



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE de Génie civil et d'Architecture**

**DEPARTEMENT de Génie civil**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par :**

**Djouidi Abdelaziz**

**Zerrouki Abderrahmane**

**DOMAINE : Sciences et Technologie**

**FILIERE : Hydraulique**

**OPTION : Ressources Hydraulique**

### **Thème**

**Variabilité et tendances pluviométriques dans les Hauts Plateaux  
constantinois**

#### **Jury de soutenance :**

| <b>Nom et Prénom</b>     | <b>Grade</b> | <b>qualité</b>   |
|--------------------------|--------------|------------------|
| <b>Hamlat Abdelkader</b> | <b>Dr</b>    | <b>Président</b> |
| <b>Yamani Kheira</b>     | <b>Pr</b>    | <b>Examineur</b> |
| <b>Guidoum Azeddine</b>  | <b>Dr</b>    | <b>Encadreur</b> |

**Promotion : 2019 / 2020**

# *Remerciements*

*C'est avec un vif Plaisir que je veins achever ce travail, je tines à cette occasion à remercier tout les enseignants qui ont contribué d'une façon ou d'une autre dans ce modeste travail, en particulier:*

□ *Mon promoteur, Dr. azeddine guidoum , qui s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

# *Dédicace*

*À ma chère maman*

*Quoi que vous fassiez ou disiez, je ne pourrai pas vous remercier comme je le devrais. Votre affection me couvre, votre miséricorde me guide, et votre présence à côté de moi a toujours été ma force pour affronter divers obstacles.*

*À mon cher père*

*Vous avez toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. J'espère que ce travail reflète ma gratitude et ma passion.*

*À mes chers frères et belles sœurs*

*Que Dieu vous accorde la santé, le bonheur, le courage et, par-dessus tout, le succès*

*Mme Directrice Amel Chitti*

*À la fin du Djoudi Kaltoum Laïla*

# *Dédicace*

Je dédie ce projet :

**A ma chère mère,**

**A mon cher père,**

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir  
et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

**A mes frères**

**A ma chère sœur**

*Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

**A mon cher grand-père,**

*Qui je souhaite une bonne santé.*

**A ma chère binôme ,Abdelaziz Djoudi,**

*Pour son entente et sa sympathie.*

*Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles.*

**A mes chères ami(e)s, tarek,othmane,mohamed,**

*Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.*

**A toute ma famille,**

**A tous mes autres ami(e)s,**

*Spécial dédicace a groupe zabla*

*A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.*

## Tables de matières

### Liste des tableaux

### Liste des figures

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction</b>                                                           | <b>1</b>  |
| <b>Chapitre I : Description physico-géographique et réseau hydrographique</b> | <b>3</b>  |
| I-1 Présentation géographique du bassin des hauts plateaux Constantinois      | 3         |
| I-2- Les grands ensembles physiques                                           | 4         |
| I-3 Les caractéristiques morphométriques du bassin                            | 5         |
| I-4 Le réseau hydrographique                                                  | 5         |
| I-5 Description lithologique                                                  | 7         |
| I-6 Occupation des sols et types de couvertures végétales                     | 8         |
| I-7 Le climat                                                                 | 9         |
| <b>Chapitre II : Le réseau pluviométrique et les séries d'observation</b>     | <b>12</b> |
| II-1 Aperçu sur la mesure et l'étude des précipitations en Algérie            | 12        |
| II-2 le réseau pluviométrique du bassin des Hauts Plateaux Constantinois      | 12        |
| II-3 Contrôle de la fiabilité des séries pluviométrique                       | 15        |
| II-4 Comblement des lacunes d'observation                                     | 15        |
| <b>Chapitre III : Variabilité et tendance des précipitations</b>              | <b>24</b> |
| III-1 Les précipitations annuelles et leur évolution                          | 24        |
| III-1-1 Répartition pluviométrique interannuelle                              | 24        |
| A. Le coefficient de variation (CV)                                           | 29        |
| B. Ecart à la moyenne                                                         | 29        |
| C. Indice de précipitation standardisé (IPS)                                  | 29        |
| III-1-2 Distribution statistique des pluies annuelles                         | 37        |
| III-2 Les précipitations mensuelles et les régimes saisonniers                | 40        |
| III-2-1 Variabilité inter-mensuelle des précipitations                        | 40        |
| III-2-2 Le régime pluviométrique saisonnier                                   | 43        |
| III-3 Variabilité spatiale et analyse de tendances évolutives                 | 47        |
| III-3-1 Spatialisation des précipitations annuelles                           | 47        |
| III-3-2 Tendances évolutives                                                  | 51        |
| Conclusion                                                                    | 58        |
| <b>Références bibliographiques</b>                                            | <b>59</b> |

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Caractéristiques morphométriques et hydrographiques des sous bassins des Hauts Plateaux Constantinois

**Tableau 2** : Données d'observation pour d'autres paramètres climatiques.

**Tableau 3** : Caractéristiques des postes pluviométriques retenus dans l'étude

**Tableau 4** : Coefficients correctifs des doubles cumuls.

**Tableau 5** : Matrice de Corrélation de Pearson pour les précipitations moyennes annuelles de 41 postes (1940-2004)

**Tableau 6** : Précipitations moyennes annuelles (1970/2004) (Après homogénéisation et

**Tableau 7** : Moyenne, écart-type, et coefficient de variation des séries Pluviométriques (1970-2004)

**Tableau 8** : Ecart à la moyenne des précipitations annuelle extrêmes (1970-2004)

**Tableau 9** : Fréquence (%) des années sèches, normales et humides dans 41 postes pluviométriques (Période : 1970-2004)

**Tableau 10** : Précipitations annuelles fréquentielles en (mm)

**Tableau 11** : Répartition saisonnière des pluies dans quelques postes représentatifs du bassin des Hauts Plateaux Constantinois.

**Tableau 12** : Précipitations mensuelles fréquentielles pour trois postes caractéristiques.

**Tableau 13** : Ecart relatif des précipitations annuelles moyennes pour les 41 postes pluviométriques du bassin (%)

## Liste des figures

- Figure 1** : Bassin versant des Hauts Plateaux Constantinois Les Sous Bassins
- Figure 2** : Carte lithologique simplifiée du bassin des Hauts plateaux Constantinois.
- Figure 3** : Couverture végétale Du bassin des Hauts Plateaux Constantinois -d'après carte internationale du tapis végétal au 1/1000 000 feuilles Tunis-Sfax et Alger
- Figure 4** : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien
- Figure 5** : Position des 41 stations pluviométrique et MNT couvrant les bassins étudiés
- Figure 6** : Application de la méthode des doubles cumuls (postes pluviométriques Foug Toub et Bouhmar
- Figure 7** : Régression à l'échelle annuelle des précipitations (1970-2004) pour les postes pluviométrique Batna et Timgad
- Figure 8** : Evolution du coefficient de corrélation mensuel (1970-2004) pour les postes pluviométrique Sidi Mançar et Batna
- Figure 9** (a, b, c et d) : Variations interannuelles des précipitations (1970-2004)
- Figure 10** : Ajustement à la loi Racine-normale des précipitations annuelles (1970-2004)
- Figure 11** (a et b) : Amplitude des précipitations moyennes mensuelles (1970-2004)
- Figure 12** : Ajustement à la loi Racine-normale des précipitations mensuelles (1970-2004)
- Figure 13** : Distance à la mer
- Figure 14** : Carte des précipitations annuelles moyennes des Haut Plateaux Constantinois (Période du 1er septembre 1970 au 31 août 2004)
- Figure 15** : Tendence des précipitations annuelles dans la zone d'étude
- Figure 16(a)** : Superposition des isohyètes de la période (1970-2004) et celle de de Seltzer (1913-1938)
- Figure 16(b)** : Superposition des isohyètes de la période (1970-2004) et celle de Chaumont et Paquin (1913-1963)
- Figure 16(c)** : Superposition des isohyètes de la période (1970-2004) et celle de l'ANRH (1922/1960-1969/1989)

## Résumé

Notre étude s'articule autour de trois thèmes portant sur l'analyse pluviométrique proprement dite, l'étude de variabilité, la spatialisation, et l'analyse de tendance pour le bassin versant des Hauts plateaux Constantinois, ensemble hydrographique caractérisant le Nord-est algérien. Une analyse préalable de l'ensemble des paramètres physico-géographiques du bassin a été effectuée. Ensuite le facteur climatique précipitations a fait l'objet d'une analyse de fiabilité, de variabilité, de tendance évolutive et d'une cartographie de leur moyenne annuelle. Nous avons également essayé de faire ressortir des constatations sur la tendance spatiale des précipitations en superposant l'esquisse d'isohyètes établi pour la période considérée dans cette étude au anciennes cartes élaborée sur le nord algérien. Ceci en se basant sur les éventuelles modifications de la forme et de la disposition des isohyètes.

**Mots-clés :** bassin versant, précipitations, variabilité, tendance, cartographie, Hauts Plateaux, Algérie.

## Abstract

The study focuses on three themes focus on the rainfall analysis itself, variability study, spatialization, and trend analysis for the catchment of Constantinois High Plateaus, a hydrographic basin characterizing the Northeast of Algeria. A preliminary analysis of all physico-geographical parameters of the basin was carried out. Then the rainfall climatic factor has been an analysis of the reliability, variability, evolutionary trend and a mapping of their annual average... We have also tried to identify the findings on the rainfall spatial by superposing the isohyets outline established for the period considered in this study on the old maps developed over northern Algeria. This based on the possible changes in the shape and arrangement of isohyets.

**Keywords:** catchment, rainfall, variability, trend, cartography, high plateaus, Algeria.

## ملخص

دراستنا هذه تركز على ثلاثة محاور بحث رئيسية تتعلق بتحليل هطول الأمطار، دراسة التغيرات، التوزيع المكاني، وتحليل التوجه التطوري وهذا للحوض التجميعي المسمى الهضاب العليا القسنطينية، وهي مجموعة هيدروغرافية اخذت مثال عن شمال شرق الجزائر. لقد تم في البداية إجراء تحليل أولي لجميع المعلومات الفيزيوجغرافية للحوض. بعدها تم تحليل العامل المناخي المتمثل في هطول الأمطار من حيث موثوقية المعلومات، التغيرات الطارئة والتوجه التطوري وكذا الرسم الخرائطي لمتوسطها السنوي. لقد حاولنا أيضًا تقديم إبراز مختلف الملاحظات حول التوجه المكاني لهطول الأمطار من خلال تركيب رسم الخريطة التخطيطي لمنحنيات تساقط الامطار التي تم إنشاؤها للفترة المذكورة في هذه الدراسة على الخرائط القديمة الخاصة بشمال الجزائر.

الكلمات المفتاحية: الحوض التجميعي، هطول الأمطار، التغيرات، التوجه، رسم الخرائط، الهضاب العليا، الجزائري



## Introduction

Les ressources hydriques en Algérie sont profondément liées aux précipitations. Celles-ci sont peu importantes, mal réparties, et d'une irrégularité très marquée. Leur caractère torrentiel provoque ainsi une dynamique érosive très vive sur les reliefs qui engendre une importante charge solide à l'aval.

En Algérie, les conditions climatiques qui prévalent depuis quelques décennies notamment la variabilité spatio-temporelle et les tendances pluviométriques ont certainement une influence sur la ressource en eau.

Ce travail a pour but d'étudier la pluviométrie du bassin versant des Hauts Plateaux Constantinois. En tenant compte de l'importance de la pluviométrie, comme facteur générateur et explicatif du régime de l'écoulement à toutes les échelles de temps, ce paramètre climatique ferait l'objet d'une analyse statistique de variabilité. Ce qui va nous permettre de préciser l'évolution de la pluviosité pendant la période (1970-2004) et les tendances que l'on peut détecter.

Nous allons, en premier lieu, comparer le cumul moyen annuel des stations retenues pour l'étude. Cette comparaison va mettre avant tout en évidence la variabilité mensuelle, saisonnière et annuelle.

Ensuite, pour saisir et préciser l'intensité des irrégularités interannuelles des précipitations on va se concentrer sur le coefficient de variation, le rapport min/max, l'écart à la moyenne et le coefficient de précipitations standardisé.

Dégager une tendance sur les précipitations à partir des observations est difficile en raison de leur imprévisibilité. Néanmoins, l'analyse des séries pluviométriques reste certainement la méthode la plus sûre pour dégager une tendance sur les précipitations.

Les courbes d'évolution des séries chronologiques, doublées de la courbe de tendance linéaire, va nous permettre d'identifier le caractère de la pluie de notre région d'étude pendant la période considérée.

En plus, la pluviométrie fera l'objet d'une cartographie de sa moyenne annuelle. Ce qui nous permettra de préciser l'évolution de la pluviosité pendant la période (1970-2004) et les tendances qu'on y peut découvrir.

Il est incontestable que les anciennes cartes pluviométriques, faisant largement à l'expérience et à la connaissance du terrain, restent des documents de référence fiables et instructifs, pour les études de la pluviométrie en Algérie.

Par la superposition de l'esquisse d'isohyètes pour la période considérée dans l'étude à ces cartes, nous essaierons de ressortir des constatations sur la tendance spatiale des précipitations en se basant sur les éventuelles modifications de la forme et de la disposition des isohyètes.

Notre étude s'articule autour des trois chapitres :

Le premier chapitre tente de définir le comportement du bassin en précisant comment les différents facteurs naturels à savoir l'orographie et la morphologie du bassin, la lithologie, l'hydrographie la végétation, et le climat, interfèrent dans la répartition des précipitations et le comportement hydrologique du bassin d'étude.

Le second chapitre de notre travail débute par un aperçu sur la mesure des précipitations en Algérie et les études effectuées sur ce paramètre climatique. Ensuite une analyse de fiabilité a été établie en contrôlant la qualité des séries de mesure pluviométrique par l'emploi d'outils statistiques et graphiques. Ceci afin de réduire les erreurs qui pourraient les affecter. Un Comblement des lacunes d'observation a été également effectué.

Le troisième chapitre concerne l'étude de variabilité des précipitations et de leur tendance proprement dite, qui est fondée sur le traitement statistique des données pluviométriques. Elle met en lumière les aspects de variabilité spatiale et temporelle des précipitations annuelles, saisonnières, mensuelle, et donc de leurs tendances évolutives.

## Chapitre I : Description physico-géographique et réseau hydrographique

### I-1 Présentation géographique du bassin des hauts plateaux Constantinois

Le bassin versant des hauts plateaux constantinois, fait partie des Hautes Plaines steppiques orientales, qui s'intercalent entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. C'est un bassin que délimitent les méridiens 05°57' E et 7°80' E et les parallèles 35°22' N et 36° 15' N. D'une superficie supérieure à 9 581 km<sup>2</sup> le bassin appartient à l'ensemble du Constantine- Seybouse- Mellague Selon la structuration des unités Hydrologiques en Algérie. Il est constitué de vastes étendues qui renferment de grandes dépressions continentales salées appelées chotts et sebkhas.

La superficie du bassin est répartie sur 7 sous bassin versants : Chott Beida, Medja Zana, Sebkhet Ez Zemoul, Oued Chemora, Garaet An Djamal, Oued Boulfreis, Garaet El Tarf (Figure 1). Le bassin est limité au Nord par le bassin du Kébir Rhumel (10) et la Seybouse (14), au Sud par le bassin du Chott Melrhir (06), à l'Ouest par celui de la Soummam (15), et de Hodna (05) et à l'Est par le bassin de la Medjerda (12). Il comprend les plaines d'Ain M'lila au Nord du bassin et les plaines d'Ain Touta et Batna au Sud, aussi les hautes plaines Sétifiennes et les plaines de Bellezma à l'Ouest et les plaines de Remila à l'Est. [l'ANRH \(1993\)](#)

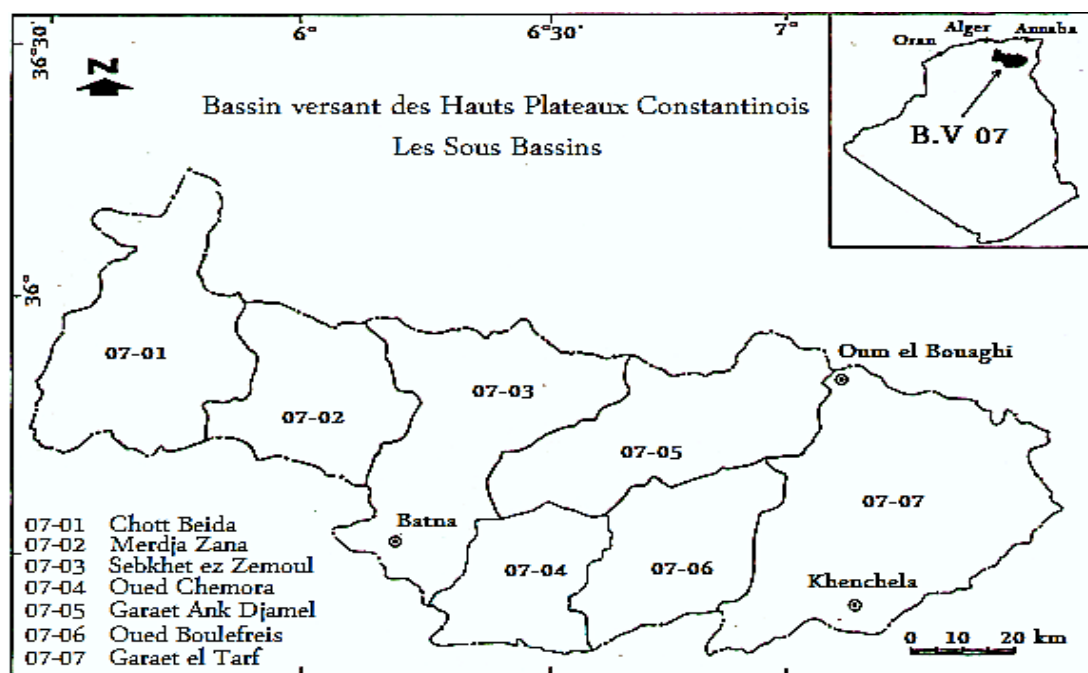


Figure 1 : Bassin versant des Hauts Plateaux Constantinois Les Sous Bassins [l'ANRH \(1993\)](#)

## **I-2- Les grands ensembles physiques**

Le relief est le résultat d'une conjugaison de plusieurs facteurs et particulièrement par l'évolution géologique et par l'action de l'érosion à une grande échelle. Dans ce contexte, la zone semi-aride est divisée en quatre ensembles distincts :

### **2. Les montagnes**

Ces reliefs forment une barrière naturelle qui joue un rôle climatique et hydrologique important. Les différents paramètres climatiques sont fortement influencés par ces reliefs qui forment des limites entre les influences sahariennes du Sud et celles de la mer méditerranéennes au nord .

la zone montagneuse du bassin versant des Haut plateaux est composée essentiellement des massifs des Aurès : Asker (1833m) , Ras er Rih (1916 m) , el Mahmel dont l'altitude s'élève jusqu'à 2231m , plus à l'Est de Grand bassin versant on rencontre les massifs de Djebels Timagout ( 1875 m ) , Lizourès (1746 m ) , et Djebels Aslaf (1606 m) . [l'ANRH \(1993\)](#)

### **B. Le piedmont**

c'est une zone de transition entre la montagne et la plaine : Elle s'allonge de l'Ouest à l'Est au pied du versant notamment ceux des Aurès au sud et de Djebels Bou-Arif au Nord-ouest, sous forme des collines constituées par les dépôts colluviaux qui descendent en pente atténuée vers la plaine, son altitude varie entre 1200 et 1400m. En plus de ces collines, le bassin se caractérise par les draâs, il s'agit d'une série de glacis sous forme des petits reliefs monoclinaux. La zone de piedmont est le plus souvent agricole. [l'ANRH \(1993\)](#)

### **C. La plaine**

Ces terrains plutôt plates à relief peu accusé occupent la plus grande partie du du bassin et s'étend au Nord et à l'Est des piedmonts. Ils sont circonscrits par les courbes de niveau 1200m et 900m, et s'étalent jusqu'aux rives des lacs salés avec une déclivité qui ne dépasse pas le plus souvent les 8%. Les dépôts accumulés dans ces plaines sont composés dans l'ensemble, de sable, gravier, et de limon, résultants de l'apport solide des oueds qui perdent leur compétence avant d'atteindre les lacs salés. Ces terrains sont utilisés pour les activités agricoles saisonnières. [l'ANRH \(1993\)](#)

De ces ensembles physiques ci-dessus décrits, il est possible de délimiter trois grandes unités hydrologiques du bassin :

#### **a. Les bassins supérieurs**

C'est une région montagneuse formée de chaînes imposantes à relief accidenté avec une altitude variant entre 1200m et 1400m . Ce secteur constitue la partie la plus arrosée et présente une déclivité accentuée ; il est drainée par un réseau hydrographique dense dont les oueds les plus importants sont ceux descendant des des massif des Aurès.

#### **b. Les bassins moyens**

Ces bassins englobent la zone du piedmont et une partie de la plaine, et caractérisés par des reliefs moins abrupts que ceux des bassins supérieurs, avec une altitude variant entre 1400m et 1000m.

#### **c. Les bassins inférieurs**

il s'agit de la partie centrale du bassin , d'une altitude variant entre 1000m et 900m et avec la présence la proéminence de quelques massifs montagneux. Les Oueds de ce secteur

convergent tous vers le centre du bassin pour se jeter dans les lacs salés (Garâs, Sebkhas et Chotts).

En somme le bassin versant de haut plateaux constantinois présente un relief compartimenté, reflet de la nette opposition topographique, montagne-plaine qui le caractérise. Il est réparti en bassins d'ensemble bien limités, les massifs montagneux se terminent brusquement par des collines qui jalonnent la ligne de contact entre la montagne et la plaine.

### **I-3 Les caractéristiques morphométriques du bassin**

Les différents paramètres morphométriques d'un bassin versant notamment, la forme, l'altitude caractéristique, la pente, et le relief, interviennent surtout et souvent de façon combinée dans les modalités de l'écoulement. Cependant l'approche cartographique s'impose souvent pour faire ressortir les nuances internes à l'intérieur du bassin.

Le (tableau 1) récapitule les principales caractéristiques morphométriques et hydrographiques des sous bassins des Hauts Plateaux Constantinois.

### **I-4 Le réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau, affluents, et sous affluents, permanents ou temporaires, par lequel s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

Le réseau hydrographique du bassin versant des Hauts plateaux Constantinois, constitue un système endoréique. La conjonction des phénomènes topographiques et la semi aridité du climat ont donné naissance à ce phénomène d'endoréisme qui se traduit par la présence de cuvettes fermées (sebkhas, Chotts). Les dépressions s'expliquent essentiellement par la tectonique. **L'endoréisme** est donc un phénomène rencontré dans certains bassins versants pour lesquels le réseau hydrographique n'est relié à aucun autre réseau. L'eau est alors acheminée et concentrée en un point du bassin qui peut être un lac, une mare ou une accumulation souterraine.

Le bassin dispose de quelques Oueds permanents descendants des sommets des Aurès (Oued Taga, Oued Reboa et Oued Guess). Ces Oueds ainsi que tous les autres oueds à écoulement temporel se déversent dans les lacs salés (il s'agit de Sebkhet Djendli, Garâet Ank Djmel, et Garâet et-Tarf) ; tandis que d'autres Oueds aboutissent sur des surfaces planes au niveau des sous bassins.

**Tableau 1 : Caractéristiques morphométriques et hydrographiques des sous bassins des Hauts Plateaux Constantinois**

| N_Bv | N_Sbv | Oued               | S <sup>(1)</sup> | P <sup>(2)</sup> | L_ch <sup>(3)</sup> | K <sup>(4)</sup> | L_re <sup>(5)</sup> | l_re <sup>(6)</sup> | Dd <sup>(7)</sup> | H <sub>min</sub> <sup>(8)</sup> | H <sub>max</sub> <sup>(9)</sup> | H <sub>moy</sub> <sup>(10)</sup> |
|------|-------|--------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 07   | 701   | Chott Beïda        | 1601,3           | 242,7            | 835,7               | 1,70             | 106,3               | 15,1                | 0,52              | 900,0                           | 1700,0                          | 1300,0                           |
| 07   | 702   | Merdja Zana        | 1033,3           | 170,1            | 571,4               | 1,48             | 70,4                | 14,7                | 0,55              | 825,0                           | 1650,0                          | 1237,5                           |
| 07   | 703   | Sebkhet ez zemoul  | 1554             | 255,1            | 1077,2              | 1,81             | 113,9               | 13,6                | 0,69              | 0,0                             | 2050,0                          | 1025,0                           |
| 07   | 704   | O. Chemorah        | 765,5            | 145,1            | 793,3               | 1,47             | 59,8                | 12,8                | 1,04              | 900,0                           | 2300,0                          | 1600,0                           |
| 07   | 705   | Garaet annk Djemal | 1244,0           | 202,2            | 817,0               | 1,61             | 86,8                | 14,3                | 0,66              | 825,0                           | 1650,0                          | 1237,5                           |
| 07   | 706   | O. Boulefreis      | 954,1            | 161,0            | 807,0               | 1,46             | 66,1                | 14,4                | 0,85              | 850,0                           | 2300,0                          | 1575,0                           |
| 07   | 707   | Garaet et tarf     | 2429,0           | 258,9            | 1408,7              | 1,47             | 106,7               | 22,8                | 0,58              | 850,0                           | 2150,0                          | 1500,0                           |

N\_Bv : Numéro du bassin versant (selon l'ANRH) ; N\_Sbv : Numéro du sous bassin ; S : superficie du sous bassin en km<sup>2</sup> ; Périmètre du sous bassin en km ; K : Indice de compacité de GRAVELIUS ; L\_re : Longueur du rectangle équivalent en km ; l\_re : Largeur du rectangle équivalent en km ; Dd : densité de drainage en km/km<sup>2</sup> ; Hmin : altitude minima en m ; Hmax : altitude maxima en m ; Hmoy : altitude moyenne en m.

(1) : Superficie du sous bassin déterminée par dijitisation de ces limites sous Mapinfo 6.5

(2) : Périmètre du sous bassin déterminé par dijitisation de ces limites sous Mapinfo 6.5

(3) : L\_ch : Longueur totale chevelu hydrographique en km déterminé par dijitisation des cours d'eau sous Mapinfo 6.5

(4) : Indice de compacité de GRAVELIUS qui est défini comme le rapport du périmètre stylisé du bassin au périmètre d'un cercle ayant la même surface :  $K = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} \cong 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{S}}$

(5) : Longueur du rectangle équivalent en m. :  $L_{re} = \frac{\sqrt{S} \cdot K}{0.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{K} \right)^2} \right]$

(6) : Largeur du rectangle équivalent en m :  $l_{re} = \frac{\sqrt{S} \cdot K}{0.128} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{K} \right)^2} \right]$

(7) : Densité de drainage : Dd= L\_ch / S en ( km/km<sup>2</sup>)

(8) : altitude minima en m

(9) : altitude maxima en m

(10) : (altitude moyenne en m :  $H_{moy} = \sum \frac{h_i \cdot s_i}{S}$  ; avec si, aire comprise entre deux courbes de niveau (km2) et hi, altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m)

La densité de drainage qui exprime la dissection générale de relief, est variable à l'échelle des sous bassins ( entre 2.34 et 1,04km/km<sup>2</sup> ) où la superficie et la répartition des chevelus hydrographiques jouent un rôle déterminant dans la compensation de la densité de drainage. Cette dernière est relativement faible (0,66km/km<sup>2</sup>) pour l'ensemble du bassin des hauts Plateaux Constantinois, ce qui n'est pas le cas caractérisant des régions semi-arides (précipitations saisonnière intense, de faible couvert végétal, et absence relative des sols).

En effet, la mesure de ce paramètre suppose la reproduction de tout les affluents du bassin quel que soit leur ordre, or sur les cartes topographiques au 1/200.000 que nous avons utilisés, le tracé de réseau hydrographique est très approximatif, ne fait qu'indiquer la présence d'un cours d'eau et ne reflètent pas la réalité du chevelu hydrographique.

### **I-5 Description lithologique**

La géologie des terrains influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement des surfaces. Dans ce dernier cas, les caractères géologiques principaux à considérer sont la lithologique et la structure tectonique.

La diversité des milieux topographiques du bassin des Hauts plateaux Constantinois relevée ci-dessus trouve son origine dans la constitution géologique et structurale de ce dernier. Les différents mouvements tectoniques qu'a connu cette région, ont engendré le soulèvement des reliefs et l'affaissement des dépressions, et par conséquent un changement dans la dynamique de l'écoulement. La conjonction de ce phénomène tectonique avec l'avènement d'une période sèche au Quaternaire a engendré l'installation de l'endoréisme.

Le dispositif structural du bassin à l'origine de nombreux mouvements tectoniques :

Le plissement majeur de la fin de l'Eocène ( phase fini-lutétienne ) qui a donné lieu à des anticlinaux et synclinaux, de direction générale SW-NE.

Au début du Miocène, la région est envahie par la mer Burdigalienne, et lors du retrait de cette mer qui s'effectua à la fin du Miocène, une série de reliefs émergea notamment les monts de Bou-Arif et les monts des Aurès, qui furent immédiatement soumis à une forte érosion dont les dépôts se sont accumulés dans la cuvette, provoquant ainsi son comblement et la disparition totale des derniers golfs marins.

Une phase cassante Pliocène s'est soldée ensuite, par des formes d'effondrements qui ont donné lieu à de nombreux fossés tectoniques, notamment la fosse Sud-Atlasique qu'a bouleversé l'ensemble de réseau hydrographique.

Une phase Quaternaire a accentué les mouvements verticaux des grands compartiments, ceci a engendré une dissection intense des chaînes de montagnes, et conduit au remblaiement alluvial des dépressions, et par conséquent un changement de la direction de l'écoulement du Sud-Nord vers le SW-NE. Les terrains les plus anciens qui affleurent dans le secteur étudié sont attribués au Crétacé, et les plus récentes au Quaternaire ([R. Laffitte 1939](#)), (figure 2).

- **Le Crétacé :**

Il constitue les principaux affleurements des monts des Aurès et des Djebels Bou-Arif. La série de Crétacé inférieur affleure à Dj. Bou-Arif, il s'agit d'une série à dominante calcaire, bien litée et attribuée à l'Aptien. Alors que le Crétacé supérieur qui s'étend du Cénomaniens au Maastrichtien, est constitué essentiellement de marno-calcaire et de marne dominante, il apparaît sur la majorité des reliefs.



- **Le Tertiaire** : Les terrains attribués au Miocène et Pliocène non différencié, affleurent largement dans le bassin d'étude, il s'agit d'une série constituée par alternance d'argile silteuse et de grès (Gloua-et Trab et Djebels Tagratine...) et des Grès blancs et grossiers qui affleurent en de nombreux endroits par de vastes surfaces. Alors que la formation conglomératique constituée de marne, conglomérats, et de calcaire, d'une extension très limitée et affleure au Sud du bassin.

- **Le Quaternaire** : il est représenté par les nappes d'éboulis d'origine calcaire ou gréseuse, localisées sur les flancs des Aurès, les alluvions récentes formées le long des oueds Reboa-Chemorah et El Gueiss, les glacis polygéniques nappant les reliefs couvrant de très vastes surfaces et organisés en pente douce et les croûtes calcaires qui affleurent en de nombreux endroits.

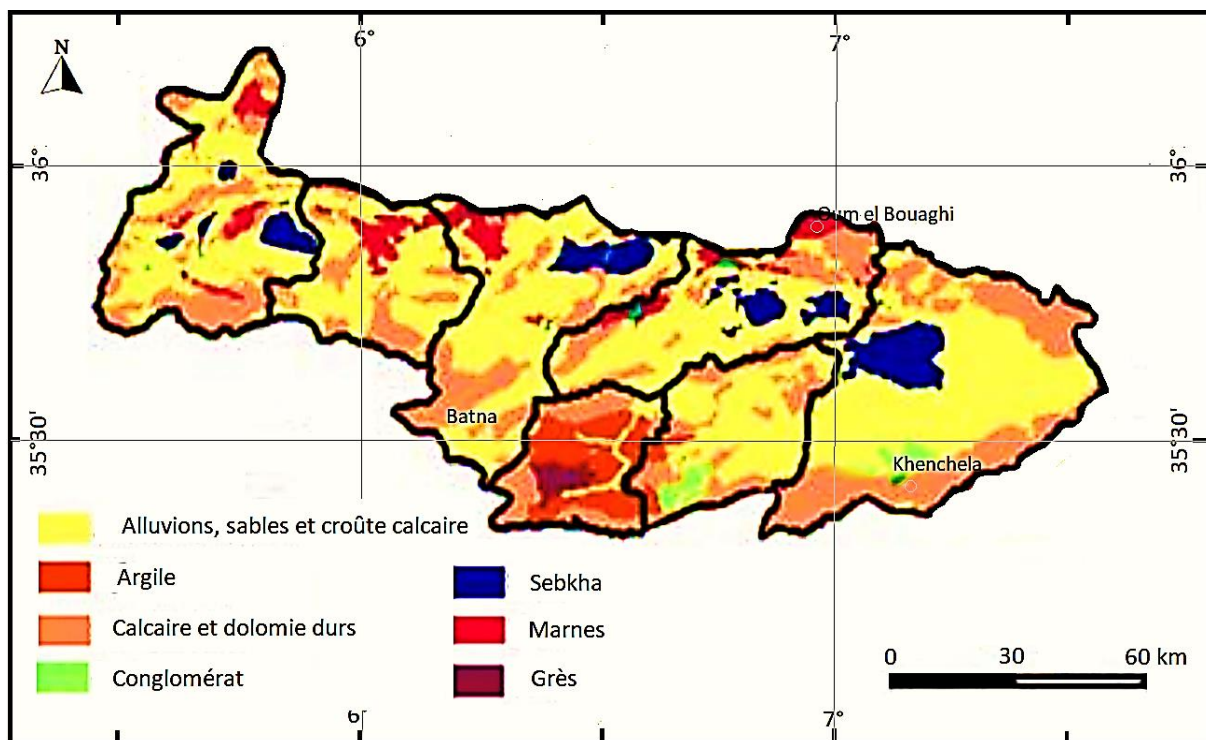


Figure 2 : Carte lithologique simplifiée du bassin des Hauts plateaux Constantinois (Abdeddaim, 2018).

## I-6 Occupation des sols et types de couvertures végétales

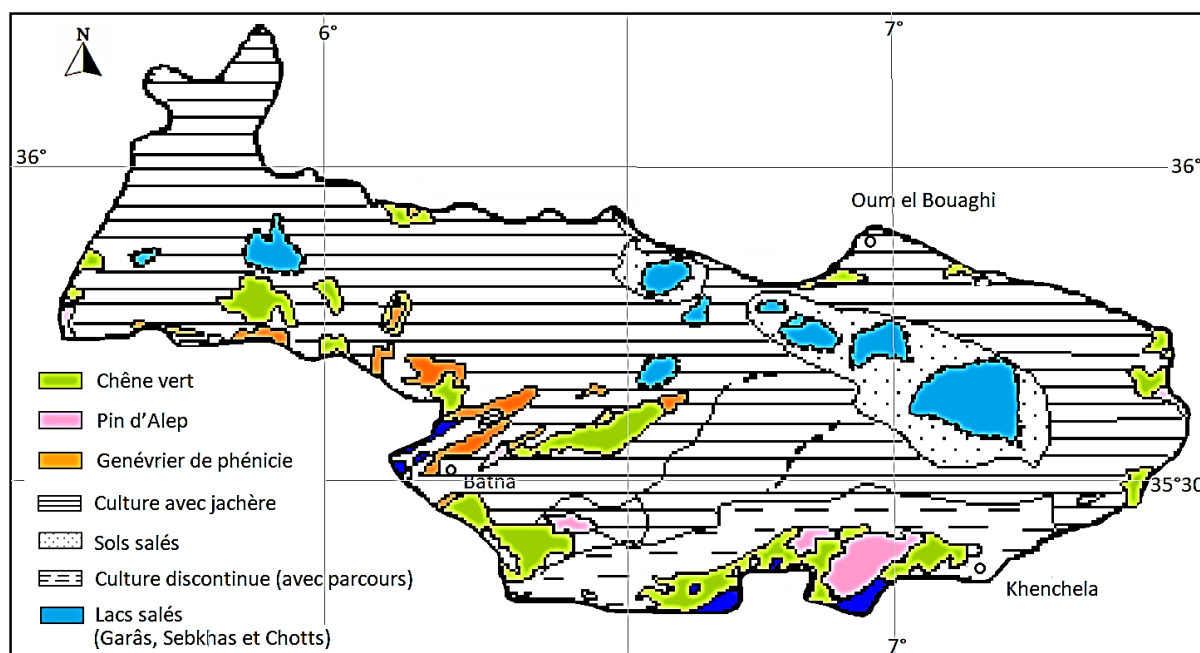
L'action complexe et contradictoire de la couverture végétale, s'exerce aussi bien sur les paramètres climatiques notamment l'évaporation que sur les bilans hydriques des sols ; Elle donne de l'ombre, ce qui conserve l'humidité et l'activité biologique nécessaire à l'équilibre du sol, l'infiltration en profondeur est facilitée par les fissurations préparées au sein du sol par le réseau des racines. Enfin les végétaux jouent un rôle mécanique très important dans les zones de forte déclivité, en atténuant la violence des crues, ils protègent le sol contre l'érosion, et limitent le transport solide.

Le couvert végétal de la région d'étude offre une importante diversité spatiale qui est influencée par le modelé des terres et les écarts climatiques induits par la proximité du Sahara au Sud et de la mer méditerranée au Nord.



La caractéristique essentielle est la prédominance des surfaces occupées par les céréales et la jachère, qui représentent la part majoritaire dans le bassin. Ainsi que les terrains favorisant le ruissellement notamment les terrains de parcours et les terrains nus restent importants (Figure 3).

Malgré sa faible extension en termes de surfaces et sa discontinuité, le couvert forestier s'étend sur les forêts des hautes montagnes de l'Atlas saharien au sud du bassin, notamment, les forêts de pins d'Alep qui se distinguent au niveau des monts des Aurès. On distingue aussi, des maquis arborés dans le Sud du bassin.



**Figure 3 : Couverture végétale Du bassin des Hauts Plateaux Constantinois -d'après carte internationale du tapis végétal au 1/1000 000 feuilles Tunis-Sfax et Alger-, (Mebarki, 2005)**

En somme, les formations végétales assurant une protection médiocre au sol, sont les plus représentées dans le bassin des Hauts Plateaux Constantinois, dont le caractère dégradé et discontinué de cette couverture présage d'un écoulement irrégulier et torrentiel et d'une érosion très développée dans le bassin, seule la couverture forestière des massif montagneux des Aurès, peut avoir un impact positif sur le ruissellement et la régularisation de l'écoulement.

### I-7 Le climat

Les facteurs climatiques dans leur ensemble permettent d'expliquer quantitativement l'intensité et la variabilité des composantes du régime hydrologique, dans le temps et dans l'espace, en interaction avec les conditions physico-géographiques de l'écoulement.

La combinaison des précipitations et des températures caractérise le rythme climatique à dominance « méditerranéenne » régnant généralement à travers les Hauts Plateaux Constantinois : la saison froide et humide s'oppose à la saison chaude et sèche. Cependant des variations s'observent d'une zone à l'autre.

Les sous bassins versants des Hauts plateaux constantinois sont dans leurs majorités situés dans les étages bioclimatiques semi-arides à arides. Le subaride se limite à une bande étroite du piémont méridional de l'Aurès (figure 4).

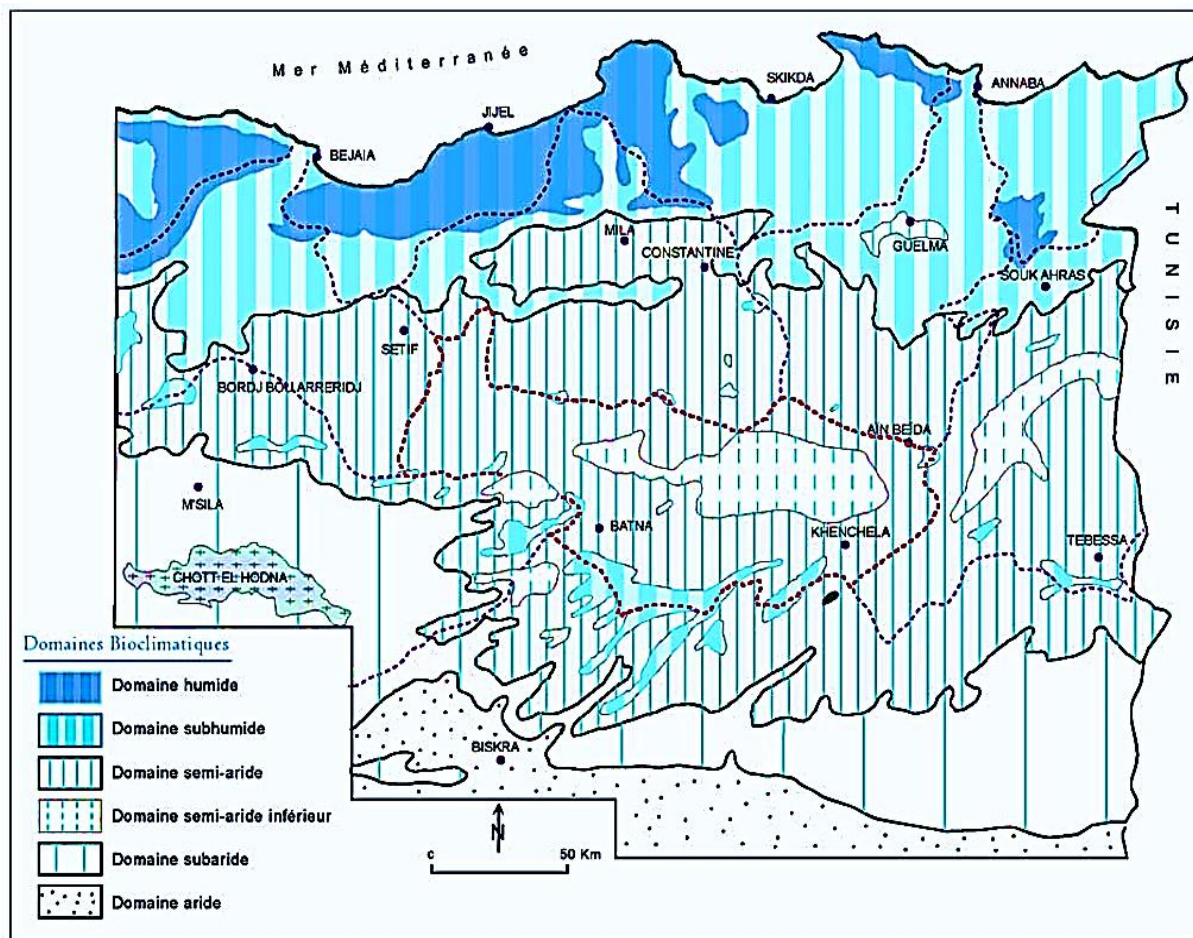


Figure 4 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien  
(Établie d'après Côte, 1998 in : Mebarki, 2005)

Selon [Mebarki \(2005\)](#), l'ensemble du bassin est nettement cerné dans sa bordure Nord par l'isohyète 500 mm. La pluviométrie décroît vers la bordure Sud (350 mm) avec des creux assez nets (200 à 300mm) dans la zone des lacs salés. En raison de l'effet orographique et l'exposition de son versant Nord, les massifs de l'Atlas Saharien au sud du bassin enregistrent une remontée de la pluviométrie moyenne annuelle vers des valeurs de 400 à 600 mm

Le (tableau 2) donne des chiffres indicatifs enregistrés pour d'autres paramètres climatiques, qui sont fournis par la station météorologique de Batna, pour une période de 10 ans (1975-1984) et ceux publiés par [Seltzer \(1946\)](#)

**Tableau 2 : Données d'observation pour d'autres paramètres climatiques.**

|                                                             |                                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Station de Batna (altitude = 1050 m)<br>Période (1975-1984) | Fréquence mensuelle de gelée            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                                                             | Sep.                                    | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai   | Jui.  | Jui.  | Août. | Année  |
|                                                             | 0,0                                     | 0,3   | 5,7   | 8,7   | 8,2   | 7,5   | 4,7   | 2,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 37,2   |
|                                                             | Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                                                             | Sep.                                    | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai   | Jui.  | Jui.  | Août. | Moy.   |
|                                                             | 3,1                                     | 3,5   | 3,5   | 4,5   | 4,1   | 4,2   | 4,1   | 4,0   | 4,0   | 3,8   | 4,2   | 3,8   | 3,9    |
|                                                             | Fréquence mensuelle de sirocco          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                                                             | Sep.                                    | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai   | Jui   | Jui.  | Août. | Année  |
|                                                             | 2,0                                     | 0,4   | 0,4   | 0,1   | 0,0   | 0,4   | 1,9   | 2,3   | 1,5   | 2,8   | 5,1   | 2,1   | 19     |
|                                                             | Humidité relative moyenne mensuelle (%) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                                                             | Sep.                                    | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai   | Jui   | Jui.  | Août. | Moy.   |
|                                                             | 58,6                                    | 64,2  | 72,4  | 72,9  | 71,3  | 71,4  | 63,3  | 63,2  | 59,0  | 49,9  | 39,7  | 44,4  | 60,9   |
|                                                             | Insolation moyenne mensuelle (heure)    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                                                             | Sep.                                    | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai   | Jui   | Jui.  | Août. | Moy.   |
|                                                             | 327,5                                   | 263,  | 197,5 | 160,5 | 162,6 | 148,8 | 217,3 | 250,9 | 382,4 | 403,7 | 480,4 | 402,7 | 3397,3 |
|                                                             | Evaporation moyenne mensuelle (mm)      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                                                             | Sep.                                    | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai   | Jui   | Jui.  | Août. | Année  |
|                                                             | 364,0                                   | 229,4 | 189,0 | 179,8 | 189,1 | 168,0 | 223,2 | 237,0 | 272,8 | 318,0 | 350,3 | 322,4 | 2943,0 |
|                                                             | Fréquence moyenne mensuelle de neige    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|                                                             | Sep.                                    | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai   | Jui   | Jui.  | Août. | Année  |
|                                                             | 0,0                                     | 0,0   | 1,1   | 2,4   | 2,9   | 2,6   | 1,7   | 0,6   | 0,1   | 0,0   | 0,1   | 0,1   | 11,6   |

Source : O.N.M (1975-1984)

| Station                     | Nombre de jours où il y a neige | Nombre moyen de jours d'enneigement |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Batna (altitude = 1050 m)   | 14,4                            | 8,3                                 |
| Arris (altitude = 1100 m)   | -                               | 15,0                                |
| F. Toub (altitude = 1220 m) | 3,5                             | 2,2                                 |

Source : SELTZER (1922-1930)

En conclusion, le bassin versant des Hauts plateaux constantinois présente des ensembles morpho-structuraux bien tranchés, des caractères morphométriques déterminant des différences sensibles dans l'aptitude des terrains au ruissellement, des facteurs lithologiques donnant lieu à des possibilités d'infiltration très nuancées sur le plan spatial, un climat semi-aride à aride avec une forte variabilité spatiale et un couvert végétal dégradé et très discontinu dans le temps et dans l'espace.

## Chapitre II : Le réseau pluviométrique et les séries d'observation

Dans ce chapitre, nous présenterons les séries de données, puis nous intéresserons au contrôle de leur qualité et au comblement de lacunes d'observation.

### II-1 Aperçu sur la mesure et l'étude des précipitations en Algérie

De nombreuses stations ont commencé à fonctionner pendant la période coloniale. La plupart des stations connues des périodes d'arrêt pendant la guerre d'Algérie. Après l'indépendance, certaines stations se sont arrêtées momentanément ou définitivement. Alors que d'autres sont de date post-indépendance.

Un bon nombre de stations ont été installées dans les années 1968- 1970 par l'agence nationale des ressources hydrique ANRH en complément de l'ancien réseau de l'O.N.M lequel a subi, de son côté, une restructuration. Cependant, l'instabilité de fonctionnement de ces stations, les lacunes et les erreurs entachant les séries d'observations, conduit souvent à effectuer un minutieux travail de sélection et de traitement (Ghenim et al., 2014).

La pluviométrie en Algérie a été étudiée par plusieurs auteurs (P. Seltzer (1913-1938) H. Gaussen et Paquin (1913-1963)).

Plusieurs études ont été faites sur cette variable climatique en Algérie. Parmi les documents de références établis on peut citer :

- la carte pluviométrique dressée par (Seltzer P, 1946) qui a été établie d'après les moyennes brutes de 25 années climatiques, du 1<sup>er</sup> septembre 1913 au 31 août 1938.
- la carte de (Chaumont M. et Paquin C, 1971) qui représente les précipitations annuelles moyennes ramenées à une période de 50 ans (1913-1963).
- la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, réalisée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H.) en 1993 qui représente les moyennes de 60 ans : du 1<sup>er</sup> septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1<sup>er</sup> septembre 1968 au 31 août 1989).

Plus récemment, des séries d'analyses et de cartographie des précipitations ont été menées sur l'ensemble ou une partie du pays comme celles de Aissani et Laborde 1983, Anser 1998, Davtian 1998, Mouhous 1997, Meddi et Humbert 2000, Touazi 2001, Ineglizs 2002, Laborde et al 2003, Touaibia et al 2006 et Louamri 2009.

### II-2 le réseau pluviométrique du bassin des Hauts Plateaux Constantinois

Le bassin des Hauts Plateaux Constantinois est équipé de (24) postes pluviométriques, soit environ un (1) poste pour 400 km<sup>2</sup> ; Ces postes sont répartis de manière hétérogène. Le réseau est dense, plus particulièrement dans la région des Aurès à caractère montagnard et la plus arrosé (figure 5). La densité du réseau est toutefois plus faible dans le secteur des hauts plateaux et des lacs salés. Pour les besoins de l'étude, nous avons aussi utilisé les dix-sept (17) autres postes pluviométriques situées aux alentours du bassin. Les données utilisées concernent la période 1970-2004 et proviennent de la base de données de là l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH). Le (tableau 3) et la (figure 5) indiquent la position des 41 postes pluviométriques ANRH, leur altitude et leurs équipements.

**Tableau 3 : Caractéristiques des postes pluviométriques retenus dans l'étude**

| N° | Code   | Nom              | X (km) | Y (km) | Z (m) | Distance à la mer |
|----|--------|------------------|--------|--------|-------|-------------------|
| 1  | 51201  | MEROUANA         | 790,75 | 263,65 | 1000  | 132,8             |
| 2  | 51203  | OUED EL MA       | 798,25 | 265,75 | 1001  | 133,5             |
| 3  | 51206  | CHERFA EL AIN    | 786,1  | 266,6  | 900   | 128,5             |
| 4  | 51207  | HAOUARA DJEBEL   | 788,7  | 271,3  | 900   | 124,2             |
| 5  | 51306  | NGAOUS           | 764,1  | 255,1  | 750   | 135               |
| 6  | 61202  | OUED CHAABA      | 799,8  | 255,35 | 1278  | 145               |
| 7  | 61203  | AIN TOUTA        | 790,1  | 235,9  | 917   | 161,3             |
| 8  | 61211  | OUED CHELIH      | 799,4  | 252,6  | 1180  | 147,5             |
| 9  | 61503  | MEDINA LANASSER  | 849,7  | 230,5  | 1570  | 187,2             |
| 10 | 61803  | BOU HAMMAMA      | 867    | 228,5  | 1140  | 181,3             |
| 11 | 70102  | AIN EL AZEL      | 754,5  | 283,3  | 960   | 102               |
| 12 | 70201  | AIN DJASSER      | 798,35 | 289,1  | 865   | 110,2             |
| 13 | 70303  | TAZOULT          | 822,65 | 248,65 | 1200  | 164,7             |
| 14 | 70304  | ALI BEN TENOUN   | 827,4  | 254,9  | 1180  | 158               |
| 15 | 70306  | AIN YAGOUT       | 836    | 281,6  | 876   | 144               |
| 16 | 70308  | HAMLA            | 806,75 | 256,2  | 1174  | 148,1             |
| 17 | 70309  | SEGUENE          | 809,3  | 260,6  | 1400  | 146,7             |
| 18 | 70316  | BATNA FERME EXP. | 814,7  | 257,35 | 1040  | 150               |
| 19 | 70322  | LES LACS         | 843,2  | 294,1  | 790   | 127               |
| 20 | 70403  | REBOA            | 848,1  | 250,25 | 1002  | 167               |
| 21 | 70405  | AIN TINN         | 839,6  | 237,5  | 1650  | 183,5             |
| 22 | 70406  | FOUM TOUB        | 849,8  | 241    | 1160  | 176,3             |
| 23 | 70407  | BAIOU            | 829,65 | 242,65 | 1510  | 174,5             |
| 24 | 70408  | BOUAHMAR         | 837,15 | 244    | 1275  | 175               |
| 25 | 70409  | TIMGAD           | 841,75 | 250,9  | 1000  | 167,5             |
| 26 | 70410  | SIDI MANÇAR      | 833,7  | 253,25 | 1112  | 162,1             |
| 27 | 70502  | BOULHILET        | 858,4  | 277,55 | 859   | 149               |
| 28 | 70504  | AIN DISS         | 888,4  | 303,2  | 1045  | 105               |
| 29 | 70604  | YABOUS           | 858,45 | 239,65 | 1200  | 174,5             |
| 30 | 70605  | TOUFFANA         | 856,1  | 249,75 | 1040  | 165,1             |
| 31 | 70704  | AIN MIMOUN M. F  | 886,35 | 243,6  | 1180  | 171,2             |
| 32 | 70707  | AIN BEIDA        | 924,15 | 288    | 1004  | 139,7             |
| 33 | 70708  | FKIRINA          | 916,9  | 272,75 | 856   | 150,5             |
| 34 | 70716  | OUM EL BOUAGUI   | 898,55 | 295,05 | 950   | 123               |
| 35 | 100303 | TADJENANET       | 796,15 | 318    | 845   | 78,5              |
| 36 | 100401 | BOU MALEK M.C.   | 817,15 | 337    | 830   | 75                |
| 37 | 120201 | LA MESKIANA      | 949,7  | 271    | 845   | 148,2             |
| 38 | 140103 | BERRICHE         | 921,85 | 300,5  | 800   | 122,4             |
| 39 | 140104 | KSAR SBAHI       | 910,5  | 319    | 860   | 100,5             |
| 40 | 140105 | AIN SETTARA      | 922,5  | 318,5  | 740   | 100,6             |
| 41 | 140106 | AIN SNOB         | 928,18 | 317,5  | 850   | 100,8             |



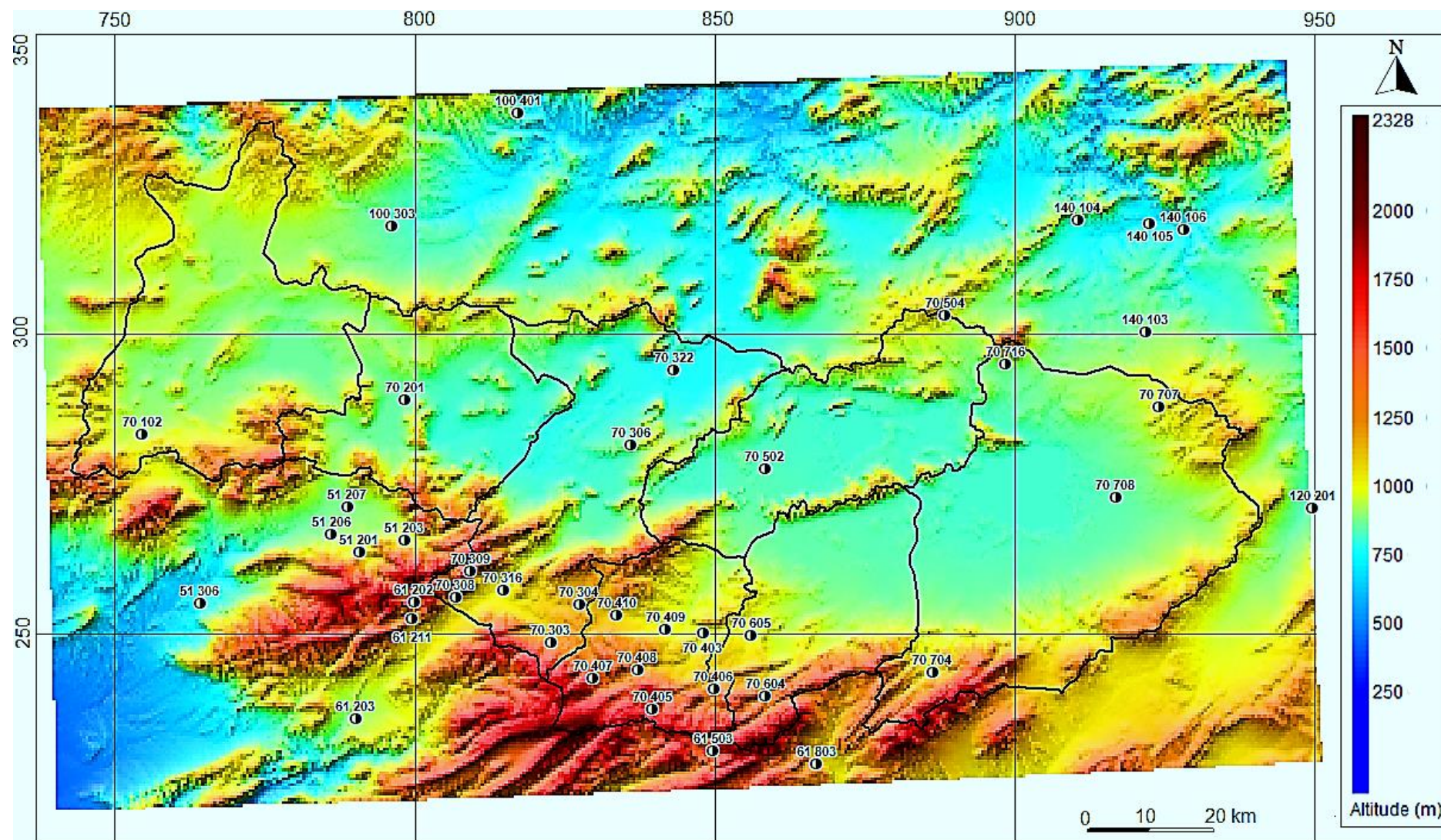


Figure 5 : Position des 41 stations pluviométrique et MNT couvrant les bassins étudiés

### II-3 Contrôle de la fiabilité des séries pluviométriques

Toute étude de variabilité ou des tendances pluviométrique est basée sur l'exploitation des séries de données recueillies pendant des périodes plus ou moins longues, continues ou discontinues. Les méthodes statistiques d'analyse de ces séries, exigent une homogénéité de leurs composantes.

Il est donc nécessaire, avant toute utilisation des variables pluviométriques, de contrôler leur qualité par l'emploi d'outils statistiques et graphiques, afin de réduire les erreurs systématiques qui pourraient les affecter.

La méthode des " **double masses** " ou " **double cumuls** » est généralement la plus utilisée pour détecter les anomalies systématiques. Cette méthode est basée sur le tracé de la courbe des doubles cumuls pluviométriques qui est obtenue en portant en abscisses les totaux annuels cumulés du poste de base, et en ordonnées les totaux annuels cumulés du poste à vérifier. Si les points sont distribués de façon linéaire, on conclut que la série est homogène, au contraire, s'il apparaît une ou plusieurs cassures dans la distribution des points, la série n'est pas homogène. De ce fait, l'homogénéisation de cette série est nécessaire, en affectant la valeur du rapport correctif, selon le cas,  $m/m'$  ou  $m'/m$ , aux totaux annuels considérés comme erronés (Dubreuil 1974).

Dans ce travail, le traitement des données pour notre bassin d'étude a été fait sur toutes les postes pluviométriques. En effet, dans les cas peu douteux, nous avons choisi de maintenir les données observées sans faire de corrections. A titre d'exemple, les graphiques de doubles cumuls ont permis de déceler des anomalies sur les postes : Foum Toub, et Bouhmar (figure 6). Il est souhaitable de revenir aux originaux, pour procéder à l'interprétation des résultats. Cependant, cette tâche est très délicate à réaliser.

En effet, la période postérieure à la cassure et la plus longue (Bouhmar : 22 et Foum Toub 21 : ans). Cette période est considérée comme relativement fiable, du fait qu'elle a fait l'objet d'un examen régulier de la part de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H). En conséquence on a jugé plus raisonnable de corriger la période antérieure. Les cassures généralement s'expliquent par un déplacement du pluviomètre ou changement de son environnement. Les coefficients correctifs des doubles cumuls pour les deux postes figurent dans le tableau suivant :

**Tableau 4 : Coefficients correctifs des doubles cumuls.**

| Poste pluviométrique | Période corrigée | Coefficient correctif ( $m'/m$ ) |
|----------------------|------------------|----------------------------------|
| Foum Toub            | 1969/70-1981/82  | 1.23                             |
| Bouhmar              | 1969/70-1980/81  | 1.86                             |

### II-4 Comblement des lacunes d'observation

De nombreuses causes concourent pour entraîner l'absence de certaines informations (absence de mesures, défaut de transmission, erreur de stockage, manipulation erronée...) ce qui fait que dans les fichiers disponibles certaines données sont manquantes.

Les postes pluviométriques retenues pour notre présentent, à l'exception de Reboa, Batna et Medina, des lacunes d'observation d'un à plusieurs mois, qui sont généralement dues, soit à l'absence de l'observateur, soit à une défaillance du pluviomètre.

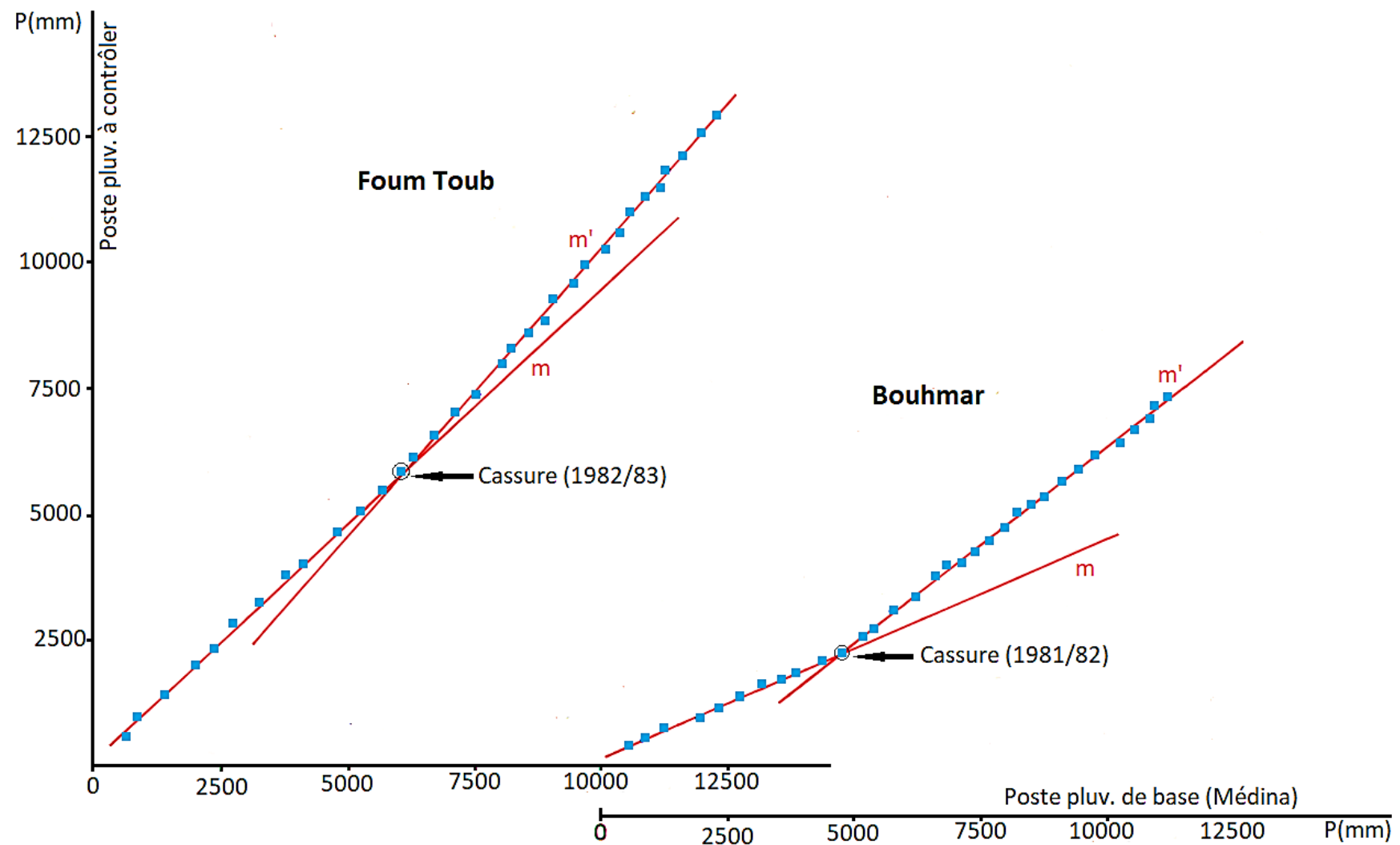


Figure 6 : Application de la méthode des doubles cumuls (postes pluviométriques Foum Toub et Bouhmar)



La restitution de ces données manquantes a été établie à l'aide de la méthode de **corrélation linéaire** : Soit X et Y, les deux stations comparées,  $x_{(i)}$  et  $y_{(i)}$  leurs observations, et convenons d'appeler X la station de longue durée (station de base), dont l'abondante information (de taillen), devra venir compléter celle plus courte sur Y.

On commence d'abord par l'établissement d'un graphique  $y(x)$  permettant de se faire une idée de l'intensité de liaison (exemple : figure 7) ; Si le nuage de points est peu allongé, il n'y a rien à attendre de cette méthode ; Si le nuage de points est très allongé avec dispersion faible autour d'une droite centrale, on peut ajuster cette dernière graphiquement. Donc on calcule le coefficient de corrélation linéaire ( $r_{xy}$ ), (Dubreuil 1974), (Tableau 5) :

$$r_{xy} = \frac{\sum \left[ \left( x_{(i)} - m_x \right) \left( y_{(i)} - m_y \right) \right]}{(k-1) \left( \delta_x \delta_y \right)}$$

K : Nombre de valeurs (couples) de l'échantillon, concomitant des X et Y.

$$m_x : \text{Moyenne des } x = \frac{\sum x_{(i)}}{k} \quad m_y : \text{Moyenne des } y = \frac{\sum y_{(i)}}{k}$$

$$\delta_x : \text{Ecart type des } x = \sqrt{\frac{\sum \left( x_{(i)} - m_x \right)^2}{k-1}} \quad ; \quad \delta_y : \text{Ecart type des } y = \sqrt{\frac{\sum \left( y_{(i)} - m_y \right)^2}{k-1}}$$

Si la corrélation est significative, on peut écrire l'équation de la droite de régression :

$$Y(x) = m_y + r_{xy} \cdot \frac{\delta_y}{\delta_x} (x - m_x)$$

Ou encore :

$$Y(x) = ax + b, \quad \text{avec } a = r_{xy} \cdot \frac{\delta_y}{\delta_x}, \quad \text{et } b = m_y - m_x \cdot r_{xy} \cdot \frac{\delta_y}{\delta_x}$$

Cette méthode qui néglige la réalité morpho-géographique et les nuances pluviométriques locales, peut provoquer des erreurs de jugements, car on risque d'établir des régressions entre des postes dont le coefficient de corrélation apparaît significatif alors qu'ils n'ont en réalité aucune lien climatique (Tableau 5).

En tenant compte de la spécificité de chaque région, nous avons essayé de regrouper les stations qui se corrélaient entre elles, non pas en fonction de coefficients de corrélation annuelle, mais de la pondération de la valeur de coefficient de corrélation de chaque mois de l'année (exemple : figure 8) et de la réalité géographique, afin de dégager les zones pluviométriques homogènes.

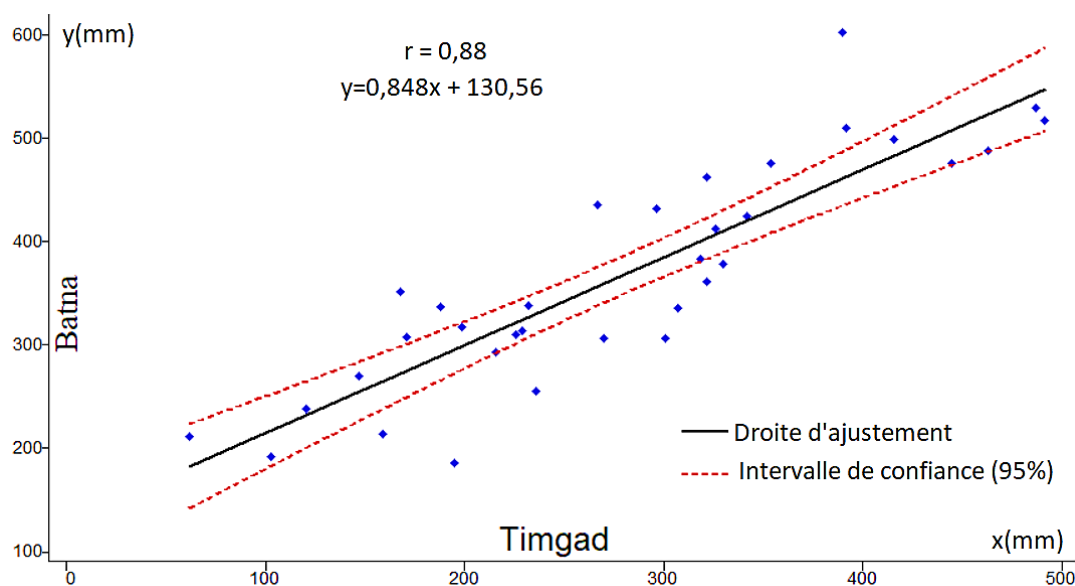


Figure 7 : Régression à l'échelle annuelle des précipitations (1970-2004) pour les postes pluviométrique Batna et Timgad

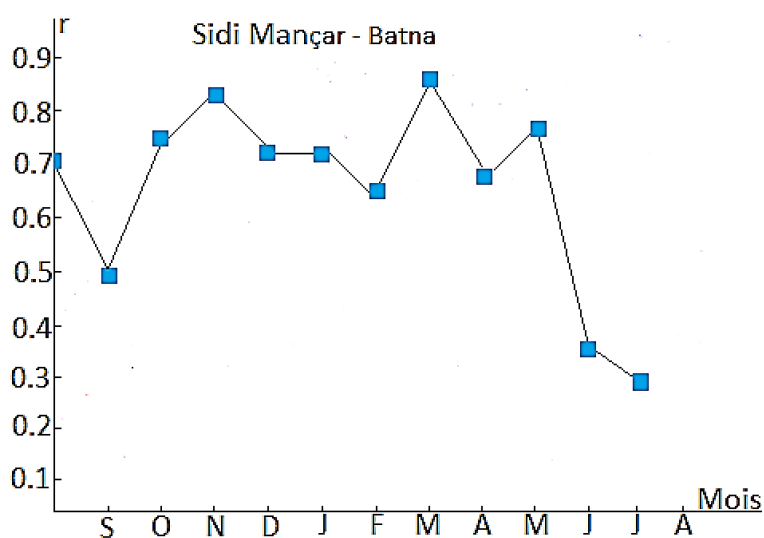


Figure 8 : Evolution du coefficient de corrélation mensuel (1970-2004) pour les postes pluviométrique Sidi Mançar et Batna

Les lacunes d'observations ont été comblées mois par mois, toutefois pour les séries qui présentent des lacunes sur 6 mois ou plus pour une année donnée, on a estimé parallèlement, les totaux annuels afin de les confronter aux totaux mensuels estimés séparément, ce qui permet d'éviter une incohérence des résultats.

Afin de rendre homogène la somme des valeurs mensuelle estimées ( $\sum P_m$ ) avec l'estimation globale faite à l'échelle de l'année ( $P_{an}$ ), on a multiplié ces valeurs par le rapport ( $P_{an}/\sum P_m$ ).

La matrice de Corrélation de Pearson, ainsi que les précipitations moyennes annuelles (1970-2004) après comblement des lacunes d'observation sont rassemblés dans les tableaux 5 et 6 respectivement.

**Tableau 5(a) : Matrice de Corrélation de Pearson pour les précipitations moyennes annuelles (1940-2004)**

|        | 51201  | 51203 | 51206 | 51207 | 51306 | 61202 | 61203  | 61211  |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 51203  | 0,255  |       |       |       |       |       |        |        |
| 51206  | 0,309  | 0,886 |       |       |       |       |        |        |
| 51207  | 0,076  | 0,856 | 0,873 |       |       |       |        |        |
| 51306  | 0,349  | 0,816 | 0,841 | 0,767 |       |       |        |        |
| 61202  | 0,020  | 0,799 | 0,725 | 0,688 | 0,612 |       |        |        |
| 61203  | 0,605  | 0,480 | 0,461 | 0,319 | 0,494 | 0,247 |        |        |
| 61211  | 0,063  | 0,526 | 0,513 | 0,523 | 0,436 | 0,471 | 0,364  |        |
| 61503  | 0,429  | 0,292 | 0,366 | 0,129 | 0,331 | 0,226 | 0,402  | 0,371  |
| 61803  | 0,381  | 0,599 | 0,613 | 0,512 | 0,624 | 0,565 | 0,332  | 0,369  |
| 70102  | -0,262 | 0,058 | 0,180 | 0,298 | 0,077 | 0,078 | -0,150 | -0,058 |
| 70201  | 0,241  | 0,727 | 0,717 | 0,725 | 0,682 | 0,596 | 0,275  | 0,285  |
| 70303  | 0,015  | 0,664 | 0,691 | 0,639 | 0,683 | 0,726 | 0,449  | 0,603  |
| 70304  | 0,151  | 0,791 | 0,772 | 0,772 | 0,665 | 0,812 | 0,357  | 0,371  |
| 70306  | -0,022 | 0,758 | 0,682 | 0,739 | 0,587 | 0,680 | 0,345  | 0,358  |
| 70308  | -0,022 | 0,592 | 0,517 | 0,556 | 0,608 | 0,610 | 0,499  | 0,414  |
| 70309  | -0,120 | 0,545 | 0,483 | 0,515 | 0,340 | 0,625 | 0,314  | 0,674  |
| 70316  | 0,142  | 0,884 | 0,835 | 0,776 | 0,714 | 0,903 | 0,459  | 0,604  |
| 70322  | -0,108 | 0,294 | 0,178 | 0,201 | 0,200 | 0,395 | 0,178  | 0,007  |
| 70403  | 0,033  | 0,523 | 0,485 | 0,502 | 0,509 | 0,408 | 0,416  | 0,444  |
| 70405  | -0,186 | 0,490 | 0,440 | 0,530 | 0,330 | 0,621 | 0,090  | 0,461  |
| 70406  | 0,004  | 0,771 | 0,717 | 0,703 | 0,644 | 0,811 | 0,299  | 0,472  |
| 70407  | -0,150 | 0,543 | 0,500 | 0,548 | 0,390 | 0,720 | 0,162  | 0,247  |
| 70408  | 0,026  | 0,801 | 0,751 | 0,739 | 0,647 | 0,810 | 0,232  | 0,301  |
| 70409  | 0,085  | 0,725 | 0,739 | 0,681 | 0,624 | 0,727 | 0,493  | 0,552  |
| 70410  | 0,134  | 0,488 | 0,488 | 0,514 | 0,461 | 0,486 | 0,399  | 0,409  |
| 70502  | -0,144 | 0,600 | 0,601 | 0,620 | 0,527 | 0,571 | 0,161  | 0,212  |
| 70504  | -0,011 | 0,649 | 0,604 | 0,722 | 0,524 | 0,595 | 0,188  | 0,212  |
| 70604  | 0,058  | 0,702 | 0,635 | 0,660 | 0,567 | 0,731 | 0,407  | 0,544  |
| 70605  | 0,063  | 0,682 | 0,581 | 0,605 | 0,630 | 0,614 | 0,555  | 0,431  |
| 70704  | -0,177 | 0,614 | 0,589 | 0,647 | 0,498 | 0,669 | 0,212  | 0,462  |
| 70707  | 0,017  | 0,608 | 0,547 | 0,593 | 0,396 | 0,594 | 0,279  | 0,167  |
| 70708  | -0,147 | 0,593 | 0,596 | 0,658 | 0,525 | 0,523 | 0,328  | 0,526  |
| 70716  | 0,117  | 0,651 | 0,535 | 0,525 | 0,409 | 0,600 | 0,355  | 0,193  |
| 100303 | 0,216  | 0,471 | 0,443 | 0,428 | 0,341 | 0,507 | 0,182  | 0,188  |
| 100401 | 0,439  | 0,360 | 0,396 | 0,312 | 0,342 | 0,389 | 0,382  | 0,054  |
| 120201 | 0,451  | 0,515 | 0,553 | 0,418 | 0,565 | 0,389 | 0,434  | 0,371  |
| 140103 | 0,126  | 0,472 | 0,500 | 0,531 | 0,362 | 0,460 | 0,475  | 0,198  |
| 140104 | 0,217  | 0,622 | 0,601 | 0,700 | 0,544 | 0,487 | 0,364  | 0,352  |
| 140105 | 0,180  | 0,656 | 0,642 | 0,661 | 0,558 | 0,584 | 0,369  | 0,247  |
| 140106 | 0,148  | 0,560 | 0,562 | 0,545 | 0,470 | 0,413 | 0,447  | 0,230  |
|        | 61503  | 61803 | 70102 | 70201 | 70303 | 70304 | 70306  | 70308  |
| 61803  | 0,114  |       |       |       |       |       |        |        |
| 70102  | -0,239 | 0,100 |       |       |       |       |        |        |
| 70201  | 0,131  | 0,704 | 0,241 |       |       |       |        |        |
| 70303  | 0,322  | 0,584 | 0,143 | 0,536 |       |       |        |        |
| 70304  | 0,269  | 0,678 | 0,332 | 0,761 | 0,708 |       |        |        |
| 70306  | 0,173  | 0,449 | 0,187 | 0,635 | 0,695 | 0,770 |        |        |
| 70308  | 0,179  | 0,367 | 0,214 | 0,469 | 0,788 | 0,621 | 0,619  |        |
| 70309  | 0,214  | 0,246 | 0,084 | 0,365 | 0,627 | 0,576 | 0,577  | 0,636  |
| 70316  | 0,288  | 0,677 | 0,057 | 0,709 | 0,819 | 0,820 | 0,769  | 0,682  |
| 70322  | 0,212  | 0,091 | 0,154 | 0,205 | 0,371 | 0,434 | 0,465  | 0,556  |
| 70403  | 0,342  | 0,303 | 0,096 | 0,375 | 0,594 | 0,492 | 0,624  | 0,636  |
| 70405  | 0,141  | 0,351 | 0,034 | 0,455 | 0,527 | 0,568 | 0,486  | 0,465  |
| 70406  | 0,172  | 0,654 | 0,281 | 0,708 | 0,762 | 0,811 | 0,678  | 0,617  |
| 70407  | 0,103  | 0,442 | 0,143 | 0,563 | 0,622 | 0,669 | 0,614  | 0,577  |
| 70408  | 0,226  | 0,570 | 0,219 | 0,697 | 0,716 | 0,814 | 0,665  | 0,561  |
| 70409  | 0,346  | 0,632 | 0,034 | 0,586 | 0,783 | 0,726 | 0,738  | 0,650  |
| 70410  | 0,070  | 0,623 | 0,008 | 0,514 | 0,537 | 0,594 | 0,549  | 0,472  |
| 70502  | 0,216  | 0,319 | 0,406 | 0,535 | 0,534 | 0,675 | 0,610  | 0,591  |
| 70504  | 0,177  | 0,444 | 0,272 | 0,666 | 0,550 | 0,724 | 0,737  | 0,506  |
| 70604  | 0,307  | 0,553 | 0,023 | 0,535 | 0,746 | 0,701 | 0,730  | 0,643  |

**Tableau 5(b) : Matrice de Corrélation de Pearson pour les précipitations moyennes annuelles (1940-2004)**

|        | 61503 | 61803  | 70102  | 70201  | 70303  | 70304  | 70306  | 70308  |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 70605  | 0,184 | 0,447  | 0,017  | 0,483  | 0,682  | 0,614  | 0,694  | 0,779  |
| 70704  | 0,059 | 0,593  | 0,143  | 0,502  | 0,666  | 0,657  | 0,643  | 0,593  |
| 70707  | 0,214 | 0,464  | 0,065  | 0,551  | 0,548  | 0,644  | 0,723  | 0,362  |
| 70708  | 0,113 | 0,403  | 0,034  | 0,391  | 0,661  | 0,559  | 0,669  | 0,650  |
| 70716  | 0,327 | 0,416  | 0,041  | 0,482  | 0,475  | 0,645  | 0,699  | 0,378  |
| 100303 | 0,473 | 0,228  | 0,248  | 0,424  | 0,493  | 0,595  | 0,482  | 0,374  |
| 100401 | 0,478 | 0,324  | 0,006  | 0,347  | 0,370  | 0,459  | 0,408  | 0,204  |
| 120201 | 0,507 | 0,588  | 0,089  | 0,524  | 0,442  | 0,452  | 0,349  | 0,409  |
| 140103 | 0,134 | 0,458  | 0,098  | 0,396  | 0,546  | 0,561  | 0,698  | 0,383  |
| 140104 | 0,099 | 0,504  | 0,243  | 0,588  | 0,501  | 0,645  | 0,617  | 0,302  |
| 140105 | 0,290 | 0,535  | 0,194  | 0,616  | 0,611  | 0,632  | 0,682  | 0,431  |
| 140106 | 0,302 | 0,411  | 0,123  | 0,455  | 0,426  | 0,525  | 0,589  | 0,297  |
|        | 70309 | 70316  | 70322  | 70403  | 70405  | 70406  | 70407  | 70408  |
| 70316  | 0,703 |        |        |        |        |        |        |        |
| 70322  | 0,382 | 0,357  |        |        |        |        |        |        |
| 70403  | 0,577 | 0,584  | 0,510  |        |        |        |        |        |
| 70405  | 0,786 | 0,648  | 0,376  | 0,501  |        |        |        |        |
| 70406  | 0,600 | 0,832  | 0,296  | 0,508  | 0,702  |        |        |        |
| 70407  | 0,631 | 0,722  | 0,493  | 0,357  | 0,786  | 0,742  |        |        |
| 70408  | 0,439 | 0,764  | 0,282  | 0,341  | 0,541  | 0,838  | 0,699  |        |
| 70409  | 0,673 | 0,877  | 0,405  | 0,714  | 0,715  | 0,751  | 0,702  | 0,653  |
| 70410  | 0,512 | 0,655  | 0,189  | 0,603  | 0,477  | 0,519  | 0,452  | 0,329  |
| 70502  | 0,496 | 0,599  | 0,336  | 0,436  | 0,491  | 0,665  | 0,590  | 0,698  |
| 70504  | 0,354 | 0,646  | 0,535  | 0,566  | 0,482  | 0,615  | 0,605  | 0,653  |
| 70604  | 0,695 | 0,825  | 0,523  | 0,668  | 0,747  | 0,752  | 0,758  | 0,606  |
| 70605  | 0,599 | 0,748  | 0,463  | 0,765  | 0,555  | 0,708  | 0,582  | 0,523  |
| 70704  | 0,671 | 0,767  | 0,286  | 0,608  | 0,748  | 0,741  | 0,723  | 0,613  |
| 70707  | 0,253 | 0,629  | 0,305  | 0,313  | 0,312  | 0,563  | 0,585  | 0,713  |
| 70708  | 0,648 | 0,675  | 0,392  | 0,685  | 0,588  | 0,497  | 0,519  | 0,426  |
| 70716  | 0,260 | 0,612  | 0,359  | 0,324  | 0,258  | 0,513  | 0,384  | 0,636  |
| 100303 | 0,311 | 0,420  | 0,402  | 0,264  | 0,312  | 0,475  | 0,426  | 0,643  |
| 100401 | 0,011 | 0,354  | 0,284  | 0,272  | 0,012  | 0,224  | 0,202  | 0,436  |
| 120201 | 0,265 | 0,537  | 0,210  | 0,340  | 0,260  | 0,443  | 0,289  | 0,358  |
| 140103 | 0,261 | 0,587  | 0,196  | 0,374  | 0,245  | 0,435  | 0,385  | 0,423  |
| 140104 | 0,211 | 0,542  | 0,068  | 0,142  | 0,163  | 0,465  | 0,269  | 0,602  |
| 140105 | 0,173 | 0,666  | 0,325  | 0,478  | 0,271  | 0,600  | 0,482  | 0,670  |
| 140106 | 0,122 | 0,527  | 0,289  | 0,392  | 0,155  | 0,458  | 0,257  | 0,443  |
|        | 70409 | 70410  | 70502  | 70504  | 70604  | 70605  | 70704  | 70707  |
| 70410  | 0,697 |        |        |        |        |        |        |        |
| 70502  | 0,569 | 0,160  |        |        |        |        |        |        |
| 70504  | 0,652 | 0,382  | 0,618  |        |        |        |        |        |
| 70604  | 0,854 | 0,681  | 0,426  | 0,653  |        |        |        |        |
| 70605  | 0,778 | 0,610  | 0,578  | 0,659  | 0,745  |        |        |        |
| 70704  | 0,818 | 0,695  | 0,610  | 0,559  | 0,833  | 0,703  |        |        |
| 70707  | 0,596 | 0,342  | 0,581  | 0,762  | 0,550  | 0,539  | 0,539  |        |
| 70708  | 0,764 | 0,604  | 0,472  | 0,633  | 0,745  | 0,754  | 0,786  | 0,483  |
| 70716  | 0,535 | 0,312  | 0,521  | 0,636  | 0,501  | 0,523  | 0,442  | 0,846  |
| 100303 | 0,353 | -0,040 | 0,448  | 0,539  | 0,376  | 0,204  | 0,126  | 0,477  |
| 100401 | 0,384 | 0,144  | 0,213  | 0,443  | 0,351  | 0,182  | 0,118  | 0,570  |
| 120201 | 0,563 | 0,292  | 0,456  | 0,374  | 0,449  | 0,458  | 0,370  | 0,375  |
| 140103 | 0,641 | 0,515  | 0,415  | 0,591  | 0,556  | 0,537  | 0,552  | 0,757  |
| 140104 | 0,404 | 0,299  | 0,435  | 0,525  | 0,354  | 0,307  | 0,319  | 0,685  |
| 140105 | 0,651 | 0,360  | 0,485  | 0,840  | 0,642  | 0,575  | 0,504  | 0,824  |
| 140106 | 0,554 | 0,310  | 0,495  | 0,580  | 0,404  | 0,539  | 0,359  | 0,712  |
|        | 70708 | 70716  | 100303 | 100401 | 120201 | 140103 | 140104 | 140105 |
| 70716  | 0,437 |        |        |        |        |        |        |        |
| 100303 | 0,122 | 0,409  |        |        |        |        |        |        |
| 100401 | 0,119 | 0,508  | 0,661  |        |        |        |        |        |
| 120201 | 0,320 | 0,478  | 0,290  | 0,351  |        |        |        |        |
| 140103 | 0,536 | 0,734  | 0,218  | 0,466  | 0,426  |        |        |        |
| 140104 | 0,317 | 0,689  | 0,439  | 0,509  | 0,340  | 0,632  |        |        |
| 140105 | 0,480 | 0,704  | 0,541  | 0,681  | 0,448  | 0,710  | 0,624  |        |
| 140106 | 0,392 | 0,782  | 0,230  | 0,417  | 0,625  | 0,748  | 0,611  | 0,649  |

Contenu de la cellule : corrélation de Pearson

**Tableau 6(a) : Précipitations moyennes annuelles (1970/2004)**  
(Après homogénéisation et comblement de lacunes)

|           | 51201 | 51203  | 51206 | 51207 | 51306 | 61202  | 61203 | 61211 | 61503 | 61803 | 70102 | 70201  | 70303 | 70304 |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1970/1971 | 515,3 | 195,24 | 191,2 | 163,5 | 189,5 | 250    | 251,9 | 262,3 | 244,6 | 642,2 | 329,4 | 361,1  | 257,7 | 241,4 |
| 1971/1972 | 477,4 | 590,46 | 434,2 | 365,8 | 466,6 | 516,5  | 444,7 | 516,5 | 482,9 | 609,6 | 241,2 | 358,1  | 471,5 | 453,4 |
| 1972/1973 | 313,4 | 509,31 | 384,3 | 324,2 | 336   | 450    | 434,9 | 498,6 | 658,7 | 383,8 | 288,8 | 277,5  | 475,8 | 325,7 |
| 1973/1974 | 288,8 | 278,28 | 242,2 | 205,9 | 199,7 | 296,8  | 263,1 | 296,8 | 331,7 | 311,7 | 459,1 | 190,7  | 298,2 | 171,7 |
| 1974/1975 | 390,5 | 235,4  | 253,5 | 215,4 | 259,9 | 387,91 | 342   | 338,6 | 388,6 | 405,3 | 298,5 | 269,6  | 382   | 258,4 |
| 1975/1976 | 372,5 | 428,32 | 306,3 | 282,8 | 217,6 | 544,88 | 334   | 289,7 | 546,4 | 295   | 346,1 | 307,2  | 402,2 | 502   |
| 1976/1977 | 178,7 | 275,5  | 209,1 | 164,1 | 169,7 | 471,12 | 154   | 371,2 | 521,3 | 390,3 | 443,9 | 255,6  | 504,4 | 307,9 |
| 1977/1978 | 319,7 | 146,3  | 126   | 107,8 | 16,6  | 341,82 | 211   | 219,9 | 346   | 255,9 | 342,7 | 133,6  | 176,3 | 189,2 |
| 1978/1979 | 304,2 | 229,5  | 231,2 | 270,1 | 155   | 329,98 | 222   | 273,6 | 280,4 | 178,7 | 356,2 | 169,2  | 237,8 | 180,7 |
| 1979/1980 | 313,2 | 237,41 | 201,7 | 165   | 169   | 334,89 | 246   | 330,2 | 373,6 | 328,3 | 171,6 | 232,5  | 314,2 | 131,5 |
| 1980/1981 | 323,9 | 270,52 | 195,8 | 238,3 | 151,5 | 382,03 | 184   | 421,7 | 517,2 | 357,2 | 271,7 | 251,31 | 336   | 255,6 |
| 1981/1982 | 276,2 | 247,7  | 257,1 | 258   | 187,2 | 420,38 | 185   | 310,9 | 465,3 | 431   | 459,1 | 361,1  | 336,7 | 365,7 |
| 1982/1983 | 235   | 204,1  | 246,5 | 199,5 | 19,2  | 352,7  | 210   | 352,7 | 380,1 | 269,1 | 298,5 | 149,9  | 335   | 160,8 |
| 1983/1984 | 329,7 | 200,49 | 223,1 | 171,7 | 64,6  | 326,7  | 305   | 326,7 | 236,4 | 333,4 | 346,1 | 193,2  | 346,5 | 225,5 |
| 1984/1985 | 399,5 | 332,25 | 243,7 | 243,4 | 223,4 | 445,3  | 382   | 445,3 | 435,2 | 451,7 | 443,9 | 189,6  | 458,5 | 427,5 |
| 1985/1986 | 300,5 | 434,2  | 339,6 | 280,2 | 338,6 | 482,2  | 225   | 482,2 | 512,4 | 374,7 | 342,7 | 233,2  | 433,5 | 269,5 |
| 1986/1987 | 249,7 | 347,36 | 295,8 | 309,6 | 225,5 | 433,8  | 164   | 433,8 | 420   | 341,4 | 356,2 | 292,9  | 326   | 373,8 |
| 1987/1988 | 325   | 278    | 172,7 | 176,6 | 209,8 | 294,9  | 233   | 294,9 | 537,1 | 206,6 | 171,6 | 178,9  | 256   | 222,6 |
| 1988/1989 | 355   | 401,8  | 313,4 | 234,7 | 217,9 | 486,65 | 250   | 456,7 | 527,2 | 465,1 | 329,4 | 368,4  | 355,4 | 400,5 |
| 1989/1990 | 279,3 | 417,33 | 312,4 | 277,1 | 294   | 637,76 | 196   | 420,7 | 318,7 | 573,5 | 381,5 | 251    | 437,5 | 414,4 |
| 1990/1991 | 401,9 | 467    | 331,3 | 255,5 | 191,3 | 446,3  | 317   | 294,4 | 483,3 | 379,2 | 395,7 | 352,2  | 284,6 | 437,1 |
| 1991/1992 | 287,4 | 367,2  | 405,4 | 391,4 | 301   | 398,1  | 192   | 440,1 | 360,9 | 457,8 | 724,1 | 374,7  | 430,5 | 471   |
| 1992/1993 | 215,4 | 372,1  | 276,6 | 265   | 236,8 | 362,87 | 100   | 305,9 | 251,6 | 298   | 413   | 248,3  | 298,2 | 277,7 |
| 1993/1994 | 296,7 | 200,2  | 165,9 | 143,8 | 125,4 | 204,97 | 280   | 268,1 | 347,1 | 305,8 | 503   | 150,1  | 202,5 | 196,4 |
| 1994/1995 | 517,8 | 358,3  | 330,8 | 245,3 | 294,3 | 384,48 | 300   | 252,6 | 487,7 | 306,7 | 430   | 276,8  | 297,8 | 272,5 |
| 1995/1996 | 147,5 | 438,8  | 343,5 | 320,2 | 330,3 | 583,55 | 260   | 192,5 | 225,1 | 551,8 | 482   | 364,8  | 547,8 | 590   |
| 1996/1997 | 427,4 | 78,71  | 220   | 103,8 | 226,9 | 226,85 | 240   | 118   | 540,7 | 270,1 | 311   | 194,3  | 274,7 | 134,9 |
| 1997/1998 | 238,3 | 468,8  | 339,2 | 303,2 | 240,2 | 538,1  | 131   | 279,9 | 320,9 | 514,2 | 379,8 | 342,9  | 272,1 | 395,9 |
| 1998/1999 | 335,7 | 235,8  | 192,1 | 231,7 | 168,4 | 257,69 | 243   | 93,3  | 348,7 | 313,6 | 496   | 260,3  | 224,3 | 250,4 |
| 1999/2000 | 221,4 | 336,9  | 249,5 | 255,7 | 227,5 | 345,52 | 180   | 151,8 | 252   | 341,7 | 367,1 | 329,5  | 348,7 | 289,6 |
| 2000/2001 | 222,3 | 170,9  | 186,8 | 155,7 | 116,3 | 457,7  | 136   | 148,7 | 254,4 | 213,5 | 389,6 | 168,7  | 219   | 207   |
| 2001/2002 | 502,9 | 205,41 | 250,6 | 156,3 | 140,4 | 286,84 | 177,3 | 151,2 | 527,4 | 452,4 | 223,4 | 136,7  | 237,4 | 245   |
| 2002/2003 | 502,9 | 497,5  | 425,1 | 297   | 358,3 | 566,72 | 355,7 | 391,9 | 896,4 | 552,3 | 392,8 | 347,8  | 483,5 | 544,5 |
| 2003/2004 | 582,6 | 775,5  | 468,6 | 408   | 449,7 | 681,12 | 402,2 | 376   | 417,5 | 631,4 | 361,6 | 481,2  | 500,6 | 542,9 |
| Moyenne   | 336,7 | 330,4  | 275,4 | 240,8 | 221,1 | 409,6  | 251,5 | 317,9 | 418,8 | 388,0 | 369,0 | 266,3  | 346,0 | 315,7 |

**Tableau 6(b) : Précipitations moyennes annuelles (1970/2004)**  
(Après homogénéisation et comblement de lacunes)

|           | 70306 | 70308 | 70309 | 70316 | 70322 | 70403 | 70405 | 70406 | 70407 | 70408 | 70409 | 70410 | 70502 | 70504 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1970/1971 | 195,6 | 242,9 | 224,1 | 314,2 | 240,2 | 188,5 | 266,5 | 257,6 | 275,9 | 69,2  | 228,7 | 440,6 | 67,6  | 336,8 |
| 1971/1972 | 464,2 | 400,7 | 591,1 | 530,5 | 460,8 | 505,3 | 536,4 | 545   | 371,9 | 289,5 | 486,9 | 755,2 | 40,6  | 432   |
| 1972/1973 | 447,3 | 537   | 569,8 | 517,5 | 432,7 | 534   | 427,5 | 526,3 | 406   | 340,3 | 491,8 | 443,9 | 430,5 | 502,7 |
| 1973/1974 | 244,4 | 359,1 | 378,8 | 309,9 | 636,6 | 327,3 | 368,4 | 357   | 299,5 | 150,5 | 225,7 | 248,5 | 124,2 | 304   |
| 1974/1975 | 212,6 | 430   | 542,7 | 361,6 | 188,3 | 355,3 | 456,1 | 362,3 | 394,5 | 262,6 | 321,9 | 445,5 | 206,4 | 337,4 |
| 1975/1976 | 464,8 | 480,8 | 785   | 488,9 | 627,4 | 587,7 | 744,2 | 541,7 | 587,3 | 341,4 | 463,4 | 474,5 | 288,5 | 542,9 |
| 1976/1977 | 349,2 | 452   | 559,7 | 424,7 | 480,1 | 426,9 | 483,6 | 518,8 | 442,8 | 303,7 | 342   | 407,4 | 157   | 482,8 |
| 1977/1978 | 246,4 | 280,9 | 360,6 | 211,3 | 352,6 | 120   | 206,7 | 203,8 | 353,8 | 85,9  | 61,5  | 229,9 | 73,5  | 310,5 |
| 1978/1979 | 264,2 | 268,1 | 365,9 | 293   | 370,4 | 99,5  | 366,4 | 216,9 | 354,1 | 72    | 215,4 | 287,4 | 111,8 | 407,2 |
| 1979/1980 | 342,2 | 241,5 | 473,3 | 306,3 | 543,2 | 207,8 | 561,8 | 347,3 | 401,1 | 179,6 | 300,7 | 120,7 | 163   | 402,5 |
| 1980/1981 | 284,8 | 214,7 | 425,2 | 337,4 | 213,8 | 239,7 | 499,6 | 426,5 | 350,4 | 252,9 | 187,7 | 337,4 | 158,4 | 388,7 |
| 1981/1982 | 413,1 | 315,8 | 490,3 | 378,4 | 189   | 227,2 | 528,6 | 470   | 498   | 273   | 329,7 | 496,4 | 177,2 | 358,7 |
| 1982/1983 | 232,5 | 194,2 | 530,3 | 336   | 85    | 143,3 | 511,2 | 310,3 | 434,8 | 298,6 | 306,9 | 337   | 86,7  | 248   |
| 1983/1984 | 264,3 | 155,3 | 393,9 | 307,7 | 46,4  | 114,7 | 262,7 | 367,5 | 274,1 | 165,9 | 170,5 | 314,5 | 21,2  | 279,2 |
| 1984/1985 | 424   | 422,6 | 614,2 | 412,3 | 327,4 | 345,8 | 423,2 | 461,1 | 364,4 | 305   | 326   | 411,5 | 225,9 | 373,8 |
| 1985/1986 | 278,3 | 401,6 | 528,4 | 435,8 | 293,8 | 273   | 433,5 | 362   | 368,6 | 297,7 | 266,5 | 247,3 | 212,8 | 307,5 |
| 1986/1987 | 288,4 | 324,5 | 491,8 | 338,8 | 625,8 | 251,6 | 499,5 | 383,4 | 346   | 370,5 | 232   | 341,5 | 166,4 | 423,2 |
| 1987/1988 | 201,8 | 237,5 | 369,1 | 238,1 | 167,9 | 120,5 | 350,2 | 270   | 305,1 | 206,8 | 120   | 200,6 | 123   | 310,2 |
| 1988/1989 | 262,1 | 326,2 | 640,9 | 432,1 | 123,8 | 254,6 | 614   | 631,2 | 408,7 | 343,6 | 296,4 | 354   | 259,1 | 338,2 |
| 1989/1990 | 284,1 | 418,9 | 724   | 499,2 | 493,2 | 228   | 739,2 | 683,2 | 579,8 | 436,6 | 415,8 | 433,1 | 323,6 | 358,5 |
| 1990/1991 | 383,4 | 340,7 | 698,7 | 462,7 | 518,8 | 224   | 508,9 | 385,5 | 408,9 | 308,8 | 321,4 | 398,5 | 318,5 | 411,7 |
| 1991/1992 | 375,6 | 372,7 | 561,2 | 383,4 | 247,3 | 329,4 | 515   | 553,3 | 422,3 | 373   | 318,7 | 317,1 | 366,7 | 569,8 |
| 1992/1993 | 432,4 | 253,1 | 535   | 317,7 | 289,5 | 321,7 | 327,9 | 332,6 | 244,4 | 232,6 | 198,1 | 325   | 272,8 | 339   |
| 1993/1994 | 182,7 | 222,6 | 301,8 | 185,8 | 261,6 | 175,2 | 340,9 | 388,8 | 260,8 | 174,9 | 194,9 | 243,9 | 167,2 | 258,8 |
| 1994/1995 | 282,9 | 279,3 | 386,5 | 352   | 337,8 | 244,5 | 368,7 | 462,6 | 354,9 | 254,3 | 167,5 | 264   | 239,2 | 293,1 |
| 1995/1996 | 491,1 | 577,5 | 515,1 | 510,5 | 454,1 | 256,8 | 559,5 | 641,2 | 615,1 | 535,4 | 391,5 | 470,3 | 424,4 | 507,9 |
| 1996/1997 | 165,1 | 180,5 | 209,6 | 191,8 | 200,9 | 78,7  | 216,7 | 230,4 | 303,7 | 151,4 | 102,1 | 209,8 | 95,8  | 265,1 |
| 1997/1998 | 373,6 | 84,6  | 360,1 | 476,2 | 277,6 | 250,3 | 513,3 | 550,9 | 523,6 | 419,4 | 353,6 | 391,5 | 270,2 | 531,1 |
| 1998/1999 | 230,4 | 233,2 | 254,3 | 213,9 | 534,6 | 261   | 377,9 | 304,9 | 311,7 | 261,8 | 158,8 | 252,8 | 196,8 | 436,4 |
| 1999/2000 | 393,9 | 367,3 | 333,6 | 306,8 | 325   | 298,6 | 437,3 | 483,7 | 433,4 | 425   | 269,7 | 312,4 | 263,8 | 423,3 |
| 2000/2001 | 211,2 | 223,3 | 207,2 | 269,4 | 138,1 | 139   | 256,2 | 294,6 | 187,1 | 195,8 | 146,6 | 210,6 | 130,4 | 318,3 |
| 2001/2002 | 227,4 | 139,5 | 195,6 | 254,7 | 159,9 | 240,9 | 345,2 | 274,1 | 249,7 | 188,4 | 235,8 | 330,8 | 102,5 | 357,2 |
| 2002/2003 | 413,5 | 336,8 | 417,3 | 476   | 780,8 | 291   | 387,4 | 511,7 | 410,7 | 505   | 444,6 | 288,9 | 336,2 | 475,2 |
| 2003/2004 | 483,4 | 512,6 | 479,6 | 603,8 | 406   | 237   | 442   | 710,7 | 515   | 704,1 | 390   | 375,4 | 272,1 | 553,8 |
| Moyenne   | 318,0 | 318,5 | 456,3 | 367,0 | 274,8 | 261,7 | 437,5 | 422,6 | 384,1 | 287,5 | 278,9 | 344,6 | 202,2 | 387,8 |

**Tableau 6(c) : Précipitations moyennes annuelles (1970/2004)**

(Après homogénéisation et comblement de lacunes)

|           | 70604 | 70605 | 70704 | 70707 | 70708 | 70716 | 100303 | 100401 | 120201 | 140103 | 140104 | 140105 | 140106 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1970/1971 | 215,2 | 190,1 | 300   | 302,9 | 233,8 | 273,4 | 151,2  | 449,2  | 455    | 244,4  | 341,8  | 247,2  | 374,6  |
| 1971/1972 | 626,2 | 479,7 | 610,6 | 425,8 | 604,9 | 460   | 178,4  | 604,5  | 398,8  | 404,4  | 467,7  | 403,6  | 505,9  |
| 1972/1973 | 458   | 583,9 | 615,6 | 589,2 | 534,8 | 508,2 | 236,4  | 437,3  | 486,4  | 483,7  | 380,5  | 491,8  | 707,8  |
| 1973/1974 | 403   | 265,4 | 418   | 236,7 | 312,6 | 283   | 221,7  | 404    | 342,1  | 171,1  | 186,6  | 323,6  | 310,3  |
| 1974/1975 | 401,9 | 311,4 | 568,6 | 360,8 | 402,6 | 218,8 | 261,6  | 844,9  | 284,4  | 212,2  | 301,3  | 332,1  | 94,8   |
| 1975/1976 | 571,7 | 441,6 | 512,4 | 391,9 | 425,2 | 345,1 | 481,4  | 761,8  | 305,3  | 302,7  | 222,6  | 366,4  | 337    |
| 1976/1977 | 507,9 | 351,6 | 473,8 | 430,7 | 404   | 377,2 | 415,8  | 554,2  | 362,7  | 220,1  | 244,7  | 427,2  | 267,4  |
| 1977/1978 | 274,3 | 183,7 | 288,4 | 386   | 273,5 | 356,9 | 254,8  | 473,3  | 270,6  | 157,3  | 203,6  | 189,1  | 218,3  |
| 1978/1979 | 320,6 | 233,8 | 283,2 | 383,8 | 348,1 | 290,5 | 285,4  | 512,9  | 310,7  | 299,6  | 379,9  | 328,8  | 303,3  |
| 1979/1980 | 386,7 | 269,1 | 388,6 | 410,2 | 395,7 | 368,1 | 310,3  | 485    | 353,5  | 278,6  | 347,3  | 311,7  | 342,2  |
| 1980/1981 | 419,4 | 188,9 | 460,5 | 457,1 | 255,5 | 445,3 | 291,1  | 593,1  | 308,1  | 325,2  | 473,7  | 395,7  | 339,8  |
| 1981/1982 | 463,5 | 173,2 | 530,6 | 389,5 | 273,8 | 323,1 | 349,4  | 562    | 377,4  | 339,7  | 344,1  | 326,7  | 295,9  |
| 1982/1983 | 340,8 | 128,6 | 445,4 | 397,2 | 345,8 | 335,4 | 231,4  | 417,8  | 290,8  | 252,8  | 266,3  | 219,4  | 258,4  |
| 1983/1984 | 271,9 | 115,3 | 301,4 | 387,6 | 212,7 | 286,2 | 290,4  | 473,6  | 214,4  | 348,3  | 383,5  | 261,2  | 352,2  |
| 1984/1985 | 371,1 | 380,5 | 423,2 | 469,3 | 360,3 | 448,5 | 439    | 785    | 330,5  | 384,3  | 558    | 366,8  | 384,3  |
| 1985/1986 | 313,2 | 149,6 | 400,8 | 268,2 | 384,8 | 267,4 | 381,2  | 399,8  | 323    | 142,8  | 335    | 230,6  | 193,3  |
| 1986/1987 | 314,7 | 208,5 | 363,4 | 374,6 | 335,7 | 347   | 363,5  | 410,4  | 254,7  | 123,5  | 471,3  | 242    | 319,3  |
| 1987/1988 | 301   | 209,1 | 292,4 | 312,2 | 288,4 | 299,5 | 279,2  | 374,1  | 314,7  | 132,5  | 238,1  | 173,9  | 251,6  |
| 1988/1989 | 343,9 | 322   | 422,9 | 345,3 | 320,5 | 332,4 | 379,1  | 291,6  | 378,9  | 130    | 260,3  | 240,1  | 277,3  |
| 1989/1990 | 528,8 | 375,8 | 704,4 | 388,7 | 374,9 | 345,8 | 279,8  | 225,8  | 456,7  | 263,4  | 295,3  | 221,5  | 337,7  |
| 1990/1991 | 383,4 | 259,6 | 501   | 464,4 | 397,5 | 524,5 | 303,9  | 466,2  | 401,5  | 344,9  | 467,2  | 291,6  | 380,6  |
| 1991/1992 | 417,1 | 303,1 | 539,6 | 428,8 | 510,4 | 343,1 | 397,9  | 491,2  | 394    | 323,8  | 459,1  | 448,7  | 382,2  |
| 1992/1993 | 277,8 | 197,7 | 432,3 | 352,1 | 347   | 316,6 | 265,3  | 370,2  | 286,6  | 216,8  | 362,2  | 213,5  | 261    |
| 1993/1994 | 235,9 | 154,2 | 325   | 218,2 | 181,4 | 248,2 | 218,2  | 203,5  | 265,5  | 135    | 285,2  | 171,5  | 224,7  |
| 1994/1995 | 307,4 | 268,3 | 315,4 | 331   | 193,4 | 338,5 | 332,4  | 575,4  | 403    | 189,9  | 410,7  | 242    | 404,5  |
| 1995/1996 | 510,1 | 420,9 | 686   | 589,3 | 533,3 | 499,3 | 309,4  | 496,3  | 313,5  | 463,3  | 525,9  | 433,9  | 482,1  |
| 1996/1997 | 138,8 | 111,3 | 139,9 | 275,2 | 107,6 | 239,3 | 241    | 337    | 278,1  | 136    | 196,8  | 194,5  | 181    |
| 1997/1998 | 427,8 | 289,3 | 570,1 | 593,5 | 348,2 | 423,4 | 282    | 627    | 282,7  | 287,2  | 419,2  | 519,8  | 447,4  |
| 1998/1999 | 252,9 | 184,8 | 339,3 | 455,7 | 263,1 | 400,5 | 378,2  | 600,7  | 364,3  | 287,8  | 371,8  | 357,5  | 441,4  |
| 1999/2000 | 303,3 | 307,2 | 417,2 | 508,9 | 323,8 | 406,7 | 373,8  | 642,3  | 291,7  | 239,4  | 374    | 348,8  | 362,5  |
| 2000/2001 | 147,6 | 168,8 | 257,7 | 304,8 | 199,4 | 396,8 | 208,8  | 562    | 269    | 272,6  | 286,2  | 269,7  | 353,4  |
| 2001/2002 | 323,1 | 178,9 | 431,5 | 359,8 | 340,3 | 340,6 | 316,1  | 610,4  | 318,3  | 286,6  | 212,6  | 303,9  | 235,8  |
| 2002/2003 | 469,4 | 227,4 | 415,4 | 609,8 | 322,4 | 551,2 | 597    | 1557,3 | 536,3  | 406,7  | 577,4  | 562,3  | 654,3  |
| 2003/2004 | 534,5 | 403,3 | 484,7 | 591,8 | 339,8 | 512   | 547,9  | 934,4  | 415,6  | 369    | 593,1  | 635,3  | 394,4  |
| Moyenne   | 369,5 | 265,8 | 431,2 | 405,6 | 338,1 | 366,3 | 319,2  | 545,1  | 342,3  | 269,9  | 360,1  | 326,2  | 343,4  |

En somme, dans ce chapitre, nous nous sommes attachés au contrôle de la qualité des données d'observation, afin de garantir la fiabilité des interprétations et des conclusions qui seront tirées dans le chapitre suivant. Ce travail fastidieux a été effectué avec le plus intérêt et nous avons essayé de résoudre le maximum de problèmes afférant à la qualité des données. Ce qui nous conduit à garder les 41 postes pluviométriques sélectionnés au début de cette étude et de réduire la taille des séries utilisées à 34 ans.



## Chapitre III : Variabilité et tendance des précipitations

### III-1 Les précipitations annuelles et leur évolution

La connaissance de la moyenne pluviométrique annuelle est nécessaire pour effectuer une étude d'abondance, de variabilité et d'évolution. L'analyse du cumul annuel permet également de déterminer le bilan moyen annuel de l'écoulement et de lier les hauteurs précipitées à leur durée de récurrence.

Dans cette contribution, nous sommes référés à une période d'observation commune à tous les postes pluviométriques qui s'étale du premier septembre 1970 au 31 août 2004 (34 ans).

En effet, l'observation de la (figure 9) de la variation interannuelle des précipitations nous permet de dégager les tendances générales de la variation et l'évolution de la pluviométrie annuelle.

#### III-1-1 Répartition pluviométrique interannuelle

La distribution des précipitations dans le temps et dans l'espace est déterminante. Les auteurs qui ont étudié la pluviométrie en Algérie montrent que la répartition de la pluie subit trois influences, celle de l'altitude, les conditions topographiques, de la longitude et enfin celle de l'éloignement à la mer (Bouanani, 2004).

La comparaison du cumul moyen annuel des 41 postes retenus met en évidence la grande variabilité pluviométrique. Un élément notable de cette chronique (Figure 9), la succession aléatoire et à très peu d'intervalle de temps, d'années très contrastées : 1972/73 (484 mm) et 1973/74 (171 mm) à Berriche, 1996/97 (275 mm) et 1997/98 (594 mm) à Ain Beida, 1995/96 (578 mm) et 1996/97 (181 mm) à Hamla.

Des « blocs » de 2 à 8 années déficitaires ont été constaté (1982/83-1985/86 à Ain Djasser, 1985/86-1989/90 à Ain Yagout, 1976/77-1983/84 à Boulhilet, 1993/94-1998/99 à Merouana et 1996/97-2002/03 à Seguene).

On observe également des « blocs » de 2 à 6 années excédentaires (1988/91-1991/92 à Bouahmar et Baiou, 1971/72-1976/77 à Yabous, 1970/71-1975/75 à Ain Touta et 1971/72-1976/77 à Reboa).

Dans la majorité des postes pluviométriques du bassin, les années 1996/97 et 2002/03 sont des années exceptionnelles qui symbolisent respectivement les années les plus sèches et les plus humides. Les valeurs extrêmes de la pluviométrie moyenne interannuelle obtenues vont de 202 mm à Boulhilet à 546 mm à Bou Malek.

Pour mieux saisir et préciser l'intensité des irrégularités interannuelles des précipitations, on s'est basé sur : le coefficient de variation, le rapport max/min, l'écart à la moyenne et le Coefficient de précipitations standardisé. Ces paramètres sont très efficaces pour la mesure du degré de dispersion relative des valeurs particulières autour de la moyenne globale.

Des records du rapport max / min ont été enregistrés aux postes de Merouana (28,1) sur le versant nord des Aurès et Boulhilet (20,3) au niveau des lacs salés. Ce rapport est moins important sur pour les autres postes, il varié entre 2,3 à Ain Diss et 10.2 à Bouhmar.

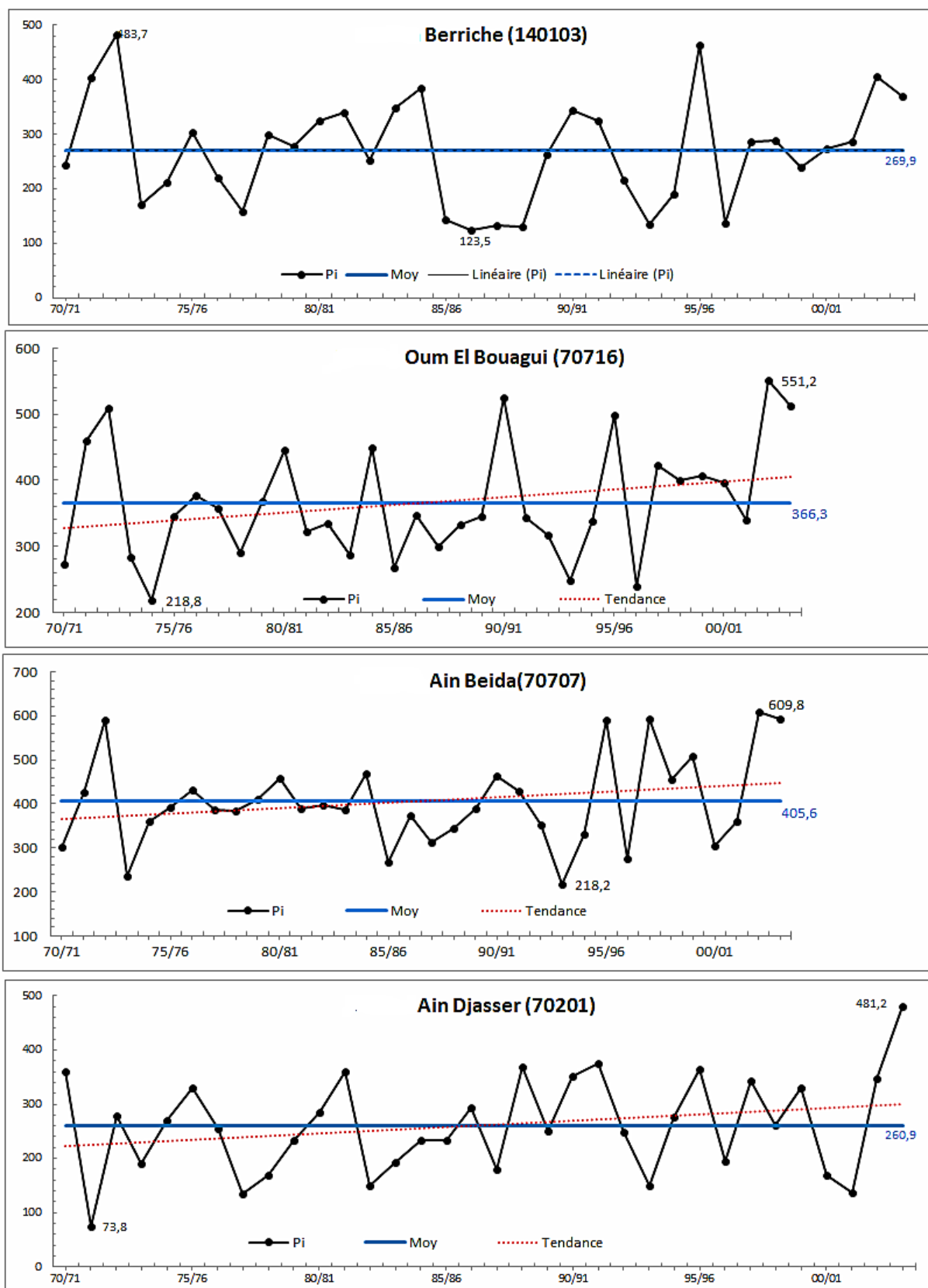


Figure 9(a) : Variations interannuelles des précipitations (1970-2004)

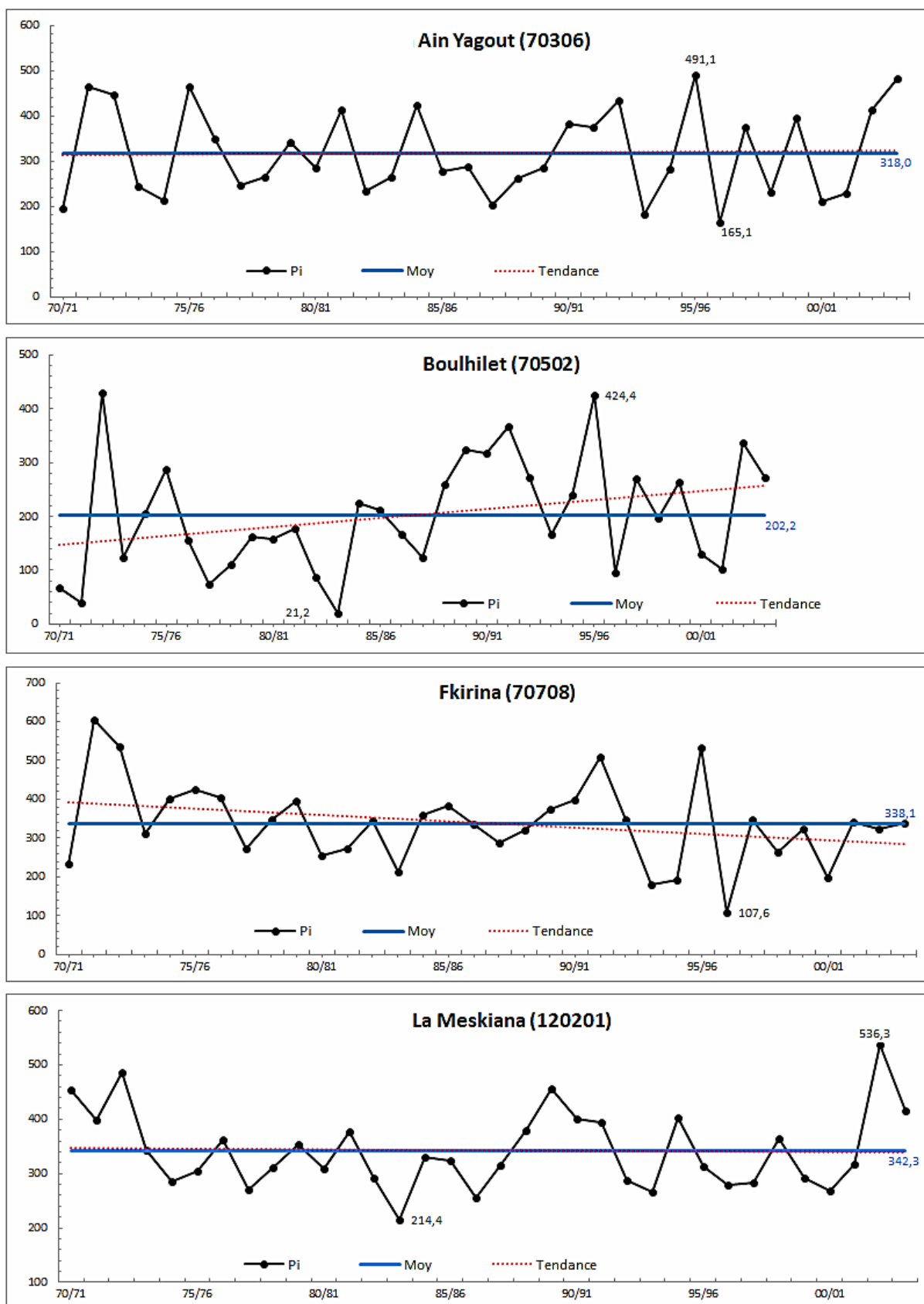


Figure 9(b) : Variations interannuelles des précipitations (1970-2004)

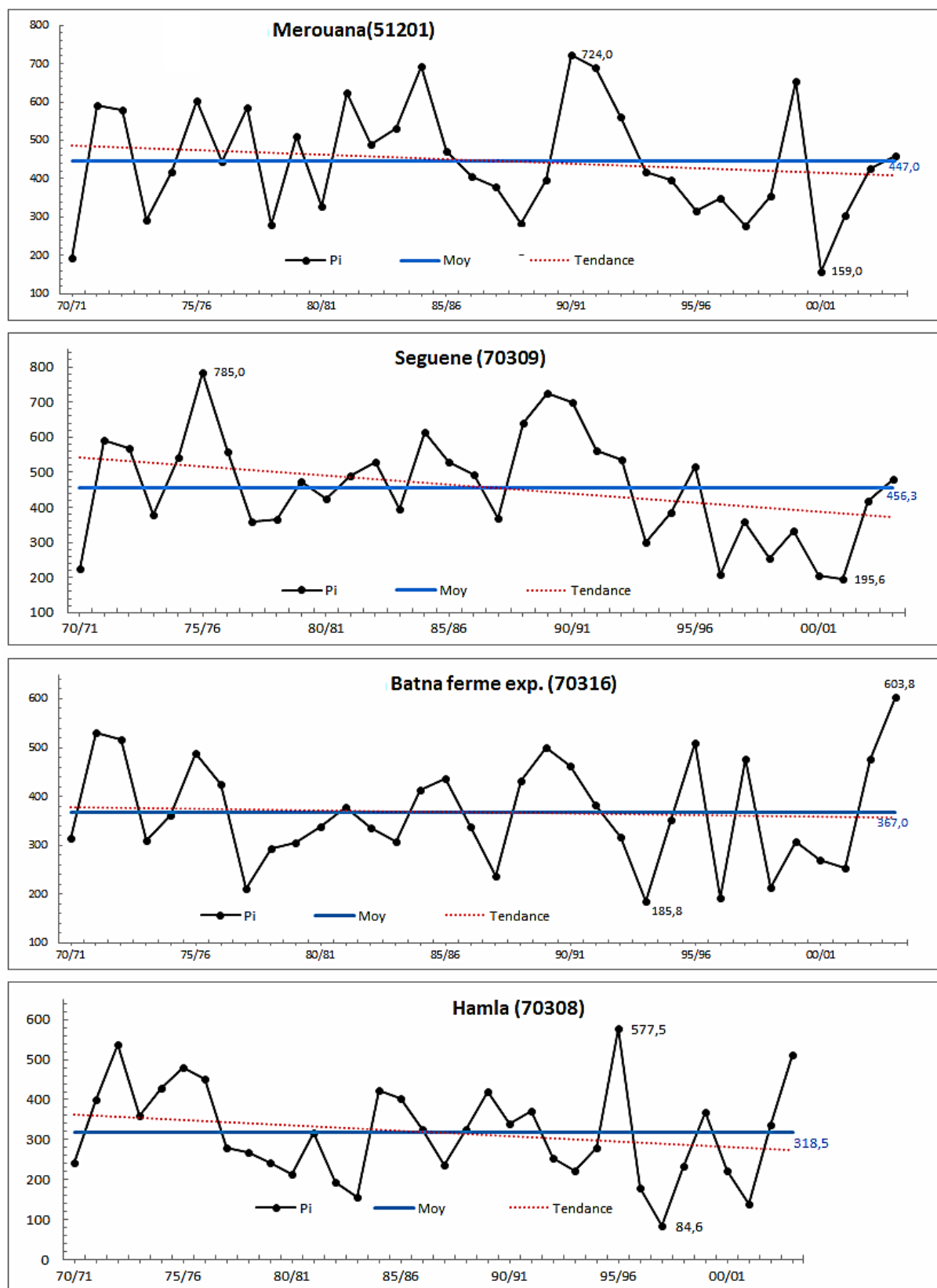


Figure 9(c) : Variations interannuelles des précipitations (1970-2004)

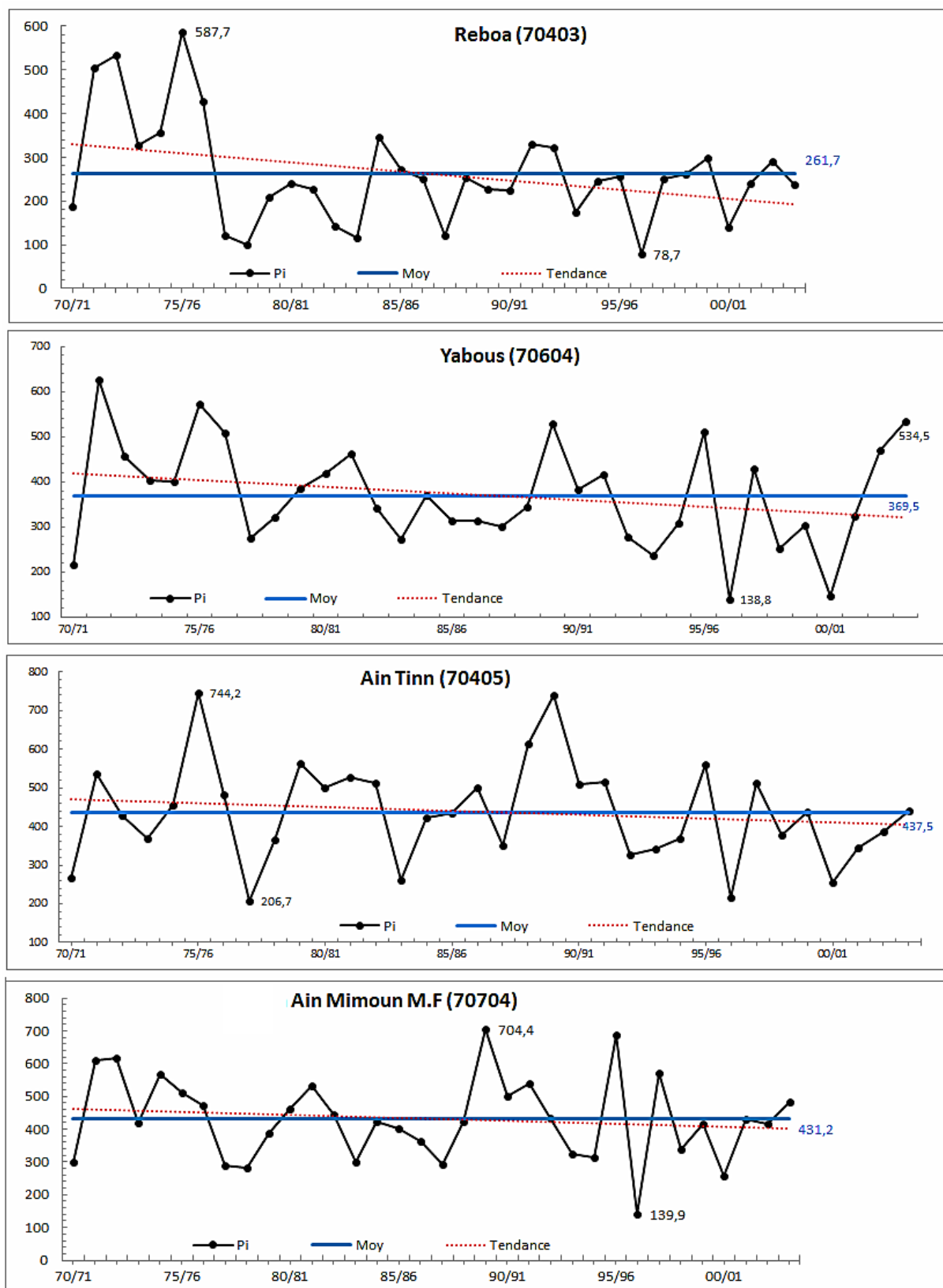


Figure 9(d) : Variations interannuelles des précipitations (1970-2004)

### A. Le coefficient de variation (CV)

Le CV est très efficace pour la mesure du degré de la dispersion relative des valeurs particulières autour de la moyenne. Les coefficients de variations annuelles des 41 stations oscillent entre 0,2 et 0,68 (tableau 7) avec une distribution spatiale qui varie en fonction du domaine climatique.

Contrairement à ce que nous attendions, Reboa et Bouhmar, stations en hautes montagnes (versant septentrionale des Aurès) ont un coefficient de variation annuel relativement élevé (0,5). Ainsi que le poste de la Meskiana située en semi-aride au niveau des lacs, ce qui impliquerait un coefficient de variation élevé, mais en réalité il est parmi les plus faibles, (0,2). Les postes qui possèdent un coefficient de variation sensiblement faible, sont répartis sur l'ensemble du bassin (0,2 à Ain Diss et Oum el Bouagi, 0,28 à Ain el Azel et 0,3 à Bouhmama, Ain djasser, Batna, Ain Tin...).

Ces exemples montrent bien la complexité du climat méditerranéen dont notre zone d'étude fait partie. En effet, d'une manière générale la répartition spatiale de Cv est sensiblement liée à l'altitude et au domaine climatique.

### B. Ecart à la moyenne

Afin de caractériser la pluviosité propre à chaque année, il convient de tenir compte de "l'écart à la moyenne" correspondant à l'excédent ou au déficit de précipitations de l'année considérée, rapporté à la moyenne de 34 ans ; Nous avons relevé toutes les années pluviométriques extrêmes humides et sèches. D'après le (tableau 8), l'année la plus humide a été l'année 2003/04 dans dix (10) postes et 2002/2003 dans sept (07) postes avec un excédent entre 50% à Ain Beida et 186% à Bou Malek. Alors que l'année la plus sèche de la série était 1977/78 dans sept (7) postes et 1996/97 dans sept autres (7) postes, avec un déficit pluviométrique entre -84% à Ain Yagoutl et -92 % à Ngaous.

Pour l'ensemble des postes, l'écart à la moyenne des années hyper-humides ou hyper sèches est très élevé (36% à 186%).

De même que le coefficient de variation, l'écart à la moyenne de ces années extrêmes sèches et humides est lié au domaine climatique et à l'altitude.

### C. Indice de précipitation standardisé (IPS)

C'est un indice simple, puissant basé sur des données pluviométriques et il permet de vérifier les périodes/cycles humides et les périodes/cycles secs :

$$IPS = \frac{(P_i - P_m)}{\sigma}$$

Avec :  $P_i$  : Précipitations de l'année  $i$  ;

$P_m$  : Précipitation moyenne interannuelles ;

$\sigma$  : écart- type

Les seuils de sécheresse sont les suivants :

**H.E** : Humidité extrême ( $IPS > 2$ ), **H.F** : Humidité forte ( $1 < IPS < 2$ ), **H.M** : Humidité modérée ( $0 < IPS < 1$ ), **N** : année normale, **S.M** : Sécheresse modérée ( $-1 < IPS < 0$ ), **S.F** : Sécheresse forte ( $-2 < IPS < -1$ ), **S.E** : Sécheresse extrême ( $IPS < -2$ ). (Mebarki 2005)

On a ensuite pu déterminer pour chacune des postes pluviométriques sélectionnées les fréquences des années sèches, normales et humides durant la période (1970-2004) au niveau des 41 postes (Tableau 9).

Ceci nous a permis de constater un minimum de 3% d'années fortement humides et un maximum de 21% aux postes Reboa et Ain Yagout respectivement.

La fréquence des années de forte sécheresse varie entre 0% à Medina Lanasser et 24% à Berriche.

Les sécheresses extrêmes sont presque rares dans le sud du bassin au niveau des massifs des Aurès. Cependant dans le nord, elles sont fréquentes (le maximum est enregistré à la station de Bou Malek avec 47% d'années extrêmement sèche). Un nombre d'années relativement important de la classe d'humidité extrême (le maximum est marqué à la station de Reboa avec 9 % d'années extrêmement humides).

Les années normales, à humidité modérée ou à sécheresse modérée représentent un minimum de 32 % à Cherfa El Ain et un maximum de 91% à Medina Lanasser.



**Tableau 7(a) : Moyenne, écart-type, et coefficient de variation des séries Pluviométriques (1970-2004)**

| Station         |           | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Fev. | Mar. | Avr. | Mai. | Jui. | Juit. | Aoû  | année |
|-----------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| Merouana        | $\bar{P}$ | 44,1 | 43,2 | 51   | 50,5 | 44,2 | 44,1 | 41,9 | 42,7 | 37,9 | 24   | 9,7   | 13,6 | 447   |
|                 | $\delta$  | 28,5 | 26   | 30,1 | 30,1 | 23,9 | 23,7 | 25,6 | 25   | 27,7 | 15   | 9     | 20,5 | 147,4 |
|                 | c.v       | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,5  | 0,5  | 0,6  | 0,6  | 0,7  | 0,6  | 0,9   | 1,5  | 0,3   |
| Oued EL Ma      | $\bar{P}$ | 32,6 | 31,9 | 37,7 | 37,3 | 32,7 | 32,6 | 31,0 | 31,6 | 28,0 | 17,7 | 7,2   | 10,1 | 330,4 |
|                 | $\delta$  | 19,6 | 12,8 | 22,6 | 18,7 | 16,3 | 16,3 | 12,4 | 15,8 | 25,2 | 14,2 | 5,7   | 10,1 | 143   |
|                 | c.v       | 0,6  | 0,4  | 0,6  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,4  | 0,5  | 0,9  | 0,8  | 0,8   | 1    | 0,43  |
| Cherfa El Ain   | $\bar{P}$ | 33,0 | 32,4 | 28,4 | 27,0 | 26,6 | 20,3 | 28,9 | 31,3 | 25,9 | 9,2  | 2,7   | 9,7  | 275,4 |
|                 | $\delta$  | 19,8 | 32,4 | 22,7 | 16,2 | 16,0 | 20,3 | 28,9 | 31,3 | 23,3 | 11,9 | 3,2   | 11,6 | 83,96 |
|                 | c.v       | 0,6  | 1    | 0,8  | 0,6  | 0,6  | 1    | 1    | 1    | 0,9  | 1,3  | 1,2   | 1,2  | 0,3   |
| Haouara Dj.     | $\bar{P}$ | 28,8 | 28,3 | 24,9 | 23,6 | 23,3 | 17,8 | 25,3 | 27,4 | 22,6 | 8,0  | 2,3   | 8,5  | 240,8 |
|                 | $\delta$  | 25,9 | 28,9 | 27,3 | 18,9 | 14,0 | 16,0 | 22,8 | 21,9 | 23,8 | 8,8  | 2,6   | 11,0 | 75,6  |
|                 | c.v       | 0,9  | 1,02 | 1,1  | 0,8  | 0,6  | 0,9  | 0,9  | 0,8  | 1,05 | 1,1  | 1,1   | 1,3  | 0,31  |
| Ngaous          | $\bar{P}$ | 26,5 | 26,0 | 22,8 | 21,7 | 21,4 | 16,3 | 23,2 | 25,1 | 20,8 | 7,4  | 2,1   | 7,8  | 221,1 |
|                 | $\delta$  | 25,8 | 30,8 | 25,4 | 16,4 | 20,1 | 16,2 | 23,3 | 24,9 | 22,1 | 11,3 | 5,1   | 11,7 | 102,1 |
|                 | c.v       | 0,97 | 1,18 | 1,11 | 0,75 | 0,94 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 1,06 | 1,53 | 2,38  | 1,51 | 0,46  |
| Oued Chaaba     | $\bar{P}$ | 49,0 | 48,2 | 42,3 | 40,2 | 39,6 | 30,3 | 43,0 | 46,5 | 38,5 | 13,6 | 4,0   | 14,4 | 409,6 |
|                 | $\delta$  | 34,3 | 48,2 | 33,8 | 20,1 | 35,7 | 24,2 | 30,1 | 32,6 | 34,6 | 12,3 | 4,8   | 17,3 | 116,6 |
|                 | c.v       | 0,7  | 1    | 0,8  | 0,5  | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,7  | 0,9  | 0,9  | 1,2   | 1,2  | 0,28  |
| Ain touta       | $\bar{P}$ | 24,2 | 28   | 32,6 | 27   | 26,1 | 14,9 | 20,5 | 18,6 | 27   | 21   | 8,4   | 4,7  | 251,5 |
|                 | $\delta$  | 16,9 | 42   | 26,1 | 16,2 | 23,5 | 11,9 | 16,4 | 11,2 | 27   | 21   | 13,4  | 5,2  | 86,5  |
|                 | c.v       | 0,7  | 1,5  | 0,8  | 0,6  | 0,9  | 0,8  | 0,8  | 0,6  | 1    | 1    | 1,6   | 1,1  | 0,3   |
| Oued chelih     | $\bar{P}$ | 36,4 | 26,2 | 33,9 | 36,8 | 29,6 | 28,8 | 33,3 | 32,8 | 26,8 | 13   | 4,7   | 15,4 | 317,9 |
|                 | $\delta$  | 28,5 | 26   | 30,1 | 30,1 | 23,9 | 23,7 | 25,6 | 25   | 27,7 | 15   | 9     | 20,5 | 111,9 |
|                 | c.v       | 0,8  | 1    | 0,9  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1    | 1,1  | 1,9   | 1,3  | 0,4   |
| Medina lanasser | $\bar{P}$ | 45,5 | 36   | 44   | 38   | 36,9 | 30,6 | 41,6 | 38,3 | 40   | 25   | 8,9   | 33,8 | 418,7 |
|                 | $\delta$  | 39,7 | 25,2 | 37,7 | 30,7 | 25,7 | 27,5 | 28,6 | 28,8 | 32,5 | 28   | 14,4  | 35,2 | 140,6 |
|                 | c.v       | 0,9  | 0,7  | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,9  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 1,1  | 1,6   | 1    | 0,3   |
| Bouhmama        | $\bar{P}$ | 37,6 | 31,9 | 40,4 | 33,8 | 37,8 | 34,2 | 42,8 | 32,8 | 34,1 | 26   | 16,3  | 22   | 388   |
|                 | $\delta$  | 37,2 | 23,6 | 33,1 | 33   | 39,4 | 29,4 | 27,8 | 31,5 | 26,9 | 26   | 27,3  | 27,5 | 123,6 |
|                 | c.v       | 1    | 0,7  | 0,8  | 1    | 1    | 0,9  | 0,7  | 1    | 0,8  | 1    | 1,7   | 1,2  | 0,3   |
| Ain Azel        | $\bar{P}$ | 28,8 | 35,7 | 38,1 | 32,3 | 34,3 | 33,8 | 42,6 | 36,9 | 42,7 | 27,1 | 8,8   | 8,0  | 369   |
|                 | $\delta$  | 38,3 | 35,1 | 30,5 | 29,5 | 29,1 | 31,9 | 40,0 | 46,2 | 48,1 | 32,7 | 13,8  | 11,3 | 104,3 |
|                 | c.v       | 1,3  | 1,0  | 0,8  | 0,9  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 1,3  | 1,1  | 1,2  | 1,6   | 1,4  | 0,28  |
| Ain djasser     | $\bar{P}$ | 29,3 | 23,3 | 21,8 | 26,3 | 24,1 | 20,2 | 23,6 | 29,9 | 32,8 | 13   | 4,4   | 12   | 260,9 |
|                 | $\delta$  | 25,9 | 26   | 21   | 28,9 | 23,9 | 19,9 | 17,4 | 21,6 | 28,2 | 17   | 10,4  | 15,7 | 90,4  |
|                 | c.v       | 0,9  | 1,1  | 1    | 1,1  | 1    | 1    | 0,7  | 0,7  | 0,9  | 1,3  | 2,4   | 1,3  | 0,3   |

Tableau 7(b) : Moyenne, écart-type, et coefficient de variation des séries Pluviométriques (1970-2004)

| Station          |           | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Fev. | Mar. | Avr. | Mai. | Jui. | Juit. | Aoû  | année |
|------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| Tazoult          | $\bar{P}$ | 29,9 | 30,2 | 37,2 | 30,5 | 35,7 | 31,1 | 38,2 | 34   | 36,8 | 20   | 4,1   | 18,4 | 346   |
|                  | $\delta$  | 22,5 | 26,1 | 33,9 | 22,6 | 30,6 | 23,1 | 27,1 | 25,2 | 31   | 17   | 6,5   | 25,1 | 99,1  |
|                  | c.v       | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 0,7  | 0,9  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,6   | 1,4  | 0,3   |
| Ali ben tenoun   | $\bar{P}$ | 32,4 | 25,5 | 27,2 | 35,5 | 32,5 | 22,6 | 38,4 | 30,2 | 33,1 | 18   | 6,6   | 13,1 | 315,7 |
|                  | $\delta$  | 28,4 | 25,2 | 22,6 | 30,9 | 37,1 | 20,5 | 31,8 | 26,7 | 30,7 | 22   | 13,9  | 14,3 | 126,7 |
|                  | c.v       | 0,9  | 1    | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 0,9  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 1,2  | 2,1   | 1,1  | 0,4   |
| Ain yagout       | $\bar{P}$ | 33,5 | 26,5 | 26   | 30,1 | 28,5 | 23,9 | 36,2 | 32,8 | 40,7 | 20   | 4,5   | 14,9 | 318   |
|                  | $\delta$  | 25,9 | 25,4 | 24,7 | 24,9 | 25,7 | 21   | 26,6 | 23,8 | 37,2 | 18   | 6,7   | 19,8 | 98,3  |
|                  | c.v       | 0,8  | 1    | 1    | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 0,7  | 0,7  | 0,9  | 0,9  | 1,5   | 1,3  | 0,3   |
| Hamla            | $\bar{P}$ | 30,4 | 25   | 36   | 31,9 | 36,5 | 34,2 | 33,3 | 33,5 | 29,6 | 16   | 2,3   | 9,8  | 318,5 |
|                  | $\delta$  | 25   | 26   | 28   | 23,1 | 31,1 | 33,4 | 30,5 | 25,3 | 27   | 16   | 4,9   | 14,7 | 118,5 |
|                  | c.v       | 0,8  | 1    | 0,8  | 0,7  | 0,9  | 1    | 0,9  | 0,8  | 0,9  | 1    | 2,1   | 1,5  | 0,4   |
| Seguene          | $\bar{P}$ | 43   | 36   | 49,2 | 50,6 | 46,1 | 38,4 | 56   | 46,2 | 43,6 | 24   | 8,7   | 14,8 | 456,3 |
|                  | $\delta$  | 30,7 | 32,2 | 49,6 | 41,3 | 36   | 30,2 | 46   | 32,5 | 39,9 | 28   | 15,7  | 19,2 | 151,5 |
| 9                | c.v       | 0,7  | 0,9  | 1    | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,7  | 0,9  | 1,2  | 1,8   | 1,3  | 0,3   |
| Batna femme exp. | $\bar{P}$ | 42,9 | 28,9 | 36,1 | 35,2 | 34,5 | 28,4 | 39,5 | 37,3 | 38,8 | 23   | 8     | 15,7 | 367   |
|                  | $\delta$  | 33,1 | 24,8 | 29,4 | 26   | 29,7 | 22   | 27,7 | 28,1 | 29,4 | 22   | 12,9  | 14,6 | 107,8 |
|                  | c.v       | 0,8  | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 1    | 1,6   | 0,9  | 0,3   |
| Les Lacs         | $\bar{P}$ | 23,5 | 21,5 | 26,6 | 25,9 | 32,3 | 28,6 | 28,2 | 28,0 | 29,1 | 17,7 | 4,6   | 8,8  | 274,8 |
|                  | $\delta$  | 25,8 | 32,3 | 25,5 | 22,6 | 32,4 | 27,0 | 24,6 | 27,6 | 25,9 | 26,9 | 8,8   | 12,5 | 180,1 |
|                  | c.v       | 1,1  | 1,5  | 1    | 0,9  | 1,00 | 0,9  | 0,9  | 1,00 | 0,9  | 1,5  | 1,9   | 1,4  | 0,6   |
| Reboa            | $\bar{P}$ | 28,4 | 19,2 | 22,3 | 24,7 | 23,6 | 19   | 35,1 | 23,7 | 32,8 | 19   | 5,5   | 8,3  | 261,7 |
|                  | $\delta$  | 25,9 | 19   | 20,6 | 26,9 | 19,6 | 13,3 | 29,1 | 18,9 | 25,8 | 22   | 7,4   | 10,4 | 119,3 |
|                  | c.v       | 0,9  | 1    | 0,9  | 1,1  | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1,2  | 1,3   | 1,3  | 0,5   |
| Ain Tinn         | $\bar{P}$ | 45,8 | 39,4 | 47,1 | 39,2 | 35,2 | 30,7 | 53,6 | 41,7 | 40,7 | 26   | 10,6  | 27,8 | 437,5 |
|                  | $\delta$  | 32,4 | 31,6 | 42,1 | 30,9 | 31,1 | 21,7 | 38   | 28,1 | 33,3 | 21   | 16    | 32,6 | 129,1 |
|                  | c.v       | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 0,8  | 0,9  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 1,5   | 1,2  | 0,3   |
| Foum Toub        | $\bar{P}$ | 41,7 | 33,5 | 35,5 | 42,4 | 42,1 | 33,5 | 49,8 | 41   | 43,7 | 25   | 10,6  | 23,5 | 422,6 |
|                  | $\delta$  | 32   | 27,7 | 31,9 | 41,8 | 46,1 | 27,7 | 32   | 28,8 | 38,1 | 25   | 13,3  | 25,8 | 136,7 |
|                  | c.v       | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 1    | 1,1  | 0,8  | 0,6  | 0,7  | 0,9  | 1    | 1,3   | 1,1  | 0,3   |
| Baiou            | $\bar{P}$ | 40,2 | 32   | 41,4 | 34,2 | 28,4 | 28,6 | 43,8 | 39,5 | 37,4 | 24   | 8     | 26,2 | 384,1 |
|                  | $\delta$  | 29,6 | 23,5 | 38,6 | 22,8 | 25,6 | 18,8 | 28   | 26,2 | 29,5 | 22   | 9,1   | 28,6 | 101,8 |
|                  | c.v       | 0,7  | 0,7  | 0,9  | 0,7  | 0,9  | 0,7  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,1   | 1,1  | 0,3   |
| Bouahmar         | $\bar{P}$ | 21,7 | 24,7 | 27,2 | 33,7 | 26,1 | 24,8 | 39,6 | 30   | 25,5 | 18   | 4,4   | 11,5 | 287,5 |
|                  | $\delta$  | 25,7 | 27,7 | 28,4 | 34,2 | 28,4 | 21,9 | 41,1 | 30   | 30,9 | 24   | 7,9   | 19,3 | 135,7 |
|                  | c.v       | 1,2  | 1,1  | 1    | 1    | 1,1  | 0,9  | 1    | 1    | 1,2  | 1,3  | 1,8   | 1,7  | 0,5   |

**Tableau 7(c) : Moyenne, écart-type, et coefficient de variation des séries Pluviométriques (1970-2004)**

| Station        |           | Sep. | Oct.  | Nov.  | Dec.  | Jan. | Fev. | Mar. | Avr. | Mai. | Jui. | Juit. | Aoû   | année |
|----------------|-----------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Timgad         | $\bar{P}$ | 30   | 24,4  | 21,4  | 23,1  | 25,6 | 18,8 | 32,6 | 30,7 | 35,5 | 14   | 7,6   | 15,3  | 278,9 |
|                | $\delta$  | 27,5 | 22,8  | 22,5  | 22    | 26,8 | 19,8 | 26,3 | 29,7 | 31,5 | 17   | 12,7  | 21,1  | 111,5 |
|                | c.v       | 0,9  | 0,9   | 1     | 1     | 1    | 1,1  | 0,8  | 1    | 0,9  | 1,2  | 1,7   | 1,4   | 0,4   |
| Sidi Mancar    | $\bar{P}$ | 33,7 | 34,1  | 31,3  | 29    | 37,4 | 27,3 | 38,1 | 36,5 | 36,6 | 22   | 6,2   | 12,5  | 344,6 |
|                | $\delta$  | 34,4 | 38,34 | 26,81 | 20,99 | 38,6 | 26   | 31,8 | 38,7 | 34,8 | 32   | 9,24  | 17,82 | 116,7 |
|                | c.v       | 1    | 1,1   | 0,9   | 0,7   | 1    | 1    | 0,8  | 1,1  | 1    | 1,4  | 1,5   | 1,4   | 0,3   |
| Boulhilet      | $\bar{P}$ | 19,5 | 15,1  | 16,1  | 18,8  | 23,1 | 18,9 | 24,5 | 16,5 | 24,5 | 14   | 3,7   | 9,8   | 204   |
|                | $\delta$  | 20,3 | 20,9  | 16,2  | 21,8  | 26,7 | 22,9 | 23,2 | 16,3 | 25,8 | 16   | 6,9   | 14,6  | 105   |
|                | c.v       | 1    | 1,4   | 1     | 1,2   | 1,2  | 1,2  | 0,9  | 1    | 1,1  | 1,2  | 1,9   | 1,5   | 0,5   |
| Ain Diss       | $\bar{P}$ | 37,2 | 30,4  | 34,5  | 24,7  | 29,7 | 40,2 | 43,9 | 48,1 | 42,9 | 27   | 11,3  | 17,8  | 387,8 |
|                | $\delta$  | 21,4 | 23,5  | 21,8  | 11,5  | 10,6 | 24   | 16,2 | 26,2 | 29,1 | 18   | 16,9  | 16,2  | 90,9  |
|                | c.v       | 0,6  | 0,8   | 0,6   | 0,5   | 0,4  | 0,6  | 0,4  | 0,5  | 0,7  | 0,7  | 1,5   | 0,9   | 0,2   |
| Yabous         | $\bar{P}$ | 35,9 | 26,6  | 39,4  | 31,5  | 32,9 | 30,8 | 47   | 37,3 | 42   | 22   | 6,6   | 17,7  | 369,5 |
|                | $\delta$  | 30   | 22,6  | 40,6  | 34,8  | 33,3 | 29,7 | 31,2 | 34,8 | 34,6 | 21   | 9,6   | 20,4  | 116,2 |
|                | c.v       | 0,8  | 0,8   | 1     | 1,1   | 1    | 1    | 0,7  | 0,9  | 0,8  | 1    | 1,5   | 1,2   | 0,3   |
| Touffana       | $\bar{P}$ | 28,6 | 20,9  | 22,4  | 22,1  | 25,7 | 19,8 | 31,2 | 26,5 | 34,1 | 17   | 4,6   | 12,7  | 265,8 |
|                | $\delta$  | 26,8 | 24,2  | 21,5  | 25,1  | 31,3 | 20,1 | 26   | 22   | 29   | 22   | 8,3   | 14,2  | 112,5 |
|                | c.v       | 0,9  | 1,2   | 1     | 1,1   | 1,2  | 1    | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1,3  | 1,8   | 1,1   | 0,4   |
| Ain Mimoun M.F | $\bar{P}$ | 35,2 | 38,6  | 42,6  | 38,6  | 35,8 | 37,2 | 55,1 | 43,2 | 45,9 | 22   | 11,6  | 25,1  | 431,2 |
|                | $\delta$  | 27   | 30,2  | 31,8  | 39,5  | 36,9 | 30,7 | 40   | 35,5 | 35,5 | 24   | 13,7  | 28,5  | 127,3 |
|                | c.v       | 0,8  | 0,8   | 0,7   | 1     | 1    | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 1,1  | 1,2   | 1,1   | 0,3   |
| Ain Beida      | $\bar{P}$ | 35,7 | 33,4  | 41,8  | 38,3  | 39,3 | 37,4 | 45,5 | 44   | 35,4 | 28   | 7,3   | 19    | 405,6 |
|                | $\delta$  | 27   | 29,6  | 41    | 31,4  | 30,2 | 30,4 | 20,9 | 29,9 | 35,7 | 29   | 9,8   | 17,4  | 103,3 |
|                | c.v       | 0,8  | 0,9   | 1     | 0,8   | 0,8  | 0,8  | 0,5  | 0,7  | 1    | 1    | 1,4   | 0,9   | 0,3   |
| Fkirina        | $\bar{P}$ | 32,2 | 29,4  | 33,6  | 34,9  | 32,5 | 28,4 | 48,8 | 37,8 | 47,4 | 27   | 8,1   | 13,8  | 374,2 |
|                | $\delta$  | 22,8 | 25    | 39,9  | 39,4  | 23,1 | 22   | 35,8 | 31,6 | 44,9 | 31   | 7,8   | 12,1  | 141,5 |
|                | c.v       | 0,7  | 0,8   | 1,2   | 1,1   | 0,7  | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 1     | 0,9   | 0,4   |
| Oum El Bouagui | $\bar{P}$ | 40,8 | 28    | 36,4  | 42,6  | 31,7 | 48,6 | 39,6 | 43,4 | 22,2 | 23   | 0     | 10,3  | 366,3 |
|                | $\delta$  | 33,9 | 14,1  | 29,7  | 38,1  | 30,1 | 6,8  | 22,5 | 19,4 | 9,9  | 23   | 0     | 9,2   | 87,2  |
|                | c.v       | 0,8  | 0,5   | 0,8   | 0,9   | 0,9  | 0,1  | 0,6  | 0,4  | 0,4  | 1    | 0     | 0,9   | 0,2   |
| Tadjenanet     |           | 31,5 | 27,1  | 25,4  | 34,9  | 30,9 | 22,5 | 30,6 | 35,8 | 37,1 | 17,3 | 8,7   | 17,3  | 319,2 |
|                |           | 22,6 | 22,4  | 22,2  | 29,5  | 26,9 | 17,6 | 20,8 | 22,8 | 31,1 | 16,1 | 12,1  | 20,6  | 98,68 |
|                |           | 0,72 | 0,83  | 0,87  | 0,85  | 0,87 | 0,78 | 0,68 | 0,64 | 0,84 | 0,93 | 1,39  | 1,19  | 0,31  |
| Bou Malek M.C. |           | 35,5 | 37,6  | 53,5  | 78,6  | 81,2 | 61,4 | 59,7 | 56,7 | 42,8 | 17,0 | 6,0   | 15,0  | 545,1 |
|                |           | 29,5 | 33,0  | 50,6  | 74,5  | 66,5 | 46,6 | 39,6 | 42,2 | 32,0 | 19,6 | 10,3  | 15,5  | 240,6 |
|                |           | 0,83 | 0,88  | 0,95  | 0,95  | 0,82 | 0,76 | 0,66 | 0,74 | 0,75 | 1,15 | 1,71  | 1,03  | 0,44  |

**Tableau 7(d) : Moyenne, écart-type, et coefficient de variation des séries Pluviométriques (1970-2004)**

| Station     |           | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Fev. | Mar. | Avr. | Mai. | Jui. | Juit. | Août | année |
|-------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| La Meskiana | $\bar{P}$ | 38,9 | 30,6 | 32,7 | 25,7 | 25,8 | 24,3 | 39,5 | 27,8 | 35,8 | 25   | 9,8   | 26,2 | 342,3 |
|             | $\delta$  | 26,9 | 20,3 | 24,4 | 23,4 | 18,4 | 14,9 | 24,8 | 15,6 | 19,8 | 19   | 8,2   | 26,3 | 72,2  |
|             | c.v       | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,9  | 0,7  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,7  | 0,8   | 1    | 0,2   |
| Berriche    | $\bar{P}$ | 23,1 | 20   | 20,9 | 29,2 | 31,3 | 25,6 | 28,2 | 29,3 | 27,6 | 15   | 7,7   | 12,2 | 269,9 |
|             | $\delta$  | 27,2 | 16,2 | 21,4 | 29,9 | 26,4 | 25,6 | 22,8 | 30,3 | 27,1 | 15   | 9,2   | 12,9 | 98,5  |
|             | c.v       | 1,2  | 0,8  | 1    | 1    | 0,8  | 1    | 0,8  | 1    | 1    | 1    | 1,2   | 1,1  | 0,4   |
| Ksar Sbahi  | $\bar{P}$ | 20,6 | 23,6 | 26,7 | 46,9 | 46,8 | 36   | 44,5 | 40,3 | 42,9 | 18   | 6,1   | 8,2  | 360,1 |
|             | $\delta$  | 26,1 | 18,9 | 23,2 | 51,9 | 39,7 | 32   | 26   | 32   | 32,7 | 19   | 9,9   | 8,6  | 113,2 |
|             | c.v       | 1,3  | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 0,8  | 0,9  | 0,6  | 0,8  | 0,8  | 1,1  | 1,6   | 1,1  | 0,3   |
| Ain Settara | $\bar{P}$ | 31,8 | 24,1 | 27,5 | 39,3 | 37   | 25,8 | 32,1 | 35,6 | 39   | 17   | 7,7   | 10   | 326,2 |
|             | $\delta$  | 30,1 | 19,4 | 29,8 | 42,5 | 36,2 | 19,2 | 21,7 | 27,5 | 28,8 | 20   | 15,5  | 10,7 | 114,6 |
|             | c.v       | 0,9  | 0,8  | 1,1  | 1,1  | 1    | 0,7  | 0,7  | 0,8  | 0,7  | 1,2  | 2     | 1,1  | 0,4   |
| Ain Snob    | $\bar{P}$ | 26,1 | 36,2 | 22,3 | 37,8 | 57,7 | 39,7 | 30,5 | 40   | 26,9 | 15   | 2,8   | 8,5  | 343,4 |
|             | $\delta$  | 21,2 | 28,6 | 18,5 | 29,4 | 66,1 | 27,7 | 21,7 | 22,2 | 17,8 | 13   | 3,8   | 8,6  | 122,9 |
|             | c.v       | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1,1  | 0,7  | 0,7  | 0,6  | 0,7  | 0,9  | 1,4   | 1    | 0,4   |

**Tableau 8 : Ecart à la moyenne des précipitations annuelle extrêmes (1970-2004)**

|                  | Moy.<br>Annuelle<br>(1970- 2004)<br>(Pm) | Année sèche<br>extrême | Pi     | Ecart à la<br>Moyenne<br>(ei) | Année humide<br>extrême | Pi     | Ecart à la<br>moyenne<br>(ei) | (Max-min) | (Max/min) |
|------------------|------------------------------------------|------------------------|--------|-------------------------------|-------------------------|--------|-------------------------------|-----------|-----------|
| Merouana         | 447                                      | 2000/01                | 159    | -64                           | 2000/01                 | 724    | 62                            | 277       | 4,6       |
| Oued El Ma       | 330,4                                    | 1977/1978              | 146,3  | -56                           | 2003/2004               | 775,5  | 135                           | 629,2     | 5,3       |
| Cherfa El Ain    | 275,4                                    | 1977/1978              | 126    | -54                           | 2003/2004               | 468,6  | 70                            | 342,6     | 3,7       |
| Haouara Djebel   | 240,8                                    | 1996/1997              | 103,8  | -57                           | 2003/2004               | 408    | 69                            | 304,2     | 3,9       |
| Ngaous           | 221,1                                    | 1977/1978              | 16,6   | -92                           | 1971/1972               | 466,6  | 111                           | 450       | 28,1      |
| Oued chaaba      | 409,6                                    | 1993/1994              | 204,97 | -50                           | 2003/2004               | 681,12 | 66                            | 476,15    | 3,3       |
| Ain touta        | 251,5                                    | 1992/93                | 100    | -60                           | 1971/72                 | 444,7  | 77                            | 193,2     | 4,4       |
| Oued chelih      | 317,9                                    | 1998/99                | 93,3   | -71                           | 1971/72                 | 516,5  | 62                            | 198,6     | 5,5       |
| Medina lanasser  | 418,7                                    | 1995/96                | 225,1  | -46                           | 2002/03                 | 896,4  | 114                           | 477,7     | 4,0       |
| Bou hmama        | 388                                      | 1978/79                | 178,7  | -54                           | 1970/71                 | 642,2  | 66                            | 254,2     | 3,6       |
| Ain El Azel      | 369                                      | 1979/1980              | 171,6  | -53                           | 1991/1992               | 724,1  | 96                            | 552,5     | 4,2       |
| Ain djasser      | 260,9                                    | 1971/72                | 73,8   | -72                           | 2003/04                 | 481,2  | 84                            | 220,3     | 6,5       |
| Tazoult          | 346                                      | 1977/78                | 176,3  | -49                           | 1995/96                 | 547,8  | 58                            | 201,8     | 3,1       |
| Ali ben tenoun   | 315,7                                    | 1979/80                | 131,5  | -58                           | 1995/96                 | 590    | 87                            | 274,3     | 4,5       |
| Ain yagout       | 318                                      | 1996/97                | 165,1  | -48                           | 1995/96                 | 491,1  | 54                            | 173,1     | 3,0       |
| Hamla            | 318,5                                    | 1997/98                | 84,6   | -73                           | 1995/96                 | 577,5  | 81                            | 259       | 6,8       |
| Seguene          | 456,3                                    | 2001/02                | 195,6  | -57                           | 1975/76                 | 785    | 72                            | 328,7     | 4,0       |
| Batna ferme exp, | 367                                      | 1993/94                | 185,8  | -49                           | 2003/04                 | 603,8  | 65                            | 236,8     | 3,2       |
| Les Lacs         | 274,8                                    | 1982/1983              | 85     | -69                           | 2002/2003               | 780,8  | 184                           | 695,8     | 9,2       |
| Reboa            | 261,7                                    | 1996/97                | 78,7   | -70                           | 1975/76                 | 587,7  | 125                           | 326       | 7,5       |
| Ain Tinn         | 437,5                                    | 1977/78                | 206,7  | -53                           | 1975/76                 | 744,2  | 70                            | 306,7     | 3,6       |
| Foum Toub        | 422,6                                    | 1977/78                | 203,8  | -52                           | 2003/04                 | 710,7  | 68                            | 288,1     | 3,5       |
| Baiou (mechta)   | 384,1                                    | 2000/01                | 187,1  | -51                           | 1995/96                 | 615,1  | 60                            | 231       | 3,3       |
| Bouahmar         | 287,5                                    | 1970/71                | 69,2   | -76                           | 2003/04                 | 704,1  | 145                           | 416,6     | 10,2      |
| Timgad           | 278,9                                    | 1977/78                | 61,5   | -78                           | 1972/73                 | 491,8  | 76                            | 212,9     | 8,0       |
| Sidi Mancar      | 344,6                                    | 1979/80                | 120,7  | -65                           | 1971/72                 | 755,2  | 119                           | 410,6     | 6,3       |
| Boulhilet        | 202,2                                    | 1983/84                | 21,2   | -90                           | 1972/73                 | 430,5  | 113                           | 228,3     | 20,3      |
| Ain Diss         | 387,8                                    | 1982/83                | 248    | -36                           | 1991/92                 | 569,8  | 47                            | 182       | 2,3       |
| Yabous           | 369,5                                    | 1996/97                | 138,8  | -62                           | 1971/72                 | 626,2  | 69                            | 256,7     | 4,5       |
| Touffana         | 265,8                                    | 1996/97                | 111,3  | -58                           | 1972/73                 | 583,9  | 120                           | 318,1     | 5,2       |
| Ain Mimoun M. F  | 431,2                                    | 1996/97                | 139,9  | -68                           | 1989/90                 | 704,4  | 63                            | 273,2     | 5,0       |
| Ain Beida        | 405,6                                    | 1993/94                | 218,2  | -46                           | 2002/03                 | 609,8  | 50                            | 204,2     | 2,8       |
| Fkirina          | 338,1                                    | 1996/97                | 107,6  | -68                           | 1971/72                 | 604,9  | 79                            | 266,8     | 5,6       |
| Oum El Bouagui   | 366,3                                    | 1974/75                | 218,8  | -40                           | 2002/03                 | 551,2  | 50                            | 184,9     | 2,5       |
| Tadjenanet       | 319,2                                    | 1970/1971              | 151,2  | -53                           | 2002/2003               | 597    | 87                            | 445,8     | 3,9       |
| Bou Malek M.C.   | 545,1                                    | 1989/1990              | 225,8  | -59                           | 2002/2003               | 1557,3 | 186                           | 1331,5    | 6,9       |
| La Meskiana      | 342,3                                    | 1983/84                | 214,4  | -37                           | 2002/03                 | 536,3  | 57                            | 194       | 2,5       |
| Berriche         | 269,9                                    | 1986/87                | 123,5  | -54                           | 1972/73                 | 483,7  | 79                            | 213,8     | 3,9       |
| Ksar Sbahi       | 360,1                                    | 1973/74                | 186,6  | -48                           | 2003/04                 | 593,1  | 65                            | 233       | 3,2       |
| Ain Settara      | 326,2                                    | 1993/94                | 171,5  | -47                           | 2003/04                 | 635,3  | 95                            | 309,1     | 3,7       |
| Ain Snob         | 343,4                                    | 1974/75                | 94,8   | -72                           | 1972/73                 | 707,8  | 106                           | 364,4     | 7,5       |

**Tableau 9 : Fréquence (%) des années sèches, normales et humides dans 41 postes pluviométriques (Période : 1970-2004)**

| N° | Station          | Degré de la sécheresse (%) |      |     |    |     |      |      |
|----|------------------|----------------------------|------|-----|----|-----|------|------|
|    |                  | H. E                       | H. F | H.M | N  | S.M | S. F | S. E |
| 1  | Merouana         | 0                          | 18   | 26  | 3  | 32  | 18   | 3    |
| 2  | Oued El Ma       | 3                          | 9    | 32  | 6  | 0   | 9    | 41   |
| 3  | Cherfa El Ain    | 3                          | 12   | 26  | 3  | 3   | 12   | 41   |
| 4  | Haouara Djebel   | 3                          | 12   | 35  | 6  | 6   | 15   | 24   |
| 5  | Ngaous           | 6                          | 12   | 24  | 12 | 0   | 9    | 38   |
| 6  | Oued chaaba      | 3                          | 15   | 32  | 0  | 0   | 12   | 38   |
| 7  | Ain Touta        | 6                          | 12   | 21  | 6  | 41  | 15   | 0    |
| 8  | Oued Chelih      | 0                          | 21   | 26  | 0  | 35  | 15   | 3    |
| 9  | Medina Lanasser  | 0                          | 9    | 35  | 6  | 50  | 0    | 0    |
| 10 | Bou Hmama        | 3                          | 15   | 21  | 6  | 38  | 18   | 0    |
| 11 | Ain El Azel      | 0                          | 9    | 35  | 3  | 0   | 12   | 41   |
| 12 | Ain Djasser      | 3                          | 15   | 29  | 3  | 29  | 18   | 3    |
| 13 | Tazoult          | 3                          | 18   | 18  | 6  | 38  | 18   | 0    |
| 14 | Ali Ben Tenoun   | 3                          | 15   | 24  | 0  | 38  | 21   | 0    |
| 15 | Ain Yagout       | 0                          | 21   | 24  | 0  | 38  | 18   | 0    |
| 16 | Hamla            | 3                          | 12   | 35  | 3  | 32  | 12   | 3    |
| 17 | Seguene          | 3                          | 12   | 38  | 0  | 29  | 18   | 0    |
| 18 | Batna ferme exp, | 3                          | 15   | 26  | 0  | 38  | 18   | 0    |
| 19 | Les Lacs         | 0                          | 12   | 26  | 9  | 3   | 12   | 38   |
| 20 | Reboa            | 9                          | 3    | 24  | 6  | 38  | 21   | 0    |
| 21 | Ain Tinn         | 6                          | 3    | 35  | 6  | 35  | 15   | 0    |
| 22 | Foum Toub        | 3                          | 9    | 32  | 3  | 35  | 18   | 0    |
| 23 | Baiou (mechta)   | 3                          | 15   | 29  | 0  | 35  | 15   | 3    |
| 24 | Bouahmar         | 3                          | 9    | 35  | 3  | 35  | 15   | 0    |
| 25 | Timgad           | 0                          | 15   | 35  | 0  | 29  | 18   | 3    |
| 26 | Sidi Mancar      | 3                          | 9    | 29  | 3  | 41  | 15   | 0    |
| 27 | Boulhilet        | 6                          | 12   | 26  | 3  | 32  | 21   | 0    |
| 28 | Ain Diss         | 0                          | 21   | 24  | 3  | 38  | 15   | 0    |
| 29 | Yabous           | 3                          | 15   | 29  | 0  | 38  | 12   | 3    |
| 30 | Touffana         | 3                          | 12   | 24  | 9  | 38  | 15   | 0    |
| 31 | Ain Mimoun M. F  | 3                          | 15   | 24  | 6  | 32  | 18   | 3    |
| 32 | Ain Beida        | 0                          | 15   | 24  | 3  | 41  | 18   | 0    |
| 33 | Fkirina          | 3                          | 9    | 35  | 3  | 32  | 15   | 3    |
| 34 | Oum El Bouagui   | 3                          | 15   | 21  | 3  | 41  | 18   | 0    |
| 35 | Tadjenanet       | 0                          | 6    | 32  | 3  | 6   | 9    | 44   |
| 36 | Bou Malek M.C.   | 0                          | 6    | 32  | 6  | 0   | 9    | 47   |
| 37 | La Meskiana      | 3                          | 9    | 29  | 3  | 41  | 15   | 0    |
| 38 | Berriche         | 3                          | 12   | 35  | 3  | 23  | 24   | 0    |
| 39 | Ksar Sbahi       | 3                          | 9    | 35  | 3  | 29  | 21   | 0    |
| 40 | Ain Settara      | 6                          | 9    | 26  | 9  | 35  | 15   | 0    |
| 41 | Ain Snob         | 6                          | 6    | 32  | 6  | 35  | 12   | 3    |

**H.E** : Humidité extrême (IPS >2), **H.F** : Humidité forte (1<IPS<2), **H.M** : Humidité modérée (0<IPS<1), **N** : année normale, **S.M** : Sécheresse modérée (-1<IPS<0), **S.F** : Sécheresse forte (-2<IPS<-1), **S.E** : Sécheresse extrême (IPS<-2). (Mebarki 2005)

### III-1-2 Distribution statistique des pluies annuelles

L'analyse de la variabilité interannuelle des précipitations mérite d'être complétée par une étude fréquentielle, c'est-à-dire l'estimation des valeurs limites atteintes ou dépassées pendant une période donnée ; Ceci suppose de rechercher au préalable la loi d'ajustement.

En se basant sur les essais déjà faits sur des bassins versants algériens (ANRH 1993, Laborde et al 1993, Mebarki 2005) nous avons adapté les modules annuels « anamorphosé » en racine carrée à la loi normale.

On a classé les 32 hauteurs annuelles de pluie par ordre décroissant en attribuant à chaque variable son rang dans la série, compté de 1, puis on détermine les fréquences expérimentales correspondantes :

$$F = \frac{i - 0,5}{N} \quad , \quad i : \text{Rang} \quad , \quad N : \text{Taille de l'échantillon.}$$

On ensuite porte dans un graphique de GAUSS, les fréquences en abscisse et les pluies moyennes annuelles en ordonnée, puis on trace la droite d'ajustement permettant d'envisager la loi de probabilité.

L'expression de la loi racine-normale est :

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

$$\text{Avec : } u = \frac{\sqrt{P} - \sqrt{p}}{\sigma_{\sqrt{P}}}$$

$F(P)$  : Probabilité qu'une valeur quelconque  $P$  soit inférieure ou égale à  $p$  ;

$u$  : Variable réduite de Gauss ;

$\sqrt{P}$  : Moyenne des racines carrées de la série d'observations ;

$\sigma_{\sqrt{P}}$  : Écart -type des racines carrées de la série d'observations.

$P$  : Pluie en dixièmes de millimètres

Cette loi est caractérisée par deux paramètres : la moyenne des racines carrées des pluies mensuelles ( $\sqrt{P}$ ) et l'écart- type des racines carrées des pluies mensuelles ( $\sigma_{\sqrt{P}}$ ).

Cette démarche étant suivie, il semble que les valeurs de pluies s'ajustent à la loi racine-normale, pour la majorité des postes pluviométriques du bassin d'étude. A titre d'illustration, nous produisons l'ajustement de loi racine-normale pour deux stations représentatives des hauts plateaux (Boulhilet) et de zone montagneuse des Aurès (Baïou en utilisant le logiciel « Hydrolab 98.2 » sous Excel (figure 10).



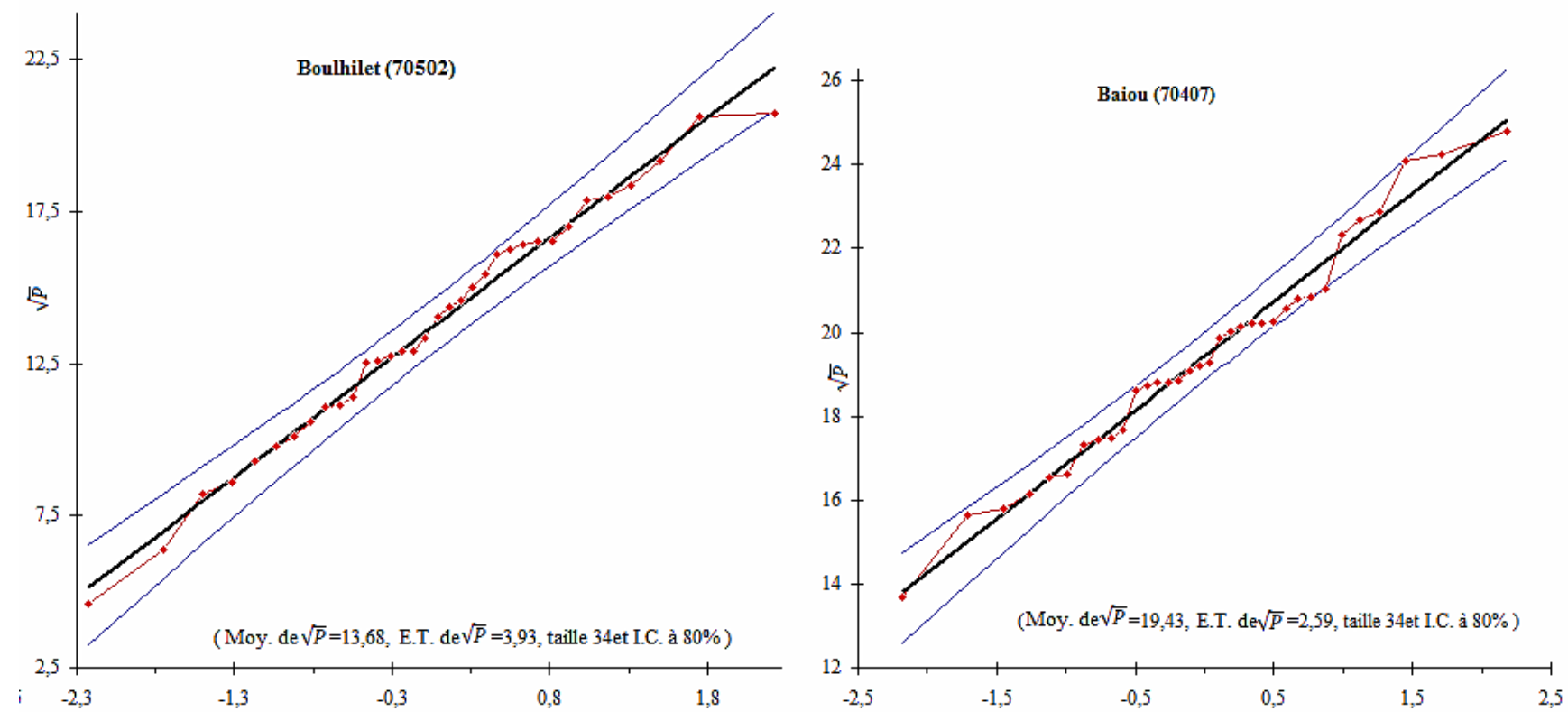


Figure 10 : Ajustement à la loi Racine-normale des précipitations annuelles (1970-2004)

L'estimation des pluies fréquentielles se fait par application de l'équation de la variable réduite de GAUSS, en transformant les moyennes en racines carrées :

$$P_f = \left( \sqrt{\bar{P}} + u_f \delta_{\sqrt{P}} \right)^2$$

$\sqrt{\bar{P}}$  : La moyenne de la racine de Pluie annuelle en mm ;  $\delta_{\sqrt{P}}$  : L'écart-type de la racine de pluie mensuelle en mm ;  $u_f$  : La variable réduite de GAUSS.

Les quantiles estimés pour quelques postes représentatifs du bassin, et pour les probabilités de retour retenues, sont exposés dans le (tableau 10)

**Tableau 10 : Précipitations annuelles fréquentielles en (mm)**

| Station          | P (année sèche)                      |                                    |                                    | $\bar{P}$                       | P (année humide)                  |                                   |                                    |
|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                  | T= 100 ans<br>F = 0,010<br>U= -2,327 | T= 50 ans<br>F = 0,02<br>U= -2,054 | T= 10 ans<br>F = 0,10<br>U= -1,282 | T= 2 ans<br>F = 0,5<br>U= 0,000 | T= 10 ans<br>F = 0,90<br>U= 1,282 | T= 50 ans<br>F = 0,98<br>U= 2,054 | T= 100 ans<br>F = 0,99<br>U= 2,327 |
| Merouana         | 156,4                                | 181,8                              | 264,1                              | 434,6                           | 715,2                             | 795,8                             | 851,9                              |
| Ain touta        | 87,1                                 | 101,5                              | 148,0                              | 244,4                           | 403,5                             | 449,2                             | 481,0                              |
| Medina lanasser  | 155,7                                | 179,1                              | 254,3                              | 408,1                           | 658,5                             | 730,0                             | 779,7                              |
| Ain djasser      | 83,4                                 | 98,5                               | 148,1                              | 252,7                           | 427,6                             | 478,2                             | 513,5                              |
| Tazoult          | 148,9                                | 167,2                              | 224,8                              | 339,0                           | 520,1                             | 571,1                             | 606,4                              |
| Hamla            | 91,6                                 | 110,3                              | 172,7                              | 307,1                           | 535,9                             | 602,7                             | 649,3                              |
| Batna ferme exp, | 151,7                                | 171,5                              | 234,0                              | 359,1                           | 558,9                             | 615,4                             | 654,5                              |
| Reboa            | 54,5                                 | 70,0                               | 124,4                              | 249,1                           | 471,8                             | 538,1                             | 584,8                              |
| Ain Tinn         | 180,6                                | 204,2                              | 278,8                              | 428,1                           | 666,6                             | 734,0                             | 780,8                              |
| Baiou (mechta)   | 179,9                                | 199,3                              | 259,7                              | 377,6                           | 561,1                             | 612,4                             | 647,8                              |
| Timgad           | 67,2                                 | 83,8                               | 140,6                              | 267,0                           | 488,3                             | 553,5                             | 599,3                              |
| Boulhilet        | 20,6                                 | 31,4                               | 74,7                               | 187,2                           | 350,4                             | 473,3                             | 455,8                              |
| Ain Diss         | 203,0                                | 221,1                              | 276,7                              | 382,7                           | 544,0                             | 588,4                             | 619,0                              |
| Touffana         | 67,0                                 | 82,8                               | 136,4                              | 254,9                           | 460,9                             | 521,5                             | 563,9                              |
| Ain Beida        | 197,1                                | 217,2                              | 279,2                              | 399,3                           | 584,8                             | 636,4                             | 672,0                              |
| Berriche         | 81,6                                 | 97,4                               | 149,6                              | 260,8                           | 448,6                             | 503,1                             | 541,2                              |

### **III-2 Les précipitations mensuelles et les régimes saisonniers**

L'étude de la variation inter-mensuelle et inter-saisonnière des précipitations, s'avère déterminantes sur l'écoulement fluvial saisonnier, et sur le comportement hydrologique annuel d'un bassin versant.

En Algérie, la plupart des précipitations tombent durant la période « octobre-avril ([Ghachi, 1986](#)) comme dans tous les pays du Maghreb, cependant d'importantes variations peuvent être observées, pour la pluie moyenne mensuelle et la période durant laquelle elles se produisent. Nous allons tenter d'analyser ceci pour le bassin étudié.

#### **III-1-2 Variabilité inter-mensuelle des précipitations**

Les valeurs mensuelles pluviométriques relatives à la période 1970-2004 pour quelques postes pluviométriques du bassin sont figurées par des histogrammes (Figure 11). Elles traduisent clairement les variations mensuelles de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle.

D'après la (figure 11), Mars-Mai sont les mois les plus humides dans la majorité des postes pluviométriques avec des fluctuations d'un postes à un autre. Toutefois, le mois de juillet est le mois le plus sec dans la quasi-totalité des postes retenus dans l'étude.

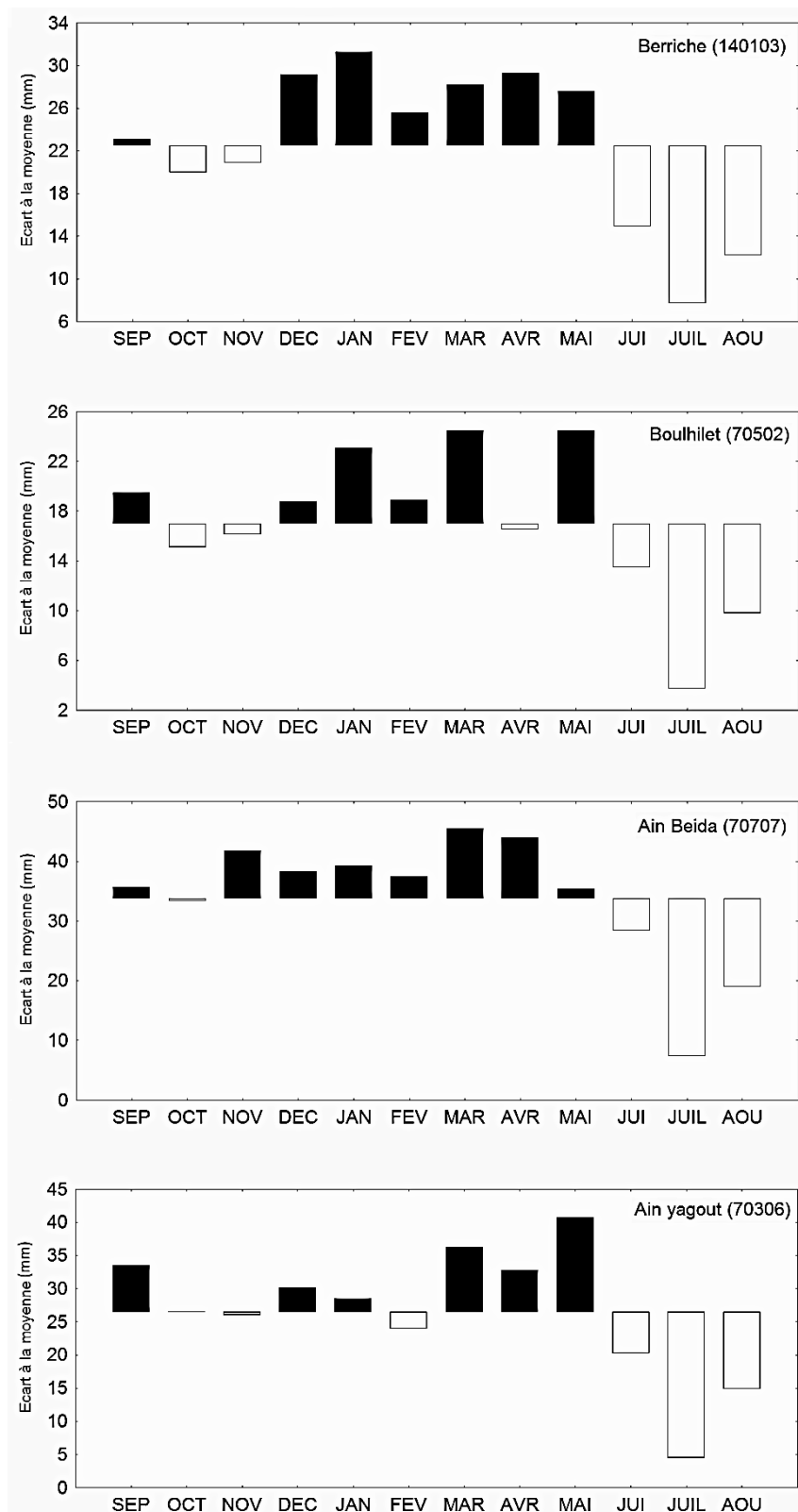
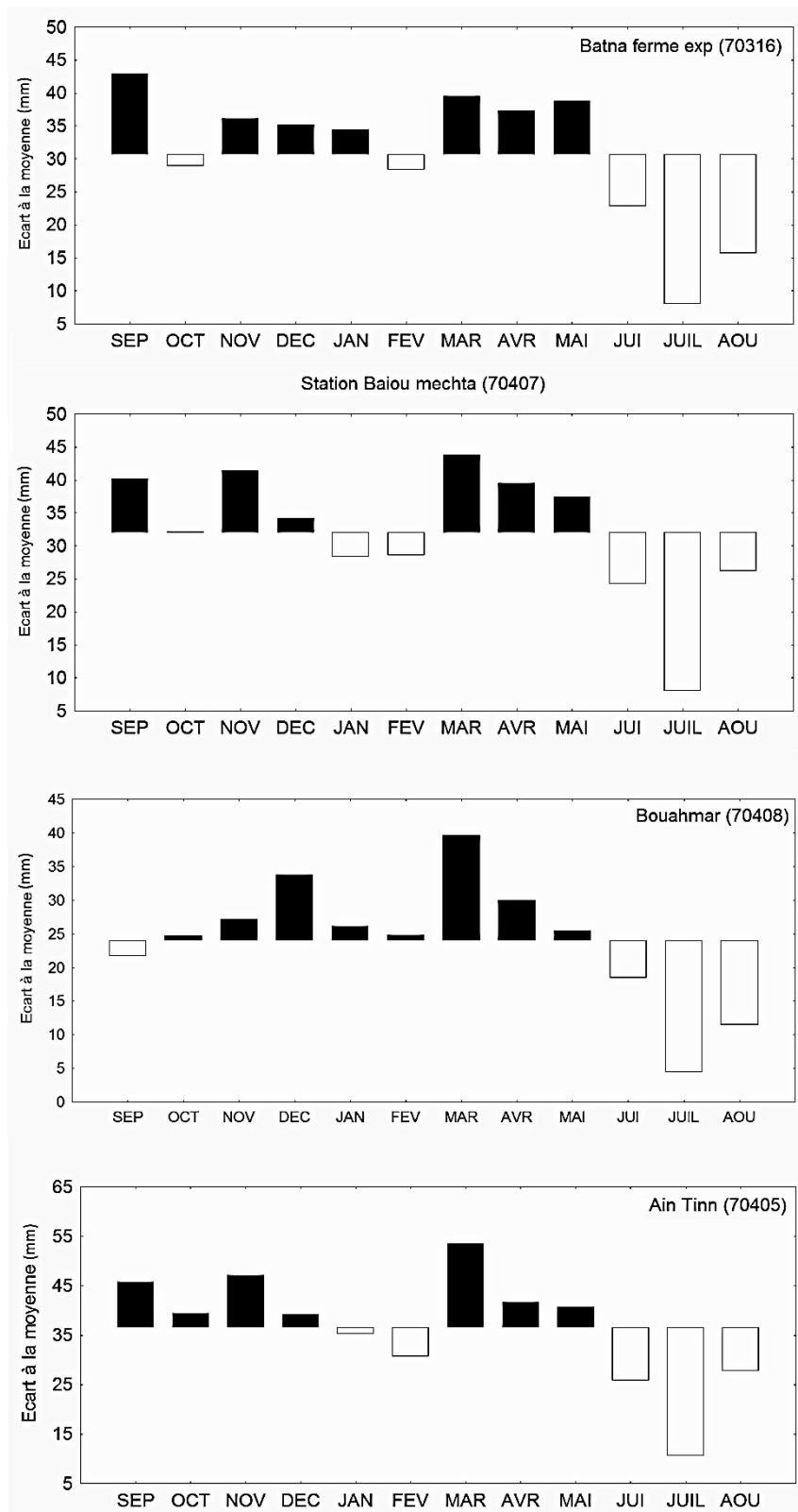


Figure 11(a) : Amplitude des précipitations moyennes mensuelles (1970-2004)



**Figure 11(b) : Amplitude des précipitations moyennes mensuelles (1970-2004)**

On relève une amplitude importante des valeurs pluviométriques, entre les mêmes mois de la série étudiée, ceci est mis en évidence par le coefficient de variation. En effet, les coefficients les plus élevés sont ceux des mois d'été, avec un maximum en juillet de 2,4 à Ngaous, ce maximum s'abaisse à 1,5 à Merouana aux mois d'août. Ces coefficients extrêmement élevés, s'expliquent par l'indigence pluviométrique d'une part, et le caractère orageux des précipitations (averse) de la fin d'été d'autre part.

La valeur minimale de ce coefficient est observée aux mois de décembre-avril et dans la majorité des postes ; Il atteint 0,4 en mars et octobre à Oued EL Ma, c'est le coefficient de variation le plus faible de toutes les stations (tableau 7).

Sur le plan spatial, les hauteurs moyennes mensuelles de pluie dans les postes du bassin, montrent clairement la variabilité spatiale de celles-ci, elle est relativement plus accentuée dans le nord du bassin.

Le bassin des Hauts Plateaux Constantinois est marqué par une succession de mois humides et de mois secs avec une relative concentration des précipitations au cours des périodes printanières et automnales (Figure 11). Ceci reste très nuancé selon le mois et la réalité géographique des différents secteurs du bassin.

### **III-1-3 Le régime pluviométrique saisonnier**

Les valeurs moyennes mensuelles pluviométriques, relative à la période 1970/2004, illustrées par des graphiques (figure 11) traduisent clairement les variations mensuelles et saisonnières de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle, et permet de distinguer deux grandes périodes :

- Une période sèche où les précipitations sont inférieures à la moyenne mensuelle de l'année. Or il s'avère d'après les graphiques que les mois dits secs ne sont pas consécutifs dans plusieurs postes ; Cependant les mois de juin, juillet, août, sont secs dans toutes les postes, ils représentent la saison sèche et chaude de l'été, et le minimum est atteint en juillet ; Le mois de février est aussi sec dans plusieurs postes.

- Une période humide où les précipitations sont supérieures à la moyenne mensuelle de l'année, elle débute en septembre et s'achève en mai, avec un premier maximum en septembre ou novembre et un deuxième en mars ou mai dans la majorité des postes du bassin. Le minimum est enregistré en février pour la quasi-totalité des postes.

La répartition saisonnière des pluies, dans quelques postes représentatifs du bassin (tableau 11) permet de distinguer un régime pluviométrique qui est caractérisé par une lame d'eau tombée en automne équivalent à peu près à la quantité de pluie hivernale (environ 27% de moyenne annuelle). La proportion de pluie printanière est relativement supérieure, soit 32 % des précipitations annuelles. Alors que la saison d'été est caractérisée par une faiblesse quantitative des précipitations, soit un pourcentage de 14% de la moyenne annuelle.

**Tableau 11 : Répartition saisonnière des pluies dans quelques postes représentatifs du bassin des Hauts Plateaux Constantinois.**

| Station             | Automne<br>(Sep, oct,<br>nov) | Hiver<br>(Déc, jan,<br>fév.) | Printemps<br>(Mar, avr,<br>mai) | Eté<br>(Jui, juit,<br>août) |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Merouana            | 30, 9                         | 31,1                         | 27, 4                           | 10, 6                       |
| Ain touta           | 33, 6                         | 26,9                         | 26, 2                           | 13, 3                       |
| Medina lanasser     | 30,0                          | 25,2                         | 28,6                            | 16,2                        |
| Ain djasser         | 28,5                          | 27,1                         | 33,0                            | 11,4                        |
| Tazoult             | 28, 1                         | 28, 1                        | 31, 5                           | 12, 2                       |
| Hamla               | 28,7                          | 32,2                         | 30, 3                           | 8, 8                        |
| Batna ferme<br>exp, | 29, 4                         | 26,7                         | 31,2                            | 12,7                        |
| Reboa               | 26,7                          | 25,7                         | 35, 0                           | 12, 6                       |
| Ain Tinn            | 30, 2                         | 24, 0                        | 31, 1                           | 14,7                        |
| Baiou (mechta)      | 29, 6                         | 23,8                         | 31, 4                           | 15,2                        |
| Timgad              | 27, 2                         | 24, 2                        | 35, 4                           | 13,2                        |
| Boulhilet           | 24,8                          | 29,8                         | 32,1                            | 13,2                        |
| Ain Diss            | 26,3                          | 24,4                         | 34,8                            | 14,5                        |
| Touffana            | 27, 0                         | 25, 4                        | 34, 5                           | 13, 0                       |
| Ain Beida           | 27,3                          | 28,4                         | 30,8                            | 13,5                        |
| Berriche            | 23,7                          | 31,9                         | 31,5                            | 12,9                        |

Il convient également d'estimer les valeurs limites atteintes ou dépassés pendant une durée de récurrence donnée (tableau 12). Les séries mensuelles sont testées avec la même loi que les pluies annuelles (racine-normale). Les graphiques d'ajustement pour deux postes caractéristiques du bassin confirment la validité de cette loi (figure 12).

L'estimation des pluies fréquentielles ( $P_f$ ) se fait par l'application de l'équation de la variable réduite de GAUSS, en transformant les moyennes mensuelles en racines carrées :

$$P_f = \left( \sqrt{\bar{P}} + u_f \delta_{\sqrt{P}} \right)^2$$

$\sqrt{\bar{P}}$  : La moyenne de la racine de Pluie mensuelle en mm

$\delta_{\sqrt{P}}$  : L'écart-type de la racine de pluie mensuelle en mm

$u_f$  : La variable réduite de GAUSS



**Tableau 12 : Précipitations mensuelles fréquentielles pour trois postes caractéristiques.**

| Station         | Fréquence | Précipitations mensuelles en mm |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |
|-----------------|-----------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|                 |           | Sep.                            | Oct.  | Nov.  | Déc.  | Jan.  | Fév.  | Mar.  | Avr.  | Mai.  | Jui.  | Jui. | Août. |
| Batna ferme exp | 0,01      | 0,0                             | 0,0   | 0,1   | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 0,7   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |
|                 | 0,02      | 0,7                             | 0,1   | 0,2   | 1,0   | 0,1   | 0,3   | 2,0   | 0,7   | 0,5   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |
|                 | 0,10      | 7,7                             | 4,2   | 5,4   | 7,4   | 4,9   | 4,8   | 9,7   | 7,1   | 1,3   | 0,0   | 0,0  | 1,5   |
|                 | 0,50      | 36,6                            | 24,1  | 30,2  | 30,6  | 28,7  | 24,0  | 34,9  | 32,0  | 17,4  | 4,7   | 4,9  | 12,5  |
|                 | 0,90      | 86,8                            | 60,4  | 75,0  | 69,5  | 72,1  | 57,9  | 75,8  | 75,0  | 51,7  | 20,6  | 20,3 | 34,3  |
|                 | 0,98      | 127,5                           | 90,2  | 111,8 | 100,6 | 107,7 | 85,4  | 108,1 | 109,6 | 81,3  | 35,6  | 34,6 | 52,6  |
|                 | 0,99      | 143,6                           | 102,2 | 126,5 | 113,0 | 122,0 | 96,3  | 120,8 | 123,3 | 93,4  | 41,8  | 40,6 | 59,9  |
| Timgad          | 0,01      | 137,1                           | 114,5 | 89,1  | 96,4  | 101,0 | 93,8  | 121,1 | 85,5  | 134,6 | 76,8  | 40,3 | 71,7  |
|                 | 0,02      | 119,3                           | 98,9  | 76,7  | 84,3  | 87,5  | 81,0  | 106,7 | 74,0  | 118,2 | 65,3  | 33,8 | 60,8  |
|                 | 0,10      | 75,4                            | 60,9  | 46,7  | 54,4  | 54,5  | 49,8  | 70,7  | 45,9  | 77,4  | 37,8  | 18,4 | 34,8  |
|                 | 0,50      | 24,8                            | 18,1  | 13,3  | 19,3  | 16,9  | 14,8  | 27,4  | 14,1  | 28,7  | 8,6   | 3,2  | 7,62  |
|                 | 0,90      | 1,62                            | 0,49  | 0,2   | 2,0   | 0,71  | 0,39  | 4,20  | 0,5   | 3,7   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |
|                 | 0,98      | 0,0                             | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,02  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |
|                 | 0,99      | 0,0                             | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |
| Ain Tinn        | 0,01      | 0,1                             | 0,0   | 0,0   | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 0,8   | 0,6   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |
|                 | 0,02      | 1,0                             | 0,1   | 0,0   | 1,2   | 0,1   | 0,4   | 2,5   | 2,0   | 0,3   | 0,1   | 0,0  | 0,2   |
|                 | 0,10      | 8,8                             | 5,5   | 5,4   | 8,2   | 5,0   | 5,4   | 12,7  | 10,0  | 6,6   | 3,7   | 0,1  | 2,1   |
|                 | 0,50      | 39,3                            | 32,7  | 38,2  | 34,0  | 29,2  | 26,1  | 47,2  | 36,7  | 34,3  | 21,5  | 6,1  | 21,7  |
|                 | 0,90      | 91,6                            | 82,6  | 101,1 | 77,4  | 73,7  | 62,4  | 103,4 | 80,2  | 83,7  | 53,8  | 27,3 | 62,0  |
|                 | 0,98      | 133,6                           | 123,7 | 153,4 | 112,1 | 110,2 | 91,8  | 147,8 | 114,6 | 123,9 | 80,4  | 47,4 | 96,3  |
|                 | 0,99      | 150,3                           | 140,1 | 174,5 | 125,9 | 124,8 | 103,5 | 165,4 | 128,2 | 140,0 | 91,0  | 55,8 | 110,2 |
| Médina lanasser | 0,01      | 189,1                           | 126,3 | 161,1 | 128,8 | 115,1 | 119,4 | 124,5 | 109,2 | 139,1 | 116,4 | 50,4 | 147,6 |
|                 | 0,02      | 165,5                           | 112,2 | 112,2 | 113,8 | 102,2 | 104,0 | 111,2 | 97,7  | 122,7 | 100,0 | 41,9 | 126,3 |
|                 | 0,10      | 106,9                           | 76,7  | 90,3  | 76,4  | 69,6  | 66,3  | 77,8  | 68,6  | 81,9  | 60,3  | 22,0 | 74,9  |
|                 | 0,50      | 37,94                           | 32,7  | 31,3  | 30,8  | 29,4  | 22,4  | 35,5  | 31,7  | 32,4  | 16,5  | 3,03 | 19,1  |
|                 | 0,90      | 3,92                            | 7,19  | 2,82  | 5,6   | 6,2   | 1,7   | 9,62  | 8,9   | 5,4   | 0,13  | 0,0  | 0,01  |
|                 | 0,98      | 0,0                             | 0,72  | 0,0   | 0,19  | 0,54  | 0,0   | 1,89  | 1,9   | 0,1   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |
|                 | 0,99      | 0,0                             | 0,04  | 0,0   | 0,0   | 0,01  | 0,0   | 0,59  | 0,65  | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   |

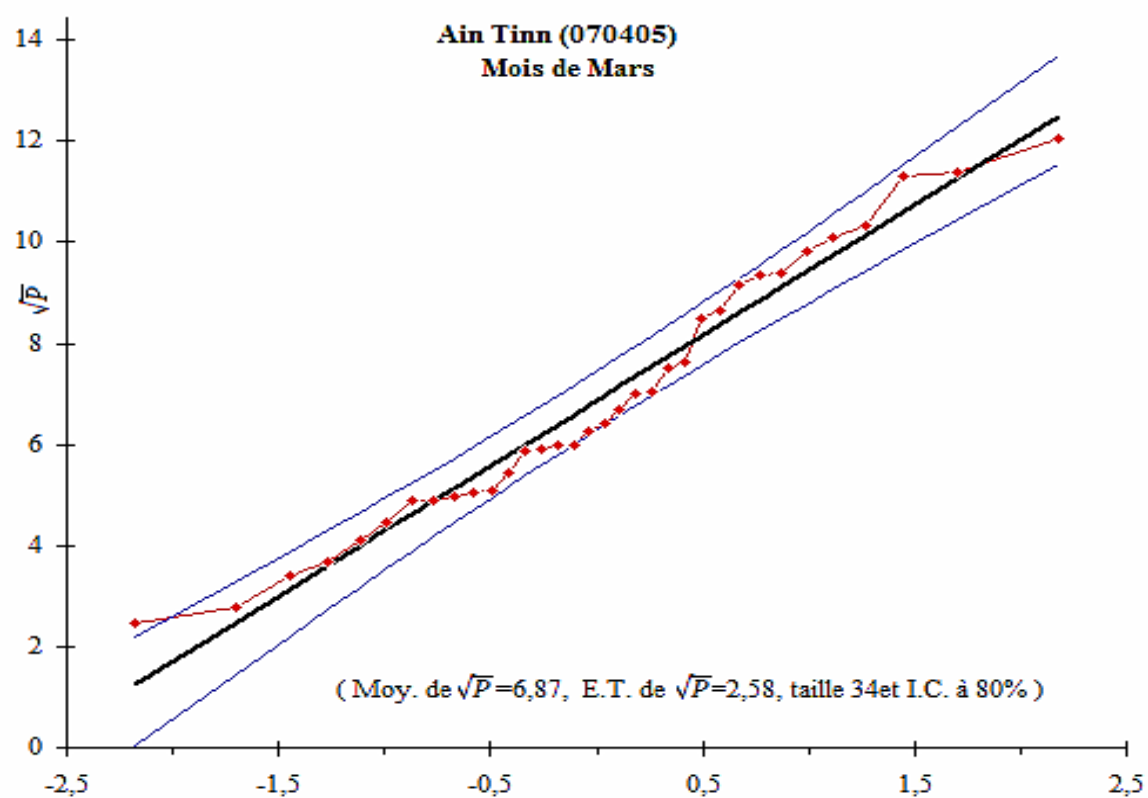
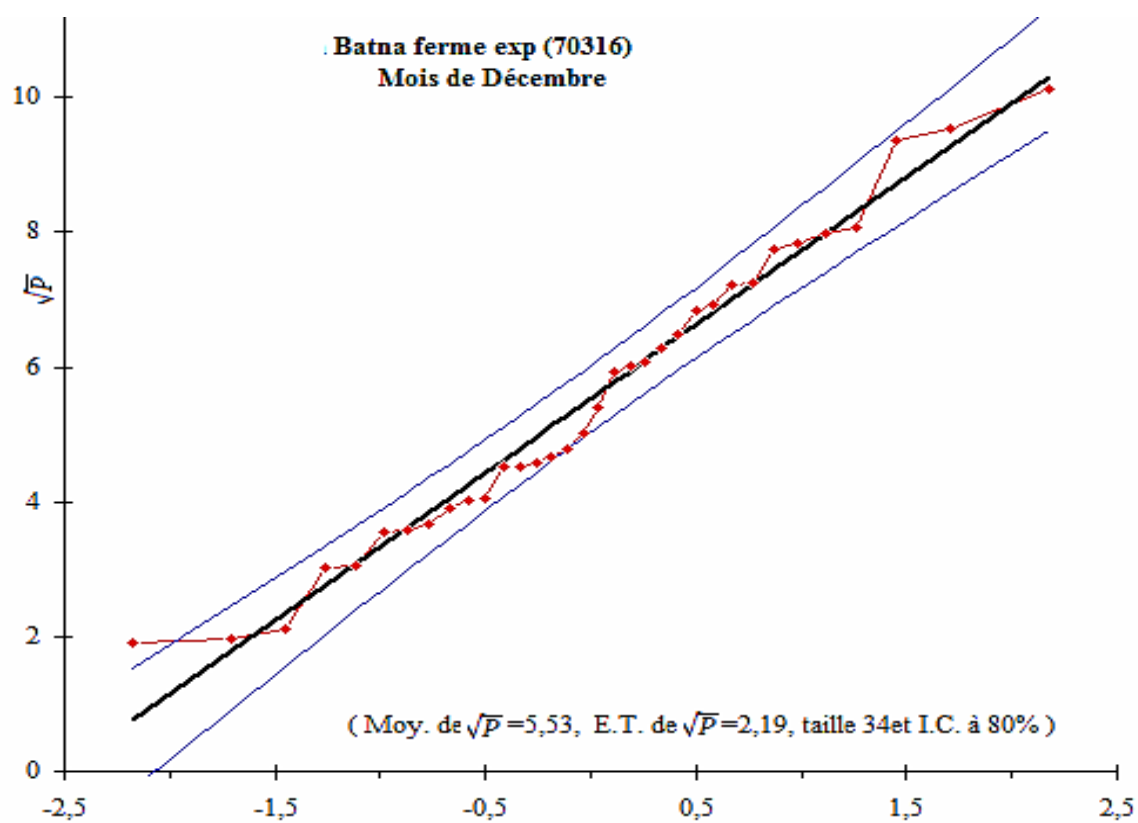


Figure 12 : Ajustement à la loi Racine-normale des précipitations mensuelles (1970-2004)

### III-3 Variabilité spatiale et analyse de tendances évolutives

#### III-3 -1 Spatialisation des précipitations annuelles

Une cartographie de la pluviométrie moyenne annuelle (1970-2004) fondée sur les liens statistiques existant entre les précipitations et certaines caractéristiques du relief a été établie effectuée. Par cette cartographie, nous avons mis en évidence la tendance évolutive des précipitations sur le bassin d'étude.

Pour établir quantitativement l'influence du relief sur la répartition spatiale des précipitations, différentes variables topo-géographiques (position géographique, altitude et distance à la mer) sont considérées à partir de modèles de régression linéaire multiple en utilisant le logiciel de traitement statistique Minitab 13.

La cartographie des pluies a nécessité un modèle numérique du terrain (MNT) d'espace étudié. La (figure 5), introduite précédemment, présente-le MNT que nous avons utilisé. C'est un MNT à 30 secondes d'arc, dont les archives peuvent être téléchargées à l'adresse suivante : <http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>.

La grille des distances (distance du poste de mesure à la mer dans le sens des vents pluvieux) a été établie sous SIG MapInfo (figure 13), en partant des coordonnées géographiques des points de la ligne de côte et des nœuds de la grille MNT.

$$dm = \min \left[ \sqrt{(x_0 - x_{\text{côte}})^2 + (y_0 - y_{\text{côte}})^2} \right]$$

$x_0, y_0$  : Coordonnées géographiques des nœuds de la grille MNT

$x_{\text{côte}}, y_{\text{côte}}$  : Coordonnées géographiques des points de la ligne de côte.

Les essais de régressions multiples réalisés nous ont amenés à retenir que les précipitations annuelles se corrélaient mieux avec les quantités (X), (Z/dm) et (Y/dm). Le coefficient de corrélation multiple ( $r^2$ ) est de 0,824. La pluie moyenne annuelle est liée à X, Y et DM par la relation suivante :

$$\sqrt{P\alpha} = -4,57 + 0,0214 (X) + 1,11 (Z/dm) - 1,72 (Y/dm)$$

En utilisant le logiciel Surfer 9, la méthode de régionalisation des variables spatiales, adoptée est krigeage. Cette méthode est largement préférée pour l'interpolation des précipitations.

L'équation  $P = \left( \sqrt{P_t} + \sqrt{\varepsilon} \right)^2$  appliquée à ces points définit une

La grille finale des précipitations calculées sous Surfer  $P = \left( \sqrt{P_t} \right)^2$ , nous a permis de tracer les courbes isohyètes pour l'élaboration de la carte des pluies moyennes annuelles ( $\overline{P\alpha}$ ). Cette carte valorise l'information topo-géographique disponible. Différents éléments d'habillage, peuvent être ajoutés aux cartes réalisées (Figures 14).

Notre cartographie des isohyètes montre une variabilité spatiale de la pluviométrie, caractérisée par une diminution des précipitations des zones montagneuses notamment les Aurès vers le centre du bassin au niveau des hauts plateaux et des lacs salés. Ceci s'explique par l'effet orographique des massifs montagneux entourant le bassin qui accentuent les précipitations, notamment les Aurès dans le sud.

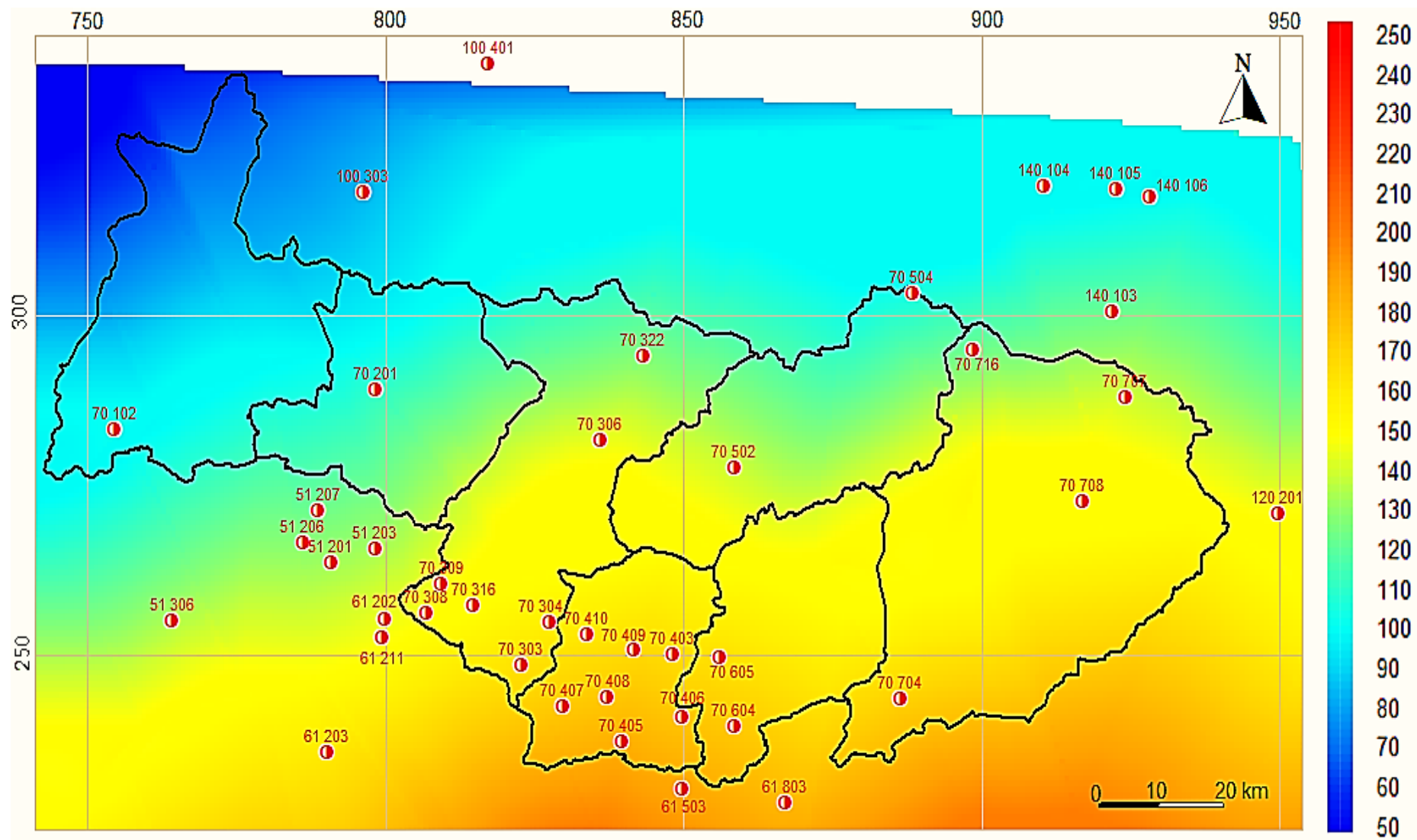


Figure 13 : Distance à la mer

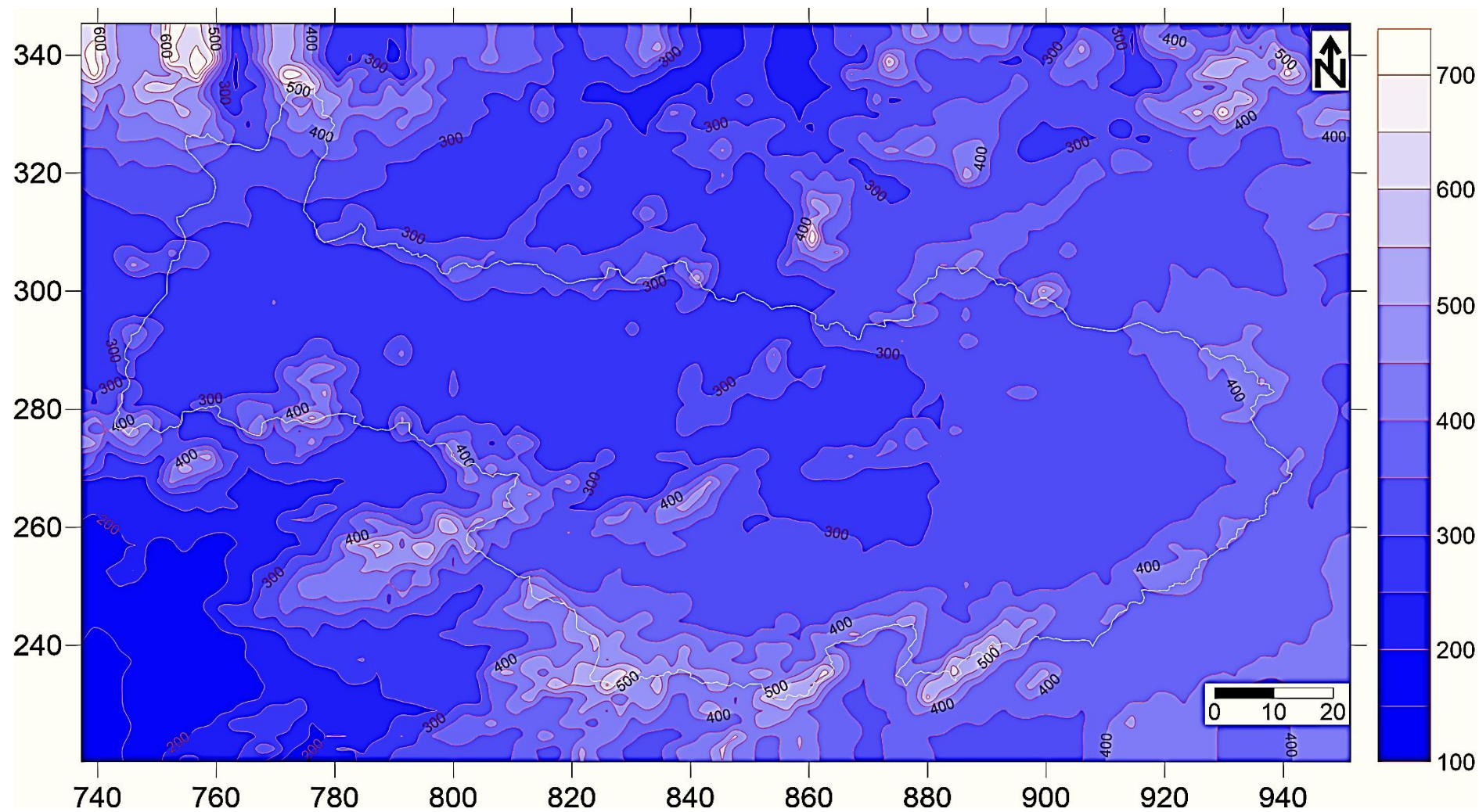


Figure 14 : Carte des précipitations annuelles moyennes des Haut Plateaux Constantinois (Période du 1er septembre 1970 au 31 août 2004)



### III-3 -2 Tendances évolutives

La tendance pluviométrique est une augmentation ou une diminution lente et monotone de la moyenne des séries. Il est possible que les tendances soient représentées par des droites horizontales, dans ce cas, nous avons utilisé l'expression « absence de tendance nette ».

Compte tenu de l'imprévisibilité des précipitations la déduction de leur tendance est difficile. Cependant, des longues séries de ce paramètre climatique reste la méthode la plus sûre.

Les courbes d'évolution des séries chronologiques, doublées des courbes de tendance linéaire illustrées précédemment dans la (figure 09), nous a permis d'identifier le caractère aléatoire de la pluie de notre zone d'étude où plusieurs situations apparaissent (figure 15) :

\* Une tendance à la baisse : cette situation est circonscrite au massif montagneux des Aurès. Les courbes de tendance linéaire traduisent une évolution générale à la baisse, pratiquement, sur la majorité des postes mais d'une intensité variable. Très accentuée notamment, pour les postes de Segouene -5.14 mm/an, Oued chelih -4,83 mm/an, Merouana -4,65 mm/an, Sidi Mancar 4,16 mm/an, et Reboa -4,11 mm/an.

Elle est moins marquée à Touffana -2,71 mm/an, Hamla -2,68 mm/an, Timgad -1,77 mm/an et Ain Tinn -1,91.

A foug Toub +2,25 mm/an, Bouhmar +6,14 mm/an et Ali Ben Tenoun +2.9 mm/an, le comportement pluviométrique apparaît très différent et singulier.

Cette tendance est manifestement le résultat d'une décroissance marquée et continue des précipitations de la décennie (1994-2004).

\* Une absence de tendance nette : l'analyse visuelle des graphes relatifs aux postes de Baiou - 0,202 mm/an, Meskiana -0,24 mm/an, Ain Yagout -0,29 mm/an, Berriche +0.02 mm/an, et Medina +0,229 mm/an ne montre aucune tendance nettement perceptible pour la période 1970-2004 et sans configuration spatiale claire. Il en ressort seulement de ces postes une alternance de périodes sèches et humides de durées variables.

\* Une tendance à la hausse : cette situation est marquée au nord et à l'est du bassin au niveau des hauts plateaux : Les postes présentent une tendance à la hausse des précipitations. Cette tendance croissante varie entre + 0, 98 mm/an à Ain Diss à 3,29mm/an pour Boulhilet. La décroissance enregistrée aux autres postes Ain el Azel -0,35 mm/an, Merouana-2,327, Fkirina -3,27 mm/an et Les Lacs -12,31mm/an semble probablement crée par des données sous estimées.

Par ailleurs, il est certain que les cartes de [Seltzer \(1946\)](#), [Chaumont et Paquin \(1971\)](#) et [l'ANRH \(1993\)](#), faisant largement appel à l'expérience et à la connaissance du terrain, restent des documents de référence fiables et instructifs, pour les études de la pluviométrie au nord de l'Algérie. De la superposition de notre esquisse d'isohyètes (1970/2004) à ces anciennes cartes, les constatations suivantes ont été formulées (Figure 16) :

- Pour les quatre cartes, la forme générale des isohyètes se maintient sur l'ensemble du bassin étudiés. A la montagne, les isohyètes épousent la forme du relief. Au niveau des hauts plateaux, ils sont globalement parallèles aux chaînes montagneuses.

- la carte de l'ANRH (1922/60-1969/89) présente les valeurs annuelles moyennes les plus proches de celles trouvées pour la période étudiée (1970-2004).

- la période étudiée (1970-2004), est relativement sèche par rapport aux autres, avec une tendance pluviométrique nettement déficitaire.

- On remarque un net décalage des isohyètes de la série (1970/2004) vers Les hautes montagnes. Les lignes isohyètes, de 500 à 800 mm, ont complètement disparu du bassin.

- on constate également une forte diminution en surface de zones à pluviométrie de 400.

- Les écarts par rapport à la série récente (1970-2004) au niveau des 41 postes étudiées, ont été calculés (Tableau 13) :

$$E_r(\%) = \frac{\bar{P}_r - \bar{P}_e}{\bar{P}_r}$$

$\bar{P}_r$  : Pluie moyenne interannuelle de la période récente (1970-2004).  $\bar{P}_e$  : Pluie moyenne interannuelle de l'ancienne série : Seltzer (1913-1938), (Chaumont et Paquin (1913-1963) ou l'ANRH (1922/60-1969/89). La valeur moyenne des anciennes séries est obtenue par interpolation et après positionnement des 41 postes sur les anciennes cartes numérisées sous SIG MapInfo.

On enregistre au moyen 8 %, 26% et 35% de diminution de la pluviosité par rapport aux périodes (1922/60-1969/89), (1913-1963) et (1913-1938) respectivement.



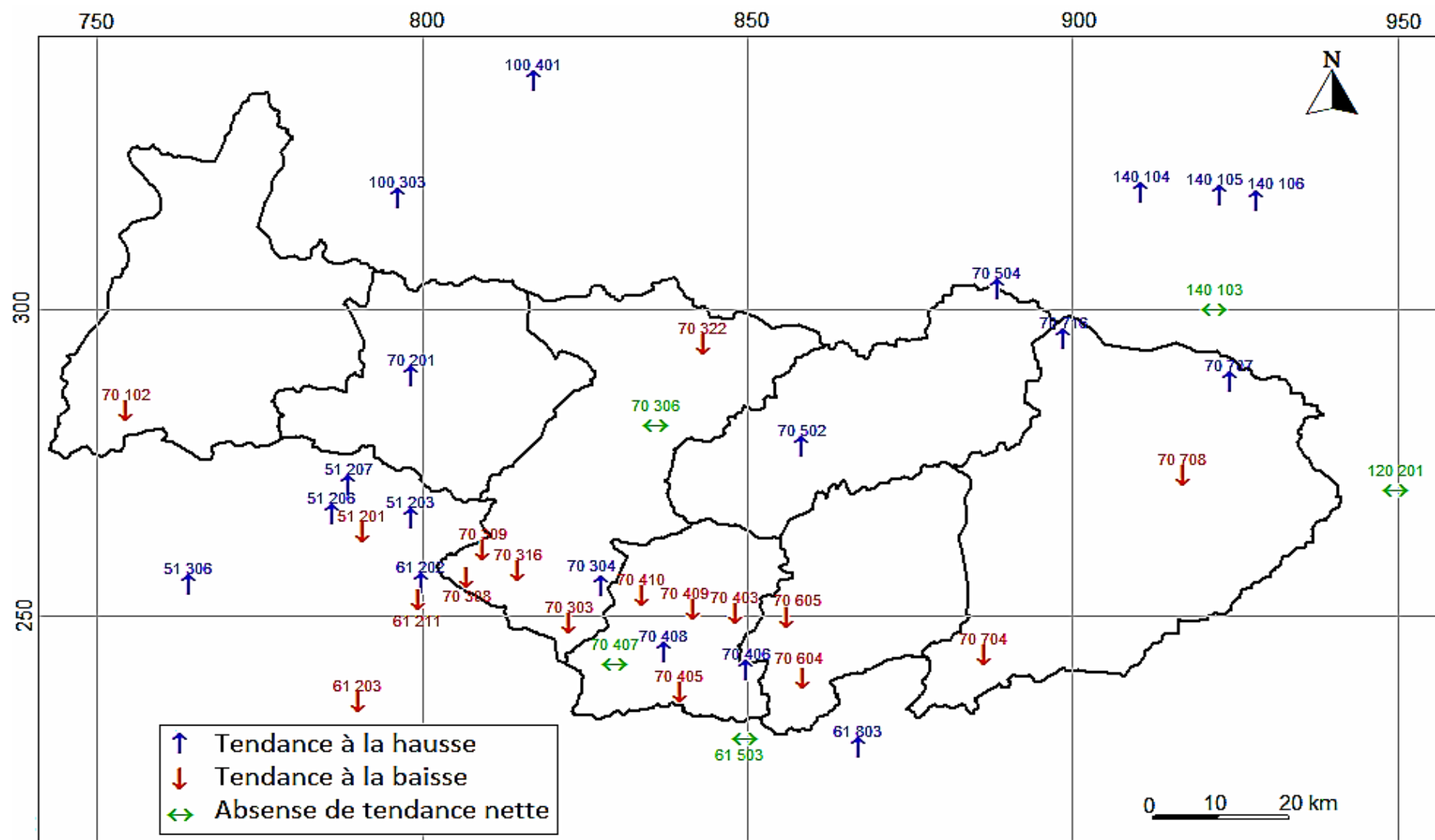


Figure 15 : Tendence des précipitations annuelles dans la zone d'étude

**Tableau 13 : Ecart relatifs des précipitations annuelles moyennes pour les 41 postes pluviométriques du bassin (%)**

| Station         | Code     | Pluie moyenne interannuelle (mm) |                                      |                        |             | Écart par rapport à la série Récente (1970-2004) en % |                       |         |
|-----------------|----------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|---------|
|                 |          | ANRH<br>(1922/60-1969/89)        | Chaumont et<br>Paquin<br>(1913-1963) | Seltzer<br>(1913-1938) | (1970-2004) | ANRH                                                  | Chaumont et<br>Paquin | Seltzer |
| Merouana        | 51201    | 387,0                            | 403,0                                | 482,0                  | 447,0       | 13                                                    | 10                    | -8      |
| Ain touta       | 61203    | 264,0                            | 323,0                                | 269,0                  | 251,5       | -5                                                    | -28                   | -7      |
| Oued el Ma      | 51203    | 352                              | 360                                  | 363                    | 330,4       | -7                                                    | -9                    | -10     |
| Cherfa el Ain   | 51206    | 283                              | 294                                  | 306                    | 275,4       | -3                                                    | -7                    | -11     |
| Haouara Djebel  | 51207    | 254                              | 262                                  | 270                    | 240,8       | -5                                                    | -9                    | -12     |
| Ngaous          | 51306    | 230                              | 249                                  | 253                    | 221,1       | -4                                                    | -13                   | -14     |
| Oued Chaaba     | 61202    | 444                              | 450                                  | 457                    | 409,6       | -8                                                    | -10                   | -12     |
| Oued chelih     | 61211    | 393,0                            | 400,0                                | 478,0                  | 317,9       | -24                                                   | -26                   | -50     |
| Medina lanasser | 61503    | 455,0                            | 564,0                                | 666,0                  | 418,7       | -9                                                    | -35                   | -59     |
| Bou hmama       | 61803    | 369,0                            | 446,0                                | 679,0                  | 388,0       | 5                                                     | -15                   | -75     |
| Ain el Azel     | 70102    | 373                              | 390                                  | 406                    | 369         | -1                                                    | -6                    | -10     |
| Ain djasser     | 70201    | 266,0                            | 406,0                                | 397,0                  | 260,9       | -2                                                    | -56                   | -52     |
| Tazoult         | 70303    | 393,0                            | 506,0                                | 487,0                  | 346,0       | -14                                                   | -46                   | -41     |
| Ali ben tenoun  | 70304    | 324,0                            | 501,0                                | 464,0                  | 315,7       | -3                                                    | -59                   | -47     |
| Ain yagout      | 70306    | 322,0                            | 396,0                                | 398,0                  | 318,0       | -1                                                    | -25                   | -25     |
| Hamla           | 70308    | 328,0                            | 398,0                                | 328,0                  | 318,5       | -3                                                    | -25                   | -3      |
| Seguene         | 70309    | 533,0                            | 416,0                                | 396,0                  | 456,3       | -17                                                   | 9                     | 13      |
| Batna ferme     | 70316    | 300,0                            | 393,0                                | 346,0                  | 367,0       | 18                                                    | -7                    | 6       |
| Les Lacs        | 70322    | 298                              | 305                                  | 312                    | 274,8       | -8                                                    | -11                   | -14     |
| Reboa           | 70403    | 333,0                            | 479,0                                | 449,0                  | 261,7       | -27                                                   | -83                   | -72     |
| Ain Tinn        | 70405    | 512,0                            | 500,0                                | 696,0                  | 437,5       | -17                                                   | -14                   | -59     |
| Foum Toub       | 70406    | 457,0                            | 508,0                                | 468,0                  | 422,6       | -8                                                    | -20                   | -11     |
| Baïou (mechta)  | 70407    | 385,0                            | 500,0                                | 722,0                  | 384,1       | 0                                                     | -30                   | -88     |
| Bouahmar        | 70408    | 300,0                            | 504,0                                | 661,0                  | 287,5       | -4                                                    | -75                   | -130    |
| Timgad          | 70409    | 331,0                            | 481,0                                | 494,0                  | 278,9       | -19                                                   | -72                   | -77     |
| Sidi Mancar     | 70410    | 348,0                            | 498,0                                | 490,0                  | 344,6       | -1                                                    | -45                   | -42     |
| Boulhilet       | 70502    | 197,0                            | 399,0                                | 390,0                  | 204,0       | 3                                                     | -96                   | -91     |
| Ain Diss        | 70504    | 406,0                            | 472,0                                | 458,0                  | 387,8       | -5                                                    | -22                   | -18     |
| Yabous          | 70604    | 430,0                            | 669,0                                | 548,0                  | 369,5       | -16                                                   | -81                   | -48     |
| Touffana        | 70605    | 364,0                            | 475,0                                | 432,0                  | 265,8       | -37                                                   | -79                   | -63     |
| Ain Mimoun      | 70704    | 452,0                            | 628,0                                | 568,0                  | 431,2       | -5                                                    | -46                   | -32     |
| Ain Beida       | 70707    | 395,0                            | 353,0                                | 420,0                  | 405,6       | 3                                                     | 13                    | -4      |
| Fkirina         | 70708    | 359,0                            | 394,0                                | 397,0                  | 374,2       | 4                                                     | -5                    | -6      |
| O el Bouagui    | 70716    | 369,0                            | 418,0                                | 424,0                  | 366,3       | -1                                                    | -14                   | -16     |
| Tadjenanet      | 100303   | 324                              | 329                                  | 337                    | 319,2       | -2                                                    | -3                    | -6      |
| Bou Malek       | 100401   | 571                              | 558                                  | 567                    | 545,1       | -5                                                    | -2                    | -4      |
| La Meskiana     | 120201   | 345,0                            | 306,0                                | 432,0                  | 342,3       | -1                                                    | 11                    | -26     |
| Berriche        | 140103   | 403,0                            | 322,0                                | 468,0                  | 269,9       | -49                                                   | -19                   | -73     |
| Ksar Sbahi      | 140104   | 449,0                            | 433,0                                | 536,0                  | 360,1       | -25                                                   | -20                   | -49     |
| Ain Settara     | 14 01 05 | 332,0                            | 387,0                                | 524,0                  | 326,2       | -2                                                    | -19                   | -61     |
| Ain Snob        | 14 01 06 | 400,0                            | 316,0                                | 506,0                  | 343,4       | -16                                                   | 8                     | -47     |

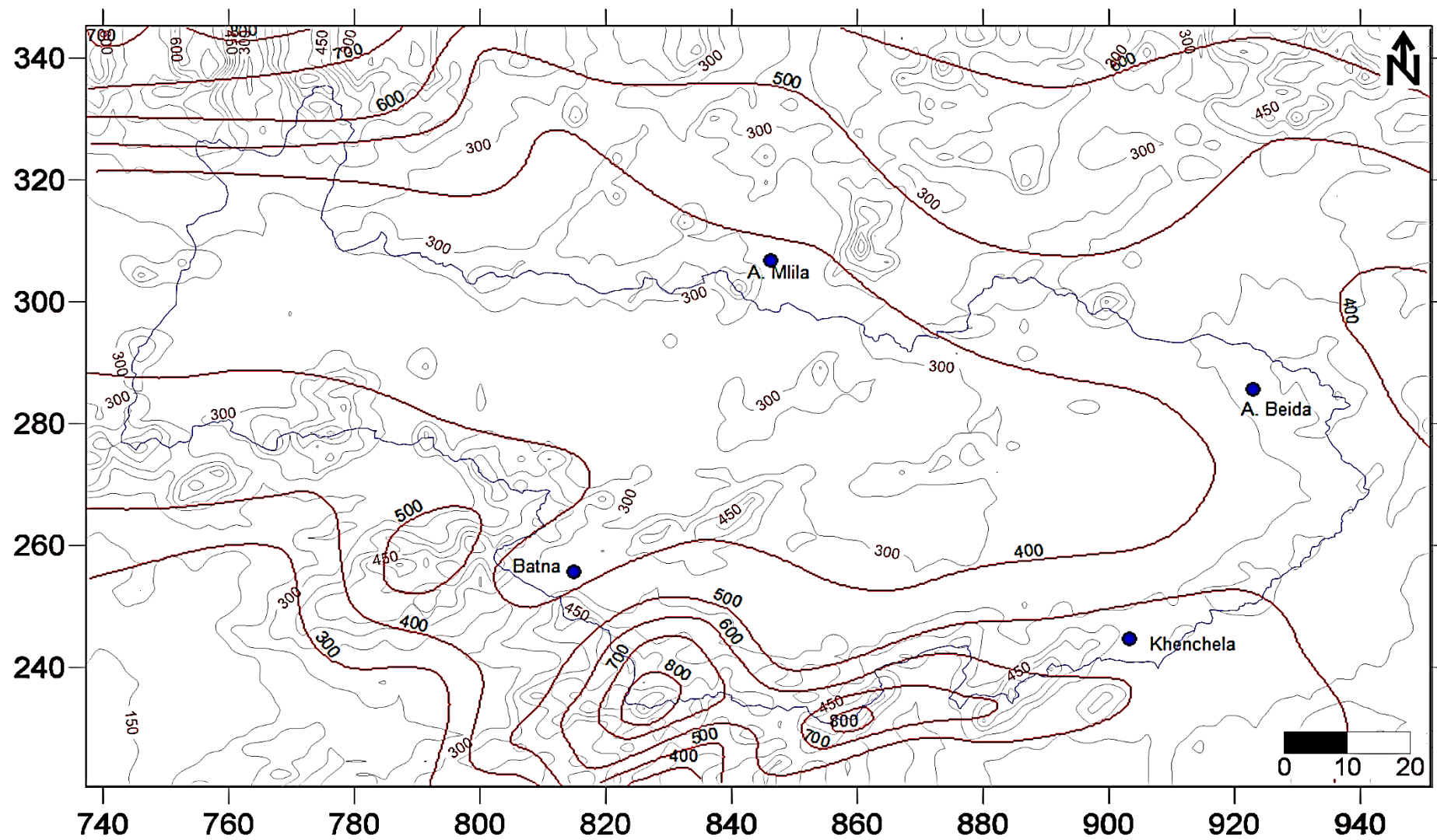


Figure 16(a) : Superposition des isohyètes de la période (1970-2004) et celle de de Seltzer (1913-1938)

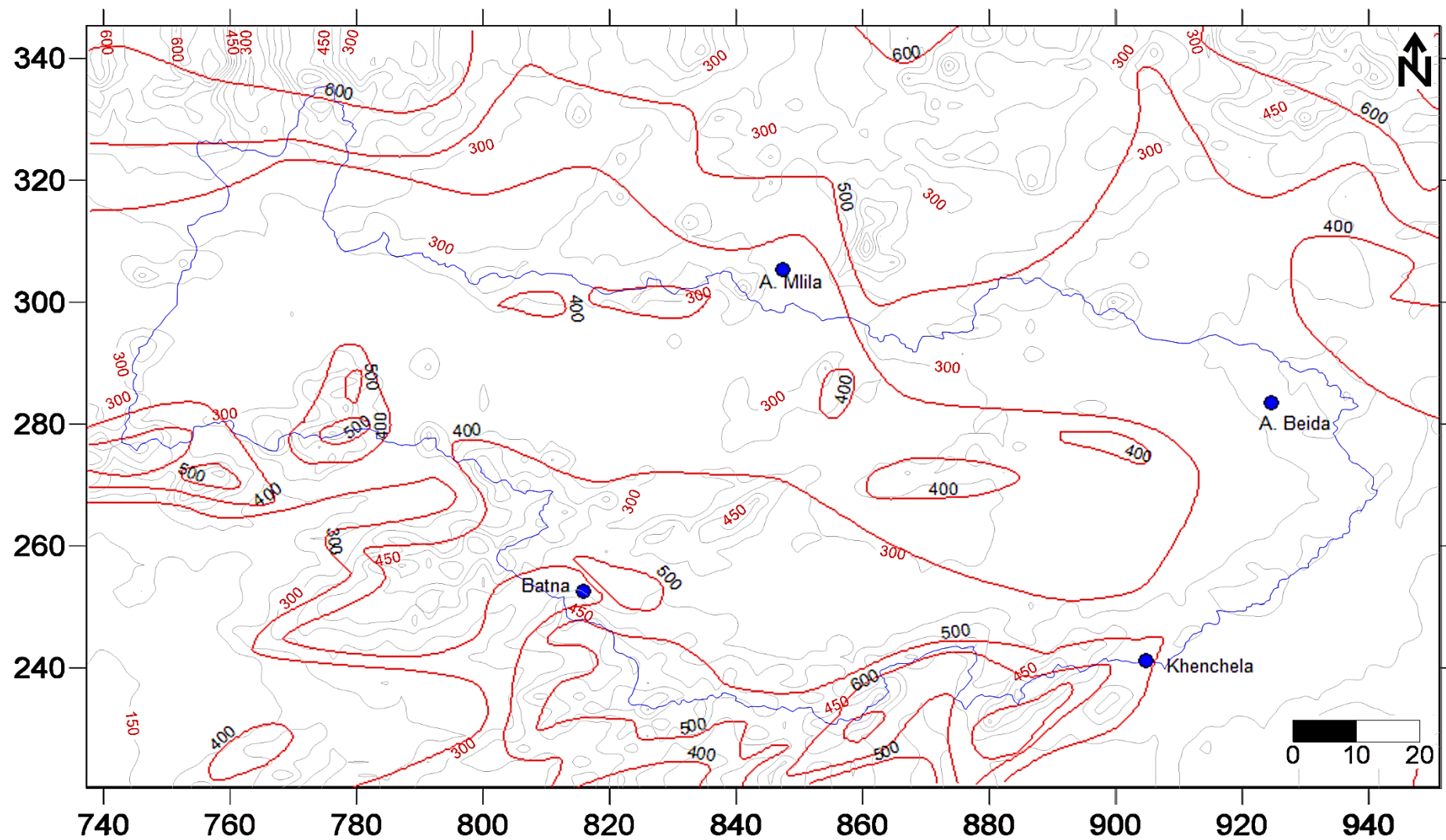


Figure 16(b) : Superposition des isohyètes de la période (1970-2004) et celle de Chaumont et Paquin (1913-1963)

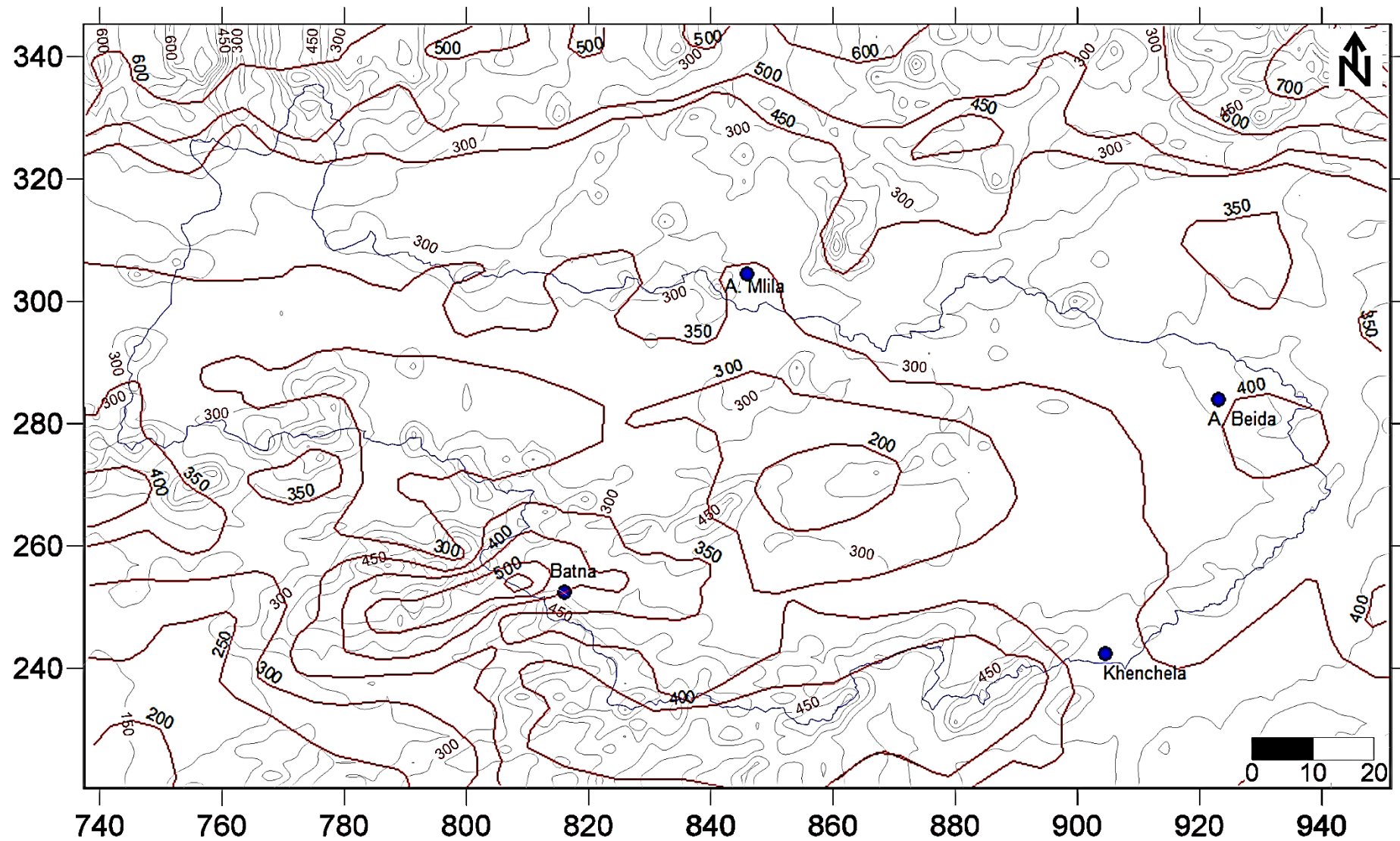


Figure 16(c) : Superposition des isohyètes de la période (1970-2004) et celle de l'ANRH (1922/1960-1969/1989)

## Conclusion

Le bassin versant des Hauts Plateaux Constantinois présente des ensembles morpho-structuraux bien tranchés, des caractères morphométriques déterminant des différences sensibles dans l'aptitude des terrains au ruissellement, des facteurs lithologiques donnant lieu à des possibilités d'infiltration et d'érosion très nuancées sur le plan spatial, un climat semi-aride à forte variabilité spatiale et surtout temporelle, un couvert végétal dégradé et très discontinu dans le temps et dans l'espace. La combinaison de ces conditions physico-géographique et climatiques, est déterminante dans le comportement hydrologique des diverses unités du bassin.

Les caractéristiques climatiques des Hauts plateaux Constantinois, sont étroitement liées à sa position géographique, et à son relief. Elles sont connues par leur irrégularité d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre.

Cette irrégularité est marquée notamment par de fortes variabilités spatiales et surtout temporelles des précipitations. La constatation des cumuls moyens annuels et mensuels des 41 postes retenus sur une période de 34 ans nous a permis de mettre en évidence cette grande variabilité ainsi que les tendances évolutives des précipitations.

En effet, la variabilité des pluies moyennes annuelles est relativement plus accentuée dans le centre et au sud du bassin au niveau des hauts plateaux et des lacs salés.

L'irrégularité interannuelle qui est aussi l'une des caractéristiques du bassin d'étude confirme le caractère semi-aride du climat dans la quasi-totalité du terrain de celui-ci.

Visant à mettre en évidence la spatialisation des précipitations annuelles du bassin des Hauts plateaux Constantinois sur un support cartographique et dégager des tendances probables permettant une représentation synthétique facile à analyser, une bonne connaissance de la structuration des champs pluviométriques dans l'espace s'avère indispensable.

Notre approche a mis en évidence une triple influence sur les précipitations : la position géographique et l'altitude complétée par les l'éloignement de la mer. La régression multiple a permis d'élaborer le meilleur modèle statistique pour la pluviométrie moyenne annuelle de la période (1970-2004).

L'analyse a été complétée par une comparaison entre la carte des pluies moyennes annuelles obtenue et celles de l'ANRH (1922/60-1969/89), de Chaumont et Paquin (1913-1963) et de Seltzer (1913-1938). L'analyse montre généralement une tendance à la baisse pour ces décennies qui aurait, par conséquence, un effet important sur l'écoulement des surfaces et donc sur le volume d'eau mobilisé.



## Références bibliographiques

Abdeddaim H., 2018. Contribution à l'étude de l'influence de la structure du réseau hydrographique sur le risque hydrologique « Cas des bassins de l'Est de l'Algérie ». Thèse de Doctorat En Sciences Hydrauliques, Université Mohamed Khider – Biskra, 276 p.

Aissani B, Laborde J P (1983) Les pluies extrêmes et leur cartographie automatique dans la région algéroise. Document préliminaire. Conférence sur le climat méditerranéen et les ressources en eau, Eau verte – Eau bleue, Marseille, 8 p.

ANRH (1993) Carte pluviométrique de l'Algérie à l'échelle du 1/500.000 + notice explicative, Alger.

Anser A (1998) La pluviométrie en Algérie du Nord : évolution et variabilité (1931-1995). Thèse de doctorat d'état, Université de Constantine, Institut des Sciences de la terre, 260 p.

Bouanani A (2004) Hydrologie, Transport Solide et Modélisation : Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse de d'état en hydrogéologie, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 250 p.

Chaumont M et Paquin C (1971) Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, échelle 1/500.000 (4 feuilles et notice), Société de l'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, Alger, 24 p.

Côte M., 1998. Les régions bioclimatiques de l'Est algérien, Rhumel, n° 6, pp. 57-71.

Davtian G (1998) Analyse des données et cartographie automatique : application aux principales variables climatiques du versant méditerranée du Maghreb, Thèse de doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, 328 p.

Dubreuil, P (1974) Initiation à l'analyse hydrologique. Ed. Masson et Cie. 216 p., 35 figures.

Ghachi A (1986) Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie. Thèse. Doctorat, OPU. 508 p.

Ghenim A.N., Megnounif A., Djelloul Smir S.M. (2014). Evaluation des changements dans la pluviométrie du bassin versant de la Tafna (nord-ouest de l'Algérie), Revue "Eau et climat au Maghreb", 2 : 66-77.

Inegliz, (2002) Contribution à l'étude de la répartition spatiale de la précipitation dans la région centre de l'Algérie du Nord. Thèse de maîtrise en aménagement hydraulique. École Nationale Supérieure de l'Hydraulique. Blida, Algérie. 120 p

Laborde J P, Assaba M, Belhouli L, (2003) Les chroniques mensuelles de pluies de bassin : un préalable à l'étude des écoulements en Algérie. Colloque SHF, Gestion du risque en eau en pays semi-arides, Tunis, 10 p.

Laffitte R (1939) Etude géologique de l'Aurès, Thèse Sci, Paris, Bull. Serv. Géol. Alg. 484 p.

Louamri A (2009) Cartographie des pluies annuelles dans le bassin-versant de l'Oued Seybouse (nord-est algérien). Sciences & Technologie D, 30 : 43-52.

Mebarki A (2005) Hydrologie des bassins de l'est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Mentouri, Constantine, Algérie, 360 p.

Meddi M, Humbert J (2000) Variabilité pluviométrique dans l'Ouest algérien durant les cinq dernières décennies. Association Internationale de Climatologie, 13 : 266- 274.

Mouhous N (1997) Etude des précipitations extrêmes journalières en Algérie du Nord. Mémoire de D.E.A. « Milieux physiques méditerranéens », Université de Nice-Sophia Antipolis, 100 p.

Seltzer P (1946). Le climat de l'Algérie, Alger, Inst.de Météorologie et de Physique du Globe, Carbonnel, 219 p.

Touaïbia B, Inegliz S, Ould A A (2006) Couplage d'une analyse en composantes principales et d'une approche géostatistique pour l'élaboration de cartes pluviométriques du Centre de l'Algérie du Nord », Revue des Sciences de l'Eau, 19/3 : 213-219.



[Touazi M, \(2001\)](#) Evaluation des ressources en eau et acquisition de bases de données à références spatiale et temporelle en Algérie du Nord". Thèse doctorat, Université de Nice-Sophia Antipolis, 300 p.