chapitre :** regroupant une présentation du cadre général du bassin versant de Macta (situation géographique, climat, relief, sol, hydrologie et ressources en eaux).

**Le troisième chapitre :** détails des méthodes utilisées, comprenant la méthodologie de la démarche appliquée.

**Le dernier chapitre :** il est consacré à la discussion des résultats ainsi obtenus. et présente les cartes de la sécheresse.

Une conclusion générale contient la synthèse des résultats pertinents.

### I. Aperçu Bibliographique :

Ce chapitre rassemble tous les termes utilisés dans ce travail, il englobe quatre (04) axes essentiels à savoir, quelques définitions en relation avec la sécheresse, dans plusieurs domaines, les impacts de la sécheresse, ainsi le système d'alerte précoce la sécheresse, et en fin les indices déterminants la sécheresse.

#### I.1. Concept du climat.

**A** - selon le dictionnaire environnement : Le climat peut être défini comme étant les conditions moyennes qu'il fait dans un endroit donné (température, précipitations) calculées d'après les observations d'au moins 30 ans.

**b** -selon l'encarta : le climat est « l'ensemble des phénomènes météorologique qui se produisent au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle» .

**c** –selon le sens strict : Le climat est l'aspect du temps sur une longue période en une échelle spatiale déterminée.

**d** – d'après quelque auteur climatique : le climat c'est un ensemble ordonné des états de l'atmosphère et de leur interaction avec la surface sur une période donnée et sur une étendue déterminée (**El khatri ,2003**).

#### I.2. Cycle hydrologique de l'eau.

L'eau est présente sur la Terre en quantités importantes sous ses trois phases physiques: liquide, solide et gazeuse. On la trouve, en outre, dans les trois principaux espaces environnementaux facilement accessibles à l'homme: l'atmosphère, les mers et océans et les continents. Du fait que l'eau passe aisément d'un espace à l'autre et d'une phase à l'autre en fonction de son environnement, elle constitue un milieu dynamique aux caractéristiques variables dans l'espace et dans le temps. Le système terrestre de multiples réservoirs disponibles pour le stockage de l'eau et la multitude des flux entre ces derniers a été conceptualisé sous forme de cycle hydrologique (**OMM, 2008**).

#### I.3. Eléments du cycle de l'eau.

Le cycle de l'eau est composé de quatre (04) éléments indiqués dans le tableau 01 et la figure 01 :

Tableau n° 01 : Eléments du cycle de l'eau

Eléments du cycle	Précipitation	Ruissellement	Evapotranspiration	Infiltration
Source d'énergie	Atmosphère	Gravité	Atmosphère (radiation, advection)	Rétention hydrique (capillarité, adsorption)
Facteur du milieu	Topographie	Topographie, morphologie, couvert végétal,...	Climat, stade végétatif,...	Texture et structure (surface, sol, sous sol),...

Source : Beddal , 2015

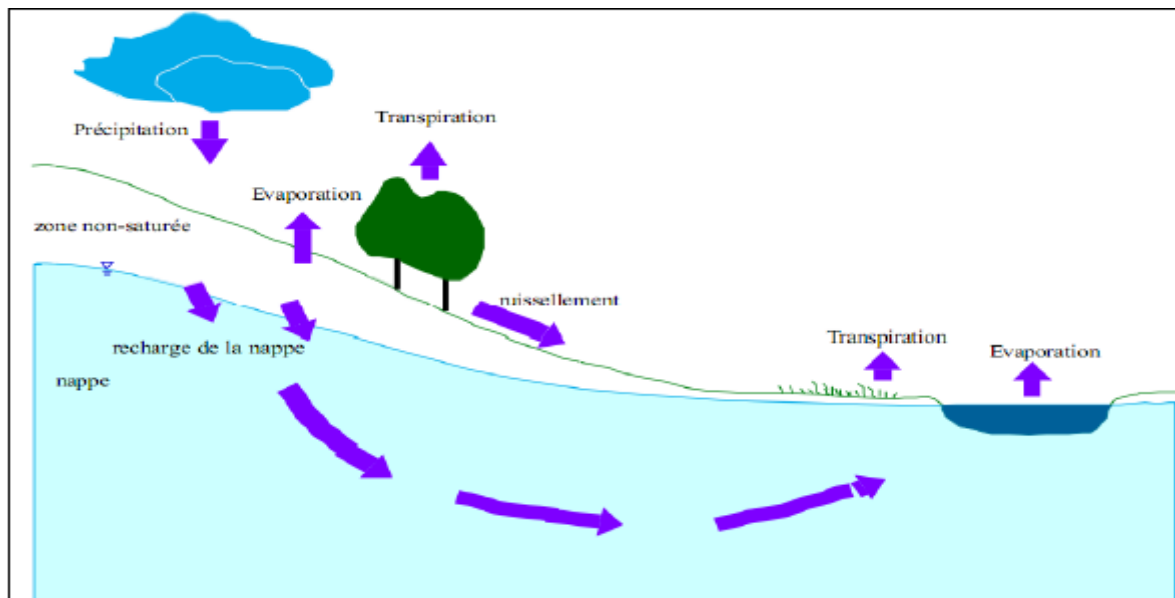


Fig .01. schéma de cycle hydrologique (Soukatchoff, 2003)

#### I.4. Pluie .

La pluie est l'élément de départ du phénomène du ruissellement et la première étape de ce qu'on appelle le cycle urbain de l'eau. Elle constitue l'entrée du système et donc la donnée fondamentale nécessaire à la compréhension de son fonctionnement. C'est un phénomène à forte composante aléatoire et non reproductible. Son aspect et sa forme varient dans le temps et dans l'espace à l'échelle qui intéresse l'hydrologie urbaine (**Ramane , 2006**) .

### I.5. Sécheresse.

D'après FAO en 1996, la sécheresse pourrait être définie comme une période prolongée de précipitation insuffisants, normalement une ou plus saisons, qui consent un déficit d'eau dans certains secteurs l'économie d'un pays (agriculture, hydro-électrique, tourisme)

Dans la même source, la sécheresse doit être considérée par rapport :

- ✓ A certaine condition moyenne à long terme du bilan final des précipitation et de l'évapotranspiration dans une région particulière.

- ✓ A L'échelle temporelle.

- ✓ A L'efficacité des précipitations.

La sécheresse ne doit pas être confondue avec l'aridité ; la sécheresse se manifeste dans le temps, tandis que l'aridité est un phénomène systématique (Djouane et Haggui ,2014).

Selon, plusieurs auteurs nous citons, il Ya trois éléments distinctifs caractérisent les sécheresses : L'intensité, la durée et l'étendue spatiale.

#### I.5.1. Les types de sécheresses.

Existe plusieurs formes de sécheresses interdépendantes entre elle. La prise en charge y'est sectorielle avec une connexion le plus souvent coujuctuerelle avec les autre secteurs (Safer zitoun, 2006).

##### A-la sécheresse météorologique.

Qui définit comme le temps écoule entre deux pluies efficaces, c'est-à-dire capable d'apporter réellement de l'eau dans le sol (Bied charton, 2007), cette sécheresse basée sur le degré d'aridité d'une période sèche par rapport à la normale et de la durée de cette période sèche (Djouane et Haggui , 2014).

##### B-La sécheresse Hydrologique.

On parle de sécheresse dès lors qu'à l'échelle régionale la hauteur des pluies est inférieure à la moyenne saisonnière, ce qui se traduit par un approvisionnement insuffisant

des cours d'eau et des réserves d'eau superficielles ou souterraines (**Amrani, 2011**), qui est caractérisée par une baisse de débit de cours d'eau, du niveau de remplissage des barrages de la recharge des nappes phréatiques (**Bied charton, 2007**).

### **C-La sécheresse agricole.**

Se définit plus volontiers par la présence dans le sol d'une quantité d'eau suffisante pour assurer la croissance des cultures et du fourrage que par l'écart des précipitations par rapport à la normale sur une période de temps déterminée (**ONM, 2006**).

On peut dire que la sécheresse agricole est l'impact de sécheresse météorologique ou hydrologique sur le rendement des cultures. Pour atteindre un développement maximum, les cultures ont des besoins spécifiques en température, humidité et nourriture durant le cycle de la croissance (**Karahcane, 2008**).

### **D -La sécheresse socio-économique.**

Que la sécheresse diffère des autres types de la sécheresse car son occurrence et son intensité dépendent de la conjoncture socio-économique régionale ainsi que l'offre et de la demande, la demande des biens économiques augmente à cause de l'augmentation de la population et de la consommation (**Aghrab, 2005**).

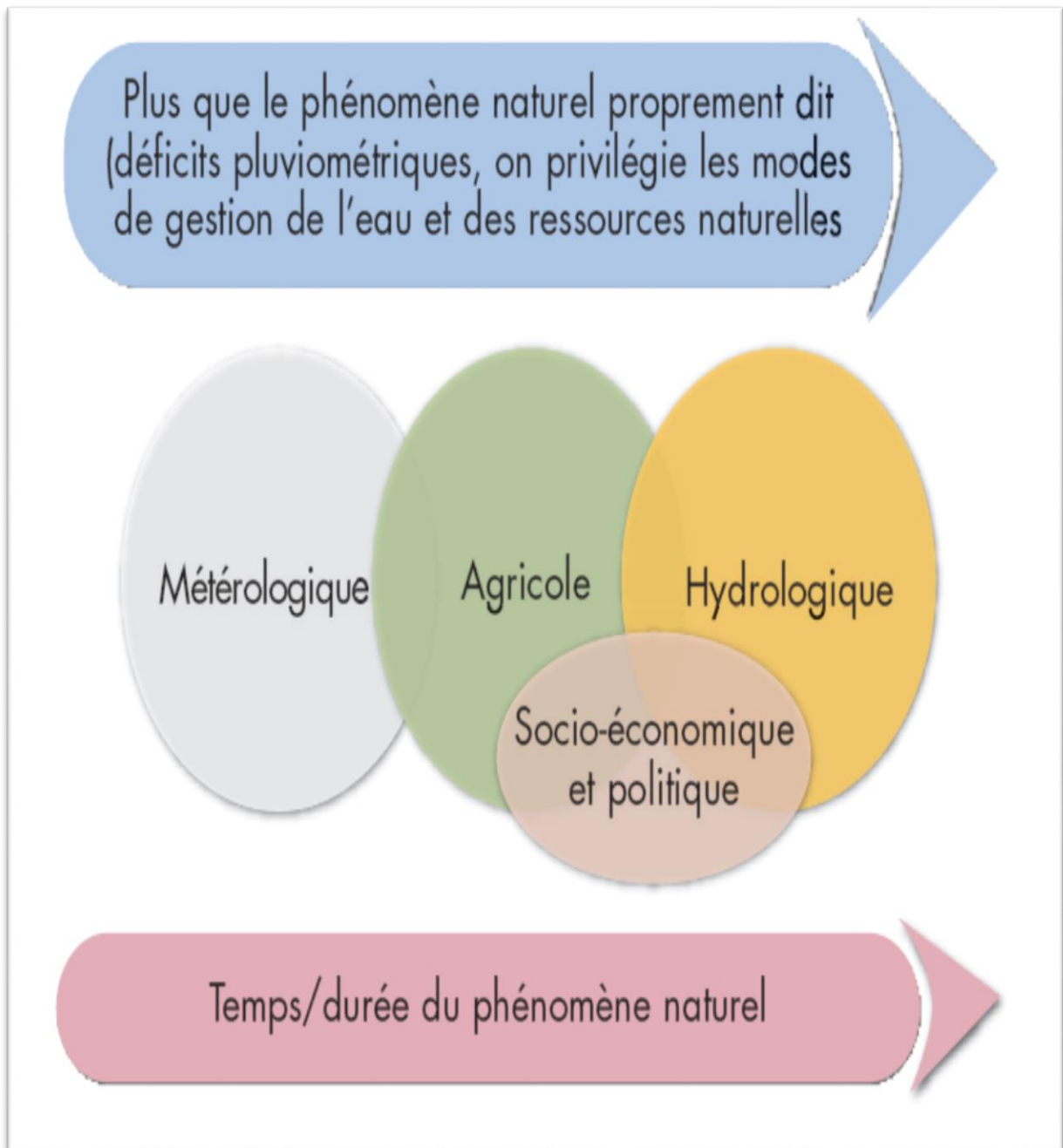
### **I.5.2.Les relations réciproques entre ces différents types de sécheresse.**

Ces différents types de sécheresse sont évidemment intimement liés. Pour autant leurs relations sont complexes. Tout d'abord, les sécheresses agricoles, forestières, hydrologiques ou socio-économiques se manifestent dans un deuxième temps par rapport aux sécheresses météorologiques (**OSS, 2013**).

Lorsqu'il y a un déficit pluviométrique (sécheresse météorologique), la sécheresse agricole est la première à être sentie, le secteur agricole étant le premier à être affecté du fait de sa dépendance directe à l'humidité du sol, facilement épuisable. Il faut cependant souvent plusieurs semaines de déficit avant que les cultures et les pâturages soient atteints. Si la déficience des pluies persiste sur plusieurs mois, c'est le débit des cours d'eau, le niveau des lacs, voire celui des nappes d'eau souterraines qui est touché, c'est la sécheresse

hydrologique. Et si la sécheresse se maintient encore, les différents types de sécheresses se conjuguent et les effets de la sécheresse socio-économiques font alors sentir (OSS, 2013).

Il paraît évident que les différentes sécheresses interagissent les unes avec les autres, et que dans cette interaction, le facteur temps est déterminant.



**Fig. 02 :** relations entre les différents types de sécheresse -DMNC, USA (OSS, 2013).

### I.5.3. Les impacts de la sécheresse.

Les principales conséquences de la sécheresse sont :

- ✓ **Sur la population** : la santé des enfants et des personnes âgées est très fragile et sensibles aux fortes chaleurs car ils n'ont pas le réflexe, ni l'envie de boire pour lutter contre leur déshydratation qui peut tuer.
- ✓ **sur la faune** : de même que pour la population, un manque d'eau affecte les poissons vivant dans l'eau, mais aussi les animaux qui s'abreuvent aux points d'eau.
- ✓ **sur les forêts** : la sécheresse va rendre les arbres plus secs et déshydratés ce qui peut causer leur mort. De plus, une végétation très sèche sera propice aux départs de feux.
- ✓ **sur l'agriculture** : l'irrigation des cultures (tel que le blé en France) est affectée par la sécheresse car les réserves d'eau sont faibles.
- ✓ **sur les sols** : en automne, les sols asséchés, qui ont pourtant besoin de se recharger en eau, ne vont plus pouvoir absorber les précipitations, créant des inondations et glissement de terrain.
- ✓ **sur les réserves d'eau potable** : l'alimentation et l'évacuation des eaux ménagères ne se font pas correctement, car le niveau des rivières, des fleuves et des nappes est très bas. Dans certaines zones rurales, l'eau est rationnée ou coupée
- ✓ **sur la production d'électricité** : l'eau est utilisée pour refroidir certaines centrales nucléaires, elles sont donc coupées pendant les sécheresses et périodes de canicule alors que la demande en électricité augmente : climatisation, ventilateur, réfrigérateur qui nécessitent beaucoup d'électricité.
- ✓ **Sur l'économie** : Chômage causé par la baisse de production, Une moindre production en agriculture, foresterie, pêche, énergie hydroélectrique, tourisme, industrie, et activités financières qui dépendent de ces secteurs.
- ✓ **Sur l'environnements** : Augmentation des incendies , Dommages aux écosystèmes et zones humides, biodiversité et maladies (érosion du sol, poussière, couvert végétal réduit) .

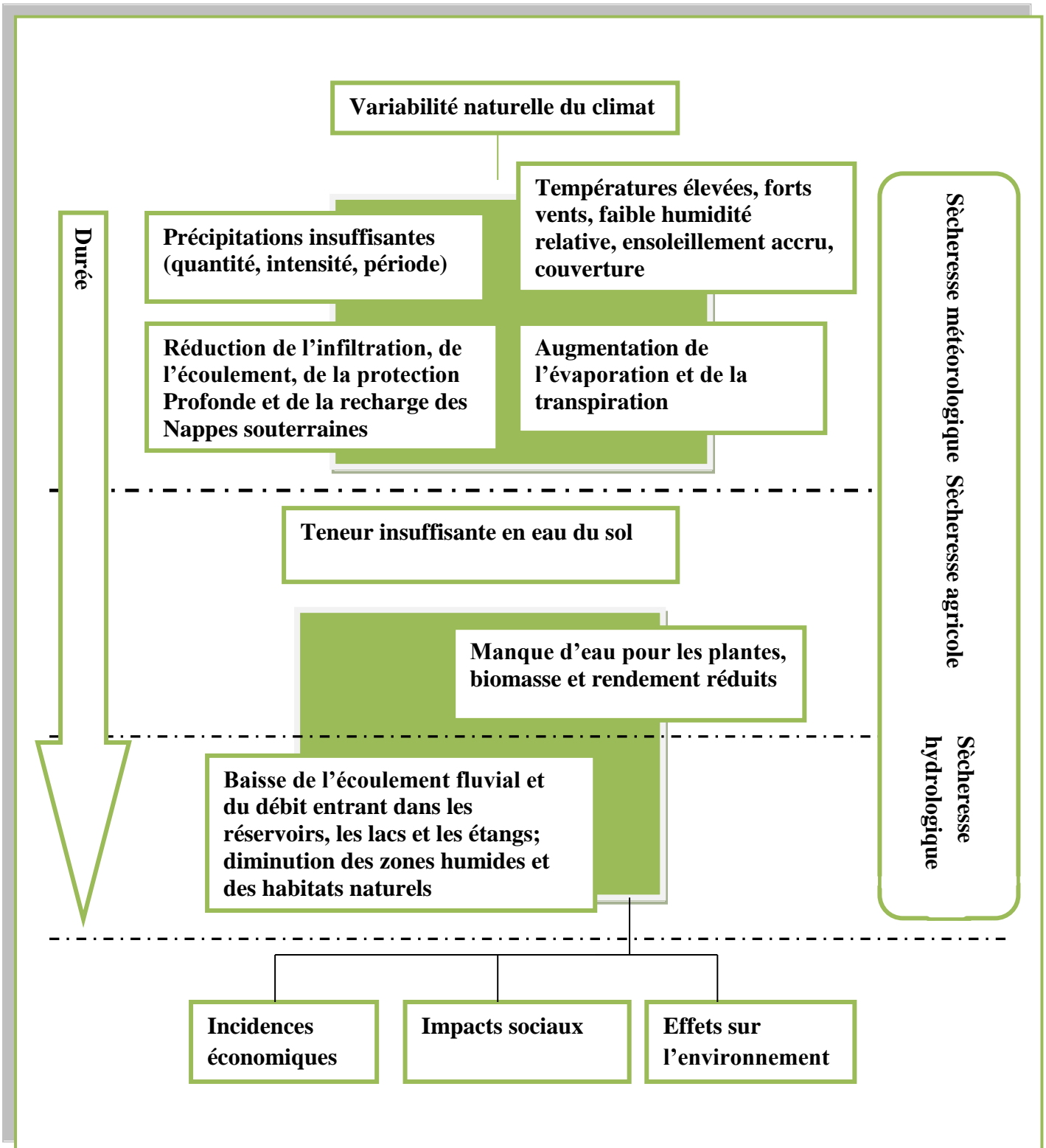


Fig. 03 : Succession de situations de sécheresse et de leurs incidences pour les différents types de sécheresse (D.M.N.C)



### **I.6. Système d'alerte précoce à la sécheresse (SAPS).**

#### **A. Qu'est-ce qu'un système d'alerte précoce à la sécheresse ?**

C'est un système de collecte, d'analyse et de synthèse de données sur les paramètres et indicateurs climatiques et agro-économiques dans l'objectif de donner un avis, en temps opportun, sur la menace de périodes de sécheresse et donc de stimuler les réponses appropriées. Il doit donc fournir des informations, au moment propice, sur le début et la fin de la sécheresse, sa durée, son extension spatiale et son moment d'occurrence, et ce pour l'élaboration de plans et de mesures d'urgence permettant de faire face à la crise(OSS, 2013).

Donc C'est un outil basé sur des indicateurs, qui aide à la prise de décision pour gérer le risque de la sécheresse à un stade précoce.

#### **B. Caractéristiques du Système d'alerte précoce à la sécheresse.**

Selon (OSS, 2013), Un système d'alerte précoce à la sécheresse est idéalement basé sur les aspects suivants :

- ✓ L'information météorologique.
- ✓ L'information agronomique.
- ✓ Les estimations de production.
- ✓ Les prix des produits alimentaires.
- ✓ La disponibilité des ressources en eau.
- ✓ La vulnérabilité.

**C. Système d’alerte précoce reconnu en Afrique.**

**Tableau n°02 : principaux systèmes d’alerte précoce en Afrique (OSS ,2013).**

Système	Lieu	Mission	Organisme
Réseau du système Alerte précoce contre la famine	Pays du Sahel (Tchad, Niger, Mali)	Fournir des informations sur la sécheresse , pour réduire l’incidence de la famine	USAID
Système mondial d’information et d’alerte rapide	Monde entier et pays du Sahel	Fournir des informations sur l’éminence des crises alimentaires	FAO
Analyse de vulnérabilité et cartographie	Afrique de l’Ouest	Fournir au Programme Alimentaire Mondial des informations fiables sur la nature de l’insécurité alimentaire et sur la vulnérabilité des populations	PAM
Système d’information et de cartographie sur l’insécurité alimentaire et la vulnérabilité	Afrique de l’Ouest	Faciliter les initiatives nationales et interna tionales en matière de gestion d’information pour une meilleure politique de sécurité alimentaire	FAO
Alerte précoce et prévision des productions agricoles	Pays membres du CILSS	Développement des méthodologies et des procédures d’analyse pour l’optimisation de l’information disponible	AGHRY- MET
Harmonisation des prévisions climatiques pour l’atténuation de l’impact du changement global en Afrique de l’Ouest soudano-sahélienne	Mali	Contribuer à harmoniser les efforts pour réduire l’insécurité alimentaire par l’appli- cation des prévisions climatiques saisonniers	UE

**I.7. Quelques Indices de la sécheresse connus dans le monde.**

Pour caractériser et identifier la sécheresse climatique, plusieurs méthodes et indices ont été utilisés à différentes échelles de temps : mensuelle, saisonnière et annuelle. Ils permettent de déterminer le seuil de la sécheresse climatique, d'établir une classification selon la sévérité de l'événement et selon sa position et identifier la probabilité d'occurrence de différentes classes de sévérité.

**I.7.1 .Indice standardisé de précipitation.**

L'indice standardisé «**SPI**» (Standardisé de précipitation index) a été développé en vue de caractériser les déficits de précipitation pour une période donnée (McKee et al ,1993) .Il prend en considération l'impotance du temps dans l'analyse de la disponibilité des ressources en eau .En effet , la période de temps sur laquelle le déficit des précipitation est accumulé devient extrêmement important pour séparer entre les différents types de sécheresse (McKee et al .1995) .Il peut être calculé à différentes échelles de temps (1 , 3 ,6 ,12,24,48 mois) afin de refléter l'impact de la sécheresse sur les différentes ressources en eau (Hayes et al .1999) .La formule mathématique de **SPI** est la suivante :

$$SPI = (p_i - p_m) / \sigma \dots\dots\dots (1)$$

**Avec :**

- P<sub>i</sub> : précipitation de l'année (mm).
- P<sub>m</sub> : précipitation moyenne Annuelle (mm) .
- σ : Déviation standard ou écart type.

**I.7.2 Indice de l'écart à la moyenne (Em).**

C'est l'indice le plus utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année .L'écart à la médiane est le plus utilisé par les agro-météorologues. Bien évidemment, quand l'échantillon de données est le plus utilisé est dissymétrique, la différence entre la moyenne et la médiane est grande .L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de la précipitation annuelle (p<sub>i</sub>) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (P<sub>m</sub>).

$$Em = P_i - P_m \dots\dots\dots (2)$$

L'écart est positif pour les années humide et négatives pour les années sèches .On parle d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée.

### **I.7.3 Rapport à la normale de la précipitation (RN).**

Cet indice, qui est exprimé en pourcentage, pour être obtenu en divisent la précipitation annuelle par la précipitation normale et en multiple par 100%.Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$RN(\%) = (P_i / P_n) * 100 \dots \dots \dots (3)$$

**Avec :**

RN : rapporte à la normale des précipitations en pourcentage.

P<sub>i</sub> : précipitation annuelle (en mm).

P<sub>n</sub> : précipitation normale (en mm).

Le rapport à la normale en pourcentage permet de d'estimer la variation de la précipitation par rapport à la normale.

### **I.7.4. Indice de sévérité des sécheresses de Palmer « Palmer Drought Severity Index .**

$$PDSI = 0,897X (i - 1) + Z(i) / 3 \dots \dots \dots (4)$$

**i** : Mois de l'année

**X (i-1)** : PDSI de la période précédente

**Z(i)** : Indice de correction de l'humidité

$$Z (i) = K (P - P_c)$$

**K** : Facteur de poids, ajusté régional (--)

**P** : Précipitation mensuelle réelle (mm)

**P<sub>c</sub>** : Précipitation mensuelle appropriée aux conditions climatiques existantes)

$$P_c = \alpha_j P E + \beta_j P R + \gamma_j P R O - \delta_j P L \text{ (mm)}$$

**j** : Mois de l'année

**PE** : Évapotranspiration potentielle (mm)

**PR** : Recharge du sol potentielle (mm)

**PRO**: Ruissellement potentiel (mm)

**PL** : Perte potentielle dans le sol (mm)

**$\alpha_j$ ,  $\beta_j$ ,  $\gamma_j$ ,  $\delta_j$**  : Coefficients climatiques mensuels. (Moyennes historiques des ratios des valeurs mensuelles attendues par rapport aux valeurs potentielles) .

## II. Présentation de la zone d'étude

La bonne connaissance du milieu physique (zone d'étude) est un moyen d'aide à la compréhension du phénomène étudié et à l'interprétation des résultats obtenus.

Ce chapitre est une synthèse des caractéristiques géographiques, démographiques, géologiques, hydrographiques, climatiques, en eaux du bassin versant de la Macta.

### II.1. Situation géographique.

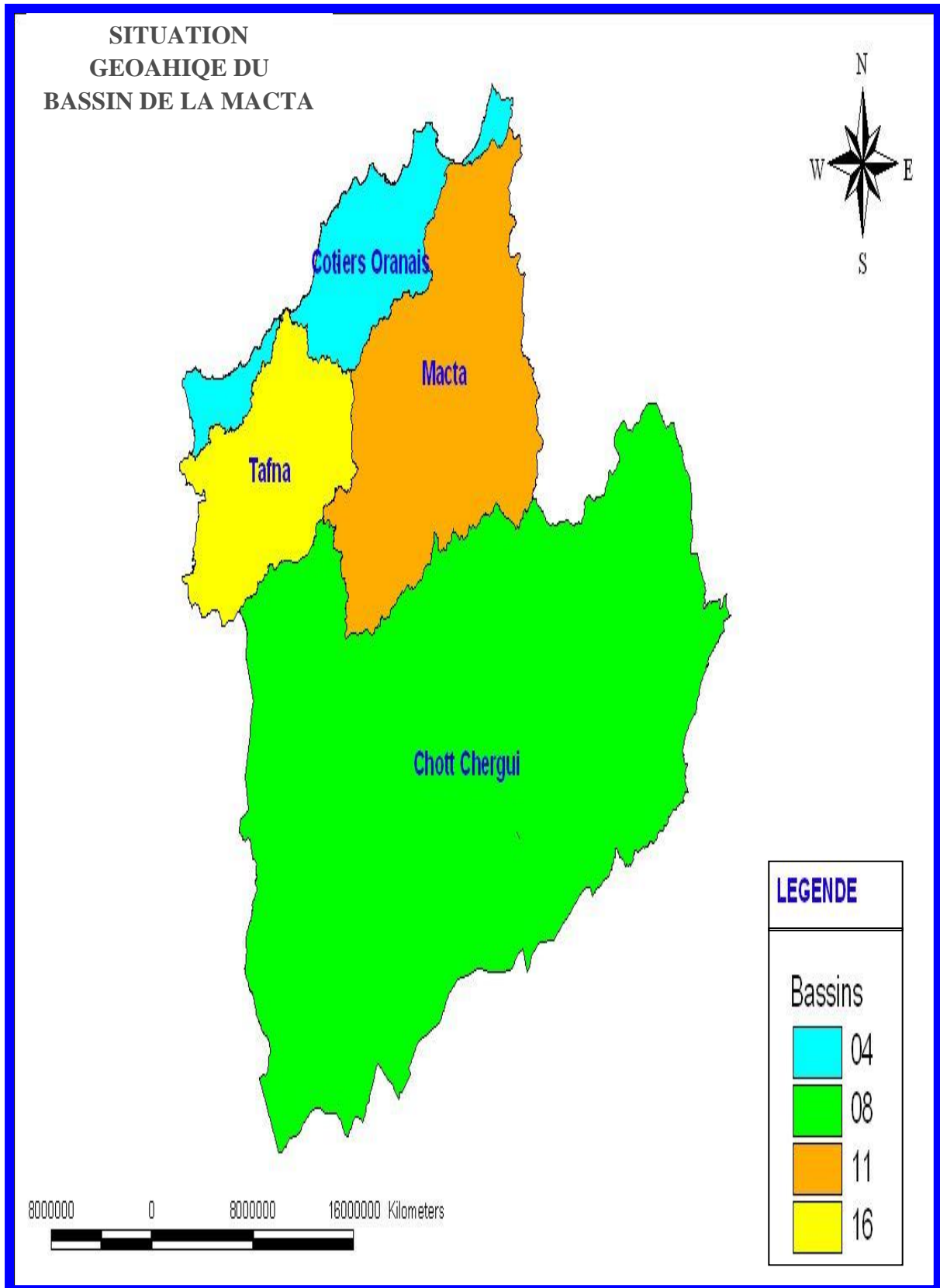
Le Bassin Macta est situé dans la zone Nord Est de la région hydrographique Oranie - Chott Chergui, est le plus grand bassin dans nord-ouest algérien à travers 06 wilayas (Mascara, Saida, Tlemcen, Sidi bel abbés, Mostaganem , Oran ) dénombrant 106 communes intégrées totalement dans le bassin , est constitué par 16 sous bassins (ABH,2006) .

Elle est limitée :

- ✓ Au Nord par la mer méditerranée.
- ✓ A l'Est par le plateau de Tighenif et les monts de Saïda.
- ✓ Au Sud par les hauts plateaux de Ras El Ma et les plaines de Maalif.
- ✓ A l'Ouest par le plateau de Telagh, les monts de Tessala et les monts de Tlemcen

Le bassin versant de la Macta s'étend sur une superficie de l'ordre de **14 389 Km<sup>2</sup>**, avec une population de plus de **1 231 445 Hab (2006)** .

Le bassin versant de la Macta est connu par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H) sous le code 11.



**Fig.04** : Localisation géographique du bassin versant de la Macta (ANRH, 2006)

## II.2.Reliefs.

Le relief du bassin versant de la Macta est très varié allant des hautes altitudes (> 1000 m) du sud, aux dépressions sublittoral (< 50 m) au nord (Figure 05). Cependant (**Meddi et al., 2009**) , on distingue :

✓ **Zone des basses plaines littorales :**

Séparée de la mer par un cordon dunaire et présente des altitudes les plus faibles (inférieures à 9 m), ce qui favorise la présence de plans d'eau, du marais et de steppes plus ou moins humides .

✓ **Massifs montagneux :**

Ils confèrent un caractère montagneux à la plus grande partie du bassin versant de la Macta : A l'Ouest et au Nord-Ouest se trouve les monts de Tessala (point culminant à 1061 m) qui sont traversés par l'oued Mebtouh avant qu'ils rejoignent la basse plaine inférieure. Au Sud-Ouest, ils sont relayés par la partie orientale des monts de Tlemcen (1412 m au djebel Ouargla).

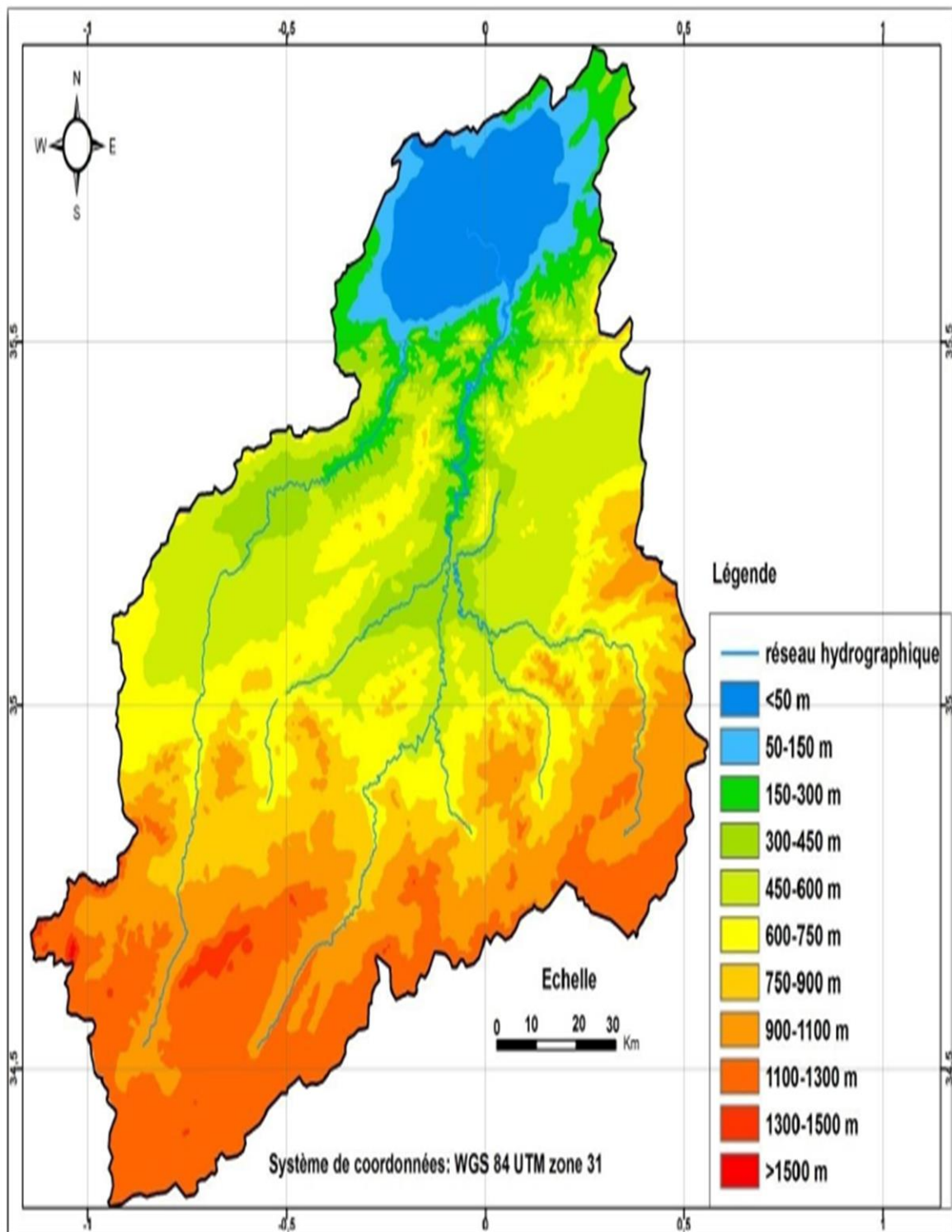
Les monts de Beni Chougrane (700m) occupent une bonne partie de la zone moyenne du bassin versant qui remonte, à l'Est,jusqu'aux monts de Saïda (1201 m au djebel Tiffrit) et au Sud, jusqu'aux monts de Dhaya(1455 m au djebel Mezioud) et les hauteurs de la bordure septentrionale des hauts plateaux (1415 m au djebel Beghira) .

✓ **Zone des plaines alluviales :**

Les plaines alluviales sont insérées dans les massifs montagneux comme la plaine de Sidi Bel Abbès de direction S-N, qui est associée à l'oued Mekerra et la plaine de Ghriss à l'Est drainée par l'oued Ain Fekane .

Le relief du bassin versant de la Macta a été obtenu en faisant une interpolation de type IDW (inverse de distance) des courbes de niveaux du Nord de l'Algérie. Ce mode d'interpolation est intégré dans le logiciel Arc Gis 9.3. Un modèle numérique du terrain (MNT) raster est ainsi obtenu en affectant une couleur à une fourchette d'altitude donnée.





**Fig.05** : Modèle numérique du terrain et réseau hydrographique du bassin versant de La Macta (ANRH, 2005)

### II.3. Ressource en eau.

#### II.3.1. Ressources en eau souterraines.

Les nappes aquifères se concentrent dans la partie centrale et au nord du bassin versant de la Macta, dont leur capacité mobilisée est de **76,74 Hm<sup>3</sup>**, et **217 Hm<sup>3</sup>** mobilisables, (A.B.H.O, 2006) .

#### II.3.2. Ressources en eau superficielles.

Les ressources en eau superficielles dans le bassin versant de la Macta sont estimées à **295 Hm<sup>3</sup>** mobilisables, **227,41 Hm<sup>3</sup>**, mobilisée par cinq (05) barrages :

- Barrage Ouizert .
- Barrage Bouhanifia
- Barrage Cheurfa
- Barrage Sarno
- Barrage Fergoug .

**Tableau n04°** : Caractéristiques morpho métriques et hydrographiques de Bassin versant de la Macta :

Code	S(Km <sup>2</sup> )	P(Km)	Kc	L(Km)	Im (%)	Dd (Km <sup>2</sup> /Km)
11	14389	725,6	1,69	316,71	2,20	0,02

### II.4.Sol.

Les sols en général ont des prédominance type calcaires ,au niveau des hauts piémont et montagne .Les sols sont peu profonds à l'exception des sols des différentes vallées et des bas piémont caractères par des dépôt les plus récent (sols marneux et argileux) .

La région des béni Chougrane, se caractérise par un faciès compose de grès et de conglomérats.

A proximité de l'exutoire (marécage de la Mactaa), se compose des dépôts de matériaux de sédiment transposés et remaniés. Les dépôts sont généralement argileux salés (**Baghdadi et al ; 1996**).

### II.5.Occupation du sol.

Selon ( **Beddal ,2015** ) , il ya Six (06) classe représente la Superficie et pourcentage d'occupation du sol dans le bassin versant de la Macta :

- Couvert végétal permanent : 2948,03 (Km<sup>2</sup>) représente 20,49 %
- Couvert végétal temporaire : 8335,48 (Km<sup>2</sup>) représente 57,93%
- Couvert végétal clairsemé : 2663,24 (Km<sup>2</sup>) Soit 18,51%
- Sols nus : 302,89 représente 2,10
- Eau libre : 14,86 soit 0,10%
- Agglomération : représente 0,87 %.

La superficie et le pourcentage de chaque classe indiquent la dominance du couvert végétal temporaire (58 % de la surface total) concentré dans les plaines intérieures de Sidi Belabbes, Ghriss et les grands périmètres irrigués .

La couverture végétale clairsemée est dominée au Sud-Ouest (l'Alfa, parcours, maquis clairs) (Bouasria et al., 2010). Alors que le couvert végétal permanent occupe 20% de la surface totale qui est caractérisé par des forêts couvertes de pins d'Alep (Louza, Belarbi, Tenira et Tiffrit) , de maquis et de l'arboriculture (olivier, vignobles,...) (**Baahmed, 2004**).

### II.6.Etude climatique.

Le bassin versant de la Macta est soumis à l'influence de la mer et du relief, pour Identifier son régime climatique, trois (03) stations climatologiques ont été utilisées dont leurs Localisations et leurs caractéristiques sont mentionnées dans le tableau 05.

**Tableau n°05** : Caractéristiques des stations climatologiques :

Nom de la station	Lat. (°)	Long. (°)	Z (m)	Période D'observation
Mascara (Matemore)	35°36N	00°18E	474	1977 - 2012
Saida	34°52N	00°09E	750	1977 - 2012
Sidi Bel abbés	35°12N	00°37W	475	1985 - 2012

### II .6.1. Précipitation.

Les Précipitations constituent évidemment, le paramètre climatique essentiel, Leur intensité , leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement ,de sa localisation et de sa violence . (kerdoud , 2004) .

**Tableau n°06** : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Matmore (1977 – 2012).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
P(mm)	42,8	39,8	39,4	30	26	4	2,2	5	15,9	31,5	45,5	41,6	322,1

**Tableau n°07** : Précipitation moyenes mensuelles a la station de Saida (1977 – 2012).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
P(mm)	38,8	37,5	39,1	36,5	29,3	11	5,1	8,6	21,3	41,6	38,7	35 ,8	343,6

**Tableau n08** : Précipitation moyennes mensuelles a la station de sidi bel abbes (1985 – 2012)

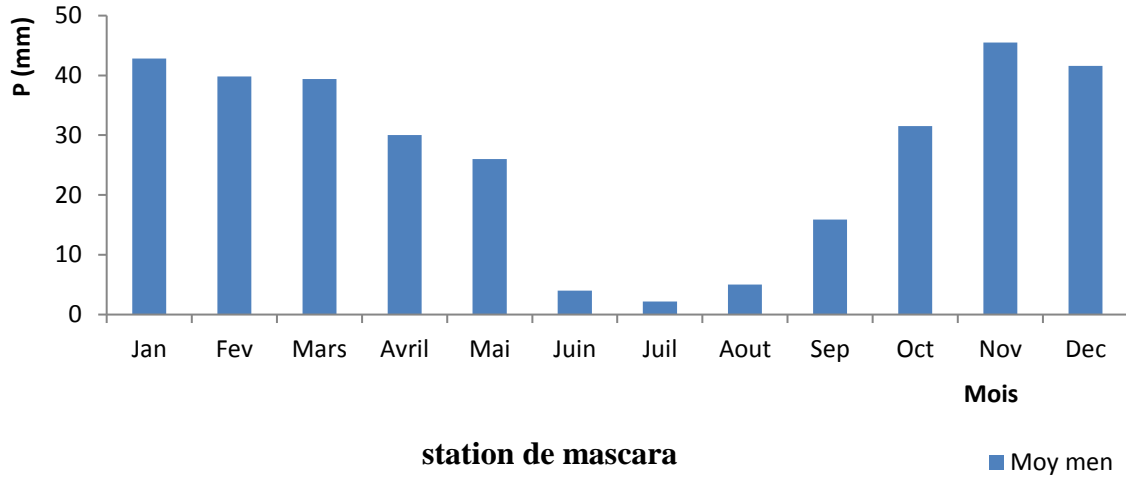
Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
P(mm)	37,5	31	30,2	27,1	19,2	5,7	2	4	15,6	24,6	38,2	29,5	264,7

L'analyse de ces tableaux montre que la précipitation moyenne mensuelle enregistrée aux trois stations climatiques :

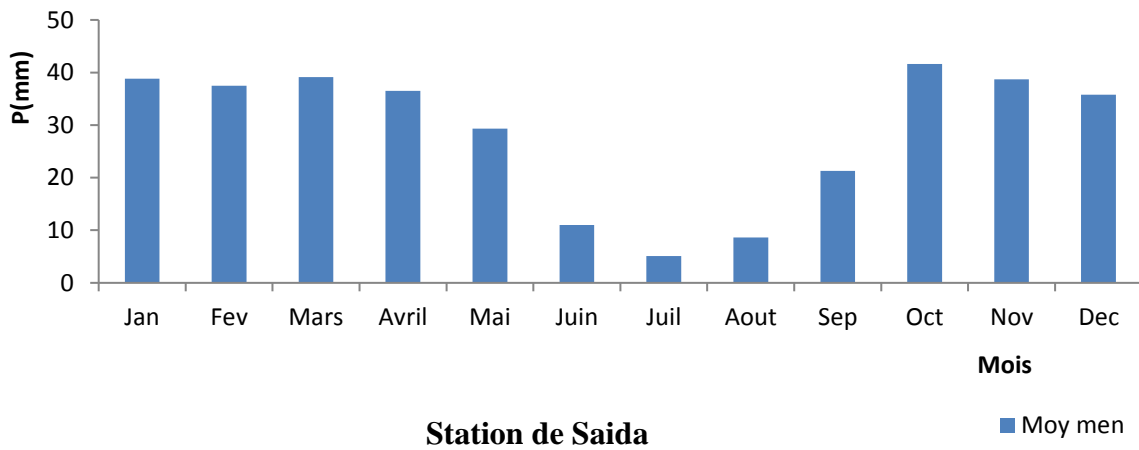
**Station de mascara** : le tableau 06 et la figure 06 , nous remarquent que la précipitation la plus important enregistré dans le mois novembre (plus de 45mm), suite le mois de décembre et janvier Par contre la quantité des pluies dans le mois juin et juillet sont très faible.

**Station de Saida** : Dans le tableau 07 et la figure 07, nous montre que les mois plus pluvieux au cour de mois octobre à avril (la Quantité te des pluie plus de 35mm), en suite en remarque la quantité des pluies est faible au cour de mois juin à aout.

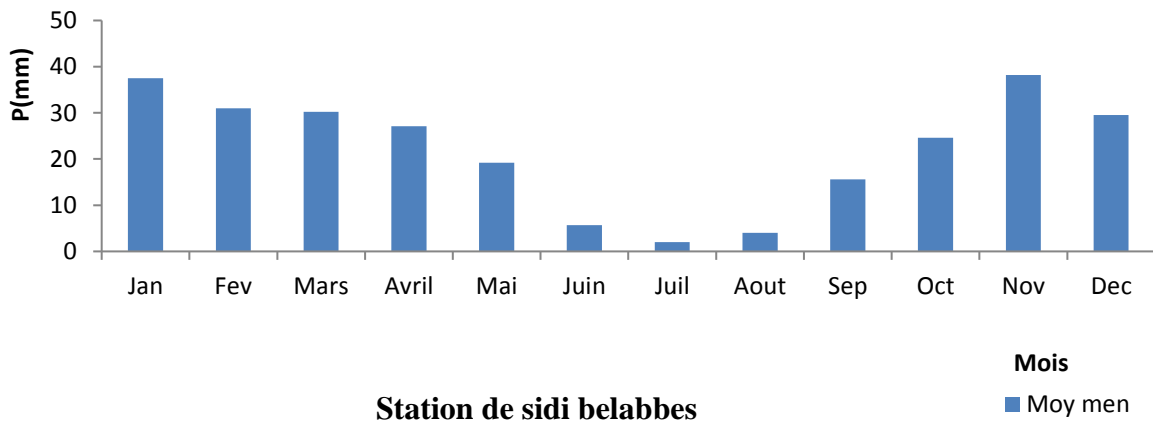
**Station de Sedi bel abbés** : D'après le tableau 08 et la figure 08 , nous que observons le mois de novembre et janvier est plus pluvinent, par contre le mois juillet est très



**Fig.06 :** Précipitation moyenne mensuelles (1977 – 2012)



**Fig.07:** Précipitation moyenne mensuelle (1977-2012)



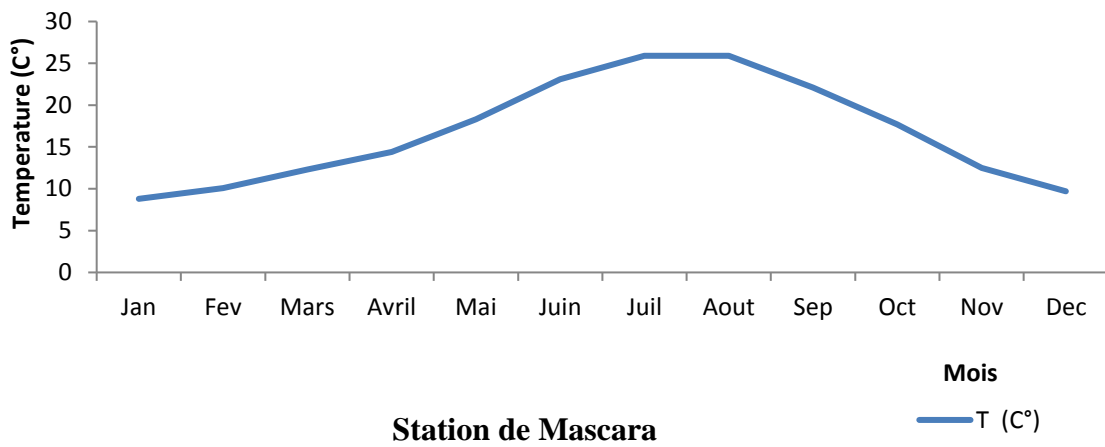
**Fig.08 :** précipitation moyenne mensuelle (1985-2012)

**II.6.2. Température.**

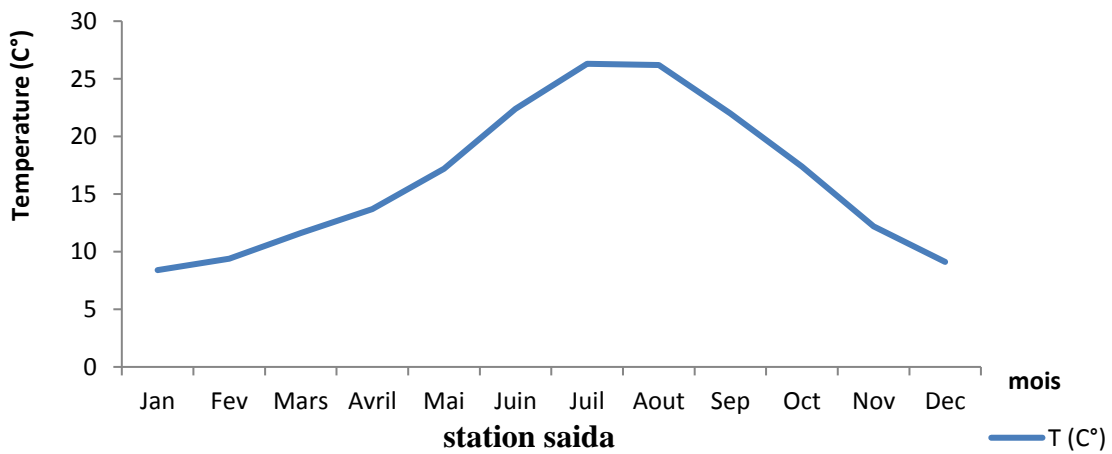
La température est une grandeur très fluctuante, car elle résulte de plusieurs facteurs, et c'est un paramètre incontournable ayant un grand impact sur le climat car il entre dans l'estimation du bilan hydrologique il est utilisé conjointement avec les précipitations .

Les figures ci-dessous (09-10-11), représente la température moyenne mensuelle dans trois stations défèrent. Ces donnes ont été fournies a l'office national de météorologie (ONM)

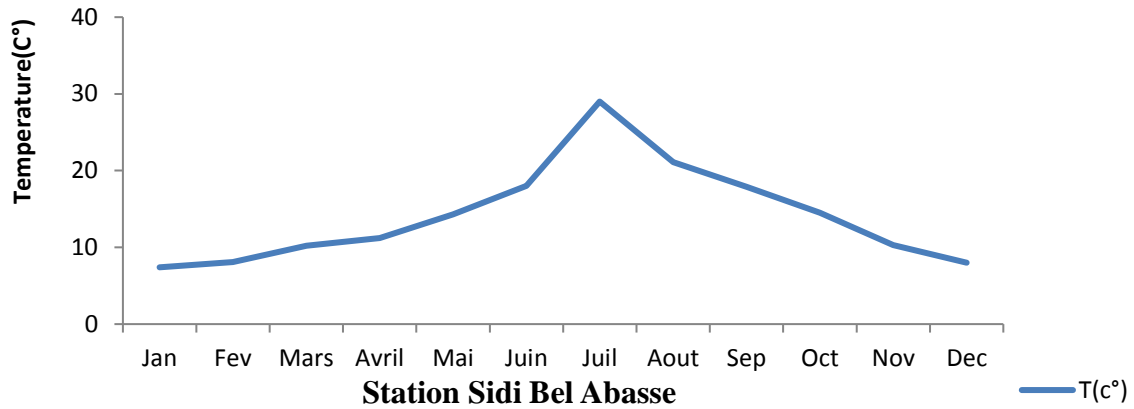
On remarque que la température maximale et minimale sont enregistrtent à la station sidi bel abbés (de l'ordre 29C° max et 7,4C° min) .



**Fig.09 :** Température moyenne mensuelle (1977-2012)



**Fig.10 :** Température moyen mensuelle (1977-2012)



**Fig.11:** Température moyenne mensuelle (1985-2012)

**II.6.3. Evaporation.**

Selon Les données existantes ( Tab 09,10,11 ), la quantité moyenne mensuelle d'eau évaporée et variable selon le mois , elle très importante de juin à juil. dans la station Saïda .

**Tableau n°09 :** Evaporation moyenne mensuelles de la station Matmore (1977-2012)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
Evp (mm)	72	75	108	130	178	244	301	283	192	138	90	67	1852

**Tableau n°10 :** Evaporation moyennes mensuelles de la station Saïda (1977-2012)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
Evp (mm)	107	106	142	161	212	298	393,	370	255	193	125	100	2360

**Tableau n°11 :** Evaporation moyennes mensuelles de la station Sidi bel abbés (1985-2012)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
Evp (mm)	71	71	99	115	163	226	279	257	170	125	86	71	1747

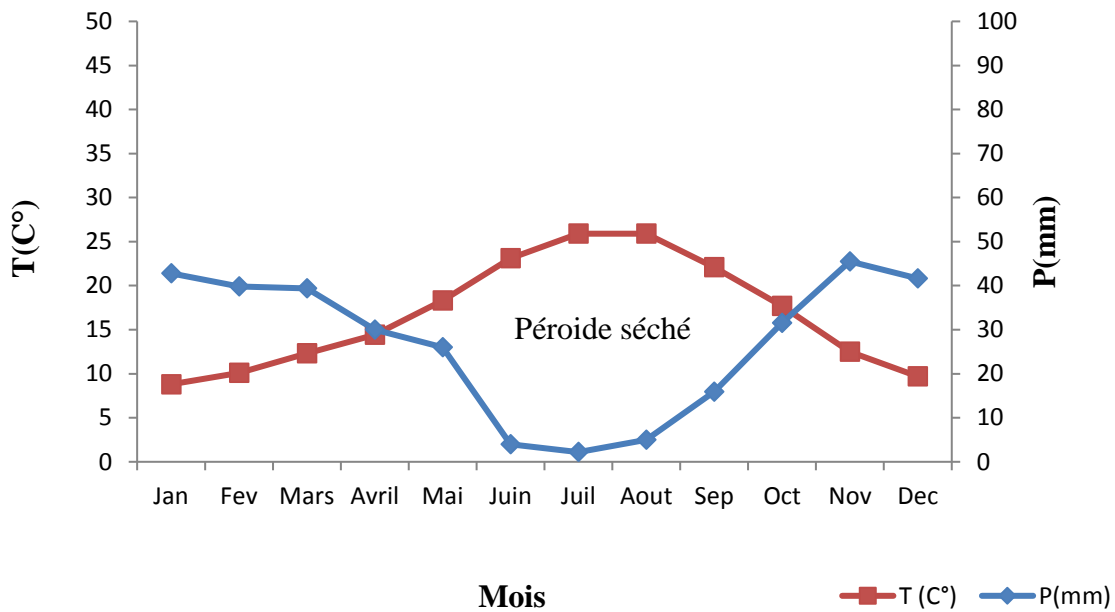
**II.7. Synthèse climatique.**

Pour caractériser le climat semi-aride de bassin versant de Macta d'une manière générale, on va faire une synthèse climatique en utilisant elle fait appel à la réalisation de diagramme Ombrothermique de bagnoule et gessien (1935) et climagramme pluviométrique d'embarge(1955).

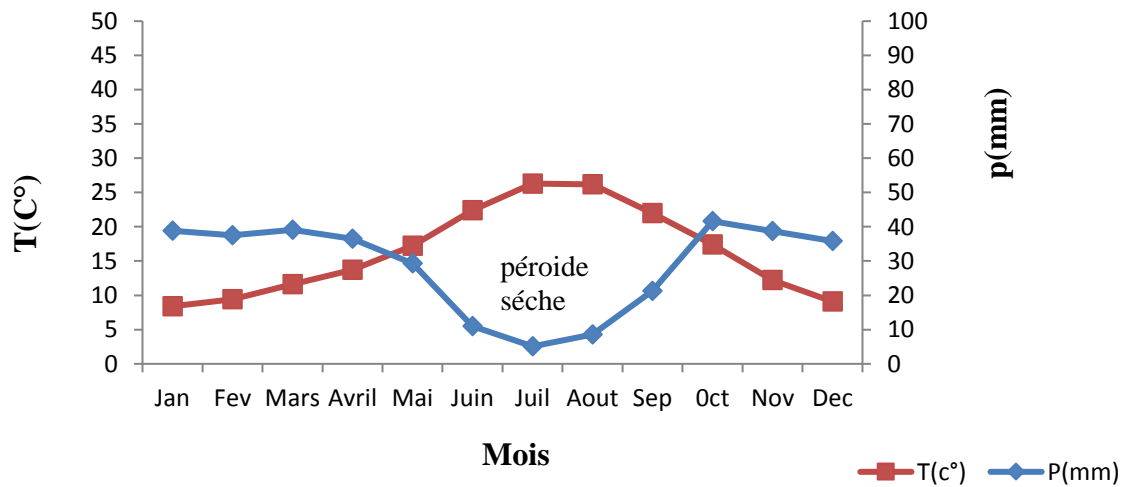
**II.7.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен .**

La représentation de ce diagramme consiste à porter sur le même graphique les Variations des températures et les précipitations portées sur deux axes parallèles en fonction du temps , la définition basée sur le comportement de la végétation de H .Guaussen (Hadj-Said, 2008 ).

un mois est sec lorsque la précipitation moyennes exprime en (mm) ,sont inferieur ou égale au double les températures enregistrer durant la même période (  $P \leq 2T$  ).

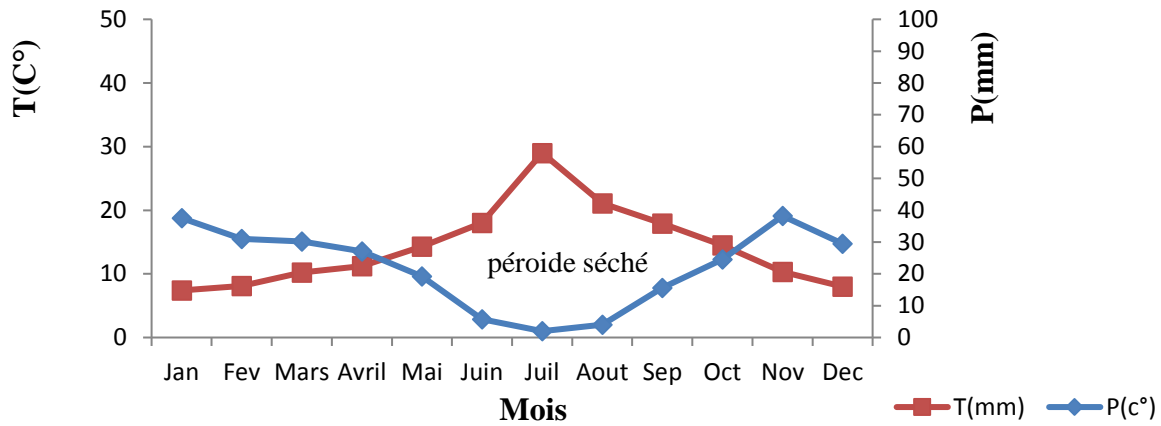


**Fig.12 :** Diagramme Ombrothermique de la station Matmore (Mascara),(1977-2012)



**Fig.13 :** Diagramme Ombrothermique de la station Saida (1977-2012)





**Fig.14 :** Diagramme Ombrothermique de la station sidi bel abbés (1985-2012)

Les diagrammes ombrothermique au trois stations climatologique sont illustrés dans les figures (12,13,14).

L'analyse des figures :

L'existence de deux périodes au cours de l'année, une période déficitaire caractérisée par des températures élevées et des précipitations minimales (période sèche ) et une autre période humide traduite par l'abondance des précipitations.

**La période sèche :** Les mois sec se succèdent, du début Avril à octobre pour les trois stations , avec une moyenne maximale de température 29°C, et un précipitation de 2mm pour la station sidi bel abbés .

**La période humide** s'étale sur six (06) mois (du mois de Novembre jusqu'au moi d'Avril) aux stations de Mascara et Sidi Bel abbés. Mais à la station de Saïda, la période humide est de sept (07) mois (du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril).

### II.7.2. Climatogramme d'EMMBERGER (Q2).

Le quotient pluviothermique "Q2" d'EMBERGER est une expression synthétique du Climat méditerranéen en tenant compte de la moyenne annuelle des précipitations et des Températures (maximale et minimale) (Gouaidia, 2008).

$$Q2 = 2000 [P / (M^2 - m^2)] \dots\dots\dots (5)$$

**Avec :**

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

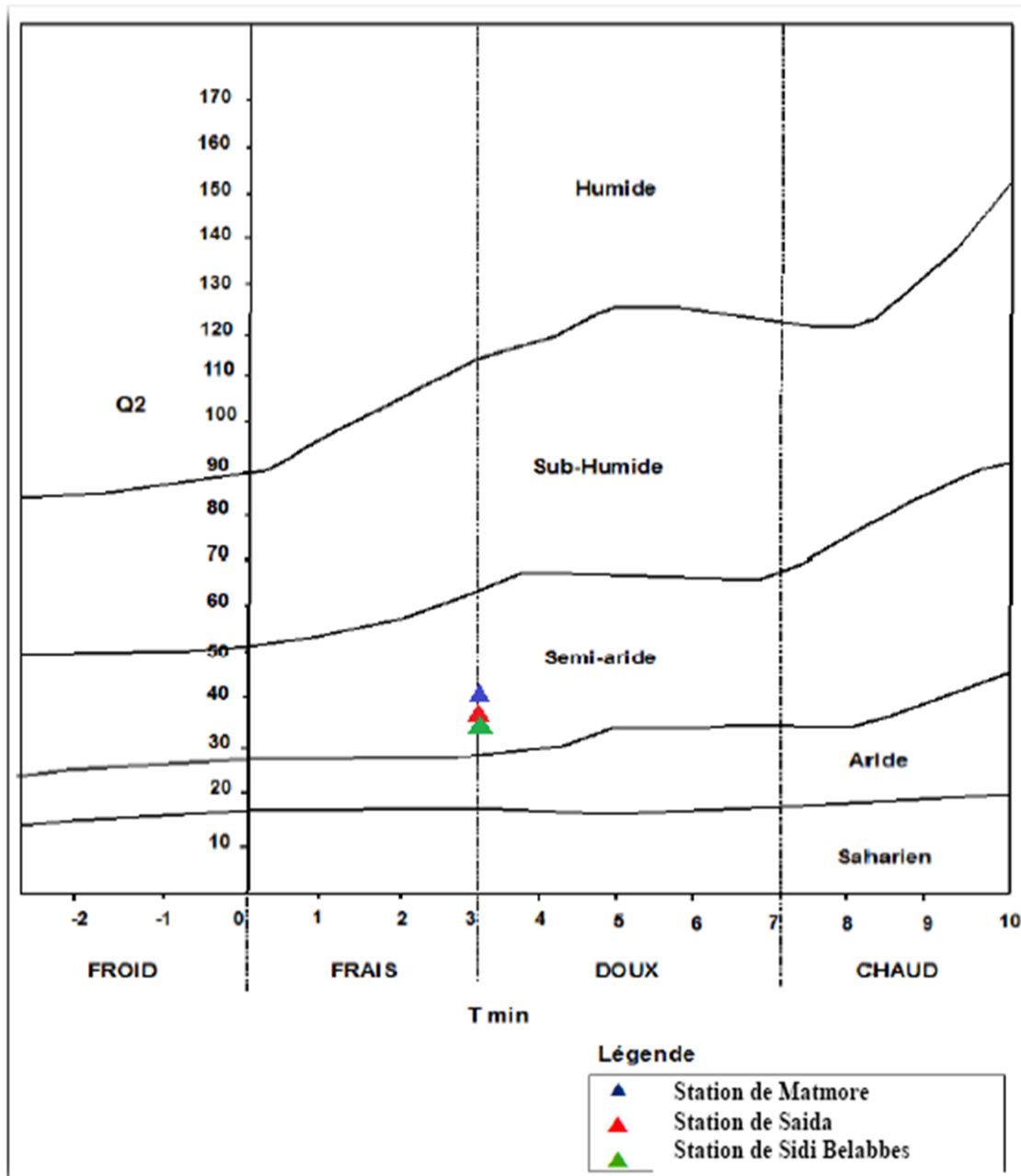
M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en ° Kelvin (°K).

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en ° Kelvin (°K).

Les résultats de calcul du quotient pluviométrique Q2 des trois (03) stations climatologiques sont donnés au tableau (15).

**Tableau 12:** Valeurs du quotient pluviométrique Q2 des trois stations climatologiques :

Nom de station	P(mm)	M (K°)	m (K°)	<b>Q2</b>
Matmore	322,1	307,6	275,9	39,74
Saida	343,6	308,1	276	36,65
Sidi bel abbés	264,7	300,7	275,3	36,18



**Fig.15:** Quotient pluviométrique des stations climatologiques utilisées sur le climatogramme d'EMBERGER .

-D'après la figure 15 , les trois stations climatologiques sont situées dans l'étage bioclimatique semi-aride à la limite frais et doux.

### **III. Matériels et Méthodes**

Les sécheresses se classent parmi les dangers naturels les plus coûteux d'une année sur l'autre, Le suivi des sécheresses fait fréquemment appel à des indicateurs ou des indices qui varient selon la région et la saison. L'analyse de la sécheresse météorologique dans le bassin versant du Macta , par l'indice standardisé ou normalisé de précipitation SPI, (Mc Kee et al., 1993), nécessite des séries chronologiques les plus longues possibles, car certains chercheurs exigent au moins 50 années de données pour avoir plus de chance d'obtenir de meilleurs résultats .

Pour la méthode de travail, les étapes suivantes ont été adoptées :

#### **III.1. Etude de la qualité de la donnée.**

##### **III.1.1. Données traités.**

Nous avons traité les pluies mensuelles de chaque poste pluviométrique, voir (Annexe 01), Notons que nous avons pris aussi quelque poste pluviométrique en d'ors le bassins versant de la Macta pour le but d'éviter l'erreur de bordure.

Les données utilisées dans cette étude ont été collectées après des services de L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) et l'Office Nationale de la Météorologie (O.N.M) , on s'est basé dans cette étude, sur 104 postes pluviométriques et sur différents d'années d'observations (1905– 2011).

##### **III.1.2. Carte de localisation les postes pluviométriques choisir.**

Notre poste pluviométrique de bassin versant Macta se trouve entre les latitudes

maximales :

X1= 34 °34'

X2= 35°79'

Et entre les longitudes maximales :

Y1= 0°56'

Y2 = 1°06'

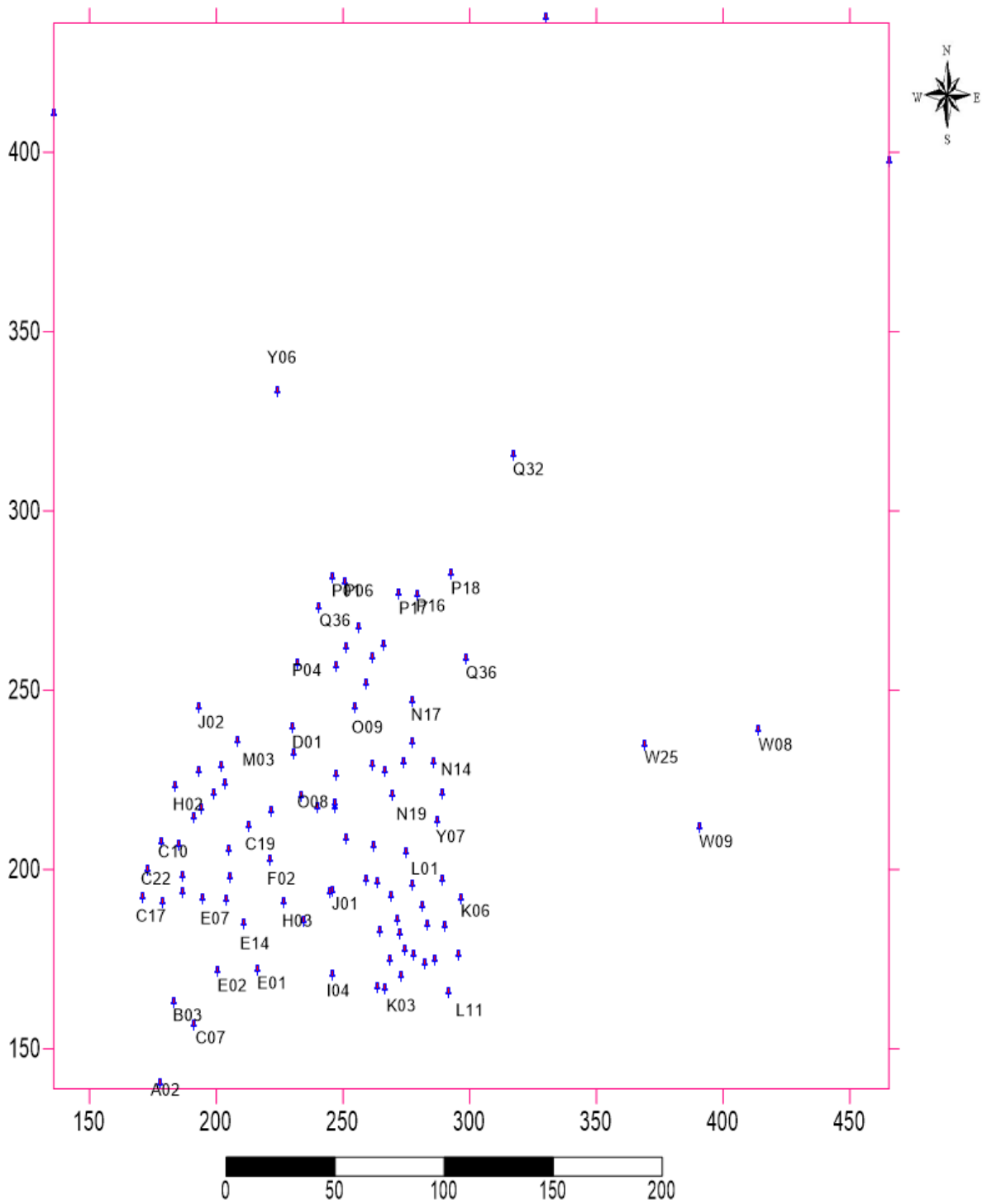


Fig.16 : Carte de localisation de poste pluviométrique choisir

### III.1.3.Statistique descriptives de série pluviométrique.

L'étude comparative des différents paramètres statistiques de position calculent à savoir :

#### III.1.3.1.Les paramètres centrale.

- Moyenne : La moyenne est une mesure statistique caractérisant les éléments d'un ensemble de quantités, Somme de toutes les valeurs d'observation devise par nombre d'observations.

- Médiane : Les valeurs étant rangées par ordre croissant, c'est la valeur de la variable qui sépare les observations en deux groupes d'effectifs égaux.

#### III.1.3.2.Les paramètres dispersion.

- Variance : La variance, notée  $\sigma^2$  est la moyenne carré des écarts à la moyenne.

- Ecart type : L'écart type, noté  $\sigma$  est la racine carré de la moyenne du carré des écarts à la moyenne, c'est à dire la racine carrée de la variance.

- Coefficient de variation : Noté à

$$C.V. = \sigma / \text{moyenne} \dots \dots \dots (6)$$

#### III.1.3.3.Les paramètres de forme.

- Coefficient d'aplatissement : le kurtosis , est une mesure directe de l'acuité et une mesure indirecte de l'aplatissement de la distribution d'une variable aléatoire réelle.

- Coefficient d'asymétrie : correspond à une mesure de l'asymétrie de la distribution d'une variable aléatoire réelle , l'asymétrie d'une distribution est positive si la queue de droite (à valeurs hautes) est plus longue ou grosse, et négative si la queue de gauche (à valeurs basses) est plus longue ou grosse.

#### III.1.3.4.Les quartiles.

-1ere Quartile : est la donnée de la série qui sépare les 25 % inférieurs des données

-3 éme Quartile : est la donnée de la série qui sépare les 25 % supérieurs des données.

La différence entre le troisième quartile et le premier quartile s'appelle écart interquartile, c'est un critère de dispersion de la série.

### **III.1.4. Homogénéité des données pluviométrique.**

Toute étude climatique est basée sur la collecte des données pluviométrique de sources différentes. Ces données sont hétérogènes dans certaines stations dues à l'absence de mesure plusieurs années.

### **Test de Kolmogorov-Smirnov (Ks) .**

Le test de Kolmogorov-Smirnov, est un test d'hypothèse utilisé pour déterminer si un échantillon suit bien une loi donnée connue par sa fonction de répartition continue, ou bien si deux échantillons suivent la même loi.

Le test de Kolmogorov-Smirnov est un test d'hypothèse non paramétrique. Il est utilisé pour comparer des fonctions de répartition. Ce test est un test d'ajustement, c'est à dire il vise à vérifier si les données observées sont compatibles avec un modèle théorique donné.

En utilisant l'intervalle de confiance (95%) ou seuil du risque  $\alpha=0,05$  .

## **III.2. Calcul de SPI.**

### **III.2.1. Outils utilisés.**

On peut résumer les principales caractéristiques de ce logiciel comme suit :

- **Excel 2013** : pour le traitement des données numériques et statistiques .
- **Surfer 11** : a servi à la création de la base de données pour la réalisation des varigrammes et des cartes.
- **programme SPI (SPI\_SL\_6.exe)** : il est possible de calculer l'indice SPI pour un lieu donné et sur un nombre de fenêtres temporelles pouvant aller jusqu'à six simultanément.

### **III.2.2. L'indice de SPI.**

L'indice SPI (McKee et al., 1993, 1995) est un indice à la fois puissant, souple d'utilisation et simple à calculer. Les données sur les précipitations constituent en fait le seul paramètre requis. En outre, l'indice SPI se révèle tout aussi efficace pour analyser les périodes ou cycles humides que les périodes ou cycles secs

Pour calculer l'indice SPI, il faut disposer idéalement de relevés mensuels s'étalant sur au moins 20 à 30 ans, mais de préférence sur 50 à 60 ans, voire plus, ce qui constitue la période optimale (Guttman, 1994).

### III.2.3. Interprétation du SPI.

McKee et al. (1993) ont utilisé le système de classification présenté dans le tableau des valeurs l'indice SPI figurant ci-après.

pour définir l'intensité des épisodes de sécheresse en fonction de la valeur de l'indice. Ils ont aussi défini les critères d'un épisode de sécheresse pour une échelle de temps quelle qu'elle soit.

Les valeurs 1,00 et au-dessus, représentent les classes humide, à -1,00 et moins, représentent les classes sèches avec près de la normale des conditions allant de - 0,99 à + 0,99.

**Tableau 13** : Sévérité de l'indice de SPI.

Classe SPI	Interprétation
2 et plus	Très Humide (TH)
de 1.5 à 1.99	Humide (H)
de 1 à 1.49	Modérément Humide (MH)
de -0.9 à 0.9	Normale (N)
de -1 à -1.49	Modérément sec (MS)
de -1.5 à -1.99	Sec (S)
-2 et mois	Très Sec (TS)

### III.2.4. Avantages et convenient.

Il est possible de résumer les avantages et les inconvénients que présente l'indice SPI comme suit:

**Avantage.**

- L'indice SPI offre une bonne souplesse d'utilisation: il est possible de le calculer pour de multiples échelles de temps.
- Quand il porte sur un laps de temps relativement court, entre 1 et 3 mois par exemple, l'indice SPI permet de détecter rapidement les situations de sécheresse et d'en évaluer la gravité.
- L'indice SPI présente une bonne cohérence spatiale, ce qui permet d'établir des comparaisons entre des zones différentes soumises à des climats différents.



- Sa nature probabiliste le place dans un contexte historique, ce qui convient bien à la prise de décision.

### **Inconvénients.**

- L'indice SPI ne repose que sur les relevés de pluviométrie .
- Le bilan hydrique du sol n'étant pas pris en compte, l'indice ne permet pas le calcul du Rapport évapotranspiration/évapotranspiration potentielle (ET/ETP).

### **III.2.5.Méthode de calcul.**

La détermination du SPI, se fait en général par deux méthodes :

#### ✓ **Méthode indirecte**

A l'aide d'un programme SPI (SPI\_SL\_6.exe) , utilisé pour calculer le SPI. À partir des données de précipitation mensuelle, pour différentes échelles 1,2, 3, 6, 12 et 24 mois

#### ✓ **Méthode directe :**

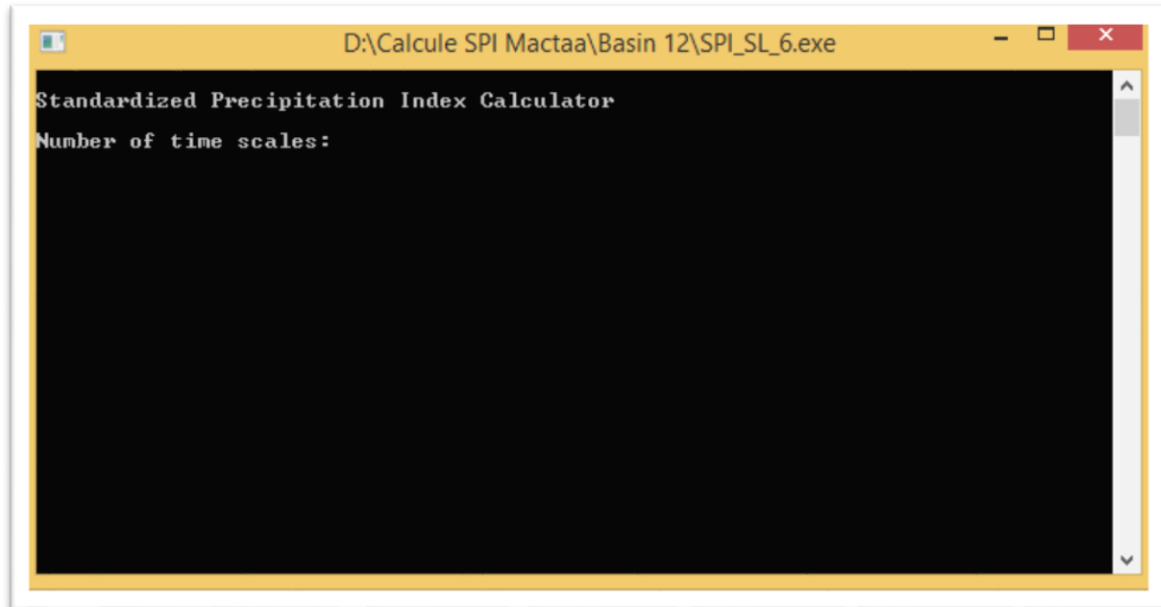
C'est la méthode décrite par McKee T. et al., 1993 et 1995.

### **III.2.6. Exécuter le programme SPI\_SL\_6.exe sous Windows .**

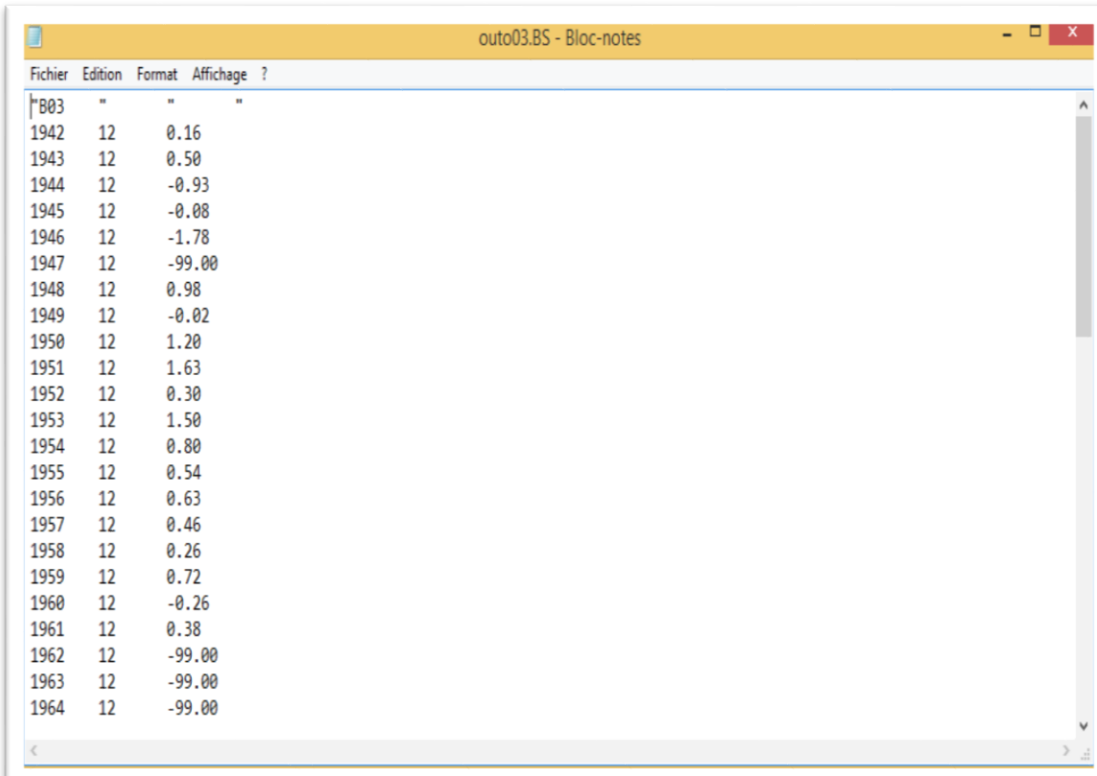
Voici comment exécuter le programme sous Windows:

- ✓ Créez un fichier des données semblable dans l'Excel suivant qui contiennent les données de précipitations mensuelles de chaque station pluviométrique .
- ✓ Les valeurs du total mensuel des précipitations est manquante pour un ou Plusieurs mois, il y a lieu d'inscrire -99 dans l'espace correspondant après en va click sur enregistrer sous pour sauvegarder le fichier dans un dossier et modifier le type a (texte dos)
- ✓ Ouvrir le fichier a Word pad et ajouter (bat) dans le nom.
- ✓ Lancez le programme par un double click s'affichent dans la fenêtre contextuelle
- ✓ Indiquez le nombre d'échelles de temps pour le calcul de l'indice SPI (Dans l'exemple qui suit 12 mois )
- ✓ Indiquez le nom du fichier entré et celui du fichier sorti. Il est conseillé de donner à vos fichiers des noms avec des symboles ( exemple outoA02.TXT)
- ✓ Le fichier sera placé dans le dossier où se trouve le fichier exécutable, Il vous est ensuite possible de traiter les résultats à l'aide word pad .

- ✓ Dans ce cas, le programme a été lancé pour une analyse destinée à fournir à partir du fichier entrée les indices SPI 12 mois. Les valeurs correspondantes figurent ainsi respectivement dans le colonne 3 .



**Fig.17** : Programme SPI\_SL\_6.exe



Fichier	Edition	Format	Affichage ?
1942	12	0.16	
1943	12	0.50	
1944	12	-0.93	
1945	12	-0.08	
1946	12	-1.78	
1947	12	-99.00	
1948	12	0.98	
1949	12	-0.02	
1950	12	1.20	
1951	12	1.63	
1952	12	0.30	
1953	12	1.50	
1954	12	0.80	
1955	12	0.54	
1956	12	0.63	
1957	12	0.46	
1958	12	0.26	
1959	12	0.72	
1960	12	-0.26	
1961	12	0.38	
1962	12	-99.00	
1963	12	-99.00	
1964	12	-99.00	

**Fig18** : SPI 12 de Basin 03 dans la periode d'étude (exemple)

### III.3.Détermination de la caractéristique de séquence sèche.

Les paramètres de la sécheresse sont (L.Pereire ,2006 in Amrani , 2011) :

- Début de la sécheresse : elle commence lorsque la valeur du SPI12 déterminé est négative.
- La Dure : c'est le temps entre le début ( $SPI \leq -1$ ) et la fin ( $SPI \geq 1$ ) de la sécheresse persistante.
- Intensité : c'est le rapport (magnitude/Dure) de la sécheresse persistant (Annexe 08) .

### III.4.Varoigraphe.

Le traitement géostatistique est réalisé en utilisant le logiciel surfer version 11 .

#### III.4.1.L'interpolations.

On interpolée les donnes pluviométrique par la méthode de Krigage ordinaire, une fois la structure spatiale de la variable à étudier (SPI 12) par le biais de varoigrame réalise, cette méthode qui permet de donner par estimation des valeurs aux points non échantillonnés en se basant primordialement sur ceux dont les valeurs et les positions sont connues dans le même espace.

le résultat immédiat de cette méthode est la génération d'une classe de sécheresse continue et régulière (dépendant des classe du SPI).

#### III.4.2.Répresentation Cartographique des données.

La cartographiques, c'est la perception de la compartimentation spatiale du phénomène de sécheresse.

La représentation de phénomènes de sécheresse dans l'espace géographique, par présentant des contrastes géostatistiques notables, passe par une méthode cartographique permettant de mettre en relief la structure spatiale du phénomène étudié.

Pour simplifier l'analyse spatiale du contenu des classes produites. Trois classes de la densité ont été dégagées :

- classe humide.
- classe sèche.
- classe normale.

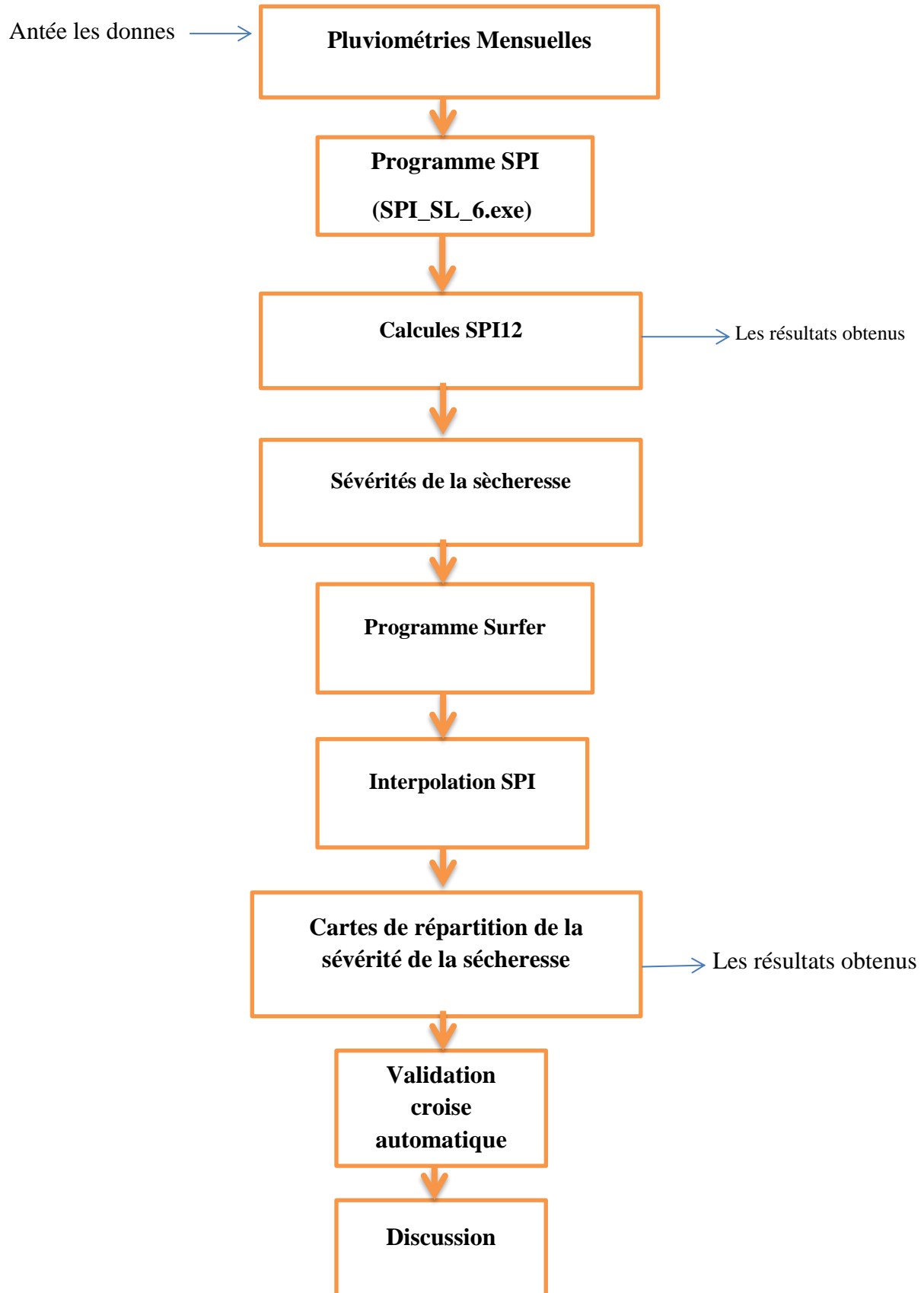


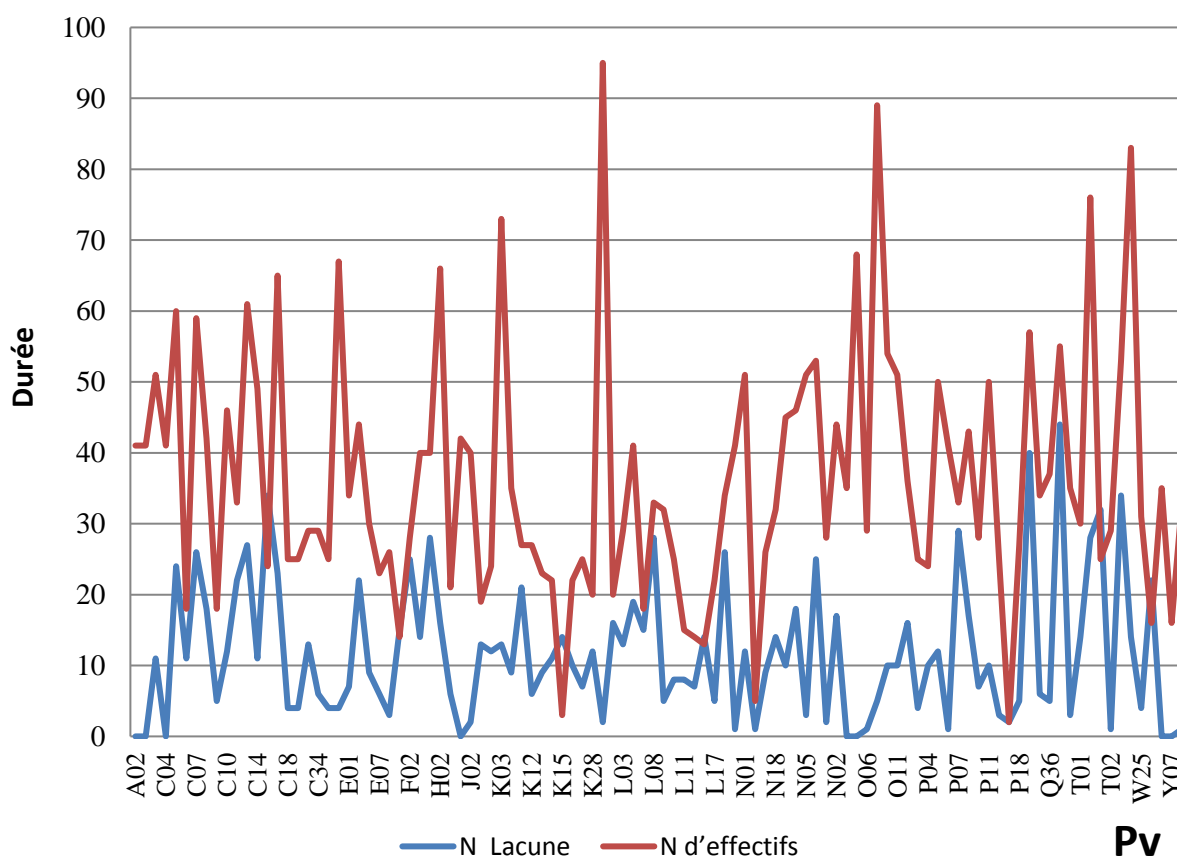
Fig. 19 : Schéma explicatif de la méthode de travail

**IV.1. Interprétations des données.**

**IV.1.1. Choix de postes pluviométriques.**

Les séries chronologiques de la pluviométrie mensuelles acquises par les services concernés (ONM, ANRH, ABHOCC) contiennent un nombre de lacunes très important à cause de l'absence des stations pluviométriques avant l'année 1968 et aussi pendant la période de la révolution nationale. Nous avons prié tous les stations se trouvant dans la zone d'étude même pendant ces époques creux, et aussi dans la but d'éliminer les erreurs limites nous avons prié aussi d'autres séries en dehors de cette zone.

La figure se dessous montre le nombre d'Effectifs et lacune pour chaque poste pluviométrique. Durant toute les années observées.



**Fig. 20 :** Nombre d'information pluviométrique existant et absente dans chaque PV et durant toute la période acquise

Nous remarquons dans la Figure au-dessus les observations suivantes :

La courbe qui représente le nombre d'effectifs disponible pour chaque poste pluviométrique, des valeurs varient entre 2 (Station P17) à 95 ans, Les stations (L01, O08, W09, K03) les plus récentes avec durée d'observation supérieure 70 ans.

La courbe qu'indique le nombre de lacune pour chaque poste pluviométrique, il y a une variation dans le nombre de lacune, Il apparaît que 43 poste pluviométrique plus à 10 lacune, et 53 poste pluviométrique ont moins de 10 lacune avec 8 poste ( A02 , B01 , C04 , I04 , O02, O03, Y06,Y07) nul de lacune . (Annexe 01).

#### **IV.1.2. Les paramètres descriptifs de série pluviométrique.**

L'examen sur les postes pluviométriques en annexe 02, nous permettons d'obtenir les indicateurs statistiques suivants :

-La moyenne et la médiane, sont différentes pour toutes les postes pluviométriques. Ce qu'explique l'exclusion de la normalité.

-le coefficient de variation dans la plus parts des postes dépasse 80 % , ce que nous permettons de déduire la grande irrégularité du régime pluviométrique.

-l'écart type dont 55% postes pluviométriques dépassant 100 mm ce qu'implique la grande dispersion par rapport la tendance centrale.

- les valeurs des coefficients d'asymétrie et d'aplatissement donnent l'idée de non existence de la normalité

#### **IV.1.3.Homogenetie des données.**

Dans ce cas nous se basons sur le test de Kolmogorov-Smirnov , à un niveau de signification  $\alpha = 5 \%$  . Si :  $H_0 =$  la Normalité existante

Ce test montre que

Pour  $n > 100$  poste :  $D_{max} = 13,84$

$D_{max}$  : la valeur observée maximale ,  $D_n = 0,840$  la valeur théorique

La comparaison entre  $D_{max}$  et  $D_n$  rejetée  $H_0$

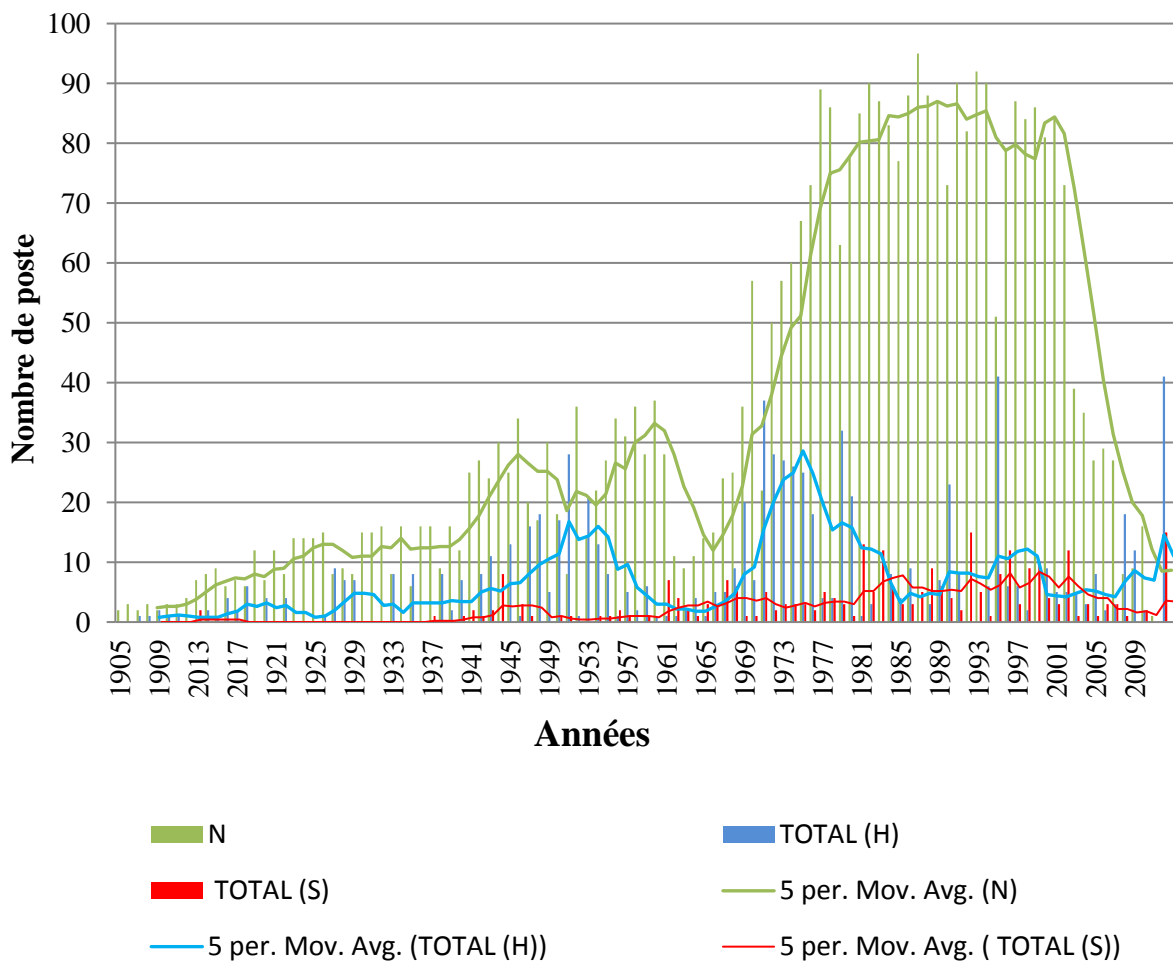
Ces pourquoi l'indice SPI est indispensable pour l'ensemble des stations, c'est-à-dire il faut une transformation des données après ajustement à la loi gamma incomplète à la loi normale standard.

## IV.2.Determination de SPI 12.

### IV.2.1.Evolutions et début de la sécheresse sur l'ensemble des postes pluviométriques du Bassin versant de Macta.

L'étude de l'évolution de la sécheresse dans la zone d'étude est très distincte pour les postes pluviométriques, pour cela nous allons traiter cette évolution en fonction de la localisation géographique de chaque poste pluviométrique.

Détermination les classes du SPI-12 de chaque poste pluviométrique pendant le période d'étude (Annexe 03) pour trouver les max des années normales, séchés, humides.



**Fig. 21** : les épisodes secs, humide, normaux de la sécheresse météorologique pour l'ensemble des poste pluviométrique durant toute période d'étude.

D'après la Figure 21 Il y a une variation entre les années humides, sèches, des conditions climatiques normales pendant la période d'étude, Un début de sécheresses observées durant l'année 1981 (Annexe 03), L'année de leur importance sur la terre est en 1983. Elle a été remarquée au niveau de 12 postes pluviométrique parmi les 84 qualifiés de normaux, avant cette année la sécheresse est inexistante ou rare, probablement qu'il y a un changement climatique entre ces deux époques.

Ce qui nous permet de dire les décennies 1950 1960 1970 qualifiées des périodes humides ou normaux.

Ensuite, la persistance de la sécheresse devient plus marquée sur tous dans l'année 1992 par 15 postes pluviométrique comme une valeur maximale. L'année 1987 considérées comme normaux et 1995 humide .

#### IV.2.2.Choix des années, sèche, humide, normale, les plus élevées dans la période d'étude.

##### IV.2.2.1.Année contenant le maximum des conditions normales.

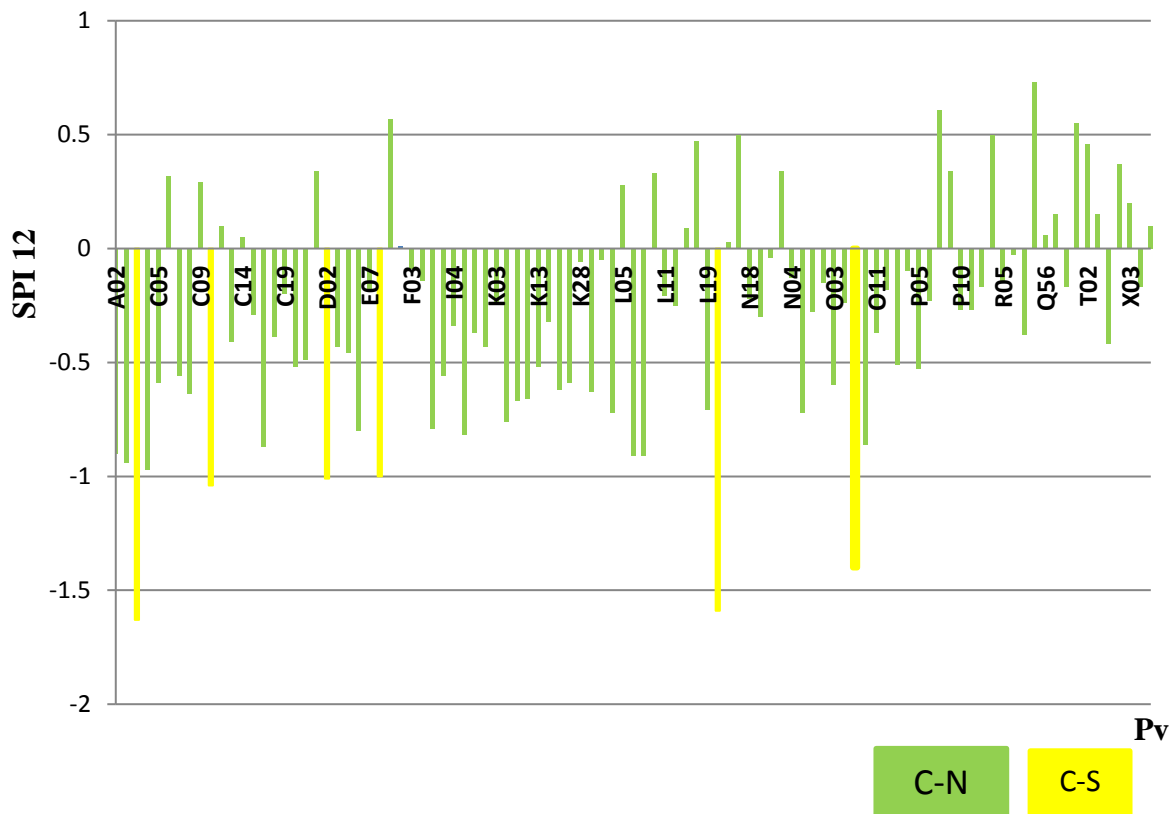


Fig.22 : évolutions du SPI-12 de chaque postes pluviométrique Année 1987 (période normale)



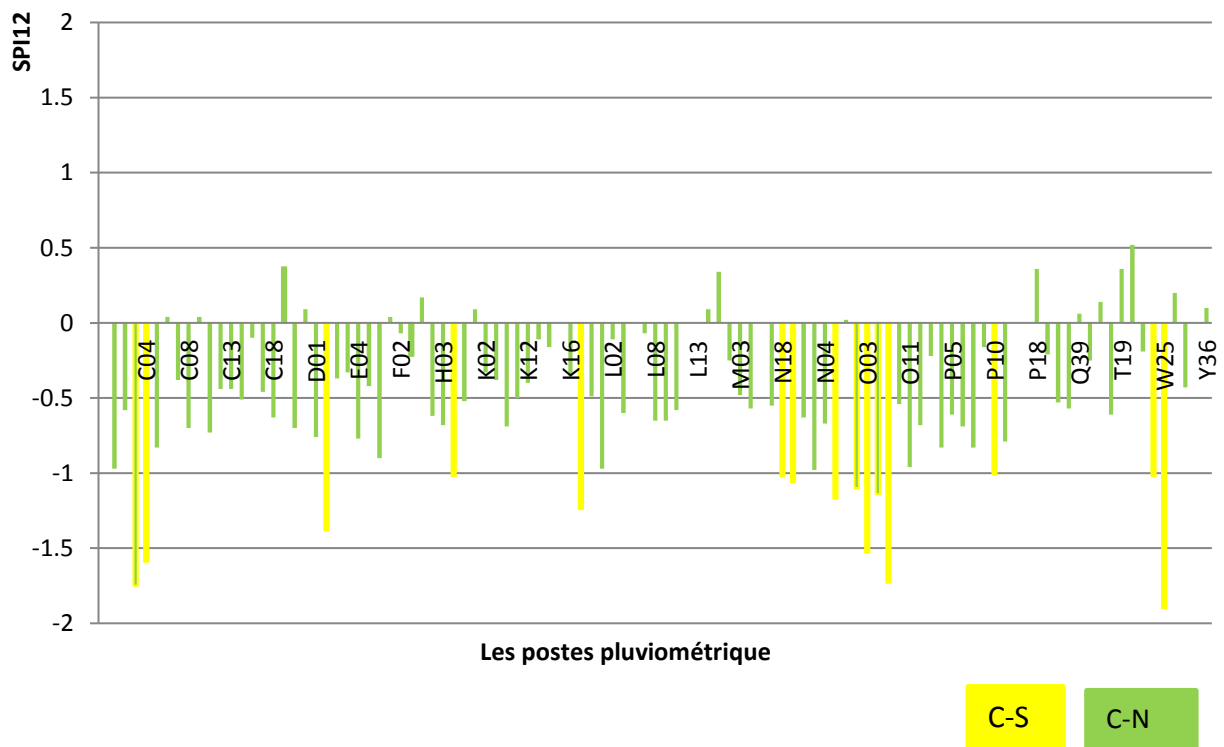
La figure 22 représente la répartition spatiale du SPI12 dans une année normale, l'année choisie est 1987. Nous remarquons que :

- La majorité des postes dans toutes les directions de la zone d'étude sont normaux (95 Pv) alors SPI12 varie entre -0.9 à 0.9.
- Deux postes pluviométriques se trouvant dans la région de Sidi Ali benyoub à l'amont de l'oued de Mekerra et à l'est dans les limites du barrage Ouzert, sont sèches (M03, B03), SPI12 entre -1,5 à -1,7.
- Notons aussi qu'il y a quatre postes pluviométriques modérément secs (O08, E09, D02, C10), éparpillés sur toutes les directions,

Cette situation peut indiquer que ces postes sont des bouleversements des périodes normales. (Annexe 04)

#### IV.2.2.2. Année contenant le maximum des conditions sèches.

La figure ci-dessous montre les valeurs d'indice SPI12 pour chaque poste pluviométrique dans l'année sèche :



**Fig.23** : évolutions du SPI-12 de chaque poste pluviométrique Année sèche (1992)

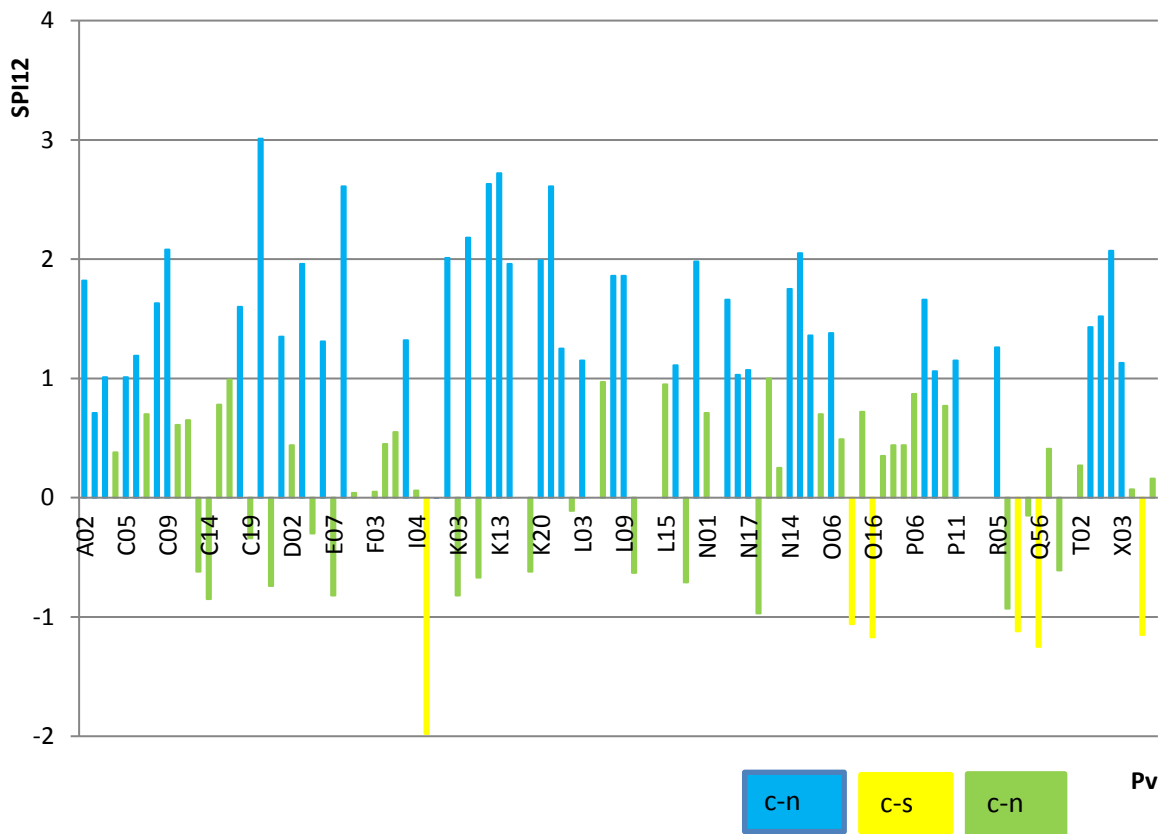
D'après la Figure 23, Nous remarquons que :

- une variation entre la sécheresse et la normalité, avec 15 postes pluviométriques sèches, il y a 5 poste séché ( B03,C04,O03,O08,W25 ) les SPI12 varie entre (-1,5 à -1,9), et 10 poste Modérément séché (D02, I04, K20, N18, N17, N14, O06, P06, P10, W09) le SPI12 environ de (-1 jusqu'à -1,49).

- Cette situation indique que la majorité des poste qui touché par sécheresse se trouve dans l'année 1992 (15 % poste pluviométrique). (Annexe 04)

#### IV.2.2.2. Année contenant le maximum des conditions humides.

La figure se dessous montre Les valeurs d'indice SPI12 pour chaque poste pluviométrique dans année humide :



**Fig.24 :** évolutions du SPI-12 de chaque poste pluviométrique Année humide (1995)

D'après la Figure 24, nous observons que la plus part des postes pluviométriques sont humides, citant ; 9 Pv Très humides, 14 Pv humides, et 18 Pv modérément humides, donc nous concluons que la sécheresse n'existe pas dans la majorité du territoire de la zone d'étude ce qui confirme que l'humidité est dominante.

### IV.2.3. Classes de sévérités pour l'ensemble des postes pluviométriques.

#### IV.2.3.1. Classes humides.

Elles représentent le nombre d'années des Pv où le SPI-12 observé est supérieur ou égale à +1. Illustrées dans la figure 25 au-dessous, montrent les classes suivantes :

**-Humides (H) :** leurs existence dans l'ensemble sur la zone d'étude ne dépassent jamais cinq ans ou une année (observé dans **87 Pv**) ou nulle (dans **18 Pv** restants ).

**-Très Humides (TH) :** trois année pour les poste (R05, N13) , le reste majorité des PV est observé entre **0** et **2** fois.

**-Modérément humides (MH) :** leurs événements sont observés dans presque tout le poste pluviométrique, et le plus important dans PV R05 avec 13 évènements.

La répartition spatiale des périodes humides, dans la figure 25 , indique que Les Postes pluviométriques C09 (2/24) ,F03(2/47) ,J01(2/30) ,N17(2/45) contient les mois nombre des classes humide , et les poste pluviométrique R05 (18/98) , C07(14/77) , H02(14/79) , O08(14/86) , Q30(16/102) , T02(16/106) , W08(16/87) , W09(16/97) contient les plus évènement humide , Donc la distribution spatiale est aléatoire , ( Annexe 05 )

#### IV.2.3.2. Classe sèche .

Elles représentent le nombre d'années des SPI-12 observées inférieures ou égale à **-1** dans chaque poste pluviométrique, a partir fig.6 on remarque que :

**- sèche (S) :** le nombre maximal d'évènement ne dépasse jamais 4, on observe dans le poste O08, et la majorité des postes enregistre un à nul évènement

**-modérément sèche (MS) :** leur évènement représenté 2 à 3 fois minimum et 12 fois maximum dans le poste pluviométrique O09.

**-Très Séché (TS) :** maximum 4 évènement dans le poste (L01), et le reste les poste pluviométrique est observé 0 à 2 évènement .

La répartition spatiale des périodes séchés dans la Figure 26 , indique que la distribution est aléatoire, le PV W09 contient maximum évènement séché (16/97), est les d'autres postes les séquences sèches environ 0 à 10 évènement.

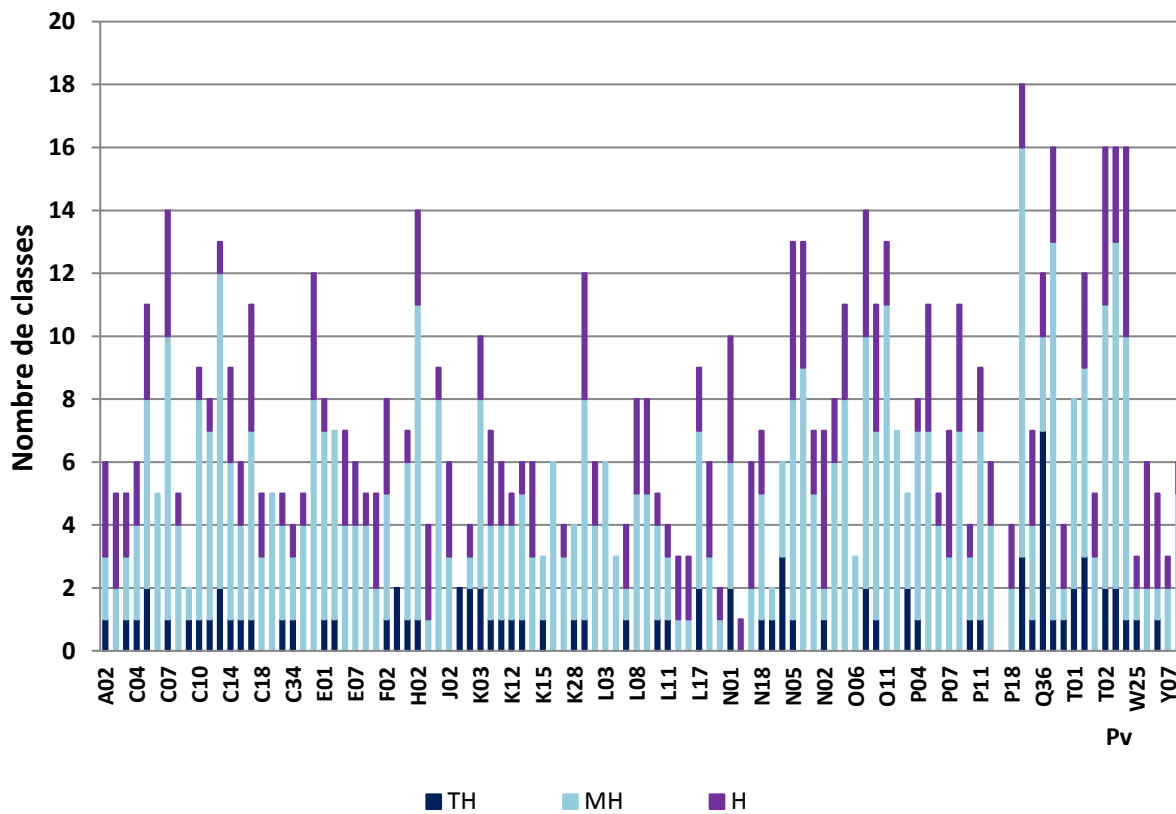


Fig.25 : Histogramme des classes humides du SPI-12 pour chaque poste pluviométrique  
Durant la période d'étude (1905 / 2011)

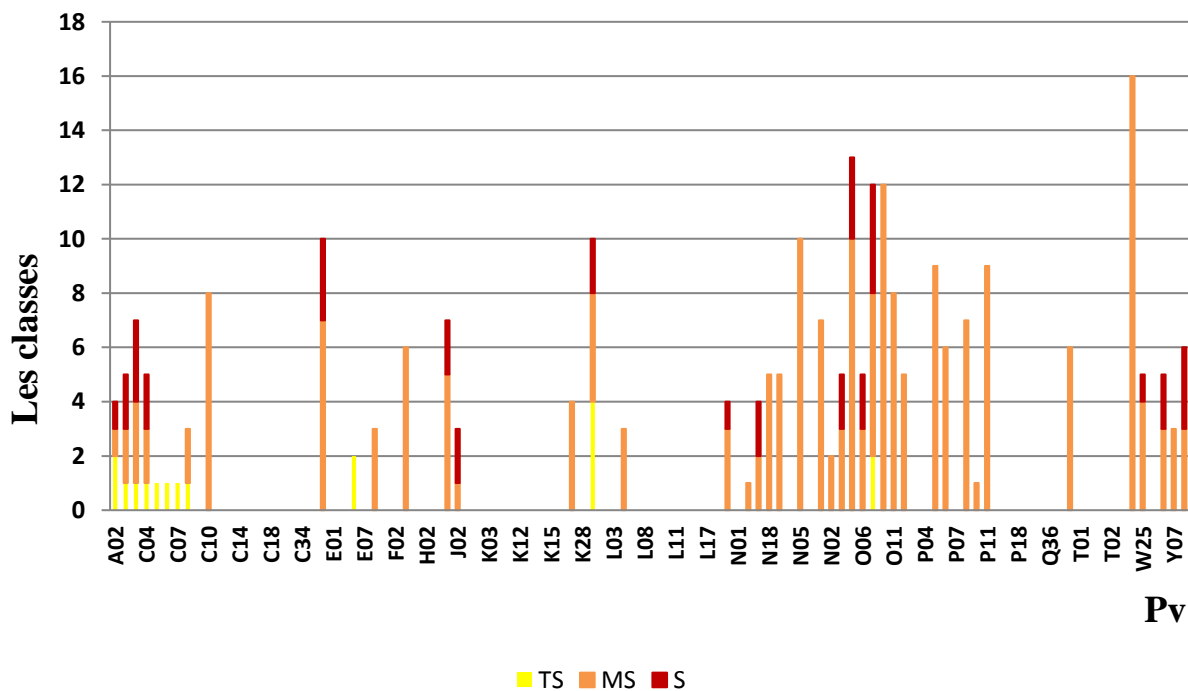


Fig.26: Histogramme des classes sèches du SPI-12 pour chaque sous bassin Durant la période d'étude.

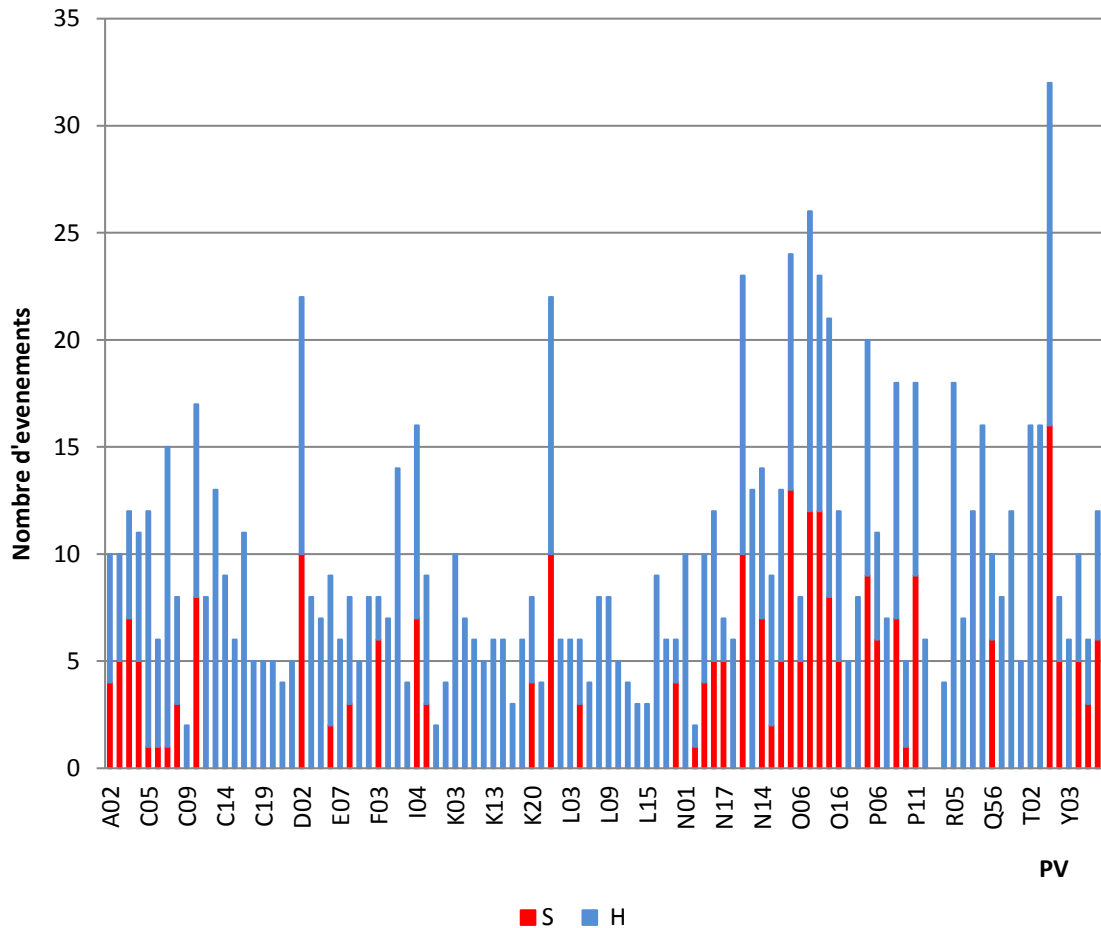
**IV.2.3.3. Classes humides et sèches.**

On observe dans La Figure 27, les résultats suivants :

-Les poste pluviométrique humide subi des années humides plus que des années sèches on trouve 87 PV.

- Les poste pluviométrique subi des années seche que des années humides on trouve 11 PV, ( B03, F03 , M03 , N17 , O03 , O06 , O09 , Q56 , P06 , W09 , W25 )

- 06 poste pluviométrique de mêmes nombres d'années sèches et année humides dans : ( B01 , K20 , L04 , N14 , P11, Y09 )



**Fig.27** : Histogramme de la somme des classes humides et sèches du SPI-12 Pour chaque poste pluviométrique durant la période d'étude.

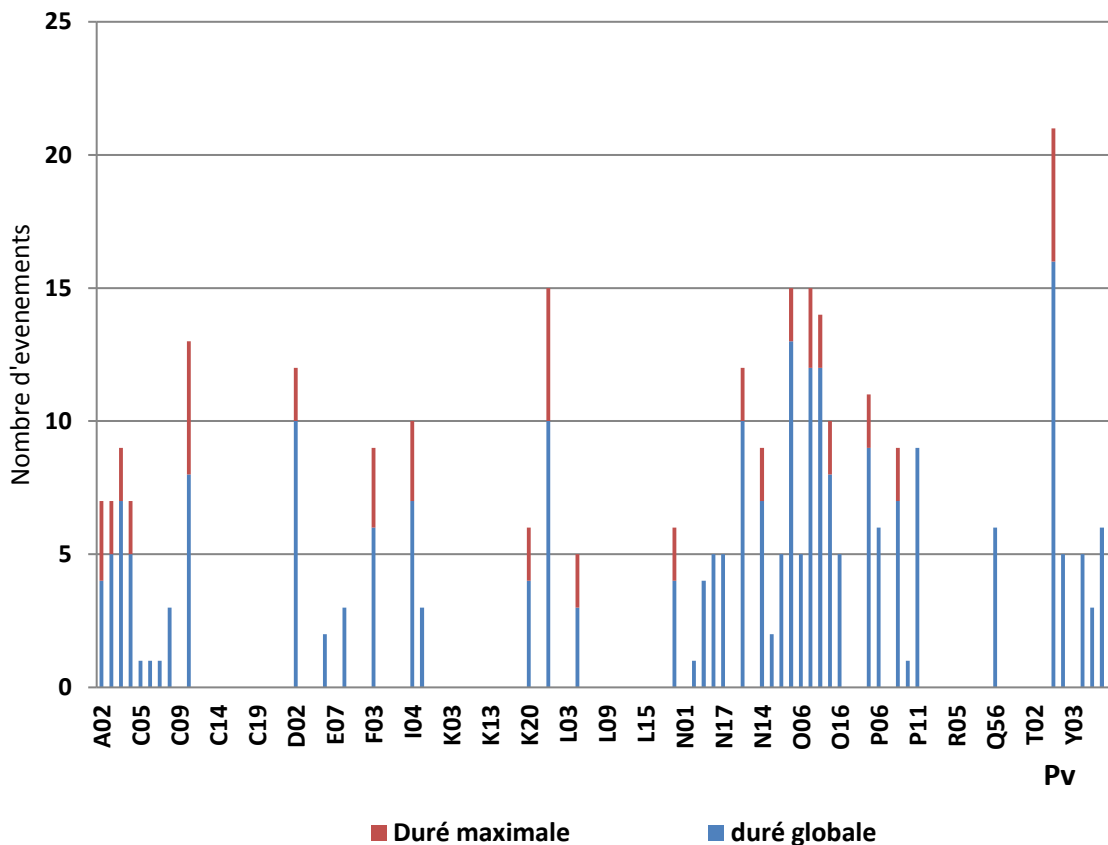
**IV.2.4. Caractérisation de la sécheresse.**

Les quatre éléments qui caractérisent la sécheresse sont : Durée, fréquence, magnitude, intensité.

**IV.1.2.4.1. Durée sèche totale et maximale.**

La Figure 28 représente la durée totale et la durée maximale de chaque poste pluviométrique, la durée sèche totale enregistrée dans certain poste pluviométrique varie entre 1 minimum et 16 maximums.

La durée sèche maximale enregistrée correspond aux séquences successives sèches maximales pour toutes le postes pluviométrique pendant la période d'étude ,il y a 3 années successives dans 4 PV ( Ain fras , Ras alma ,sefifef ,Boulfrad ) , et rarement 5 années en trouve dans le poste (Lamntarva , Tamesna , soueur ) . (Annexe 06) .



**Fig.28 :** Histogramme de comparaison entre la durée sèche totale et maximale pour chaque poste pluviométrique.

#### **IV.1.2.4.2.Frequence de chaque poste pluviométrique.**

La fréquence des périodes humides est comprise entre 0 à 31 %, 14% est la fréquence la plus répétée , tandis que la fréquence des périodes séché varie entre 0 à 22 % qui constitue la fréquence majeure elle est observée dans le poste pluviométrique N14 , et 20% le poste L04 , pour cela nous considérons que l'humidité est le plus diminuante . (Annexe 07) .

#### **IV.1.2.4.3.intensites de la sécheresse pour chaque poste pluviométrique.**

- Nous rappelons que les intensités sont les rapports entre la magnitudes et les durées (voir chapitre précédant).

Les intensités des périodes séché se situent entre 0 à 6, L'intensité maximum enregistre dans le poste pluviométrique C08 avec 6,55 (°S).

-Pour la période humide la majorité des postes varient entre 3,1 à 5,1 (°S), la valeur maximale est de 6,6 (°S) enregistre dans poste Q39 et la valeur minimale 1,1(°S) dans C19, 1,2(°S) poste C06 et K16 .

#### **IV.3.Cartographie du SPI-12 .**

Après la transformation en SPI12 des pluies mensuelles des postes pluviométriques traités. Pour le passage à cette phase d'étude nous avons attaché coordonnées géographiques respectives de chaque poste.

Auparavant, nous adoptons pour faire l'analyse spatiale (cartographie) trois années correspondre aux conditions normales, sèches et humides en utilisant la méthode de krégage ordinaire par point.

##### **IV.3.1. Année normale (1987).**

Le SPI12 détermine sur 99 postes pluviométriques, en 1987 détermine l'année de conditions normales les plus fréquentées (fréquence de 94% ).

##### **IV.3.1.1.Varoigraphie de SPI-12 de l'année 1987.**

-Sur le logiciel surfer version 11, l'étape de varoigraphie a montré un modèle théorique linéaire Figure 29 , d'un effet de pépité 0,117, et pente égale 0,00164, anisotropie 1, direction 0, tolérance 90°.

-Ce modèle construit sur la base d'une courbe exponentielle pour une porte maximale =140, et nombre de couples 25, la valeur variance maximale est de 0,367.

#### IV.3.1.2. Régression .

-D'après la régression linéaire double, entre SPI12 et les coordonnées géographiques (longitude X, latitude Y), consternant l'équation  $Z = AX + BY + C$ .

Montre des liaisons bouque plus avec latitude, c'est-à-dire direction Est-Ouest grâce à la valeur de corrélation partielle  $r_{y/xz} = 0,38$  avec longitude  $r_{x/yz} = 0,26$ .

-Ce pendant il y a une bonne proportionnalité du SPI12 avec longitude plus que latitude, cela est expliqué par la valeur de covariance entre les SPI12 et longitudes  $Cov(SPI, X) = 6,62$   $Cov(SPI, Y) = 9,75$

-pour cela nous pouvons dire les classes des sécheresses peuvent être influencées par leurs localisations. Nous voyons que cet indice dépend de latitude plus longitudes, c'est-à-dire la sécheresse dans la zone d'étude se distingue de l'Ouest à l'Est.

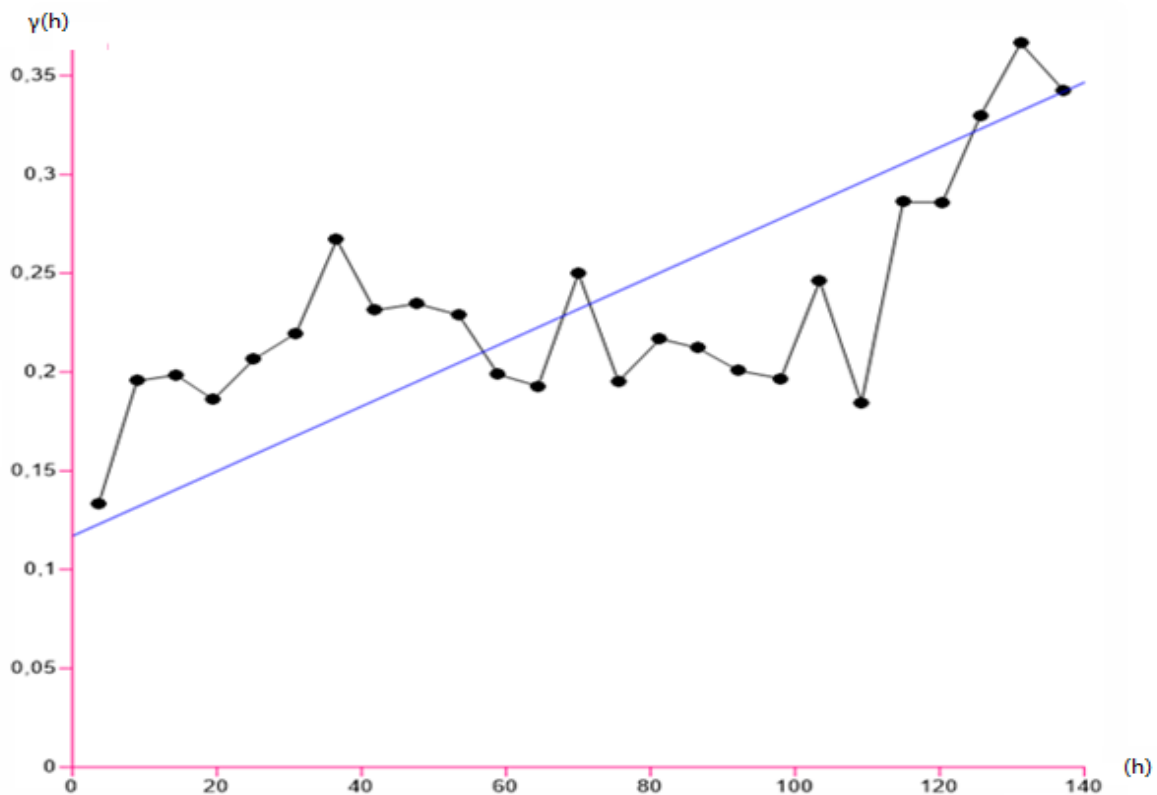


Fig.29 : Varoigramme théorique du SPI12 de l'année 1987



#### **IV.3.1.3. Validation de la carte.**

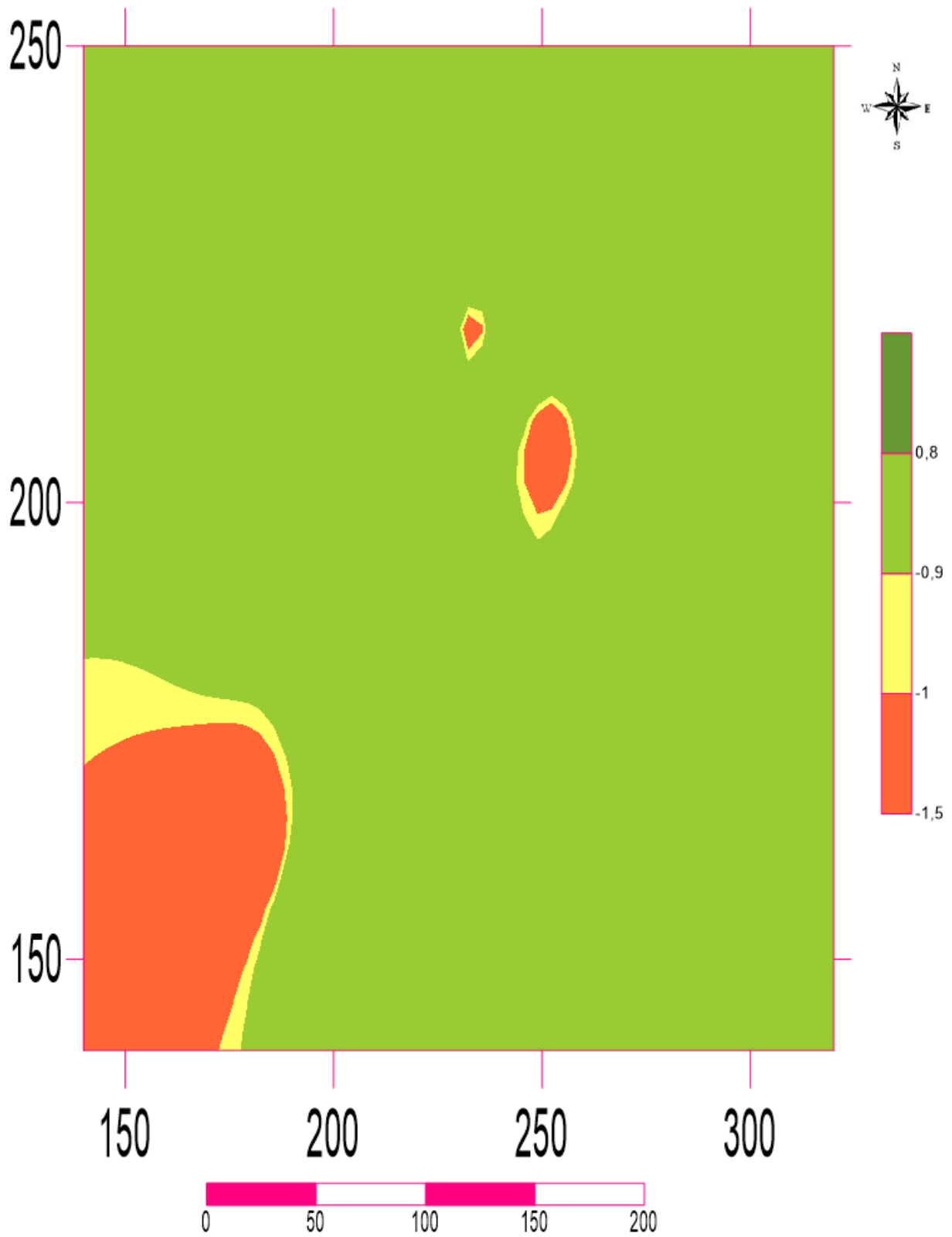
La validation de la carte a été faite par une validation croisée automatique (le même logiciel) . Il a pris 2 postes non incorporé dans les 99 postes.

Nous prions comme critère de précisions de la validation de la carte : Variance = 0,23 , Standard Déviation = 0,48 , Racines des carrés des moyennes (RMS) = 0,56 , Erreur standard = 0,48, leurs comparaisons avec les classes de sévérité du SPI sont acceptable.

#### **IV.3.1.4.La carte du SPI12 pour année normale.**

La Fig.30 représente la carte de SPI12 de l'année 1987, avec une échelle 1 /50. Nous considérons seulement la zone d'étude c'est-à-dire nous écartons illustration au delà des limites extrêmes.

- Nous observons que la majorité du poste pluviométrique, de bassin versant de la Macta sont normaux ce que vérifie la discussion de la figure 23 précédente , engendrée les SPI par les couleurs vertes. La carte présente des foyers de sec localisant dans la région de ras elmas au sud-ouest et au centre de la région de tallagh.



**Fig. 30** : Carte du SPI12 correspondant à une année normale ( 1987 ).

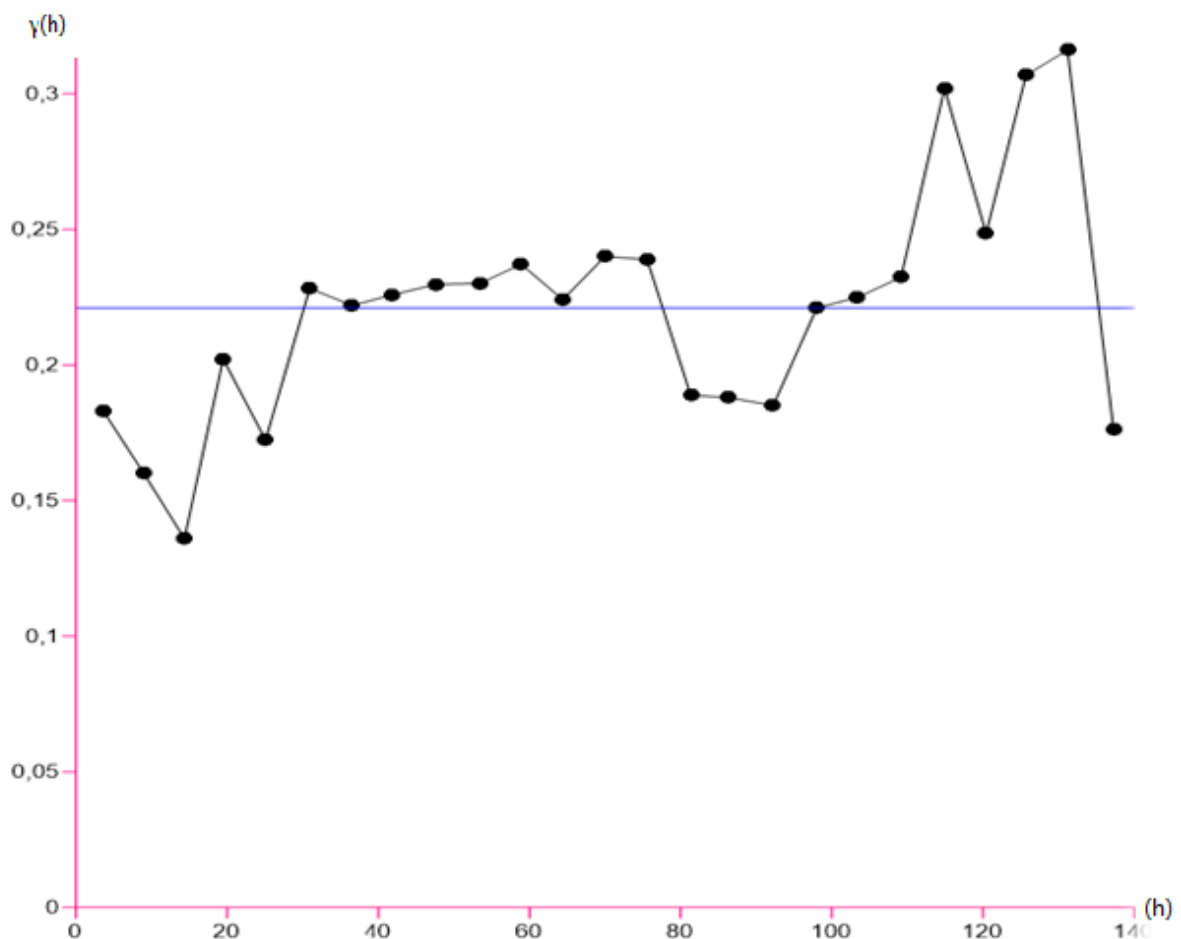
### IV.3.2. Année séché (1992) .

L'année 1992 est retenue pour représenter 96 postes pluviométriques qui correspondent à des fréquences des événements secs les plus élevées (15%).

#### IV.3.2.1. Variographie du SPI12 de l'année 1992.

La Figure 31, Le variogramme expérimental du SPI12 de l'année 1992 a été ajusté à un variogramme théorique plat, d'un effet de pépite égale 0,221, anisotropie 1, avec une direction 0 et tolérance 90.

L'ajustement de ce modèle est une fonction de la courbe exponentielle avec une portée maximale = 140, et nombre de couple 25, la valeur variogramme maximale est de 0,317.



**Fig.31** : Variogramme théorique du SPI12 de l'année 1992.

#### **IV.3.2.2.Régression.**

La liaison de SPI12 et les cordonnées géographique et bonne avec latitude, grâce à la valeur de corrélation  $r_{y/xz} = 0,20$  avec longitude  $r_{x/yz} = -0,02$ .

- La bonne proportionnalité du SPI12 apparait avec longitude, alors la valeur de covariance entre les SPI12 et longitudes est :  $Cov(SPI,X) = -0,60$   $Cov(SPI, Y) = 5,33$  .

#### **IV.3.2.3.Validation.**

il y a pris 2 postes non incorporé dans 96 poste de l'année 1992 .

la Validation pour la carte a été faite par une validation croisée automatique à logiciel surfer ,  
Variance = 0,23 , Standard déviation =0,48 , RMS = 0,71 , Standard Erreur = 0,50

#### **VI.3.2.4. La carte de SPI12 pour année sèche.**

La Figure 32, représente la carte de SPI12 de l'année 1992, avec une échelle 1 /50,

La sécheresse de cette année a touché les postes pluviométrique située Nord Est la rsgion de Mascara ( Matmore ) et Sud-Ouest dans la région sidi belabbes ( Ras alma , sidi brahim, Hacaiba , Sali ben youb ) , et au centre de la région Bouhinifia , 3 reviers , Hacine .de maniéré friable selon les classes de SPI,

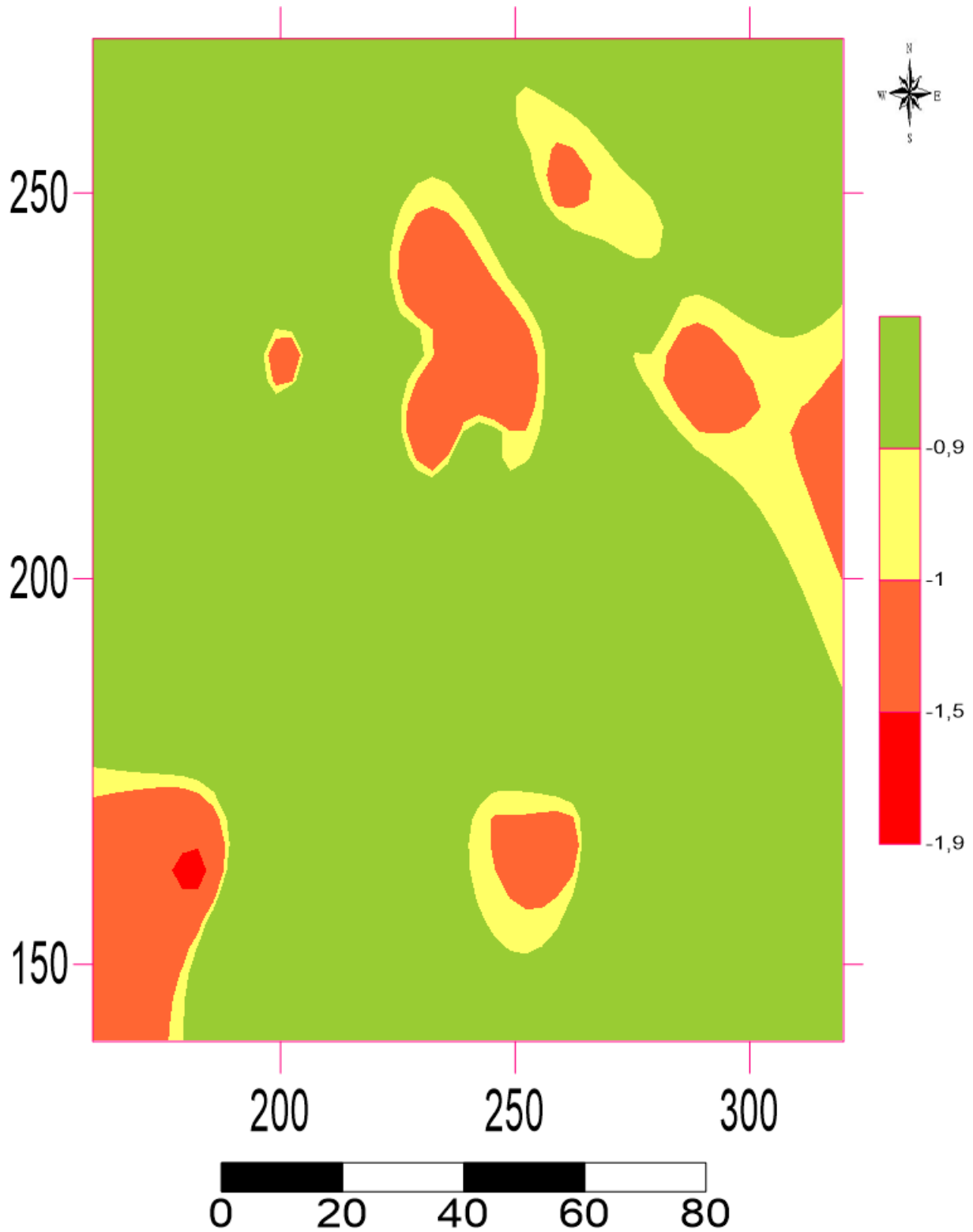


Fig. 32 : Carte du SPI12 correspondant à une année séché ( 1992 ).

### IV.3.3. Année humide 1995.

Le SPI12 détermine a partir 95 poste pluviométrique, L'année 1995 qui correspond à des fréquence bonne évènement humide 43,15 % et 8,42 % sèche.

#### IV.3. 3.1. Varoigraphe de SPI12 de l'année 1995.

-Sur le logiciel surfer version 11, l'étape de varoigraphe à montre un modèle théorique plat Figure .33 , d'un effet de pépité 1,18 , anisotropie 1, direction 0, tolérance 90°.

-Ce modelé construit sur la base d'un courbe exponentielle pour une porte maximale =140 , et nombre de couple 25 , la valeurs varoigrame maximale est de 1,56 1/50

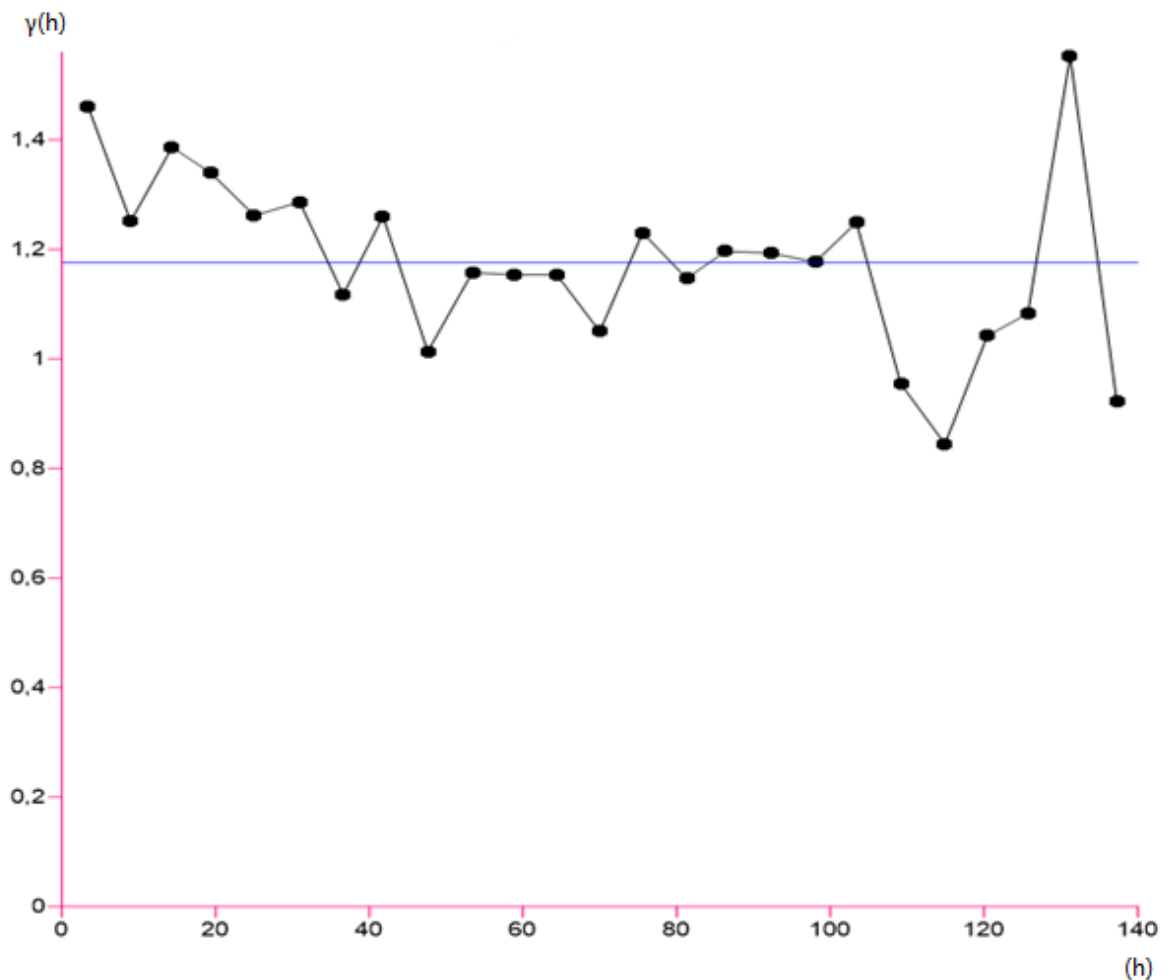


Fig.33 : Varoigramme théorique du SPI12 de l'année 1995.

#### **IV.3.3.2.Régression.**

La liaison de SPI12 et les cordonnées géographique et bonne avec longitude, grâce à la valeur de corrélation longitude  $r_{x/yz} = 0.13$  avec latitude  $r_{y/xz} = -0.17$ .

- La bonne proportionnalité du SPI12 apparait avec longitude, alors la valeur de covariance entre les SPI12 et longitudes est :  $Cov(SPI,X) = 7,8$   $Cov(SPI, Y) = - 9,2$  .

#### **IV.3.3.3.Validation.**

il y a pris 3 postes non incorporé dans 95 poste de l'année 1995 ..

La validation de la carte a été faite par une validation croisée automatique , Variance = 1,54, Standard déviation =0,07, RMS =1,30, Standard Erreur = 0,11.

#### **IV.3.3.4. La carte de SPI12 pour année Humide .**

La Figure 34 , montre la carte de SPI de l'année humide 1995, elle caractérise par une humidité remarquable qui touche la partie centrale de bassin versant Macta , est une partie des régions du Nord (Mascara ) et sud-ouest ( Sidi belabbes ) .

La carte présente des partie sec localisant dans la regions Sig et Mohamadia

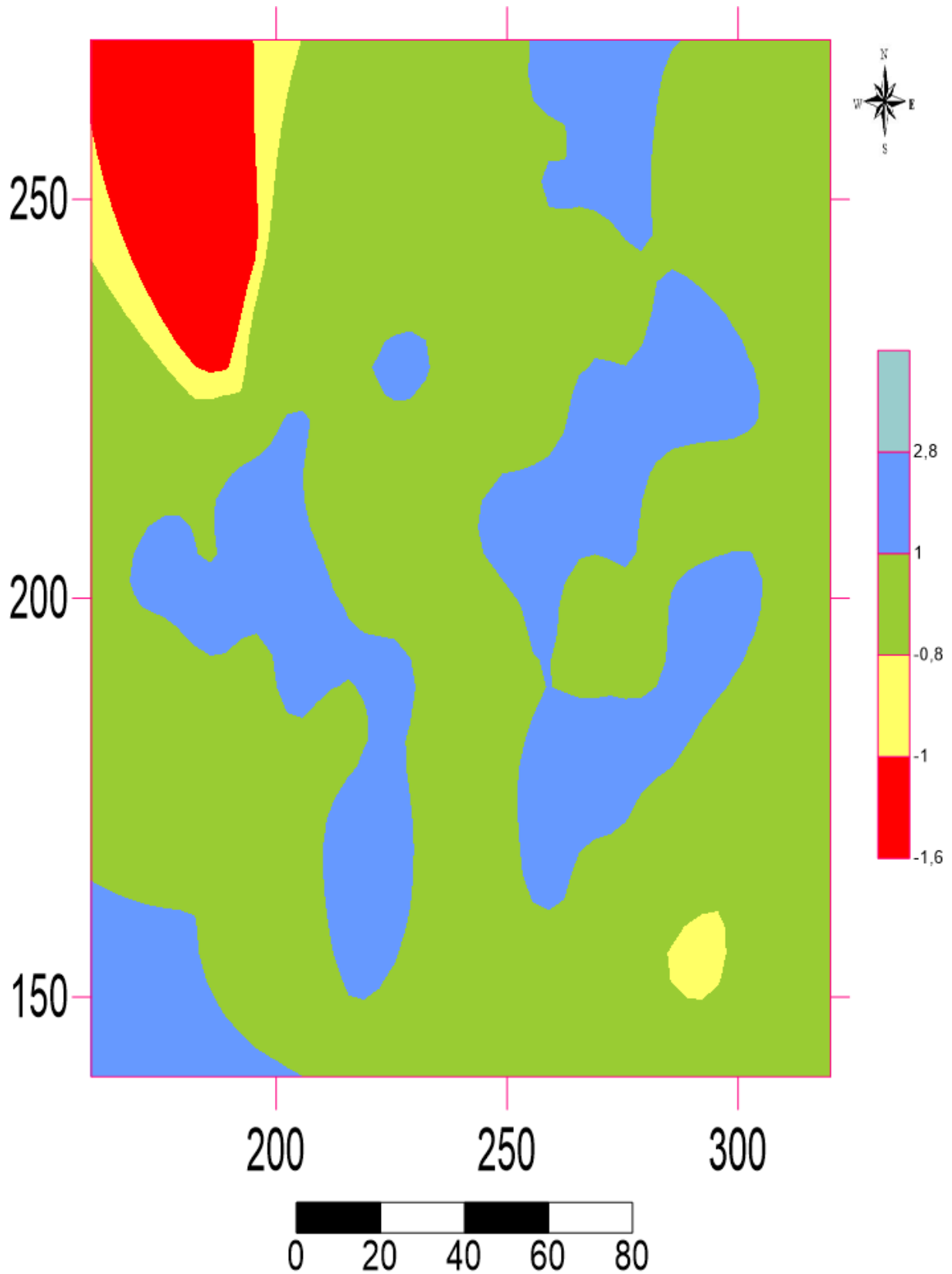


Fig.34 : Carte du SPI12 correspondant à une année Humide (1995).



# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

La sécheresse est considérée lorsqu'elle se produit pendant une période assez longue et sur une surface étendue. Elle est consentie dans les zones habituellement en permanence humides, au contraire dans les zones sèches, l'aridité désigne les circonstances normales. Leur sévérité varient d'un endroit à un autre, dépend de l'hétérogénéité spatiale de la pluie. C'est-à-dire elle peut être différente en fonction des conditions géographiques et climatiques.

Le bassin versant de la Macta, est en situation alarmante, est avéré selon les autres travaux faits et nos travaux ce bassin exposé aux risques des phénomènes de sécheresses, qui pourront se traduire par des perturbations dans l'approvisionnement en eau pour la population locale, de cette fin la réduction de la disponibilité de ressources, notamment les écoulements des oueds, la recharge des nappes souterraines et les réserves des barrages.

En effet, la connaissance des conditions de sécheresses par des cartes contiennent les foyers vulnérables joue un rôle crucial à l'aide de la décision pour que soit aux décideurs ou aux gestionnaires de l'eau. Ces cartes sont importantes pour la prévision de luttes contre cet aléa climatique.

Ce mémoire consistait, en premier lieu, à mettre la caractérisation de la sécheresse de la zone d'étude, par sa fréquence, durée et son intensité, afin de déduire les années remarquables, des conditions normales, sèches et humides. Ensuite nous avons illustré, pour les mêmes années, leurs cartes respectives.

Au terme de ce travail, pour caractériser la sécheresse dans le bassin versant Macta, par l'étude de la variabilité spatiale qui lie à des événements secs et humides de 104 postes pluviométriques de différentes périodes, basée sur le calcul de l'indice (SPI12).

Les résultats obtenus après le calcul de l'indice de précipitation standardisé, nous ont permis de localiser des séquences de sécheresses dans les postes pluviométriques étudiées dans le bassin :

- L'année d'apparition de la première sécheresse est 1983 remarquable au niveau de 12 postes pluviométriques, 1995 représente l'année la plus humide, et 1992 la plus sèche.

## Conclusion générale

---

- le nombre d'événements humide observés dans les postes pluviométriques, varie entre 2 et 18 (Dans la région sidi bel abbes enregistre 18 évènements), et le nombre d'évènement séché varient entre 2 à 16 (PV sougeur égale 16 évènements , Bouhnifia marque 13 avènement )
- parmi les classes anormales, 83,6 % Sont humide, 10,5 % séché, 5,7 % de même évènements séché et humide.
- la décennie 1980/89 la sécheresse est la plus marquée, particulièrement dans la partie Nord de bassins et sud-ouest .

Ainsi, nous pouvons caractériser la sécheresse dans le bassin bassins versant comme suit:

- La durée sèche maximale dominante d'ordre 1 à 5 années, on remarque que les années successives dans 10 poste pluviométrique ,et 3 années successives dans 4 Pv (Raselma , Ain frass, Sfisef , Boulafrad ) et rarement 5 années dans le poste lamtarva .
- la fréquence des périodes séché varie entre 0 à 22 % on remarque la fréquence majeur elle est observée dans le poste pluviométrique N14, et La fréquence des périodes humides est comprise entre 0 à 31 %, 14% est la fréquence la plus répétée
- Les intensités des périodes séchés se situent entre 0 à 6, L'intensité maximum enregistre dans le poste pluviométrique sabousid avec 6,55.

Au terme de ce mémoire, Les résultats obtenus, nous avons trouvé que l'interpolation par krigeage de l'indice standardisé des précipitations (SPI), est un bon pratique pour la détermination du phénomène de sècheresse météorologique dans la meilleur compréhension spatiale de ce phénomène dans cette région.

## Références bibliographiques

**Aghrab A, 2005** : étude de la sécheresse au Maroc p 25-26.

**Amrani R, 2011** : Variabilité spatio-temporelle de la sécheresse dans le bassin versant de l'Oued Chélif, Algérie, mémoire magister, université, hassiba ben bouali chlef, P5

**Beddal D, 2015** : analyse statistique des apports liquides en climat semi-aride cas du bassin versant de la mactaa , p89

**Bied charton M, 2007** : sécheresse, désertification et développement en Afrique, P2.

**Djouane S, Haggui A, 2015** : Etudes de la sécheresse climatique dans les hauts plateaux de l'Algérie, par deux approches : analyse statistique et image satellitaires, mémoire de master, université hamma Lakhdar d'el oued, P5.

**El khatri S, 2003** : manuel du cours climatologie, école hassania des travaux public, p5.

**FAO, 1996** : La planification des stratégies contre les effets de la sécheresse, P2.

**Gouaidia, L. (2008)**. Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie,p32 .

**Hadj-Said, S , 2008** : Contribution à l'étude hydrogéologique d'un aquifère en zone côtière : cas de la nappe de Guerbes. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhta, Annaba P41.

**Karahcen H, 2008** : Etude de la sécheresse dans le centre ouest de l'Algérie, cas de cinq plaines agricole, P11-13.

**Mckee T.B, Doesken N.J, & Kleist J, 1993** : The Relationship of drought frequency and duration times scales .American Meteorological sociey ,8th conférence on applied climatology, 17-22 janvier, Anaheim, CA, P179-184.

**Meddi, M., Hubert, P. (2003)**. Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. Proceedings of an international IAHS Publ N° 278, 229-235 pp. symposium held at Montpellier, Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions,

**OMM, 2008** : Guide des pratique hydrologique , hydrologie de la mesure a l'information hydrologique OMM N°168 , p25

**ONM, 2006** : suivi de la sécheresse et alerte précoce, principes, progrès et enjeux futurs, p8.

**OSS, 2013** : vers un système d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb, collection synthèse N 04, P15-16-33-36.

**Ramane A, 2006** : Gestion des eaux pluviales en milieu urbaine pour un développement durable , P63 .

**Safar Zitoun M, 2006** : Evaluation des dispositifs d'alerte précoce à la sécheresse existants a l'échelle nationale, Cas de l'Algérie, P5.

**Soukatchoff M, 2003** : Hydrologie et hydrogéologie , ecole des mines de nancy France , p89

**Site web :**

- [Notre-planete.info](http://Notre-planete.info)

**Annexe 01 : Codage des postes pluviométriques et leur coordonnées géographiques, durant la période d'étude (1905 /2011) :**

Code de PV	Nom de PV	X	Y	Périodes	N Lacune	N d'effectifs
A02	Raselma	177,7	138,8	1969/2010	0	41
B01	Sali benoub	186,5	192,2	1969/2010	0	41
B03	Haciaba	183,3	161,6	1942/2004	11	51
C04	Saron Bge	201,9	227,3	1969/2010	0	41
C05	sd bel abbes	199,1	219,7	1918/2002	24	60
C06	sidi brahim	203,2	222,5	1973/2002	11	18
C07	ben badis	170,8	190,8	1917/2002	26	59
C08	sabousid	178,2	206,1	1942/2002	18	42
C09	hassi dahou	204,8	204,1	1979/2002	5	18
C10	lamtarva	185,2	205,3	1942/2000	12	46
C12	Mbe brah	221,7	214,7	1950/2005	22	33
C13	tessala	183,8	221,6	1914/2002	27	61
C14	Ain trid	193	226	1942/2002	11	49
C15	Ain berd	208,4	234,3	1944/2002	34	24
C17	Hassi zahn	172,7	198,2	1914/2002	23	65
C18	sidi lahcen	191,2	212,9	1973/2002	4	25
C19	caidbellar	212,9	210,7	1973/2002	4	25
C22	Taiba	186,8	196,7	1942/2002	13	29
C34	Taf Tamane	178,6	189,4	1977/2002	6	29
D01	Dar sbaa	230,3	230,6	1973/2002	4	25
D02	Cheurfa bge	230	238,1	1940/2011	4	67
E01	Marine	216,3	170,5	1969/2010	7	34
E02	Telagh	200,6	170,1	1942/2008	22	44
E04	Tenira	205,5	196,2	1969/2008	9	30
E07	F chabrier	194,8	190,4	1973/2002	6	23
E09	sidi ahmed	204	190	1973/2002	3	26
E14	A Chaffia	210,7	183,3	1973/2002	15	14
F02	oued sefoi	221,1	201,1	1941/1994	25	28
F03	Ain frass	240,1	215,7	1957/2010	14	40
G01	Dahya	191,1	155,2	1942/2010	28	40
H02	Daoud	234,5	184,1	1926/2008	16	66
H03	Hel abd	226,7	189,2	1975/2002	6	21
I04	Boulafrad	245,8	169,1	1969/2011	0	42
J02	Ferme et harig	245,6	192,5	1969/2010	2	40
J01	M touhami	245	192,2	1972/2001	13	19
K02	S boubekeur	259,3	195,7	1966/2002	12	24
K03	Ain hajer	266,5	165,2	1922/2008	13	73
K04	Saida	268,4	173,3	1960/2004	9	35
K06	PK50	269	191	1972/1999	21	27
K12	H rabi	271,3	184,3	1969/2002	6	27
K13	D Keroua	264,7	181,2	1970/2002	9	23
K14	Fme	272,5	180,5	1969/2002	11	22
K15	Foali	272,5	180,5	1969/1986	14	3
K16	Sidi amar	263,7	195	1970/2002	10	22
K20	F syndicat	263,7	165,5	1970/2002	7	25
K28	Ain zerga	274,3	176,2	1973/2002	12	20
L01	O Taria	262,2	205,1	1905/2002	2	95
L02	O Djerane	282,4	172,4	1966/2002	16	20
L03	Balloul	296,8	190,5	1960/2002	13	29
L04	Ain Teffrit	290,4	182,6	1942/2002	19	41
L05	A sultane	281,4	188,4	1969/2002	15	18
L08	S Mimoun	289,4	195,5	1941/2002	28	33

L09	Bled beid	283,3	183,1	1970/2002	5	32
L10	Tamesna	295,6	174,5	1969/2002	8	25
L11	S Benkadour	291,5	164,1	1969/1992	8	15
L13	El hazem	272,8	168,6	1970/1991	7	14
L15	D Boucherit	277,8	174,6	1970/1997	14	13
L17	Beniene	275	203,1	1975/2002	5	22
L19	D bouchikhi	277,4	194,1	1942/2002	26	34
M03	Ouizert Bge	251,4	207	1975/2011	1	41
N01	Maoussa	277,3	233,8	1941/2002	12	51
N30	Khalouia	388,64	301,7	1969/2002	1	5
N29	Mascara V	269,5	219,4	1976/2002	9	26
N18	Nesmoth	289,1	219,5	1956/2002	14	32
N17	Ain fares	277,5	245,3	1953/2008	10	45
N13	Tizi	261,5	227,8	1953/2008	18	46
N05	Matmore	274,0	228,5	1941/2005	3	51
N04	Aoufs	287,1	211,8	1926/2004	25	53
N14	Sidi kadda	285,9	228,3	1941/2004	2	28
N02	Frouh	266,3	225,8	1943/2004	17	44
O02	Quiz Avar	247	215,7	1972/2002	0	35
O03	Bouhnifia	247,5	225	1940/2008	0	68
O06	Fergoug	259,3	250,3	1977/2007	1	29
O08	Sfisef	233,7	218,8	1913/2007	5	89
O09	Hacine	254,6	243,5	1941/2005	10	54
O11	Mohammad	261,8	257,7	1941/2002	10	51
O16	3 revieres	246,6	217	1956/2008	16	36
P01	Macta	245,6	279,8	1957/2004	4	25
P04	Ouggaz	232	255,8	1968/2002	10	24
P05	Bou hannu	247,3	255,3	1940/2002	12	50
P06	Fournaka	250,6	278,4	1967/2008	1	41
P07	Sahouria	265,8	261,1	1940/2002	29	33
P09	Bouguirat	279,3	275	1942/2002	17	43
P10	Macta dou	251,2	260,4	1967/2002	7	28
P11	F blanche	256,2	265,9	1937/1997	10	50
P16	Maraisirat	271,8	275,3	1970/1998	3	25
P17	Mde sirat	271,8	275,3	1999/2002	2	2
P18	Fme assoul	292,7	281	1970/2002	5	27
R05	sidi bel abbes ONM	194,25	215,6	1913/2010	40	57
Q32	Ain el orak	317,5	313,9	1969/2009	6	34
Q36	Asla	240,5	271,5	1968/2010	5	37
Q39	Cheikh	298,7	257,3	1908/2010	44	55
Q56	Ain sefra ANRH	193	243,6	1971/2009	3	35
T01	Amer	135,8	409,15	1966/2010	14	30
T14	Mechria	224	331,7	1906/2010	28	76
T19	Ain skhouana	330	436,05	1946/2003	32	25
T02	El aricha	135,8	409,15	1976/2010	1	29
W08	Mahdia	413,9	237,35	1923/2010	34	53
W09	Sougueur	390,55	210,1	1913/2010	14	83
W25	oued lili	369,18	233,37	1975/2010	4	31
X03	Oued morra	465,4	395,9	1969/2007	22	16
Y06	Mascara metmore	274	228,5	1977/2012	0	35
Y07	Mascara ghris	269,5	219,4	1995/2011	0	16
Y36	Saida	286,4	173,3	1977/2010	1	33

**Annexe 02 : Les paramètres descriptifs pour chaque poste pluviométriques**

pv	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Variance	C.V	$\alpha$	$\beta$	Q1	Q3
A02	235,20	246,55	209,25	43784,21	0,89	3,66	1,11	201	313,95
B01	394,67	394,30	120,83	14599,64	0,31	0,01	0,05	303,1	464,2
B03	280,83	306,30	240,31	57747,00	0,86	3,36	1,94	252,95	401,15
C04	383,79	379,40	106,62	11368,77	0,28	0,27	0,08	306,1	449,225
C05	355,23	346,35	92,88	8626,14	0,26	0,29	0,42	279,3	420,5
C06	233,98	215,10	115,77	13401,97	0,49	0,53	0,18	142,4	325,6
C07	453,07	461,60	146,63	21501,64	0,32	0,23	0,56	342,925	554,025
C08	444,28	450,05	130,57	17048,39	0,29	0,07	0,11	358,7	534,4
C09	255,41	244,85	81,95	6716,38	0,32	0,27	1,28	213	293,5
C10	379,27	380,60	126,09	15897,81	0,33	0,40	0,51	280,2	467,3
C12	349,24	336,60	132,85	17648,36	0,38	0,34	0,26	271,5	420,7
C13	470,30	467,70	180,91	32729,50	0,38	0,55	0,08	322,5	587,55
C14	433,71	436,70	157,70	24869,26	0,36	0,35	0,09	324	523,375
C15	413,12	398,70	189,19	35792,54	0,46	0,82	0,63	277,05	511,9
C17	429,43	422,30	143,17	20498,04	0,33	0,25	0,21	338,775	511,175
C18	262,12	259,60	75,03	5629,82	0,29	0,41	0,78	199,675	316,675
C19	262,12	259,60	75,03	5629,82	0,29	0,41	0,78	199,675	316,675
C22	365,53	357,90	132,30	17503,29	0,36	1,50	3,75	247,5	437,975
C34	313,65	293,80	68,95	4754,50	0,22	0,74	0,26	257,8	350,525
D01	224,14	219,80	84,56	7151,17	0,38	0,23	0,55	198,85	277,675
D02	341,05	344,55	95,38	9097,34	0,28	0,18	0,61	269,9	413,15
E01	319,22	313,65	84,94	7214,07	0,27	0,33	0,71	250,4	399,8
E02	317,50	312,00	147,87	21866,65	0,47	0,77	1,25	218,3	400,25
E04	359,59	330,50	92,40	8538,22	0,26	0,34	0,88	288,5	427,6
E07	254,77	232,70	76,21	5808,58	0,30	0,34	0,72	199,425	314,15
E09	300,78	280,15	72,74	5290,52	0,24	0,94	0,95	246,8	342,2
E14	243,61	223,05	78,48	6159,13	0,32	0,49	1,07	182,6	317,7
F02	293,63	280,10	109,03	11887,53	0,37	0,84	0,09	213,65	360,6
F03	227,13	224,45	60,14	3617,42	0,26	0,03	0,59	176	274,1
G01	344,20	315,90	113,52	12887,07	0,33	0,58	0,26	251,75	420,075
H02	320,64	321,95	115,80	13409,94	0,36	0,62	0,83	241,4	395,9
H03	229,26	239,10	54,02	2917,78	0,24	0,15	1,05	177,175	264,1
I04	301,51	291,05	105,07	11038,74	0,35	0,06	1,07	227,770803	392,692748
J02	268,89	225,20	146,11	21348,14	0,54	1,47	1,96	168,475	324,475
J01	208,76	191,40	80,39	6462,04	0,39	1,97	3,64	155,9	215
K02	275,14	275,50	73,85	5453,48	0,27	0,54	0,13	217,35	305,45
K03	377,65	368,00	169,26	28648,12	0,45	0,72	1,65	269,875	483,75
K04	342,06	347,20	107,80	11621,88	0,32	0,55	0,23	259,95	409,075
K06	306,17	285,80	80,53	6484,64	0,26	0,41	0,88	238,95	372,725
K12	248,23	239,20	76,37	5832,24	0,31	0,93	1,51	186,75	283,625
K13	271,03	243,40	75,08	5637,26	0,28	1,16	1,35	217,45	318,825
K14	259,95	228,65	104,68	10958,86	0,40	0,48	0,52	194,2	335
K15	207,20	184,70	52,59	2766,01	0,25	1,57	/	/	/
K16	298,37	288,70	110,88	12293,94	0,37	0,35	0,48	217,6	400,4
K20	344,15	342,70	107,58	11573,43	0,31	0,15	0,02	245,7	423,075
K28	342,43	338,85	93,00	8649,23	0,27	0,89	1,59	252,75	397,45
L01	325,61	323,10	122,12	14913,09	0,38	0,45	1,19	249	397,875
L02	231,41	241,85	87,96	7736,55	0,38	0,41	0,35	177,6	284,55
L03	329,47	338,10	120,30	14472,31	0,37	0,36	0,58	232,7	416,65
L04	435,93	388,40	163,67	26789,50	0,38	0,67	0,15	329,225	522,75
L05	396,47	397,05	96,52	9316,68	0,24	0,20	0,43	320,9	439,5

L08	233,37	321,30	334,37	111805,91	1,43	2,42	4,76	250,4	407,4
L09	332,86	301,60	118,45	14030,50	0,36	0,53	0,81	234,575	442,65
L10	299,99	294,80	90,83	8249,53	0,30	0,57	0,24	232,775	337,775
L11	234,41	311,70	291,61	85036,40	1,24	3,31	1,92	212,225	350,575
L13	277,44	285,80	73,47	5397,25	0,26	0,50	0,60	224,2	297
L15	373,89	384,00	105,09	11044,50	0,28	0,71	1,54	322,4	427,075
L17	254,68	232,15	98,60	9722,05	0,39	1,10	1,25	165,8	320
L19	343,10	363,50	201,92	40772,26	0,59	3,11	1,90	273,85	454,725
M03	251,78	251,50	91,91	8446,79	0,37	0,57	0,04	181,9	289,7
N01	340,72	340,00	178,39	31822,28	0,52	2,00	1,47	252,475	425,75
N30	256,87	224,00	79,45	6312,66	0,31	1,18	0,36	199,1	308,9
N29	304,99	307,15	86,85	7542,92	0,28	0,15	0,38	352,8	7439,83386
N18	429,37	387,35	122,10	14909,43	0,28	0,69	0,40	345,35	515,45
N17	403,50	359,80	144,06	20754,05	0,36	0,67	0,85	313,775	484,125
N13	341,52	363,00	175,19	30692,21	0,51	3,30	1,33	283,1	421,3
N05	327,26	309,30	92,49	8554,80	0,28	0,48	0,58	257,8	385
N04	531,22	505,90	178,73	31942,73	0,34	0,57	0,17	398,325	659,15
N14	330,56	314,10	81,79	6689,12	0,25	0,21	0,80	287,55	398,75
N02	282,26	297,65	161,87	26203,10	0,57	3,51	19,43	223,4	333,3
O02	230,72	223,30	58,81	3458,13	0,25	0,00	1,32	185,9	284,375
O03	306,19	293,50	87,99	7741,73	0,29	0,11	0,94	240,85	370
O06	280,77	280,80	74,73	5584,33	0,27	0,29	0,59	224,1	327,675
O08	422,77	413,40	145,84	21269,58	0,34	0,60	0,71	306,75	510,4
O09	345,21	341,25	97,93	9590,29	0,28	0,33	0,38	266,5	416
O11	337,44	315,40	90,35	8163,85	0,27	0,02	1,14	268,025	422,425
O16	209,71	220,35	54,49	2968,95	0,26	0,28	0,24	178,05	248,35
P01	232,58	223,40	81,17	6587,94	0,35	0,88	0,75	155,2	278,6
P04	260,10	241,25	102,45	10495,87	0,39	0,50	0,33	187,1	332,55
P05	280,56	264,05	85,01	7227,38	0,30	0,66	0,25	223,4	323,6
P06	263,73	253,40	88,80	7886,15	0,34	0,32	0,21	191,45	329,225
P07	285,66	291,20	87,82	7712,58	0,31	0,20	0,66	221,65	333,65
P09	340,45	342,10	99,24	9848,56	0,29	0,23	0,63	271,325	416,575
P10	239,84	228,50	95,45	9111,33	0,40	0,45	0,02	166,15	302,75
P11	321,78	326,35	106,57	11357,80	0,33	0,26	0,02	245,5	388,4
P16	291,54	273,30	92,97	8643,63	0,32	0,06	0,89	228	382,85
P17	240,60	240,60	131,38	17260,82	0,55	/	/	/	/
P18	323,35	327,80	108,89	11856,16	0,34	0,13	0,80	240,675	397,475
R05	360,52	354,80	92,87	8625,70	0,26	0,32	0,16	295,725	420,4
Q32	144,84	125,15	69,91	4886,79	0,48	0,73	0,25	94,5	185,5
Q36	117,32	114,80	53,79	2893,80	0,46	1,70	5,73	84,575	139,35
Q39	121,13	110,45	60,24	3628,82	0,50	2,42	1,52	82,6	156,7
Q56	161,67	145,70	79,53	6325,30	0,49	1,58	3,70	122,55	193,05
T01	141,88	129,15	47,16	2223,70	0,33	0,93	1,36	116	173,1
T14	273,05	271,70	88,11	7763,01	0,32	0,68	1,41	216,8	312,25
T19	182,12	185,00	48,44	2345,98	0,27	0,37	0,24	155,5	219,75
T02	197,83	201,50	58,22	3389,10	0,29	0,25	0,10	153,5	234,95
W08	361,39	354,80	103,56	10724,62	0,29	0,96	1,79	285,15	429,7
W09	390,56	384,60	120,59	14540,79	0,31	0,38	0,03	303,175	472,9
W25	390,96	389,70	109,37	11960,78	0,28	0,16	0,40	317,325	454,4
X03	130,28	107,15	86,72	7521,10	0,67	0,91	0,48	61,55	193,7
Y06	322,11	306,30	102,13	10431,37	0,32	0,75	0,14	250,1	385,85
Y07	196,22	247,15	329,90	108835,52	1,68	3,04	1,03	164,5	379,5
Y36	343,64	342,30	271,30	10241,44	0,29	0,762	0,051	101,20	420,60



**Annexe 03 : Les classes SPI 12 par chaque année.**

	N	H	MH	TH	Totale	S	MS	TS	TOTAL	N 'effectifs
1905	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1906	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
1907	2	0	1	0	1	0	0	0	0	3
1908	3	0	0	1	1	0	0	0	0	4
1909	2	0	2	0	2	0	0	0	0	4
1910	3	1	0	0	1	0	0	0	0	4
1911	3	0	1	0	1	0	0	0	0	4
1912	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2013	6	0	0	0	0	0	1	1	2	8
2014	7	0	1	1	2	0	0	0	0	9
2015	8	0	0	1	1	0	0	0	0	9
2016	5	2	2	0	4	0	0	0	0	9
2017	6	0	1	1	2	0	0	0	0	8
1918	5	1	4	1	6	0	0	0	0	11
1919	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11
1920	7	0	4	0	4	0	0	0	0	11
1921	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11
1922	8	0	4	0	4	0	0	0	0	12
1923	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13
1924	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13
1925	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13
1926	14	0	1	0	1	0	0	0	0	15
1927	7	4	0	5	9	0	0	0	0	16
1928	8	2	4	1	7	0	0	0	0	15
1929	8	1	5	1	7	0	0	0	0	15
1930	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14
1931	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14
1932	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1933	7	7	0	1	8	0	0	0	0	15
1934	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1935	6	4	4	0	8	0	0	0	0	14
1936	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1937	15	0	0	0	0	0	1	0	1	16
1938	8	0	8	0	8	0	0	0	0	16
1939	15	0	1	1	2	0	0	0	0	17
1940	12	1	6	0	7	0	1	0	1	20
1941	24	0	0		0	0	2	0	2	26
1942	26	2	6	0	8	0	1	0	1	35
1943	23	3	8	0	11	0	2	0	2	36
1944	29	0	0	0	0	0	8	0	8	37
1945	24	7	5	1	13	0	0	0	0	37
1946	33	1	0	0	1	2	1	0	3	37
1947	19	4	7	5	16	1	0	0	1	36
1948	17	5	13	0	18	0	0	0	0	35
1949	30	2	3	0	5	0	0	0	0	35
1950	18	4	9	4	17	0	1	0	1	36
1951	8	12	9	7	28	0	1	0	1	37
1952	35	0	1	0	1	0	0	0	0	36
1953	14	4	15	2	21	0	0	0	0	35
1954	22	4	8	1	13	0	1	0	1	36
1955	26	2	6	0	8	0	1	0	1	35
1956	33	0	1	0	1	0	2	0	2	36
1957	30	1	4	0	5	0	1	0	1	36
1958	35	0	1	1	2	0	0	0	0	37
1959	27	3	3	0	6	0	1	0	1	34



**Annexe 04 :** Calcule SPI 12 de chaque poste pluviométrique pour années Normale, humide, sèche

	SPI (Année N )	SPI (Année H )	SPI ( Année S )
A02	-0.90	1.82	-0.97
B01	-0.94	0.71	-0.58
B03	-1.63	1.01	-1.75
C04	-0.97	0.38	-1.59
C05	-0.59	1.01	-0.83
C06	0.32	1.19	0.04
C07	-0.56	0.70	-0.38
C08	-0.64	1.63	-0.70
C09	0.29	2.08	0.04
C10	-1.04	0.61	-0.73
C12	0.10	0.65	-0.44
C13	-0.41	-0.62	-0.44
C14	0.05	-0.85	-0.51
C15	-0.29	0.78	-0.10
C17	-0.87	0.99	-0.46
C18	-0.39	1.60	-0.63
C19	-0.20	-0.34	0.37
C22	-0.52	3.01	-0.70
C34	-0.49	-0.74	0.09
D01	0.34	1.35	-0.76
D02	-1.01	0.44	-1.38
E01	-0.43	1.96	-0.37
E02	-0.46	-0.30	-0.33
E04	-0.80	1.31	-0.77
E07	-0.19	-0.82	-0.42
E09	-1.00	2.61	-0.90
E14	0.57	0.04	0.04
F02	0.01	A	-0.07
F03	-0.09	0.05	-0.22
G01	-0.14	0.45	0.17
H02	-0.79	0.55	-0.62
H03	-0.56	1.32	-0.68
I04	-0.34	0.06	-1.02
J02	-0,82	-1,98	-0,52
J01	-0,37	-0,01	0,09
K02	-0,43	2,01	-0,33
K03	-0,24	-0,82	-0,38
K04	-0,76	2,18	-0,69
K06	-0,67	-0,67	-0,5
K12	-0,66	2,63	-0,4
K13	-0,52	2,72	-0,11
K14	-0,32	1,96	-0,16
K16	-0,62	-0,62	-0,35
K20	-0,59	1,99	-1,24
K28	-0,06	2,61	-0,49
L01	-0,63	1,25	-0,97
L02	-0,05	-0,11	-0,11
L03	-0,72	1,15	-0,6
L05	0,28	0,97	-0,07
L08	-0,91	1,86	-0,65

L09	-0,91	1,86	-0,65
L10	0,33	-0,63	-0,58
L11	-0,21	A	A
L13	-0,25	A	A
L15	0,09	0,97	0,09
L17	0,47	1,11	0,34
L19	-0,71	-0,71	-0,25
M03	-1,59	1,98	-0,48
N01	0,03	0,71	-0,57
N29	0,5	1,66	-0,55
N18	-0,22	1,03	-1,02
N17	-0,3	1,07	-1,06
N13	-0,04	-0,97	-0,63
N05	0,34	1	-0,98
N04	-0,13	0,25	-0,67
N14	-0,72	1,75	-1,17
N02	-0,28	2,05	0,02
O02	-0,15	1,36	-1,1
O03	-0,6	0,7	-1,53
O06	-0,24	1,38	-1,14
O08	-1,4	0,49	-1,73
O09	-0,86	-1,03	-0,54
O11	-0,37	0,72	-0,96
O16	-0,18	-1,17	-0,68
P01	-0,51	0,35	-0,22
P04	0,10	0,44	-0,83
P05	-0,53	0,44	-0,61
P06	-0,23	0,87	-0,69
P07	0,61	1,66	-0,83
P09	0,34	1,06	-0,16
P10	-0,27	0,77	-1,01
P11	-0,27	1,15	-0,79
P16	-0,17	A	A
P18	0,50	1,57	0,36
R05	-0,14	1,26	-0,21
Q32	-0,03	-0,93	-0,53
Q36	-0,38	-1,12	-0,57
Q39	0,73	-0,15	0,06
Q56	0,06	-1,25	-0,25
T01	0,15	-0,41	0,14
T14	-0,17	-0,61	-0,61
T19	0,55	A	0,36
T02	0,46	0,27	0,52
W08	0,15	1,43	-0,19
W09	-0,42	1,52	-1,02
W25	0,37	2,07	-1,90
X03	0,20	1,13	0,20
Y06	-0,17	0,07	-0,43
Y07	A	-1,15	A
Y36	0,10	0,16	0,10

- A : Lacune

**Annexe 05 : Les classes qualificatives de l'indice SPI-12 pour chaque sous bassin**

	TS	MS	S	Totale	Th	MH	H	Totale	Dure globale
A02	2	1	1	4	1	2	3	6	42
B01	1	2	2	5	0	2	3	5	42
B03	1	3	3	7	1	2	2	5	58
C04	1	2	2	5	1	3	2	6	42
C05	1	0	0	1	2	6	3	11	75
C06	1	0	0	1	0	5	0	5	30
C07	1	0	0	1	1	9	4	14	77
C08	1	2	0	3	0	4	1	5	54
C09	0	0	0	0	1	1	0	2	24
C10	0	8	0	8	1	7	1	9	54
C12	0	0	0	0	1	6	1	8	46
C13	0	0	0	0	2	10	1	13	87
C14	0	0	0	0	1	5	3	9	61
C15	0	0	0	0	1	3	2	6	39
C17	0	0	0	0	1	6	4	11	78
C18	0	0	0	0	0	3	2	5	30
C19	0	0	0	0	0	5	0	5	30
C22	0	0	0	0	1	3	1	5	36
C34	0	0	0	0	1	2	1	4	26
D01	0	0	0	0	0	4	1	5	30
D02	0	7	3	10	0	8	4	12	62
E01	0	0	0	0	1	6	1	8	42
E02	0	0	0	0	1	6	0	7	61
E04	2	0	0	2	0	4	3	7	38
E07	0	0	0	0	0	4	2	6	29
E09	0	3	0	3	0	4	1	5	29
E14	0	0	0	0	0	2	3	5	29
F02	0	0	0	0	1	4	3	8	47
F03	0	6	0	6	2	0	0	2	47
G01	0	0	0	0	1	5	1	7	52
H02	0	0	0	0	1	10	3	14	79
H03	0	0	0	0	0	1	3	4	25
I04	0	5	2	7	0	8	1	9	43
J02	0	1	2	3	0	3	3	6	42
J01	0	0	0	0	2	0	0	2	30
K02	0	0	0	0	2	1	1	4	36
K03	0	0	0	0	2	6	2	10	82
K04	0	0	0	0	1	3	3	7	45
K06	0	0	0	0	1	3	2	6	28
K12	0	0	0	0	1	3	1	5	34
K13	0	0	0	0	1	4	1	6	33
K14	0	0	0	0	0	3	3	6	33
K15	0	0	0	0	1	2	0	3	18
K16	0	0	0	0	0	6	0	6	30
K20	0	4	0	4	0	3	1	4	28
K28	0	0	0	0	1	3	0	4	29
L01	4	4	2	10	1	7	4	12	91
L02	0	0	0	0	0	4	2	6	35
L03	0	0	0	0	0	6	0	6	38
L04	0	3	0	3	0	3	0	3	15
L05	0	0	0	0	1	1	2	4	33
L08	0	0	0	0	0	5	3	8	33

L09	0	0	0	0	0	5	3	8	33
L10	0	0	0	0	1	3	1	5	34
L11	0	0	0	0	1	2	1	4	23
L13	0	0	0	0	0	1	2	3	22
L15	0	0	0	0	0	1	2	3	28
L17	0	0	0	0	2	5	2	9	33
L19	0	0	0	0	0	3	3	6	42
M03	0	3	1	4	0	1	1	2	28
N01	0	0	0	0	2	4	4	10	60
N30	0	1	0	1	0	0	1	1	7
N29	0	2	2	4	0	2	4	6	33
N18	0	5	0	5	1	4	2	7	39
N17	0	5	0	5	1	1	0	2	45
N13	0	0	0	0	3	3	0	6	53
N05	0	10	0	10	1	7	5	13	62
N04	0	0	0	0	0	9	4	13	67
N14	0	7	0	7	0	5	2	7	31
N02	0	2	0	2	1	1	5	7	62
O02	0	3	2	5	0	6	2	8	36
O03	0	10	3	13	0	8	3	11	65
O06	0	3	2	5	0	3	0	3	28
O08	2	6	4	12	2	8	4	14	86
O09	0	12	0	12	1	6	4	11	65
O11	0	8	0	8	0	11	2	13	62
O16	0	5	0	5	0	7	0	7	47
P01	0	0	0	0	2	3	0	5	34
P04	0	0	0	0	1	6	1	8	43
P05	0	9	0	9	0	7	4	11	58
P06	0	6	0	6	0	4	1	5	36
P07	0	0	0	0	0	3	4	7	40
P09	0	7	0	7	0	7	4	11	50
P10	0	1	0	1	1	2	1	4	36
P11	0	9	0	9	1	6	2	9	56
P16	0	0	0	0	0	4	2	6	22
P17	0	0	0	0	0	0	0	0	4
P18	0	0	0	0	0	2	2	4	33
R05	0	0	0	0	3	13	2	18	98
Q32	0	0	0	0	1	3	3	7	40
Q36	0	0	0	0	7	3	2	12	38
Q39	0	0	0	0	1	12	3	16	102
Q56	0	6	0	6	1	1	2	4	38
T01	0	0	0	0	2	6	0	8	44
T14	0		0	0	3	6	3	12	105
T19	0	0	0	0	0	3	2	5	30
T02	0	0	0	0	2	9	5	16	106
W08	0	0	0	0	2	11	3	16	87
W09	0	16	0	16	1	9	6	16	97
W25	0	4	1	5	1	1	1	3	24
Y03	0	0	0	0	0	2	4	6	38
Y06	0	3	2	5	1	1	3	5	34
Y07	0	3	0	3	0	2	1	3	16
Y36	0	3	3	6	0	5	1	6	40

**Annexe 06 : Les durées sèches pour l'ensemble du poste pluviométrique la période étudiée.**

PV	duré globale	Duré maximale	PV	duré globale	Duré maximale
A02	4	3	L10	0	0
B01	5	2	L11	0	0
B03	7	2	L13	0	0
C04	5	2	L15	0	0
C05	1	0	L17	0	0
C06	1	0	L19	0	0
C07	1	0	M03	4	2
C08	3	0	N01	0	0
C09	0	0	N30	1	0
C10	8	5	N29	4	0
C12	0	0	N18	5	0
C13	0	0	N17	5	0
C14	0	0	N13	0	0
C15	0	0	N05	10	2
C17	0	0	N04	0	0
C18	0	0	N14	7	2
C19	0	0	N02	2	0
C22	0	0	O02	5	0
C34	0	0	O03	13	2
D01	0	0	O06	5	0
D02	10	2	O08	12	3
E01	0	0	O09	12	2
E02	0	0	O11	8	2
E04	2	0	O16	5	0
E07	0	0	P01	0	0
E09	3	0	P04	0	0
E14	0	0	P05	9	2
F02	0	0	P06	6	0
F03	6	3	P07	0	0
G01	0	0	P09	7	2
H02	0	0	P10	1	0
H03	0	0	P11	9	0
I04	7	3	P16	0	0
J02	3	0	P17	0	0
J01	0	0	P18	0	0
K02	0	0	R05	0	0
K03	0	0	Q32	0	0
K04	0	0	Q36	0	0
K06	0	0	Q39	0	0
K12	0	0	Q56	6	0
K13	0	0	T01	0	0
K14	0	0	T14	0	0
K15	0	0	T19	0	0
K16	0	0	T02	0	0
K20	4	2	W08	0	0
K28	0	0	W09	16	5
L01	10	5	W25	5	0
L02	0	0	Y03	0	0
L03	0	0	Y06	5	0
L04	3	2	Y07	3	0
L05	0	0	Y36	6	0
L08	0	0	L09	0	0





### Annexe 07 : La fréquence de chaque poste pluviométrique

	F N	F TH	F MH	F H	Total	F TS	F MS	F S	Σ (%)
A02	76,19	2,38	4,76	7,14	14,28	4,76	2,38	2,38	9,52
B01	76,19	0	4,76	7,14	11,9	2,38	4,76	4,76	11,9
B03	79,31	1,72	3,45	3,45	8,62	1,72	5,17	5,17	12,06
C04	73,81	2,38	7,14	4,76	14,28	2,38	4,76	4,76	11,9
C05	84	2,67	8	4	14,67	1,33	0	0	1,33
C06	80	0	16,67	0	16,67	3,33	0	0	3,33
C07	80,52	1,3	11,69	5,19	18,18	1,3	0	0	1,3
C08	85,19	0	7,41	1,85	9,26	1,85	3,7	0	5,55
C09	91,67	4,17	4,17	0	8,34	0	0	0	0
C10	68,52	1,85	12,96	1,85	16,66	0	14,81	0	14,81
C12	82,61	2,17	13,04	2,17	17,38	0	0	0	0
C13	85,06	2,3	11,49	1,15	14,94	0	0	0	0
C14	85,25	1,64	8,2	4,92	14,76	0	0	0	0
C15	84,62	2,56	7,69	5,13	15,38	0	0	0	0
C17	85,9	1,28	7,69	5,13	14,1	0	0	0	0
C18	83,33	0	10	6,67	16,67	0	0	0	0
C19	83,33	0	16,67	0	16,67	0	0	0	0
C22	86,11	2,78	8,33	2,78	13,89	0	0	0	0
C34	84,62	3,85	7,69	3,85	15,39	0	0	0	0
D01	83,33	0	13,33	3,33	16,66	0	0	0	0
D02	64,52	0	12,9	6,45	19,35	0	11,29	4,84	16,13
E01	80,95	2,38	14,29	2,38	19,05	0	0	0	0
E02	88,52	1,64	9,84	0	11,48	0	0	0	0
E04	76,32	0	10,53	7,89	18,42	5,26	0	0	5,26
E07	79,31	0	13,79	6,9	20,69	0	0	0	0
E09	72,41	0	13,79	3,45	17,24	0	10,34	0	10,34
E14	82,76	0	6,9	10,34	17,24	0	0	0	0
F02	82,98	2,13	8,51	6,38	17,02	0	0	0	0
F03	82,98	4,26	0	0	4,26	0	12,77	0	12,77
G01	86,54	1,92	9,62	1,92	13,46	0	0	0	0
H02	82,28	1,27	12,66	3,8	17,73	0	0	0	0
H03	84	0	4	12	16	0	0	0	0
I04	62,79	0	18,6	2,33	20,93	0	11,63	4,65	16,28
J02	78,57	0	7,14	7,14	14,28	0	2,38	4,76	7,14
J01	93,33	6,67	0	0	6,67	0	0	0	0
K02	88,89	5,56	2,78	2,78	11,12	0	0	0	0
K03	87,8	2,44	7,32	2,44	12,2	0	0	0	0
K04	84,44	2,22	6,67	6,67	15,56	0	0	0	0
K06	78,57	3,57	10,71	7,14	21,42	0	0	0	0
K12	85,29	2,94	8,82	2,94	14,7	0	0	0	0
K13	81,82	3,03	12,12	3,03	18,18	0	0	0	0
K14	81,82	0	9,09	9,09	18,18	0	0	0	0
K15	83,33	5,56	11,11	0	16,67	0	0	0	0
K16	80	0	20	0	20	0	0	0	0
K20	71,43	0	10,71	3,57	14,28	0	14,29	0	14,29
K28	86,21	3,45	10,34	0	13,79	0	0	0	0
L01	75,82	1,1	7,69	4,4	13,19	4,4	4,4	2,2	11
L02	82,86	0	11,43	5,71	17,14	0	0	0	0
L03	84,21	0	15,79	0	15,79	0	0	0	0
L04	60	0	20	0	20	0	20	0	20
L05	87,88	3,03	3,03	6,06	12,12	0	0	0	0
L08	75,76	0	15,15	9,09	24,24	0	0	0	0

L09	75,76	0	15,15	9,09	24,24	0	0	0	0
L10	85,29	2,94	8,82	2,94	14,7	0	0	0	0
L11	82,61	4,35	8,7	4,35	17,4	0	0	0	0
L13	86,36	0	4,55	9,09	13,64	0	0	0	0
L15	89,29	0	3,57	7,14	10,71	0	0	0	0
L17	72,73	6,06	15,15	6,06	27,27	0	0	0	0
L19	85,71	0	7,14	7,14	14,28	0	0	0	0
M03	78,57	0	3,57	3,57	7,14	0	10,71	3,57	14,28
N01	83,33	3,33	6,67	6,67	16,67	0	0	0	0
N30	71,43	0	0	14,29	14,29	0	14,29	0	14,29
N29	69,7	0	6,06	12,12	18,18	0	6,06	6,06	12,12
N18	69,23	2,56	10,26	5,13	17,95	0	12,82	0	12,82
N17	84,44	2,22	2,22	0	4,44	0	11,11	0	11,11
N13	88,68	5,66	5,66	0	11,32	0	0	0	0
N05	62,9	1,61	11,29	8,06	20,96	0	16,13	0	16,13
N04	80,6	0	13,43	5,97	19,4	0	0	0	0
N14	54,84	0	16,13	6,45	22,58	0	22,58	0	22,58
N02	85,48	1,61	1,61	8,06	11,28	0	3,23	0	3,23
O02	63,89	0	16,67	5,56	22,23	0	8,33	5,56	13,89
O03	63,08	0	12,31	4,62	16,93	0	15,38	4,62	20
O06	71,43	0	10,71	0	10,71	0	10,71	7,14	17,85
O08	69,77	2,33	9,3	4,65	16,28	2,33	6,98	4,65	13,96
O09	64,62	1,54	9,23	6,15	16,92	0	18,46	0	18,46
O11	66,13	0	17,74	3,23	20,97	0	12,9	0	12,9
O16	74,47	0	14,89	0	14,89	0	10,64	0	10,64
P01	85,29	5,88	8,82	0	14,7	0	0	0	0
P04	81,4	2,33	13,95	2,33	18,61	0	0	0	0
P05	65,52	0	12,07	6,9	18,97	0	15,52	0	15,52
P06	69,44	0	11,11	2,78	13,89	0	16,67	0	16,67
P07	82,5	0	7,5	10	17,5	0	0	0	0
P09	64	0	14	8	22	0	14	0	14
P10	86,11	2,78	5,56	2,78	11,12	0	2,78	0	2,78
P11	67,86	1,79	10,71	3,57	16,07	0	16,07	0	16,07
P16	72,73	0	18,18	9,09	27,27	0	0	0	0
P17	100	0	0	0	0	0	0	0	0
P18	87,88	0	6,06	6,06	12,12	0	0	0	0
R05	81,63	3,06	13,27	2,04	18,37	0	0	0	0
Q32	82,5	2,5	7,5	7,5	17,5	0	0	0	0
Q36	68,42	18,42	7,89	5,26	31,57	0	0	0	0
Q39	84,31	0,98	11,76	2,94	15,68	0	0	0	0
Q56	73,68	2,63	2,63	5,26	10,52	0	15,79	0	15,79
T01	81,82	4,55	13,64	0	18,19	0	0	0	0
T14	88,57	2,86	5,71	2,86	11,43	0	0	0	0
T19	83,33	0	10	6,67	16,67	0	0	0	0
T02	84,91	1,89	8,49	4,72	15,1	0	0	0	0
W08	81,61	2,3	12,64	3,45	18,39	0	0	0	0
W09	67,01	1,03	9,28	6,19	16,5	0	16,49	0	16,49
W25	66,67	4,17	4,17	4,17	12,51	0	16,67	4,17	20,84
Y03	84,21	0	5,26	10,53	15,79	0	0	0	0
Y06	70,59	2,94	2,94	8,82	14,7	0	8,82	5,88	14,7
Y07	62,5	0	12,5	6,25	18,75	0	18,75	0	18,75
Y36	70	0	12,5	2,5	15	0	7,5	7,5	15

**Annexe 08** : caractéristique de la sécheresse : intensité pour chaque classe de l'ensembles des poste pluviométrique durant la période d'étude .

poste	H	TH	MH	$\Sigma$ (H)	S	TS	MS	$\Sigma$ (S)
A02	1,75	2,27	1,19	5,21	1,47	2,45	1,19	5,11
B01	1,77		1,24	3,01	1,71	3,17	1,27	6,15
B03	1,56	2,1	1,15	4,81	1,72	3,17	1,18	6,07
C04	1,67	2,38	1,28	5,33	1,65	2,48	1,23	5,36
C05	1,73	2,11	1,18	5,02				0
C06			1,22	1,22				0
C07	1,76	2,16	1,25	5,17				0
C08	1,63		1,23	2,86		5,25	1,3	6,55
C09		2,08	1,37	3,45				0
C10	1,6	2,5	1,19	5,29			1,04	1,04
C12	1,86	2,1	1,008	4,968				0
C13	1,61	2,33	1,33	5,27				0
C14	1,82	2,1	1,14	5,06				0
C15	1,71	2,32	1,19	5,22				0
C17	1,72	2,15	1,23	5,1				0
C18	1,78		1,19	2,97				0
C19			1,1	1,1				0
C22	1,58	3,01	1,16	5,75				0
C34	1,77	2,24	1,34	5,35				0
D01	1,6		1,25	2,85				0
D02	1,73		1,22	2,95	1,52		1,2	2,72
E01	1,96	2,04	1,2	5,2				0
E02		2,46	1,29	3,75				0
E04	1,72		1,34	3,06				0
E07	1,8		1,21	3,01				0
E09	1,5	2,61	1,17	5,28			1,17	1,17
E14	1,81		1,23	3,04				0
F02	1,79	2,35	1,17	5,31				0
F03		3,74		3,74			1,04	1,04
G01	1,5	3,38	1,23	6,11				0
H02	1,66	2,73	1,11	5,5				0
H03	1,6		1,32	2,92				0
I04	1,59		1,17	2,76	1,78	2,1	0,95	4,83
J02	1,89		1,43	3,32	1,98		1,08	3,06
J01		2,71		2,71				0
K02	1,75	2,08	1,29	5,12				0
K03	1,64	2,41	1,02	5,07				0
K04	1,8	2,18	1,11	5,09				0
K06	1,56	2	1,16	4,72				0
K12	1,69	2,63	1,25	5,57				0
K13	1,56	2,72	1,25	5,53				0
K14	1,77		1,18	2,95				0
K15		2,21	1,15	3,36				0
K16			1,22	1,22				0
K20	1,99		1,25	3,24			1,23	1,23
K28		2,61	1,13	3,74				0
L01	1,69	2,5	1,18	5,37	1,83	2,26	1,15	5,24
L02	1,67		1,14	2,81				0
L03			1,23	1,23				0
L04			1,14	1,14			1,1	1,1

L05	1,69	2,08	1,23	5				0
L08	1,79		1,94	3,73				0
L09	1,79		1,94	3,73				0
L10	1,84	2,27	1,3	5,41				0
L11	1,69		1,29	2,98				0
L13	1,87		1,47	3,34				0
L15	1,6		1,46	3,06				0
L17	2,08		1,17	3,25				0
L19	1,6		1,12	2,72				0
M03	1,98		1,19	3,17	1,56		1,2	2,76
N01	1,72	2,1	1,28	5,1				0
N30	1,85			1,85			1,07	1,07
N29	1,63		1,46	3,09	1,76		1,09	2,85
N18	1,87	2,1	1,22	5,19			1,13	1,13
N17		2,26	1,11	3,37			1,25	1,25
N13		2,22	1,25	3,47				0
N05	1,61	2,29	1,24	5,14			1,14	1,14
N04	1,8	2,29	1,17	5,26				0
N14	1,76		1,31	3,07			1,2	1,2
N02	1,78	2,05	1,1	4,93			1,03	1,03
O02	1,61		1,22	2,83	1,52		1,21	2,73
O03	1,65		1,14	2,79	1,84		1,31	3,15
O06	1,91	1,26	1,38	4,55	1,52		1,16	2,68
O08	1,68	2,35	1,21	5,24	1,81	2,01	1,36	5,18
O09	1,8	2,18	1,16	5,14			1,15	1,15
O11	1,62		1,26	2,88			1,04	1,04
O16			1,32	1,32			1,16	1,16
P01		2,26	1,27	3,53				0
P04	1,76	2,06	1,21	5,03				0
P05	1,87	2,19	1,18	5,24			1,08	1,08
P06	1,57	2,14	1,28	4,99			1,37	1,37
P07	1,69		1,34	3,03				0
P09	1,68		1,1	2,78			1,07	1,07
P10	1,71	2,1	1,37	5,18			1,01	1,01
P11	1,61	2,25	1,23	5,09			1,21	1,21
P16	1,44		1,27	2,71				0
P17				0				0
P18	1,54		1,41	2,95				0
R05	1,61	2,26	1,18	5,05				0
Q32	1,6	2,09	1,27	4,96				0
Q36	1,7		1,29	2,99			1,1	1,1
Q39	1,64	3,78	1,24	6,66				0
Q56	1,87	2,76	1,08	5,71			1,22	1,22
T01		2,35	1,17	3,52				0
T14	1,71	2,44	1,24	5,39				0
T19	1,63		1,25	2,88				0
T02	1,59	2,48	1,23	5,3				0
W08	1,59	2,59	1,22	5,4				0
W09	1,74	2,37	1,18	5,29			1,02	1,02
W25	1,74	2,7	1,12	5,56	1,9		1,28	3,18
X03	1,75		1,7	3,45				0
Y06	1,68	2,28	1,41	5,37	1,57		1,21	2,78
Y07	1,62		1,19	2,81			1,13	1,13
Y36	1,71		1,27	2,98	1,55		1,17	2,72



**Annexe 09** : caractéristique de la sècheresse : Magnitude de chaque classe pour l'ensemble les postes pluviométrique.

poste	TH	H	MH	TS	S	MS
A02	5,25	2,27	2,38	1,47	4,9	1,19
B01	5,31		2,48	3,42	3,17	2,54
B03	3,3	2,1	2,3	5,16	3,17	3,54
C04	3,34	2,38	3,84	3,3	2,48	2,46
C05	5,19	4,22	7,08			
C06			6,1			
C07	7,04	2,16	11,25			
C08	1,63		4,92		5,25	2,6
C09		2,08	1,37			
C10	1,6	2,5	8,33			8,32
C12	1,86	2,1	6,04			
C13	1,61	4,66	13,3			
C14	5,46	2,1	5,7			
C15	3,42	2,32	3,57			
C17	6,88	2,15	7,38			
C18	3,56		3,57			
C19			5,5			
C22	1,58	3,01	3,48			
C34	1,77	2,24	2,68			
D01	1,6		5			
D02	6,92		9,76	4,56		8,4
E01	1,96	2,04	7,2			
E02		2,92	7,74			
E04	5,16		5,36			
E07	3,7		4,84			
E09	1,5	2,61	4,56			3,51
E14	5,43		2,46			
F02	5,37	2,35	4,68			
F03		7,48				6,24
G01	1,5	3,38	6,15			
H02	4,98	2,73	11,1			
H03	4,8		1,32			
I04	1,59		9,36	3,56	4,2	4,75
J02	5,67		4,29	3,96		1,08
J01		5,42				
K02	1,75	4,16	1,29			
K03	2,94	4,82	6,12			
K04	5,4	2,18	3,33			
K06	3,12	2	3,48			
K12	1,69	2,63	3,75			
K13	1,56	2,72	5			
K14	5,31		3,54			
K15		2,21	2,3			
K16			7,32			
K20	1,99		3,75			4,92
K28		2,61	3,39			
L01	6,76	2,5	8,26	3,66	9,04	4,6
L02	3,34		4,56			
L03			7,38			
L04			3,42			3,3
L05	3,38	2,08	1,23			
L08	5,37		9,7			
L09	5,37		9,7			

L10	1,84	2,27	3,9			
L11	1,69		2,58			
L13	3,74		1,47			
L15	3,2		1,46			
L17	4,16		5,75			
L19	4,8		3,36			
M03	1,98		1,19	1,56		3,6
N01	6,88	4,2	5,12			
N30	1,85					1,07
N29	6,52		2,92	3,52		2,18
N18	3,74	2,1	4,88			5,65
N17		2,26	1,11			6,25
N13		6,66	3,75			
N05	8,05	2,29	8,68			11,4
N04	7,2	2,29	10,53			
N14	3,52		6,55			8,4
N02	8,9	2,05	1,1			2,06
O02	3,22		7,32	3,04		3,63
O03	1,95		9,12	5,52		13,1
O06	1,91	1,26	2,76	3,04		3,48
O08	6,72	4,7	9,68	5,43	4,02	8,16
O09	7,2	2,18	6,96			13,8
O11	3,24		13,86			8,32
O16			9,24			5,8
P01		4,52	2,54			
P04	1,76	2,06	7,26			
P05	7,48	2,19	8,26			9,72
P06	1,57	2,14	5,12			8,22
P07	6,76		4,02			
P09	6,72		7,7			7,49
P10	1,71	2,1	2,74			1,01
P11	3,22	2,25	7,38			9,68
P16	2,88		5,08			
P17						
P18	3,08		2,82			
R05	3,22	6,78	15,34			
Q32	4,8	2,09	3,81			
Q36	3,4		3,87			7,7
Q39	4,92	3,78	14,88			
Q56	3,74	2,76	1,08			7,32
T01		4,7	7,02			
T14	5,13	7,32	7,44			
T19	3,26		3,75			
T02	8,45	4,96	11,07			
W08	4,77	5,18	13,42			
W09	10,44	2,37	10,62			16,32
W25	1,74	2,7	1,12	1,9		6,4
X03	7		3,4			
Y06	5,04	2,28	1,41	3,14		3,63
Y07	1,62		2,38			3,39
Y36	1,71		6,35	4,65		3,51