

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université A.MIRA de Bejaia**



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département de SBE**

***Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de***

***MASTER***

***En environnement et santé publique***

***Thème***

***Traitement des séries chronologiques pluies-températures pour la mise en évidence des impacts climatiques sur la santé publique dans le bassin versant de la Soummam***

***Présenté par :***

***M<sup>elle</sup> : BRINIS siham***

**Devant le jury :**

**Présidente : M<sup>me</sup> ZEBBOUDJ, A.**

**Examinatrice : M<sup>me</sup> BOULILA, F.**

**Examineur: M BOUGAHAM, A.**

**Promotur: M MADANI, K.**

**Co-Promotur: M AKDIM, A.**

**2011-2012**

# Remerciements

*Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma pleine reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.*

*Mes sincères remerciements sont adressés à mon encadreur Mr MADANI, Khoudir qui ma proposé ce sujet et accepté de diriger mon travail avec un grand sens de responsabilité, et mes plus vifs remerciements pour mon co-promoteur Mr AKDIM, Abdelghani qui ma beaucoup aider durant tous mon parcours de travail.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury M<sup>me</sup> ZOUBOUDJ, M<sup>me</sup> BOULLILA, Mr BOUGAHAM d'avoir pris le temps d'examiner et de juger ce mémoire.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour, ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans les moments les plus difficiles, et ceux à qui je dois tous, à vous mes chers parents pour votre amour et votre support continu, que ce travail soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi et surtout pour mon grand amour que je porte pour vous.*

*À dada Sofiane qui ma toujours soutenu*

*À mes sœurs Assia, Souhila, Taous, et Naima*

*À Amirouche et sa famille*

*À mes beaux frères Djamel et RezaK*

*À Mourad qui ma toujours encouragé, Hocine et Nassim*

*À Mr Akdim Abdelghani*

*À tous mes amis surtout Abde Nour, Fawmen, Soufiane, Soufiane, Snoupe,*

*Djidja, Bika,*

*laStar, Alima, Rahima, Siham, Hayet, Cira, Diya, Dira, Rosa, Sihem, Ghania, Bila*

*À toute la promotion Sante et environnement*

*Et à tous ceux qui m'ont aidé*

*Merci*

# SOMMAIRE

# SOMMAIRE

## Liste des Tableaux

## Liste des Figures

## Introduction

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### I : Présentation du bassin versant de la Soummam

I.1 description générale du bassin versant de la Soummam .....	2
I.1.1 Emplacement géographique .....	2
I.1.2 Aspect socioéconomique de la région.....	3
I.1.3 Morphologie et orographie 3.....	3
I.1.4 La courbe hypsométrique .....	5
I.1.5 Caractéristiques agro-pédologique.....	5
I.1.5.1 Les sols .....	4
I.1.5.2 Couvert végétal .....	6
I.1.6 Hydrologie .....	6
I.1.7 Géologie du bassin .....	7
I.2 Aperçu climatique.....	8
I.2.1 Climat Littoral.....	9
I.2.2 Climat de l'Atlas Tellien.....	9
I.2.3 Climat des Hautes Plaines Telliens.....	9

II : Le programme R.....	10
II.1 Présentation du logiciel R	
II.1.1 Origines du R .....	10
II.1.2 Pourquoi utiliser le R.....	11
II.1.3 Le R et les statistiques.....	12
II.1.4 Le R et les graphiques.....	13
II.1.5 Analyse des données à haute fréquence selon la méthode des Ondelettes .....	14
II.1.5.1 Définition de l’analyse par Ondelettes.....	14
II.1.5.2 Concept Mathématiques des Ondelettes.....	15
II.1.5.3 Transformée en Ondelettes.....	15
II.1.5.3 .1 Transformée en Ondelettes continues.....	16
II.1.5.3 .2 Transformée en Ondelettes discrètes .....	17
II.1.6 Utilisation de la décomposition en Ondelettes .....	17
<b>Chapitre II : Matériels et méthodes</b>	
I : présentation et traitement des données .....	18
I.1 source de donnée .....	18
I.1.1 Direction de l’hydraulique de la wilaya de Bejaia.....	18
I.1.2 Agence Nationale des ressources hydrauliques (ANRH).....	18
I.1.3 Agence du bassin hydrographique Algérois- Hodna- Soummam (ABH- AHS) .....	18
I.1.4 Direction de la santé publique.....	19
I.2 Présentation des données climatiques.....	19
I.2.1 Emplacement des stations.....	19
I.2.2 Données pluviométriques.....	20

I.2.2.1 Bouira.....	20
I.2.2.2 Akbou.....	22
I.2.2.3 El-kseur.....	24
I.2.3 Données de température.....	26
I.2.3.1 Bouira.....	26
I.2.3.2 Akbou.....	27
I.2.3.3 El-kseur.....	28
I.3 Présentation des données de santé.....	29
I.3.1 Présentation des relevés sanitaires.....	29
I.3.1.1 Présentation des relevés sanitaires de Bouira.....	29
I.3.1.2 Présentation des relevés sanitaires d'Akbou.....	30
I.3.1.3 Présentation des relevés sanitaires d'El-kseur.....	31
I.3.2 Présentation des maladies.....	32
II : Démarche expérimentale et outil de travail.....	32
II.1 Travail à effectuer.....	32
II.2 Prétraitement .....	35
II.2.1 Traitement des données pluviométriques.....	35
II.2.2 Traitement des données de température.....	35
II.2.3 script utilisés pour l'analyse.....	32
II.3 Discussion des données de santé.....	34

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

III.1 Traitement des données de la première série (Bouira).....	36
III.1.1 Données pluviométriques.....	36
III.1.1.1 Histogramme des précipitations.....	36
III.1.1.2 Graphique des précipitations en nuances de couleurs .....	36
III.1.2 Données de température .....	38
III.1.2.1 Histogramme des températures.....	38
III.1.2.2 Graphique des températures en nuances de couleurs.....	38
III.2 Traitement des données de la deuxième série(Akbou).....	39
III.2.1 Données pluviométriques.....	39
III.2.1.1 Histogramme des précipitations.....	39
III.2.1.2 Graphique des précipitations en nuances de couleurs .....	39
III.2.2 Données de la température.....	42
III.2.2.1 Histogramme des températures.....	42
III.2.2.2 Graphique en nuances de couleurs des températures .....	42
III.3 Traitement des données de la troisième série (El-kseur).....	43
III.3.1 Données pluviométriques.....	43
III.3.1.1 Histogramme des précipitations .....	43
III.3.1.2 Graphique des précipitations en nuances de couleurs.....	44
III.3.2 Données de la température.....	45
III.3.2.1 Histogramme des températures .....	45
III.3.2.2 Graphique en nuances de couleurs des précipitations.....	46
III.4 Traitement des données de santé.....	47

III.4.1 Impact climatique sur la santé publique : Cas de Bouira.....	47
III.4.2 Impact climatique sur la santé publique : Cas d'Akbou.....	48
III.4.3 Impact climatique sur la santé publique : Cas d'El-kseur .....	50

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Sous bassins versants de la Soummam.....	04
<b>Tableau 02</b> : localisation Administrative et bioclimatique des stations pluviométriques .....	20
<b>Tableau 03</b> : Données pluviométriques mensuels et annuels de la station de Bouira pour la période 1990 –2010. ....	21
<b>Tableau 04</b> : Données pluviométriques mensuels et annuels de la station d Akbou pour la période 1990 –2010.....	22
<b>Tableau 05</b> : Données pluviométriques mensuels et annuels de la station d El-kseur pour la période 1990- 2010.....	23
<b>Tableau 06</b> : Données des températures mensuelles de la station de Bouira pour la période 1990 –2010.....	24
<b>Tableau 07</b> : Données des températures mensuelles de la station d Akbou pour la période 1990 –2010.....	25
<b>Tableau 08</b> : Données des températures mensuelles de la station d El-kseur pour la période 1990 –2010.....	26
<b>Tableau 09</b> : Les maladies à transmission hydriques recensé dans la région de Bouira pour la période de1990-201 .....	27
<b>Tableau 10</b> : Les maladies à transmission hydriques recensé dans la région d’ Akbou pour la période de1990-2010.....	28
<b>Tableau 11</b> : Les maladies à transmission hydriques recensé dans la région d’ El-kseur pour la période de1990-2010.....	29
<b>Tableau 12</b> : Tableau des résultats des corrélations entre la pluie, la température et les maladies de la région de bouira .....	47

**Tableau 13 :** Tableau des résultats des corrélations entre la pluie, la température et les maladies de la région d'Akbou.....49

**Tableau 14 :** Tableau des résultats des corrélations entre la pluie, la température et les maladies de la région d'El-kseur .....50

## Liste de figures

<b>Figure 01</b> : Délimitation d'un bassin versant.....	02
<b>Figure 02</b> : Carte de position du bassin versant de la Soummam.....	03
<b>Figure 03</b> : Carte des sous bassins versants de la Soummam.....	04
<b>Figure 04</b> : Carte des sols du bassin versant de la Soummam.....	06
<b>Figure 05</b> : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam.....	07
<b>Figure 06</b> : Carte géologique du bassin versant de la Soummam .....	08
<b>Figure 07</b> : Carte des étages bioclimatiques du bassin versant de la Soummam.....	10
<b>Figure 08</b> : Console de travail du logiciel R.....	12
<b>Figure 9</b> : Exemples de Graphiques obtenus avec le logiciel R.....	13
<b>Figure 10</b> : Implantation des stations pluviométriques dans le bassin.....	19
<b>Figure 11</b> : Script pour les histogrammes des pluies et des températures.....	32
<b>Figure 12</b> : Script des graphiques a nuances de couleur.....	33
<b>Figure 13</b> : Graphique des précipitations de Bouira (1990-2010).....	35
<b>Figure 14</b> : Graphique en nuances de couleurs des précipitations mensuelles inter annuelles de Bouira pour la période1990-2010.....	36
<b>Figure15</b> : Graphique de température de la région de Bouira (1990-2010).....	37
<b>Figure 16</b> : Graphique en nuances de couleurs des précipitations annuelles de Bouira pour la période 1990-2010.....	38
<b>Figure 17</b> : Graphique des précipitations d'Akbou (1990-2010).....	39
<b>Figure 18</b> : Graphique en nuances de couleurs des précipitations mensuelles inter annuelles d'Akbou pour la période1990-2010.....	40
<b>Figure19</b> : Graphique de température de la région d'Akbou (1990-2010) .....	41

<b>Figure 20 :</b> Graphique en nuances de couleurs des précipitations annuelles d'Akbou pour la période 1990-2010 .....	42
<b>Figure 21 :</b> Graphique des précipitations d'El-kseur (1990-2010) .....	43
<b>Figure 22 :</b> Graphique en nuances de couleurs des précipitations mensuelles inter annuelles d'El-kseur pour la période1990-2010.....	44
<b>Figure23 :</b> Graphique de température de la région d'El-kseur (1990-2010) .....	45
<b>Figure 24 :</b> Graphique en nuances de couleurs des précipitations annuelles d'El-kseur pour la période 1990-2010 .....	46

# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

Le changement climatique est la variation de l'état du climat que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne ou de la variabilité de ses propriétés (température et pluie....) sur de longues périodes de temps, il est devenu un défi planétaire qu'il convient de relever à tout pris. Bien que phénomène naturel, les travaux de recherche scientifique font état, aujourd'hui, des changements différents de ceux d'hier que subit notre planète aussi bien par l'ampleur que par la rapidité avec laquelle ils surviennent (**BANAMUHERE. 1994**).

Les impacts des changements climatiques sur la santé humaine sont nombreux et variés, ils sont souvent discutés en fonction de leurs impacts sur la santé de la population. Toutefois, leurs conséquences sur la santé n'ont été que très peu abordées par la communauté scientifique. Pourtant, la santé peut être directement ou indirectement affectée par des phénomènes climatiques tel que la cyclicité des scénarios météorologiques, la rupture des cycles climatiques, l'interpénétration des saisons, notamment par des contraintes thermiques auxquelles ils peuvent être exposés, ou encore, par des modifications des écosystèmes qui causent de nombreuses pathologies (**POUPART et al. 2012**).

Le présent travail est scindé en trois parties :

- La première partie de ce manuscrit est divisée en deux volets, le premier volet est consacré à une synthèse bibliographique englobant des généralités sur le bassin versant de la Soummam, le deuxième volet est consacré à la présentation du logiciel R avec lequel nous avons traité nos données.
- La seconde partie du document traite la méthodologie du travail scindée en deux parties, la première est la présentation et les traitements des données, la deuxième est consacrée aux démarches expérimentales.
- Enfin, la troisième partie présente les résultats et discussion.

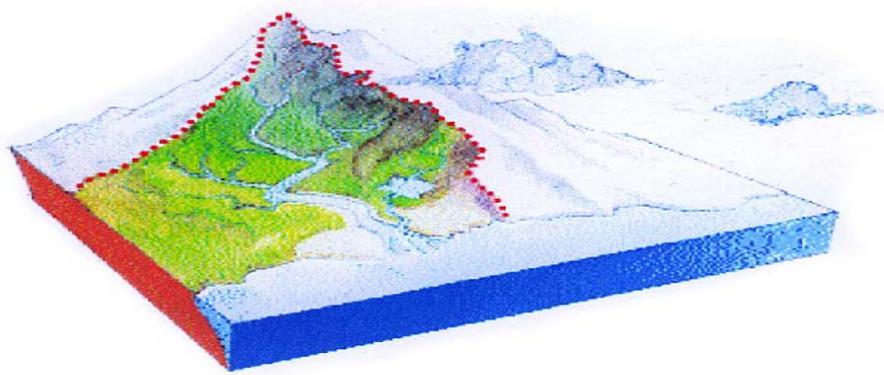
# CHAPITRE I

PRÉSENTATION DU BASSIN VERSANT DE  
LA SOUMMAM

## I Présentation du bassin versant de la Soummam

### I.1 Description générale du bassin versant de la Soummam

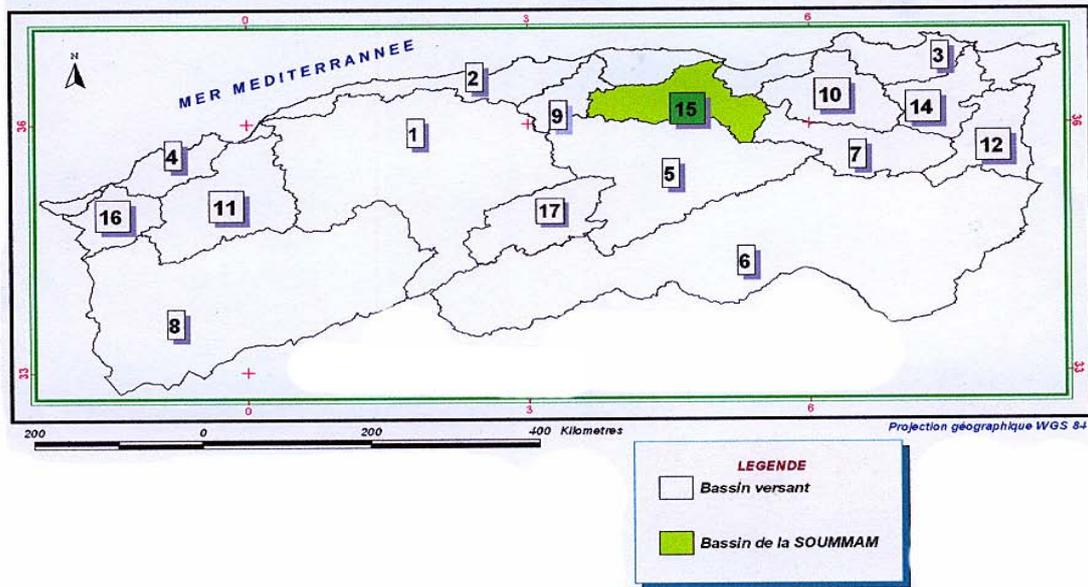
Un bassin versant est une surface fermée, sans écoulement en surface ni en profondeur, et que toutes les précipitations qui s'abattent sur cette surface s'écoulent selon un cours d'eau principal ou s'évaporent. Tout bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux (**Figure 01**), formant un espace fermé, laissant les eaux s'échapper par un orifice appelé l'exutoire (**AKDIM.2012**).



**Figure 01** : Délimitation d'un bassin versant (**Source : CNC**).

#### I.1.1 Emplacement géographique

Sis au nord de la wilaya de Bejaia, limité par les chaînes de Djurdjura, à l'est par les montagnes de la petite Kabylie et au sud par les montagnes de Bibans et de Djebel Mansourah, ainsi le bassin versant de la Soummam prend une position géographique d'orientation très irrégulière s'étendant dans les directions nord-est-sud-ouest et sud-est (**BACHA. AMARA.2007**) (**Figure 02**), allant des points  $3^{\circ}60'$  -  $5^{\circ}57'$  de longitude Greenwich et de  $35^{\circ}75'$  -  $36^{\circ}77'$  de latitude de nord (**BENHAMICHE.1997**).



**Figure 02 :** Carte de position du bassin versant de la Soummam (Source : CNC).

### I.1.2 Aspect socioéconomique de la région

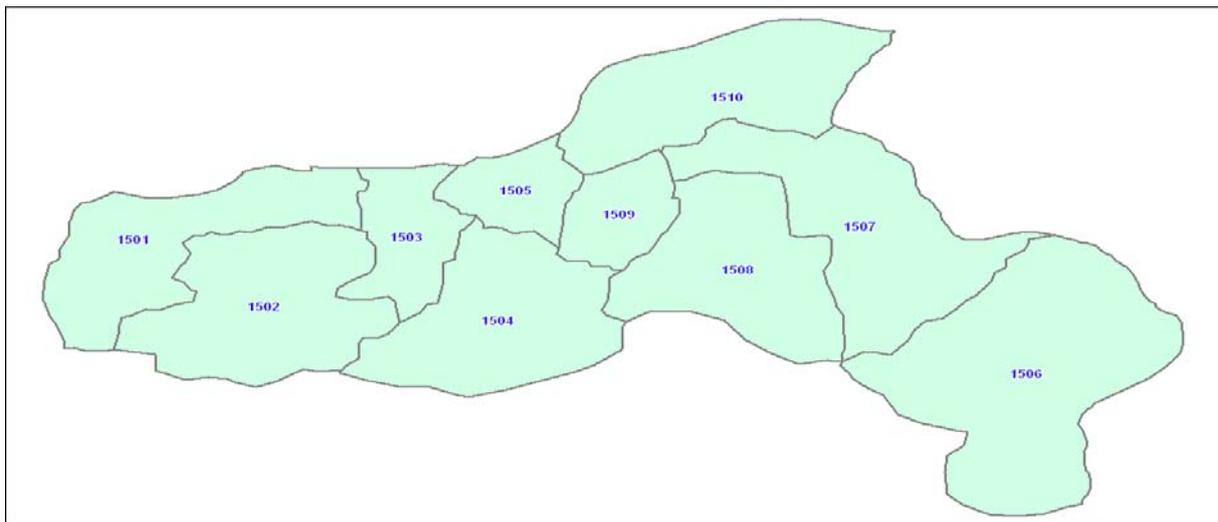
Le bassin versant de la Soummam joue un rôle important dans le développement de l'économie régionale et nationale ; car, il présente un potentiel important de terres irrigables dans le domaine agricole. les principales spéculations agricoles sont : les agrumes, les oliviers, les arbres fruitiers, et les cultures maraîchères. L'industrie aussi occupe une place importante dans cette région (BECHROUNE.2010).

### I.1.3. Morphologie et Orographie

Le bassin versant de la Soummam est divisé en deux zones différentes, de part leurs formations orographiques et leurs reliefs distincts, elles diffèrent du point de vue superficie et ressources hydrographiques, le bassin versant en question est constitué de dix (10) sous bassins versants (Tableau 01) (Figure 03).

**Tableau 01** : Les sous bassins versants de la Soummam (**Source** : ANRH).

sous bassin	Code	superficie Km <sup>2</sup>
Oued Eddous	15 01	903
Oued Zaiane	15 02	1012
Oued Sahel Amont	15 03	430
Oued Azerou	15 04	1084
Oued Sahel Aval	15 05	326
Oued Bousselam Amont	15 06	1785
Oued Bousselam Moyen	15 07	1234
Oued El Main	15 08	930
Oued Bousselam Aval	15 09	360
Oued Soummam	15 10	1061
Total	10	9125



**Figure 03** : Carte des sous bassins versants de la Soummam (**Source** : CNC).

- Le Sahel est la première zone qui s'étend de la chaîne des montagnes de Djurdjura jusqu'aux Bibans, cette zone est la plus grande en superficie et englobe les cours d'eau d'Azerrou et de Boussellam.

- La deuxième zone s'allonge du sud de la chaîne des Bibans jusqu'au nord des montagnes de Hodna, Visiblement, elle est plus petite et constitue les plateaux Sétifiens (**BECHROUNE. 2010**).

#### **I.1.4 la courbe hypsométrique**

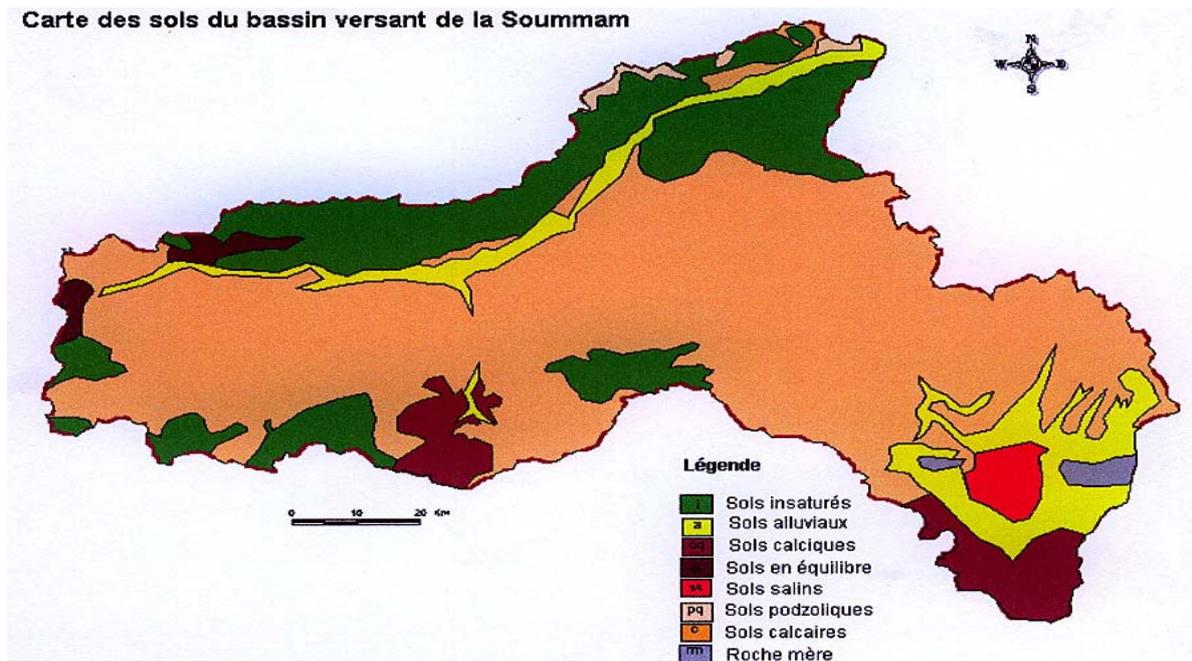
La courbe hypsométrique nous permet de connaître les caractéristiques techniques d'un bassin versant dont l'indice de pente, l'altitude moyenne, l'altitude la plus fréquente, la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude, la superficie du bassin et le pourcentage de superficie au-delà d'une certaine altitude, elles nous renseignent sur le niveau de maturité d'un cours d'eau (**REMENIERAS. 1980**).

#### **I.1.5 Caractéristiques agro-pédologiques**

##### **I.1.5.1 Les sols**

Il y a deux types de sols qui caractérisent le bassin versant de la Soummam, est cela en fonction du rapprochement de l'oued Soummam. Près de l'Oued, les sols sont plutôt de nature alluviale donnant des sols dits alluviaux. Ces derniers sont caractérisés par une faible teneur en matière organique, texture fine et légère, teneur très faible en sels solubles résultat du charriage des eaux qui les ont déposés de part et d'autre de l'Oued (**AKDIM. 2012**).

Plus loin des rives de l'Oued, les sols sont de type calcaire, plus au moins acide, ils sont perméables, légers par la présence de la matière organique (jusqu'à 25%), leur nature minéralogique varie en fonction de la roche mère sous jacente (**Figure 04**) (**AKDIM. 2012**).



**Figure 04 :** Carte des sols du bassin versant de la Soummam (Source : CNC).

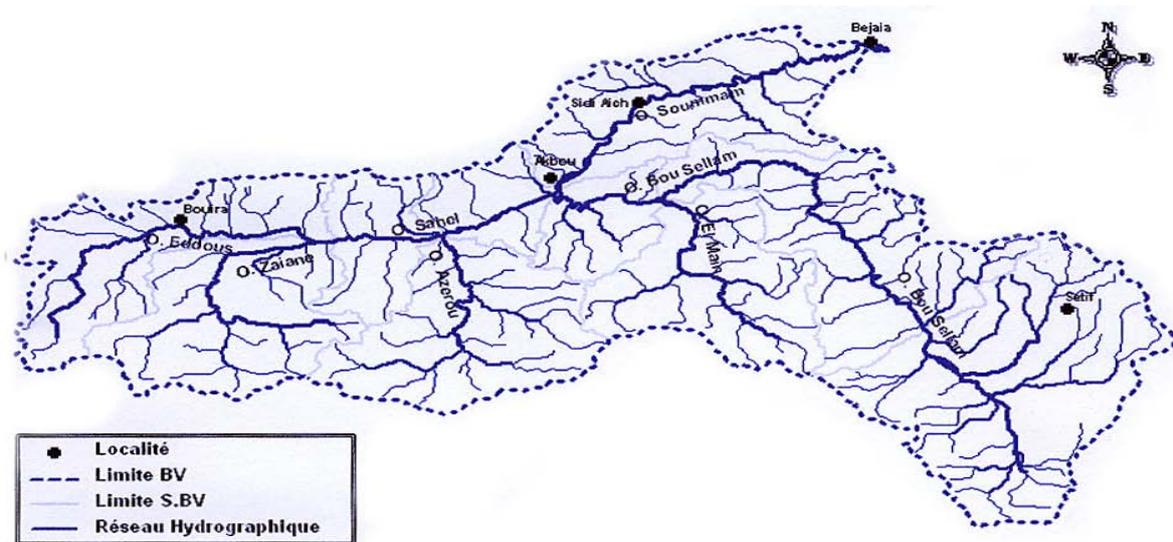
### I.1.5.2 Couvert végétal

Le couvert végétal est du type méditerranéen, pas trop dense allant des chênaies occupant les sols alluvionnaires au niveau de haute Soummam, la moyenne et basse Soummam particulièrement au niveau de la vallée de la Soummam (Tazmalt, Akbou, Sidi Aich, El Kseur, Amizour) on trouve des oliveraies et des vignobles, alors que dans les régions bordant l'Oued Soummam font objet de pratiques agricoles à savoir l'arboriculture fruitière et le maraîchage (BECHROUNE. 2010).

### I.1.6 Hydrologie

Le bassin versant de la Soummam est composé de trois unités hydrogéologiques distinctes :

- L'unité de Sétif : occupe le bassin versant de Oued Boussellam, et s'étend sur la région Sétifienne.
- L'unité de la haute et moyenne Soummam : occupe le bassin qui s'étend des monts de Djurdjura au nord jusqu'au Bibans au sud.
- L'unité de la basse Soummam : s'allonge de la station hydrométrique de Sidi Aiche jusqu'à la mer (BACHA. 2003).



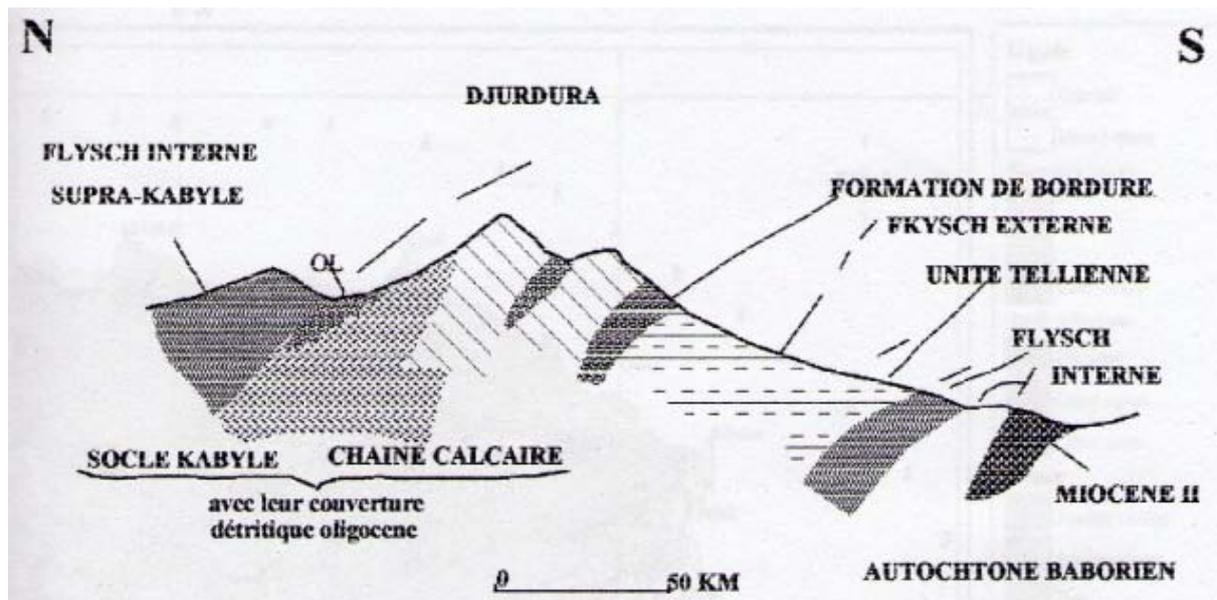
**Figure 05 :** Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (**Source :** CNC).

### I.1.7 : Géologie du bassin

Le bassin versant de la Soummam est dans ses grandes lignes constitué, sur la rive gauche, par de l'oligocène traversé par des formations du crétacé inférieur ; du miocène inférieur apparaît dans la partie aval, en bordure de l'oued de terrasses alluviales importantes tapissant en générale les pieds des pentes sauf dans la région de Sidi aiche ou le crétacé apparaît jusqu'au lit.

Le versant de la rive droite est en majeure partie formé de crétacé inférieur, moyen et supérieur ; les terrasses alluviales sont beaucoup plus restreintes.

Les terrains rencontrés sont généralement imperméables : argilogères de l'oligocène, schistes de l'alboaptien et marno calcaires du crétacé (MOUNI. 2004) (**Figure 06**).



Source : CNC (centre national de cartographie)

**Figure 06 :** Carte géologique du bassin versant de la Soummam (Source : CNC).

## I.2 Aperçu climatique

Les climats terrestres sont chauds et humides au niveau de l'équateur et tendent à devenir froid et secs quand on se dirige vers les pôles.

Bien que cette affirmation générale recouvre de grandes variétés de situations régionales disons à l'échelle des sous continents, les climats obéissent toutefois à des critères généraux de répartition bien définis à la surface du globe (**RAMADE. 1984**).

Le bassin versant de la Soummam dépend de trois types de climat, ce qui d'ailleurs place la région dans trois étages bioclimatiques en fonction du climat dominant (**Figure 07**).

### I.2.1 Climat Littoral

Domine sur la région parallèle à la bande méditerranéenne, dite zone inférieure de la Soummam. Cette région est classée en étage bioclimatique Humide. La température moyenne dans cette région varie de 14° à 15°, l'humidité relative est plutôt élevée, tandis que la pluviométrie augmente de l'Ouest vers l'Est avec un maximum en mois de décembre et un minimum en mois de juillet.

### I.2.2 Climat de l'Atlas Tellien

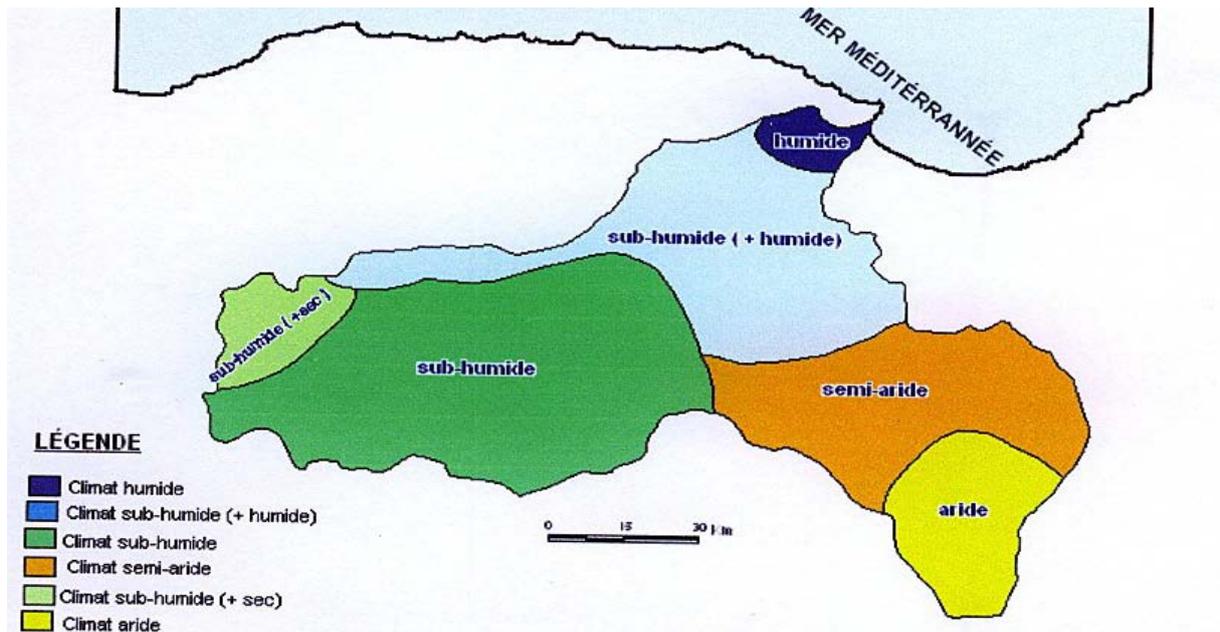
Tout au long de l'Oued Soummam, de Sidi Aiche jusqu'à Bejaia (moyenne Soummam, et une partie de la haute Soummam), la zone est classée en étage bioclimatique Subhumide. Ce climat se démarque avec un degré de continentalité qui augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer, les températures varient de 10°C à 17°C, l'humidité relative est plus élevée durant les nuits marquant un cycle diurne, ce qui est des précipitations, elles diminuent du nord vers le sud, le climat Tellien constitue une véritable barrière face aux masses d'air chargées d'eau, ce qui rend la pluviométrie plus importante sur les montagnes que sur les hautes plaines.

### **I.2.3 Climat des hautes plaines Telliens**

Le climat des hautes plaines telliennes est typiquement continental ; les températures moyennes annuelles varient de 15°C à 10°C en fonction de l'altitude croissante et l'amplitude des moyennes mensuelles oscillent entre 20°C et 21°C.

La pluviométrie moyenne annuelle varie de 250 à 500 mm avec l'accroissement d'altitude. En général, il pleut de 50 à 100 jours par an. Le régime mensuel présente un maximum principal en janvier mais les pluies orageuses d'automne et de printemps prennent sous ce climat une importance non négligeable, principalement en Mai on observe fréquemment un maximum secondaire.

Les gelées blanches sont très fréquentes (60 à 70 jours par an). Elles se produisent en novembre à avril avec un maximum en janvier. Le sirocco est également fréquent (40 à 45 jours en moyenne par année). Il faut toute fois noter la position privilégiée de Sétif pour laquelle les fréquences des gelées blanches et du sirocco sont respectivement de 34 et 15 jours par an (**AKDIM. 2012**).



**Figure 07** : Carte des étages bioclimatiques du bassin versant de la Soummam (Source : CNC).

## II Le programme R

### II.1 Présentation du logiciel R

#### II.1.1 Origines du R

Le logiciel R est un programme des traitements statistiques créé par **Ross Ihaka** et **Robert Gentleman** en **2000**. Il est à la fois un langage informatique et un environnement de travail, les commandes sont exécutées grâce à des instructions codées dans un langage relativement simple, les résultats sont affichés sous forme des textes et les graphiques sont visualisés directement dans une fenêtre qui leur est propre.

C'est un clone du logiciel S-plus qui est fondé sur le langage de programmation orienté objet S, développé par **AT** et **T Bell Laboratories** en 1988. Ce logiciel sert à manipuler des données, à tracer des graphiques et à faire des analyses statistiques sur ces données (**LAFAYE et al. 2011**).

## II.1.2 Pourquoi utiliser le R

Tout d'abord, R est un logiciel gratuit et à code source ouvert (open-source). Il fonctionne sous UNIX (et Linux), Windows et Macintosh. C'est donc un logiciel multi-plates-formes présentant la même consigne de travail sur toutes ces plates-formes (**Figure 08**).

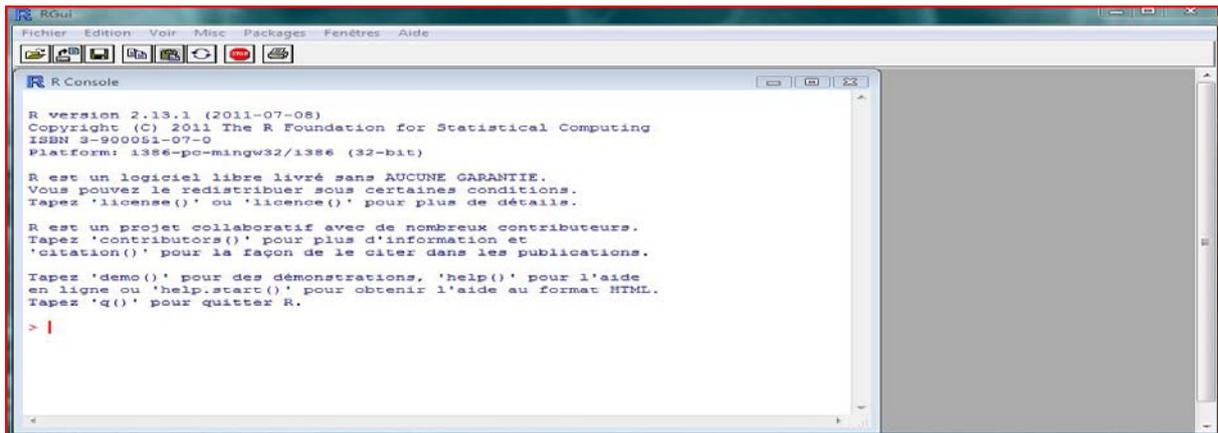
C'est aussi un outil très puissant et très complet, particulièrement bien adapté pour la mise en œuvre informatique des méthodes statistiques. Il est plus difficile d'accès que certains autres logiciels du marché (comme SPSS Ou Minitab par exemple), car il n'est pas conçu pour être utilisé à l'aide de <clics> de souris dans des menus. L'avantage en est toutefois double :

- l'approche est pédagogique puisqu'il faut maîtriser les méthodes statistiques pour parvenir à les mettre en œuvre ;
- l'outil est très efficace lorsque l'on domine le langage R puisque l'on devient alors capable de créer ses propres outils, ce qui permet ainsi d'opérer des analyses très sophistiquées sur les données.

Le logiciel R est particulièrement performant pour la manipulation des données, les calculs et l'affichage des graphiques. Il possède, entre autres:

- un système de documentation intégré très bien conçu (en anglais) ;
- des procédures efficaces de traitement des données et des capacités de stockage de ces données ;
- une suite d'opérateurs pour des calculs sur des tableaux et en particulier sur des matrices ;
- une vaste et cohérente collection de procédures statistiques pour l'analyse de données ;
- des capacités graphiques évoluées ;

Un langage de programmation simple et efficace intégrant les conditions, les boucles, la récursivité, et des possibilités d'entrée-sortie (**LAFAYE et al. 2011**).



**Figure 08 :** Console de travail du logiciel R.

### II.1.3 Le R et les statistiques

R est un logiciel dans lequel de nombreuses techniques statistiques modernes et classiques ont été implémentées.

Les méthodes les plus courantes permettant de réaliser une analyse statistique telle que :

- statistique descriptive ;
- tests d'hypothèses ;
- analyse de la variance ;
- méthodes de régression linéaire (simple et multiple).

Toutes ces fonctionnalités sont intégrées directement dans le cœur du système. A noter également que la plupart des méthodes avancées de statistique sont aussi disponibles au travers de modules externes appelés *packages* (facilement téléchargeable).

Il est utile de citer que les méthodes statistiques les plus récentes y sont régulièrement ajoutées par la communauté statistique au travers du monde entier (**FARAWAY. 2002**).

## II.1.4 Le R et les graphiques

Une des grandes forces de R réside dans ses capacités, bien supérieures à celles des autres logiciels courants du marché, il combine un langage de programmation avec la possibilité de réaliser des graphiques de qualité.

Les graphiques usuels s'obtiennent aisément au moyen de fonctions prédéfinies. Ces dernières possèdent de très nombreux paramètres permettant par exemple d'ajouter des titres, des légendes, des couleurs, etc. Mais il est également possible d'effectuer des graphiques plus sophistiqués permettant de représenter des données complexes telles que des courbes de surface ou de niveau, des volumes affichés avec un effet 3D, des courbes de densité, et bien d'autres choses encore.

Il nous est également possible d'y ajouter des formules mathématiques. Nous pouvons aussi agencer ou superposer plusieurs graphiques sur une même fenêtre, et utiliser de nombreuses palettes de couleur (HUILLET, 2002).

La figure ci-dessous présente quelques-uns de ces graphiques.

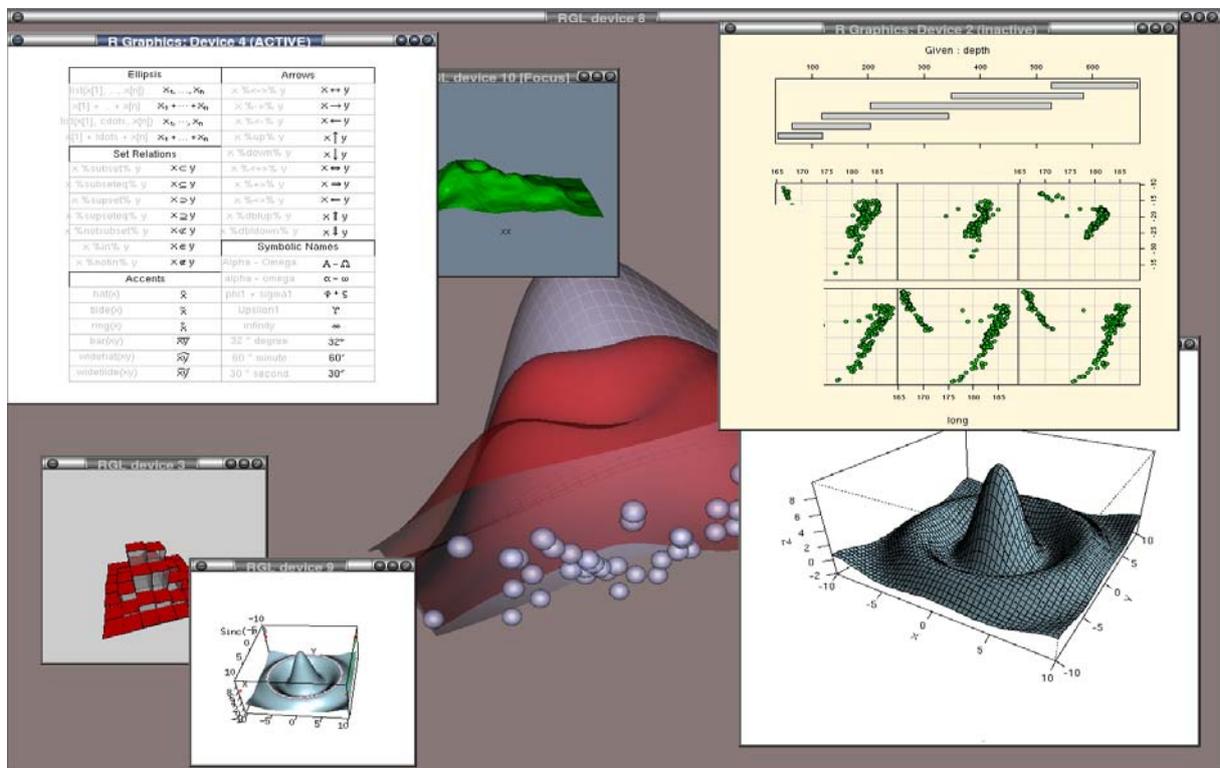


Figure 9 : Exemples de Graphiques obtenus avec le logiciel R. (MILLOT, G)

## II.1.5 Analyse des données à haute fréquence selon la méthode des Ondelettes

### II.1.5.1 Définition de l'analyse par Ondelettes

Les ondelettes ont vu le jour lorsque certains sujets d'étude ont nécessité une analyse en fréquence et en temps.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'analyse de Fourier était la seule technique permettant la décomposition d'un signal et sa reconstruction sans perte d'information; malheureusement elle fournit une analyse en fréquence mais ne permet pas la localisation temporelle de changements abruptes, comme par exemple l'apparition d'une deuxième note de musique après qu'une première note a été jouée.

En 1909 Alfréd Haar définissait une fonction composée d'une courte impulsion négative suivie d'une courte impulsion positive, connue pour être la première ondelette (Ondelette de Haar). En 1946, Dennis Gabor, mathématicien hongrois, inventa une transformation de fonction analogue à celle de Joseph Fourier, appliquée sur une fenêtre temporelle exprimée par une fonction gaussienne. Finalement, le terme d'ondelette a été introduit dans le langage mathématique par Jean Morlet et Alex Grossmann en 1984. Terme initialement français, il a été ensuite traduit en anglais par *wavelet*, avec le terme *wave* (onde) et le diminutif *let* (petite). En 1986, Yves Meyer, reconnu comme un des fondateurs de la théorie des ondelettes, rassembla toutes les découvertes précédentes, il en a dénombré 16, puis définit les ondelettes orthogonales.

En 1986 Stéphane Mallat fit le lien entre les ondelettes et l'analyse multi résolution. Enfin, en 1987, Ingrid Daubechies mit au point des ondelettes orthogonales appelées ondelettes de Daubechies, facilement implémentables, et utilisées dans le standard JPEG 2000 (LECADET. 2004).

Une ondelette est une fonction à la base de la décomposition en ondelettes, décomposition similaire à la transformée de Fourier à court terme, utilisée dans le traitement du signal. Elle correspond à l'idée intuitive d'une fonction correspondant à une petite oscillation, d'où son nom.

Cependant, elle comporte deux différences majeures avec la transformée de Fourier à court terme :

- elle peut mettre en œuvre une base différente, non forcément sinusoïdale.

- il existe une relation entre la largeur de l'enveloppe et la fréquence des oscillations : on effectue ainsi une homothétie de l'ondelette, et non seulement de l'oscillation.

Toutefois, il ne s'agit pas d'un formalisme différent à la transformée de Fourier, mais complémentaire ; la décomposition en ondelettes utilisant le formalisme de Fourier (COWPRTWAIT et al. 2011).

### II.1.5.2 Concept Mathématiques des Ondelettes

En mathématiques, une ondelette  $\Psi$  est une fonction de carré sommable sur l'espace euclidien  $\mathbb{R} \times \mathbb{R}^{+*}$ , le plus souvent oscillante et de moyenne nulle, choisie comme outil d'analyse et de reconstruction multi-échelle.

Les ondelettes se rencontrent généralement par familles, constituées d'une ondelette mère et de l'ensemble de ses images par les éléments d'un sous-groupe  $\Lambda$  du groupe des transformations affines de  $\mathbb{R}^n$ .

On définit ainsi une famille  $\psi_{s,\tau}$  d'ondelettes à partir de l'ondelette mère :

$$\forall t \in \mathbb{R}, \psi_{s,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi \left( \frac{t - \tau}{s} \right)$$

Par extension, des familles de fonctions sur des variétés de  $\mathbb{R}^n$  invariantes par un groupe de transformation localement isomorphe au groupe affine peuvent également être qualifiées de familles d'ondelettes (LECADET. 2004).

### II.1.5.3 Transformée en Ondelettes

On distingue deux types de transformées en ondelettes suivant que le sous-groupe  $\Lambda$  est discret ou continu.

### II.1.5.3.1 Transformée en Ondelettes continues

Analyser une fonction de carré sommable en ondelettes consiste à calculer l'ensemble de ses produits scalaires avec les ondelettes de la famille. Les nombres obtenus sont appelés coefficients d'ondelettes, et l'opération associant à une fonction ses coefficients d'ondelettes est appelée transformée en ondelettes.

On définit ainsi la transformée en ondelette continue d'une fonction  $f \in L^2(\mathbb{R})$  par :

$$g(s, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{s,\tau}(t)^* dt$$

Où  $\psi_{s,\tau}$  est une ondelette de la famille d'ondelettes, \* désigne le complexe conjugué,  $\tau$  est le facteur de translation et  $s$  le facteur de dilatation.

Pour retrouver le signal  $f$  d'origine on utilise la transformée en ondelette continue donnée par :

$$f(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{|s|^2} g(s, \tau) \psi_{s,\tau}(t) ds d\tau$$

Où

$$C = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\hat{\Psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega,$$

$\hat{\Psi}$  étant la transformée de Fourier de  $\Psi$ , l'ondelette mère (**LECADET. 2004**).

### II.1.5.3.2 Transformée en Ondelettes discrètes

On peut adapter la transformée en ondelettes dans le cas où l'on se trouve dans un ensemble discret. Cette technique est notamment utilisée dans la compression de données numériques avec ou sans perte. La compression est réalisée par approximations successives de

l'information initiale du plus grossier au plus fin. On réduit alors la taille de l'information en choisissant un niveau de détail.

Il s'agit alors d'échantillonner  $s$  sur une échelle dyadique et  $\tau$ . On écrit alors :

$$\psi_{m,n}[t] = s_0^{-m/2} \psi(s_0^{-m}t - n\tau_0).$$

Où  $s_0$  et  $\tau_0$  sont des constantes.

On définit ainsi la transformée en ondelettes discrète :

$$g[t] = \sum_{m \in \mathbb{Z}} \sum_{n \in \mathbb{Z}} \langle x, \psi_{m,n} \rangle \cdot \psi_{m,n}[t]$$

### II.1.6 Utilisation de la décomposition en Ondelettes

La décomposition en ondelettes est notamment utilisée dans la compression de données. Cette technique permet de réduire la taille d'information numérique (qualité de l'information compressée à partir de l'information complète), mais aussi d'accélérer l'affichage d'information (qualité de l'affichage à partir d'un fichier compressé). Cette dernière utilisation est indispensable pour des documents cartographiques, l'étude des phénomènes climatiques et l'interprétation graphique des scénarios météorologiques où la qualité et la taille de l'information nécessaire sont considérables (LECADET. 2004).

# CHAPITRE II

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

## **I : Présentation et traitements des données**

### **I.1 Sources de données**

Afin de bien mener notre travail, nous avons collecté quelques données à traiter, ce qui nous a conduit à consulter plusieurs institutions nationales officielles pour pouvoir rassembler les données qui ont fait objet de notre étude.

#### **I.1.1 La Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Bejaia (DHW- BEJAIA)**

La DHW est un organisme implanté dans toutes les Wilaya, activant sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau (MRE) cet organisme a pour tâches essentielles la mise en œuvre des prérogatives du ministère en question dans la wilaya, notamment celles relatives au développement et l'amélioration du bien être des populations principalement en matière d'alimentation en eau potable (AEP) , l'assainissement et le traitement des eaux usées des agglomérations relevant du territoire de la wilaya (**DHW**).

#### **I.1.2 L'Agence Nationale des ressources hydrauliques (ANRH)**

L'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) sous tutelle du ministère des ressources en eau est chargée de l'établissement de l'inventaire et de l'évaluation des ressources en eau continentales ainsi que la surveillance quantitative et qualitative des eaux de surface et souterraines (**ANRH**).

#### **I.1.3 L'Agence du bassin hydrographique Algérois- Hodna- Soummam (ABH- AHS)**

L'agence du bassin hydrographique (ABH) est un établissement public à caractère industriel et commercial, créé par le décret 96-279 du 26 Août 1996. C'est une structure tripartite qui associe les administrations, les élus locaux et les partenaires concernées par l'utilisation des eaux du bassin.

L'agence gère les contributions et les aides de toutes natures accordées par l'Etat et destinées à promouvoir et à soutenir les projets et actions visant l'économie et la valorisation de l'eau, la préservation de sa qualité et la protection des milieux récepteurs, contre les rejets polluants (**ABH- AHS**).

### I.1.4 Direction de la santé publique de la wilaya de Bejaia (DSP)

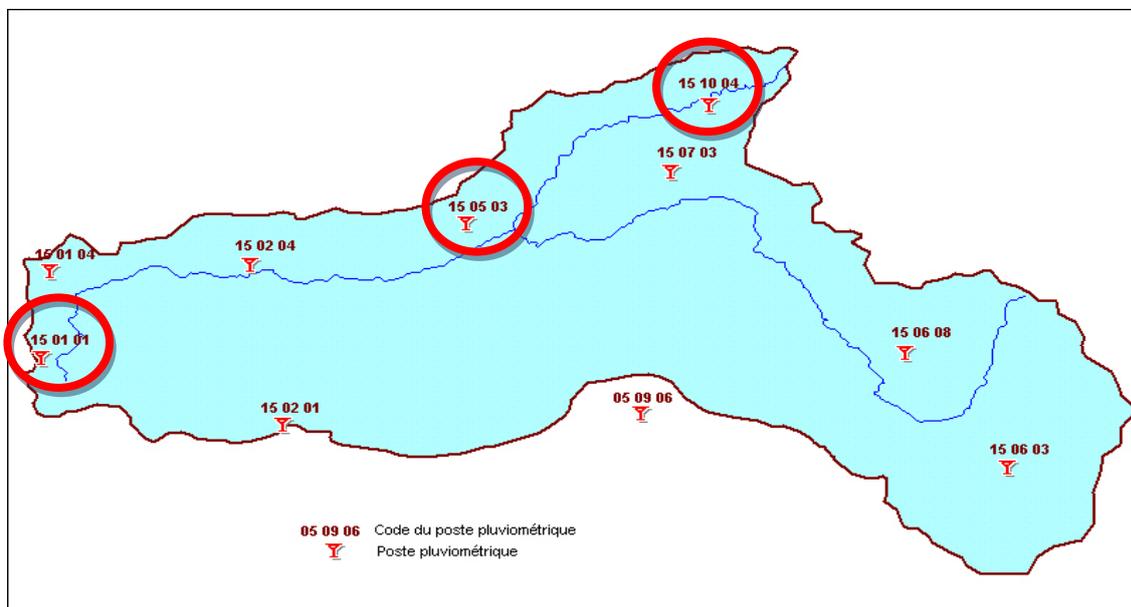
La direction de la santé publique activant sous la tutelle du ministère de la santé publique, vu le décret exécutif du 14 Juin 1997, fixant les règles d'organisations et de fonctionnement des directions de santé et de la population de la wilaya (DSP).

### I.2 Présentation des données climatiques

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé deux types de données, des séries de pluviométrie (pluies), et une série de température de du bassin versant de la Soummam.

#### I.2.1 Emplacement des stations pluviométriques

Les stations pluviométriques ayant fournis les séries chronologiques, sont identifiées à base de code (**Figure 10**), permettant de les localiser et de les situer du point de vue administratif et bioclimatique (**Tableau 02**).



**Figure 10** : Implantation des stations pluviométriques dans le bassin.

**Tableau 02** : localisation Administrative et bioclimatique des stations pluviométriques.

Stations pluviométriques	Localisation administrative	Localisation bioclimatique
15 02 04	Bouira	Semi Aride
15 05 03	Akbou	Sub Humide
15 10 01	El Kseur	Humide

### **I.2.2 Données pluviométriques**

Les séries pluviométriques que nous traitons dans notre travail, sont aux nombres de trois (03), représentant trois (03) stations pluviométriques différentes implantées dans le bassin versant de la Soummam et relevant de localités distantes, notre choix n'est pas aléatoire mais plutôt, représentatif du fait qu'il touche aux différents étages bioclimatiques couvrant la région du bassin.

#### **I.2.2.1 : Bouira (15 02 04) :**

Les valeurs de cette station englobent les prélèvements effectués durant une période de 20 ans allant de 1990 à 2010, faisant apparaître les précipitations mensuelles pour chaque année de la série (**Tableau 03**).

**Tableau 03 : Données pluviométriques mensuels et annuels de la station de Bouira pour la période 1990 –2010.**

Année	Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1990	5.0	51.4	17.4	34.4	68.7	7.3	1.3	10.0	9.2	2.3	67.1	62.0	5.0
1991	40.0	29.0	44.6	50.3	86.9	42.0	94.4	0.0	48.2	67.0	20.4	14.3	40.0
1992	40.0	26.5	29.1	9.0	44.1	7.4	0.0	3.9	20.0	22.0	23.9	87.4	40.0
1993	45.44	14.43	33.34	22.64	12.66	6.65	0.0	0.0	22.43	31.55	56.54	98.47	45.44
1994	38.48	34.65	21.54	13.32	10.10	1.4	0.4	0.0	31.45	77.34	34.54	54.39	38.48
1995	66.43	65.32	31.38	11.54	7.4	10.03	1.5	0.2	19.43	32.34	34.44	67.43	66.43
1996	78.32	34.12	16.32	22.43	10.43	11.43	5.4	3.3	35.76	45.76	23.98	65.39	78.32
1997	98.36	53.45	23.43	9.3	4.5	8.3	2.3	1.3	32.45	32.34	98.45	87.34	98.36
1998	102.44	98.34	44.21	12.43	21.34	10.10	4.3	3.5	60.54	67.43	190.32	156.43	102.44
1999	46.03	34.65	43.58	33.84	21.04	11.39	0.0	0.0	45.32	51.88	33.90	47.32	46.03
2000	56.44	65.12	28.42	12.43	9.37	5.46	0.0	0.3	22.45	45.59	34.45	88.32	56.44
2001	24.34	43.11	17.43	23.43	15.29	4.54	0.6	0.0	27.54	34.43	76.34	58.43	24.34
2002	65.01	25.76	23.01	17.43	9.34	5.73	7.34	4.32	52.45	77.43	77.54	100.32	65.01
2003	102.02	87.23	33.43	18.99	14.43	9.34	3.55	1.32	59.09	68.23	123.43	123.45	102.02
2004	54.34	44.87	19.31	20.43	9.02	7.28	2.22	0.0	43.43	23.43	23.44	46.55	54.34
2005	33.34	33.46	44.42	23.34	16.16	9.43	0.0	0.0	37.34	15.34	43.34	86.33	33.34
2006	56.32	87.45	35.43	24.09	19.43	12.43	4.43	0.9	19.43	34.43	19.34	37.52	56.32
2007	78.32	67.44	16.34	21.29	11.09	3.09	4.34	0.0	31.35	55.09	66.34	18.34	78.32
2008	111.11	99.33	12.43	31.34	21.34	18.43	9.34	0.0	61.34	78.32	103.34	99.99	111.11
2009	34.45	34.56	19.09	21.09	23.44	10.43	1.98	0.5	28.32	54.32	44.45	54.34	34.45
2010	23.23	19.34	22.93	19.34	12.43	4.92	0.0	0.0	33.35	21.80	76.56	17.43	23.23

### I.2.2.2 Akbou (15 05 03) :

Les valeurs de cette station englobent les prélèvements effectués durant une période de 20 ans allant de 1990 à 2010, faisant apparaître les précipitations mensuelles pour chaque année (**Tableau 04**).

Années	Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Octo	Nov	Dec
1990	417,2	17.5	94.0	91.0	18.0	29.0	10.0	11.2	7.0	22.0	12.0	35.5	70.0
1991	444,5	62.5	25.5	44.0	61.0	95.5	3.5	37.5	2.0	21.5	73.5	12.0	6.0
1992	401,1	22.0	11.4	27.1	34.0	60.5	32.5	0.0	36.0	40.0	25.9	52.4	59.2
1993	388,87	66.32	78.32	19.43	22.12	9.43	5.16	0.0	0.0	39.65	26.45	31.56	56.43
1994	334,17	76.34	32.68	42.34	11.32	9.25	6.5	0.0	0.0	21.34	22.65	45.43	66.32
1995	324,07	77.45	22.39	38.21	17.32	5.23	11.03	0.0	0.0	43.34	24.35	40.43	67.12
1996	349,71	51.23	32.16	12.43	65.12	11.32	5.43	0.0	0.0	19.12	33.54	32.24	87.12
1997	329,56	23.32	34.55	77.21	21.34	6.32	2.4	0.0	0.9	33.42	37.43	50.24	43.33
1998	540,35	32.32	48.32	33.21	9.32	10.10	13.32	4.21	0.0	54.46	75.45	87.32	172.32
1999	253,12	21.34	22.32	6.43	13.21	19.22	10.10	0.0	0.0	23.76	43.21	22.12	35.32
2001	264,71	33.22	19.12	11.21	13.11	7.98	3.45	0.4	1.3	44.44	22.12	34.12	74.24
2002	520,6	98.09	45.21	32.34	17.19	9.53	13.43	2.56	3.2	56.32	45.32	98.23	99.09
2003	638,49	99.67	57.32	54.23	45.32	25.48	20.32	4.3	4.3	67.21	49.99	101.23	109.12
2004	210,75	32.45	12.32	13.87	18.21	6.66	4.34	0.4	1.4	21.23	34.21	21.34	44.32
2005	252,58	22.38	44.11	22.22	54.12	4.32	5.32	0.9	0.3	33.02	18.34	33.23	14.32
2006	323,55	54.12	36.21	41.43	34.61	11.13	10.23	1.1	0.3	12.74	19.21	21.67	80.80
2007	277,12	65.24	21.23	21.29	15.21	17.33	7.23	0.0	1.1	34.76	29.29	10.21	54.23
2008	607,43	88.32	65.12	44.21	39.43	22.33	6.43	3.3	1.3	76.23	58.32	100.21	102.23
2009	266,27	23.98	11.23	19.19	9.18	9.66	5.32	0.3	0.3	32.12	35.54	21.11	98.34
2010	224,44	43.33	32.12	32.27	4.28	12.32	2.12	1.3	0.0	19.34	12.78	11.23	53.35

**Tableau 04 :** Données pluviométriques mensuels et annuels de la station d Akbou pour la période 1990 –2010.

**I-2-2-3 : El Kseur (15 10 01) :**

Cette série représente les valeurs pluviométriques enregistrées durant la période 1990-2010 pour la région d’El Kseur, les données sont présentées sous formes mensuelles pour chaque année de la série en question. **(Tableau 05).**

**Tableau 05 :** Données pluviométriques mensuels et annuels de la station d El-kseur pour la période 1990 –2010.

Année	Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1990	489,6	24,6	62,9	70,3	30,9	51,3	3,7	15,7	0	21,2	0	91,6	117,4
1991	606,1	67,8	51,3	49,6	112,6	85	23,2	22,3	0	92,3	70,9	18	13,1
1992	449,07	46,7	33,5	34,6	28,5	36,1	6,3	0	0	41,8	26,5	41,07	154
1993	652,94	129,2	93,54	102,76	63,46	50,33	17,55	0	0	34,98	29	43,88	88,24
1994	663,89	155,71	90,53	86,35	70,35	53,67	10,73	0	1,09	30,09	29,54	33,05	102,78
1995	511,57	111,56	93,09	47,56	31,35	17,65	13,65	0	0	37,09	39,54	41,67	78,41
1996	500,27	92,89	88,46	43,46	22,76	23,65	16,46	3,45	0	45,92	54,98	44,78	63,46
1997	394,89	80,43	73,46	33,48	19,54	0,9	2,43	0	0	41,98	42,66	32,89	67,12
1998	742,59	199,32	134,78	65,58	22,98	11,21	5,3	3,3	1,3	55,28	69,67	70,98	102,89
1999	411,3	78	101,45	44,01	10,76	5,65	4,3	0	1,1	42,76	47,09	29,54	46,64
2000	390,98	72,35	90,43	29,34	9,56	1,1	11,32	14,43	0	39,21	39	32,89	51,35
2001	367,9	77,36	88,36	22,3	13,65	12,33	7,43	0,98	0	31,88	39,39	29,66	44,56
2002	519,71	88,09	121,78	19,32	17,54	6,21	11,43	2,4	11,3	65,56	55,54	41,67	78,87
2003	612,41	109,87	111,32	22,34	20,87	11,34	17,32	11,32	8,43	42,98	67,87	55,76	132,99
2004	534,25	80,65	103,09	49,36	11,86	5,2	5,6	0	0	55,98	62,89	70,64	88,98
2005	651,37	155,34	88,35	51,23	9,64	20,32	3,3	1,3	0	61,89	67,98	88,35	103,67
2006	384,99	102,35	32,45	18,34	13,32	11,34	0,4	0,1	0	44,78	52,89	42,67	66,35
2007	331	66,66	60,01	17,34	12,98	9,3	4,3	2,3	0	34,87	35,53	29,35	58,36
2008	426,6	103,33	46,65	42,37	29,65	2,43	12,3	3,34	9,32	47,98	29,56	39,04	60,63
2009	368,62	44,32	79,43	36,32	13,14	13,43	9,44	1,1	0	37,89	33,09	44,56	55,9
2010	322,62	45,22	36,57	33,33	17,09	7,34	3,4	0,5	0	41,23	27,45	51,56	58,93

## I-2-3 Données de température

### I-2-3-1 : Bouira :

Les prélèvements effectués font apparaitre les températures mensuelles durant une période de 20 ans allant de 1990 à 2010 (**Tableau 06**).

**Tableau 06** : Données des températures mensuelles de la station de Bouira pour la période 1990 –2010.

Années	Janv	Ferv	Mars	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1990	10,1	12,11	13,53	14,87	18,32	23,54	24,32	25,32	24,35	21,34	17,33	11,87
1991	11,32	12,22	14,87	15,11	18,32	22,22	25,64	26,27	25,22	18,87	15,87	12,53
1992	10,32	12,98	15,32	16,93	18,32	22,79	26,34	26,34	23,88	19,55	18,32	10,1
1993	11,32	12,32	13,89	15,43	19,43	21,67	28,34	28,43	24,98	21,21	15,62	14,65
1994	12,54	11,32	14,14	15,98	20,42	20,87	27,34	27,27	23,65	18,45	17,09	11,12
1995	10,32	10,65	15,65	16,35	20,33	20,34	25,32	25,42	22,87	22,02	15,32	10,12
1996	12,76	11,11	14,78	17,43	20,44	22,98	24,42	24,32	25,45	18,44	17,43	12,87
1997	10,32	12,32	14,01	15,77	19,35	23,83	24,87	25,33	24,65	20,2	14,76	11,11
1998	9,43	11,21	13,21	15,83	20,32	22,43	23,83	23,32	24,65	22,32	16,65	12,32
1999	12,32	12,76	13,01	17,35	19,32	22,32	27,38	27,23	22,76	21,03	14,87	10,34
2000	11,75	10,25	14,32	15,55	18,32	21,98	24,36	28,88	22,22	19,5	16,53	12,43
2001	13,21	11,53	13,21	16,21	17,32	22,95	26,32	25,43	21,67	18,34	14,32	10,54
2002	13,54	13,65	14,43	14,98	17,56	20,32	23,11	24,24	23,32	21,38	15,32	14,32
2003	11,23	11,54	14,32	14,35	18,43	22,98	25,23	25,01	24,44	20,32	16,78	12,21
2004	14,21	10,21	13,26	15,87	20,43	21,56	24,24	27,43	23,98	18,32	14,76	10,21
2005	11,32	12,32	14,64	16,43	21,87	22,99	25,43	28,88	24,98	22,32	15,76	13,23
2006	12,32	11,23	15,63	14,32	20,43	23,02	24,33	27,32	20,65	20,32	17,34	10,98
2007	9,33	13,11	14,02	15,65	18,56	21,23	25,43	25,99	23,98	23,01	16,98	13,65
2008	10,43	10,34	13,32	13,99	20,32	21,21	26,11	24,23	24,76	20,43	14,87	15,32
2009	12,43	11,32	14,24	15,65	20,43	23,32	27,33	27,77	22,54	19,19	17,35	10,88
2010	12,43	12,32	14,32	16,87	19,43	22,39	24,34	27,34	25,12	23,01	14,43	11,24

### I-2-3-2 Akbou :

Les températures mensuelles de la région d'Akbou, pour la période d'étude sont données pour chacune des années de la série (**Tableau 07**).

**Tableau 07** : Données des températures mensuelles de la station d Akbou pour la période 1990 –2010.

Années	Janv	Ferv	Mars	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1990	11,11	12,07	12,87	13,98	17,35	22,26	23,33	23,32	24,33	20,33	16,21	12,45
1991	12,32	12,33	13,89	15,09	19,98	21,66	24,21	25,23	24,34	18,87	16,34	13,78
1992	11,23	13,87	14,78	16,34	18,67	20,98	25,25	25,55	23,21	20,32	17,88	12,64
1993	12,32	12,87	14,56	16,99	19,67	20,9	26,34	27,23	23,23	21,45	16,77	13,56
1994	13,21	12,98	13,98	17,35	19,32	20,32	25,32	26,32	24,97	18,35	18,43	13,43
1995	11,21	14,43	14,34	16,35	20,56	20,02	27,34	23,11	21,78	21,67	16,43	11,32
1996	11,67	12,45	15,55	16,67	19,33	21,98	23,43	22,32	25,98	18,98	17,77	12,08
1997	11,21	13,32	15,67	16,87	18,99	22,78	24,32	26,66	24,78	21,67	15,46	13,23
1998	10,33	13,53	13,78	15,99	20,55	21,34	23,32	24,33	24,99	22,09	17,98	12,87
1999	13,21	14,09	14,55	16,32	19,35	22,43	26,66	25,43	23,89	20,32	15,32	11,23
2000	12,35	11,98	15,67	15,98	17,35	21,34	24,32	26,43	23,98	20,43	17,34	12,56
2001	13,76	11,45	13,76	16,78	16,78	22,34	26,09	26,43	23,43	19,32	15,78	11,45
2002	13,78	12,53	14,67	15,35	18,32	21,78	22,67	23,66	22,98	21,45	15,67	14,03
2003	12,43	12,67	13,98	16,98	16,98	20,32	24,12	24,32	24,98	18,32	16,89	12,32
2004	13,32	11,11	12,87	15,87	19,99	21,1	23,03	26,43	24,42	19,34	16,67	14,23
2005	11,99	13,22	14,99	16,98	20,78	20,78	23,45	26,43	23,98	21,48	14,43	12,34
2006	12,32	13,87	14,77	13,78	18,56	22,34	23,32	28,02	21,54	19,34	17,35	11,23
2007	10,23	13,89	13,89	16,67	17,65	20,34	24,44	23,98	23,89	22,21	17,65	13,45
2008	9,23	10,89	13,78	14,34	21,35	21,02	24,09	25,98	23,54	21,23	14,32	14,21
2009	12,78	11,89	15,87	15,78	20,11	21,9	26,11	28,44	22,99	22,32	17,35	12,43
2010	12,12	13,88	14,98	17,21	18,98	22,11	24,98	25,43	24,57	22,34	15,38	12,34

### I-2-3-3 El -kseur :

Les enregistrements effectués sur les températures d'El Kseur durant une période de 20 ans allant de 1990 à 2010, sont donnés pas le tableau des données mensuelles pour l'ensemble des années (**Tableau 08**).

**Tableau 08** : Données des températures mensuelles de la station d El-kseur pour la période 1990 –2010.

Années	Janv	Ferv	Mars	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
1990	11,98	10,32	12,32	14,35	16,35	22,35	22,98	23,78	23,98	19,32	18,98	12,98
1991	11,89	13,32	15,55	14,32	17,89	21,09	24,98	24,98	25,98	19,21	17,43	12,87
1992	11,32	14,02	14,98	15,32	19,11	20,34	23,98	25,22	24,66	19,78	18,32	12,47
1993	11,29	13,44	15,09	17,01	20,21	20,21	26,22	25,9	22,99	20,76	17,89	14,98
1994	13,33	12,56	14,56	17,03	19,08	19,99	25,34	26,98	24,94	19,32	16,78	13,65
1995	11,67	13,43	12,98	17,32	19,21	20,11	26,21	22,93	21,99	21,32	16,78	12,43
1996	11,27	12,98	16,09	18,43	19,43	21,09	23,89	24,32	25,09	19,34	18,45	13,05
1997	12,32	13,98	16,23	16,66	18,32	22,11	25,43	27,43	23,98	21,98	15,87	12,11
1998	10,86	13,98	14,89	17,01	19,32	20,78	23,11	24,98	25,53	22,87	17,12	14,34
1999	12,99	14,24	14,34	18,01	18,53	21,78	25,32	22,43	23,98	20,34	15,89	13,23
2000	11,98	12,32	15,58	16,32	19,35	20,34	23,33	26,09	23,53	20,98	16,33	14,32
2001	14,32	14,98	14,76	15,22	16,43	22,91	24,32	25,89	23,77	19,43	15,87	13,35
2002	14,67	14,65	15,32	15,98	18,89	20,22	22,01	23,12	23,89	22,22	15,98	15,32
2003	12,21	12,32	15,89	15,67	17,35	21,67	23,76	24,77	25,02	19,23	17,88	14,39
2004	14,77	13,45	13,45	14,99	18,53	20,87	24,11	25,33	23,54	20,32	16,99	13,43
2005	12,89	14,32	15,06	17,03	21,56	21,03	23,21	25,4	24,65	22,87	16,66	14,32
2006	12,88	14,32	15,04	14,78	19,43	22,12	22,22	26,11	21,78	20,34	16,33	12,32
2007	10,55	14,33	13,99	17,21	17,98	21,01	24,22	26,99	24,22	22,34	17,32	14,32
2008	10,1	10,98	13,98	15,67	20,32	20,2	21,23	23,55	24,23	19,23	16,43	14,12
2009	13,32	13,91	15,02	16,1	19,75	20,01	24,43	25,32	23,46	21,32	16,33	11,43
2010	13,2	12,46	14,33	16,89	19,9	10,23	23,01	26,03	24,65	21,34	17,87	14,34

## I-3 Présentation des données de santé

### I.3.1 présentation des relevées sanitaire

#### I.3.1.1 présentation des relevées sanitaire de Bouira

**Tableau 09 :** Les maladies à transmission hydriques recensé dans la région de Bouira pour la période de 1990-2010.

Maladies/Années	Choléra	Fièvre typhoïde	hépatite viral A	Dysenterie	Polio
1990	5	43	65	0	0
1991	0	3	1	0	0
1992	0	4	5	0	0
1993	0	3	4	0	0
1994	0	6	3	0	0
1995	0	23	54	0	1
1996	0	2	2	1	0
1997	0	3	1	0	0
1998	0	66	65	0	0
1999	0	6	6	0	0
2000	0	2	5	0	0
2001	0	4	1	0	0
2002	0	5	2	0	1
2003	0	43	61	2	0
2004	0	22	41	1	0
2005	0	10	11	0	0
2006	0	1	2	1	1
2007	0	1	0	0	0
2008	0	45	43	1	0

2009	0	3	0	0	0
2010	0	1	2	0	0

### I.3.1.2 présentation des relevés sanitaire d'Akbou

**Tableau 10 :** Les maladies à transmission hydriques recensées dans la région d'Akbou pour la période de 1990-2010.

Maladies/Années	Choléra	Fièvre typhoïde	hépatite viral A	Dysenterie	Polio
1990	3	0	36	9	0
1991	0	0	15	1	0
1992	0	1	27	0	0
1993	0	10	40	0	0
1994	1	276	24	1	0
1995	0	116	30	6	2
1996	0	2	11	1	0
1997	0	2	32	3	0
1998	0	4	36	2	0
1999	0	19	7	1	0
2000	0	6	11	0	0
2001	0	6	9	0	3
2002	0	5	3	0	3
2003	0	9	9	2	3
2004	0	35	7	4	3
2005	0	1	11	0	1
2006	0	4	26	0	0
2007	0	0	22	0	1
2008	0	4	20	0	0
2009	0	5	14	0	2
2010	0	3	12	0	0

### I.3.1.3 présentation des relevées sanitaire d'El-kseur :

**Tableau 11** : Les maladies à transmission hydriques recensé dans la région d'El-kseur pour la période de 1990-2010.

Maladies/Années	Choléra	Fièvre typhoïde	hépatite viral A	Dysenterie	Polio
1990	0	1	6	0	0
1991	0	0	4	0	0
1992	0	4	5	3	0
1993	0	34	11	3	0
1994	0	28	2	0	0
1995	0	8	6	0	0
1996	0	7	0	0	0
1997	0	85	0	0	0
1998	0	3	6	0	1
1999	0	2	2	0	0
2000	0	2	0	0	0
2001	0	1	0	0	0
2002	0	24	1	0	0
2003	0	2	0	0	0
2004	0	4	0	0	0
2005	0	1	1	0	0
2006	0	2	0	0	0
2007	0	0	0	0	0
2008	0	1	14	0	0
2009	0	1	4	0	0
2010	0	1	3	0	0

### **I.3.2 Présentation des maladies**

Dans notre travail on s'est basé sur un type de pathologie ayant relation directe avec l'eau, à savoir les maladies à transmission hydrique (MTH).

#### **Définition des maladies hydriques :**

Les maladies à transmission hydriques sont nommées comme telles car elles sont provoquées par l'ingestion ou le contact avec des eaux insalubres (**BOURRILLON et al.2006**) Et comme maladies à transmission hydriques on a :

- **Cholera** : est une maladie infectieuse, contagieuse due a des agents bactériens vibron cholérea .le premier symptôme c'est la diarrhée suivi des vomissements, crampse, et des déshydratations (**BEZZAOUCHA.2004**).
- **Fièvre typhoïde** : est une infection spécifique à l'homme due à des bactéries du genre salmonelles : bacille d'Ebert, ses symptômes sont la fièvre, asthénie et la céphalée (**BEZZAOUCHA.2004**).
- **Hépatite virale A** : est une infection virale commune due au virus VHA, elle est caractérisée par une fièvre, des signes gastro-intestinaux tel que les nausées, vomissements, douleurs abdominales (**BEZZAOUCHA.2004**).
- **Polio** : La poliomyélite est une maladie infectieuse aiguë cosmopolite, essentiellement neurotrope, contagieuse, immunisante (**BOURRILLON et al.2006**).

## **II Démarche expérimentale et outil de travail**

### **II.1 Travail à effectuer**

Au cours de notre travail, nous allons essayer de collecter des données de pluviométrie et de température de trois stations d'enregistrement climatiques, implantées sur le territoire du bassin versant de la Soummam.

Après la collecte des données nous allons traitée les séries chronologiques avec un outil informatique à savoir le R, le traitement sera exploité dans le but de mettre en évidence les anomalies climatiques et les scenarios météorologiques ayant marqués chacune des stations d'études.

Parallèlement aux séries de pluviométrie et de température, une collecte de relevés sanitaires (maladies hydriques recensées), sera lancée pour toutes les localités prises par notre étude.

## **II.2 Traitement des données**

Les séries de données collectées, sont préparées et triées au préalable, avant qu'elles soient analysées par le logiciel R.

Le prétraitement des données a pour but de sélectionner les périodes d'étude de sorte à ce qu'elles soient communes pour toutes les stations d'enregistrement.

### **II.2.1 Traitement des données de pluviométrie**

Permet d'évaluer le facteur pluviomètre au niveau du bassin versant de la Soummam.

- Une première présentation sous forme d'histogramme avec le logiciel R, elle permet de mettre en évidence les années les plus pluvieuses, et les années les moins pluvieuses de la série.
- La deuxième représentation graphique, est sous forme de maquette mettant les valeurs sous forme de nuances de couleur en fonction des mois, des années et du volume d'eau précipité, l'intensité des pluies est accentuée par les dégradations des couleurs. (un graphique de récapitulation).

### **II.2.2 Traitement des données de température**

Permet d'évaluer le facteur température au niveau du bassin versant de la Soummam.

- Une première présentation sous forme d'histogramme, elle permet de mettre en évidence les années les plus chaudes, et les années les moins chaudes de la série.
- La deuxième représentation graphique, est sous forme de maquette mettant les valeurs sous forme de nuances de couleur en fonction des mois, des années et du degré de température, la fluctuation des températures est accentuée par les dégradations des couleurs. (un graphique de récapitulation).

### II.2.3 script utilisés pour l'analyse

#### A) script des histogrammes :

Afin d'obtenir les histogrammes, nous avons transcrit les données numériques en informations mathématiques (input), selon un script bien détaillé, la compilation du script (**Figure 11**) nous a fournis les histogrammes (output).

```
do.it <- fonction (Qt,Annees) {  
  
    par(mfcol=c(1,2))  
  
    barplot(Qt,Annees,col="lightblue",border="blue",xlab="Année",ylab="Quantité",  
    main="Graphique des précipitations de Bouira (Quatité)",ylim=c(0,800))  
  
    plot(density(x),col="red",xlab="Quantité",ylab="Densité",main="Graphique des  
    précipitations de Bouira (Densité)")  
  
    }  
  
    Annees =  
1990 :1991:1992 :1993 :1994 :1995 :1996 :1997 :1998 :1999 :2000 :2001 :2002 :2003 :  
    2004 :2005 :2006 :2007 :2008 :2009 :2010  
  
Qt = c(336.1, 537.1, 313.3, 353.15, 317.61, 344.44, 352.35, 451.52, 771.38, 368.95, 365.35, 325.48,  
    465.68, 521.06, 294.32, 342.5, 351.2, 373.03, 646.31, 326.97, 250.61)  
  
    do.it(Qt,Annees)
```

**Figure 11** : Script pour les histogrammes des pluies et des températures.

## B) script des graphiques en nuances de couleurs :

Afin d'obtenir les graphiques en nuances de couleurs, nous avons transcrit les données numériques en informations mathématiques (input), selon un script bien détaillé, la compilation du script (**Figure 12**) nous a fournis les graphiques en nuances de couleurs (output).

```
do.it <- fonction (mois,annees,donnees) {  
  
    filled.contour(mois, annees, donnees, color = topo.colors,  
    plot.title = title(main = "Précipitation anuelles de 1990 à 2010 de la region de Bouira",  
    xlab = "années", ylab = "mois"),key.title = title(main="Volume\nen mm"))  
}  
  
annees =  
1990 :1991:1992 :1993 :1994 :1995 :1996 :1997 :1998 :1999 :2000 :2001 :2002 :2003 :2  
004 :  
  
2005 :2006 :2007 :2008 :2009 :2010  
  
mois = 1:12  
  
donnees = c(336.1, 537.1, 313.3, 353.15, 317.61, 344.44, 352.35, 451.52, 771.38, 368.95, 365.35,  
325.48,  
  
465.68, 521.06, 294.32, 342.5, 351.2, 373.03, 646.31, 326.97, 250.61)  
  
do.it(mois,annees,donnees
```

**Figure 12** : Script des graphiques a nuances de couleur.

### **II.3 Discussion des données de santé**

Les résultats des relevés sanitaires seront discutés au fur et à mesure selon les étapes suivantes :

- Un test de corrélation maladies/facteurs climatique, se test permettra de mettre en évidence l'impact climatique sur l'augmentation du nombre des cas des maladies recensées.
- Un test de corrélation maladies/années, se test permettra de mettre en évidence l'impact du temps (années) sur l'augmentation du nombre des cas des maladies recensées.
- Une observation directe entre les résultats climatiques (lecture des graphiques), et les relevés des pathologies.

# CHAPITRE

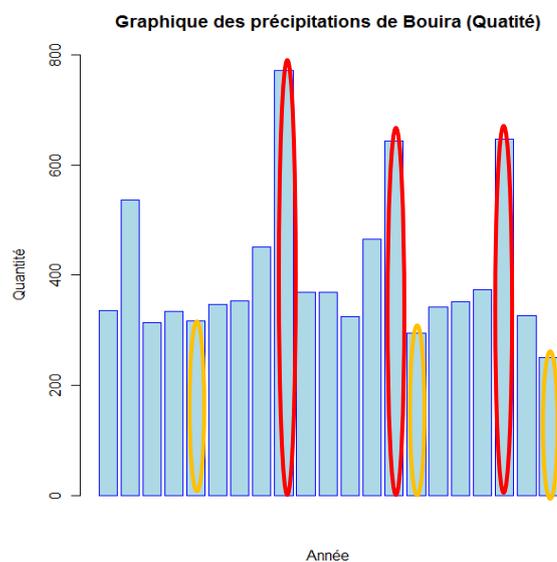
## III

### RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### III.1 Traitement des données de la première série (Bouira)

#### III.1.1 Données pluviométriques

##### III.1.1.1 Histogramme des précipitations

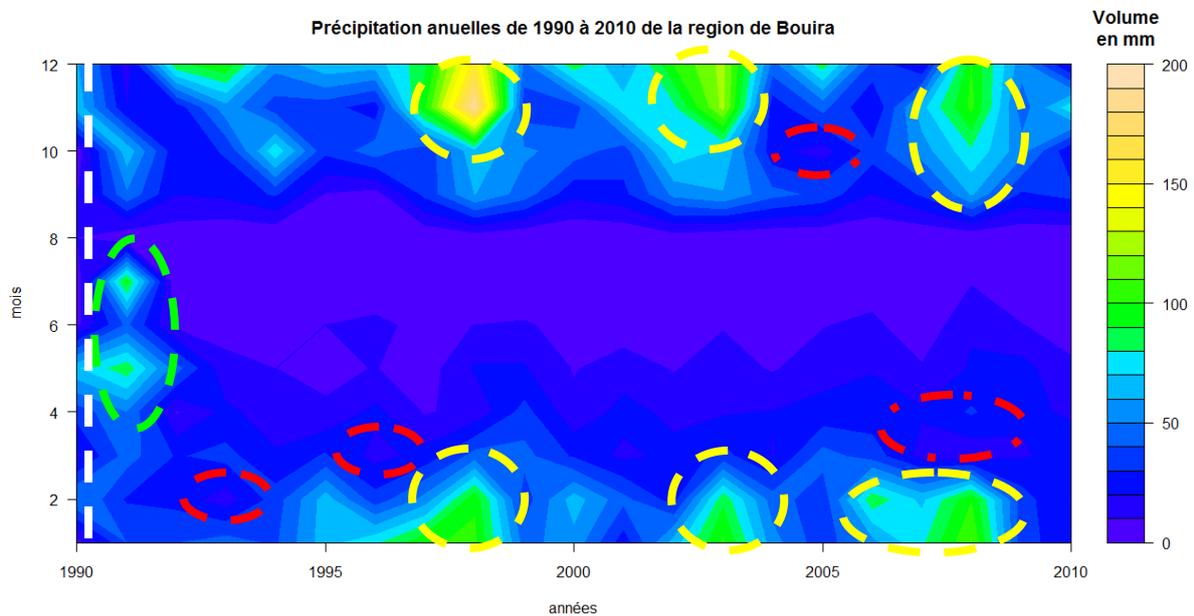


**Figure 13 :** Graphique des précipitations de Bouira (1990-2010)

L'histogramme représenté par la (**Figure 13**), défile les précipitations annuelles de la série de Bouira 1990-2010, les années les plus pluvieuses sont 1998, 2003 et 2008 par contre les années 1992, 2004, et 2010 restent les moins pluvieuses de la série (les plus sèches).

##### III.1.1.2 Graphique des précipitations en nuances de couleurs

Ce type de graphique (**Figure 14**) nous permet de joindre, les précipitation mensuelles de toutes les années de la série en question, la clé de couleurs met en évidence les évènements climatique ayant marqués la période d'étude pour la région couverte par la station d'enregistrement de Bouira.



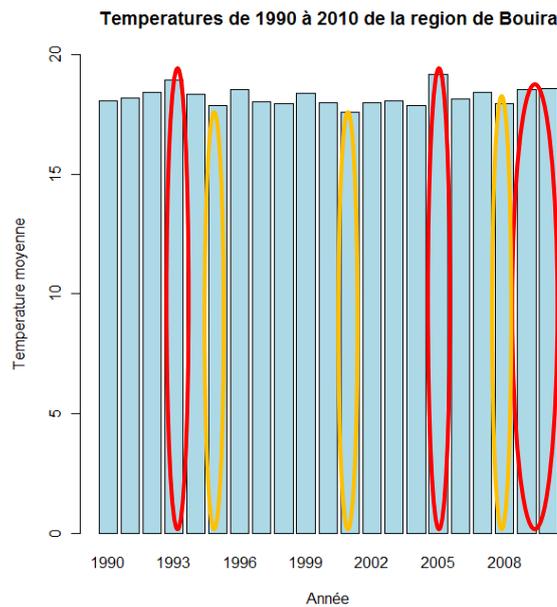
**Figure 14 :** Graphique des précipitations mensuelles inter annuelles en nuances de couleurs de Bouira pour la période allant de 1990 à 2010.

Les événements observés de 1990 à 2010, pour la région de Bouira sont les suivants :

- Des périodes d'intenses pluviométries : les mois de Janvier, Février, mars, Octobre, Novembre et Décembre des années 1998, 1999, 2003 et 2008(cercles en pointillés jaune).
- Période à pluviométrie décalée, c'est des périodes d'enregistrement de pluies durant les saisons sèches : les mois de Mai, Juin, Juillet et Aout de l'année 1992 (cercles en pointillés verts).
- Une rupture de la saison sèche (Enregistrement de la pluviométrie plus ou mois importante durant tous les mois de l'année) : l'année 1990 (ligne en pointillé blanc).
- Enregistrement de périodes sèches pendant la saison de pluviométrie : le mois de Février de l'année 1992, le mois de Mars de l'année 1996, le mois d'Octobre de l'année 2005, le mois de Mars des années 2008 et 2009 (cercles en pointillés rouge).

### III.1.2 Données de température

#### III.1.2.1 Histogramme des températures

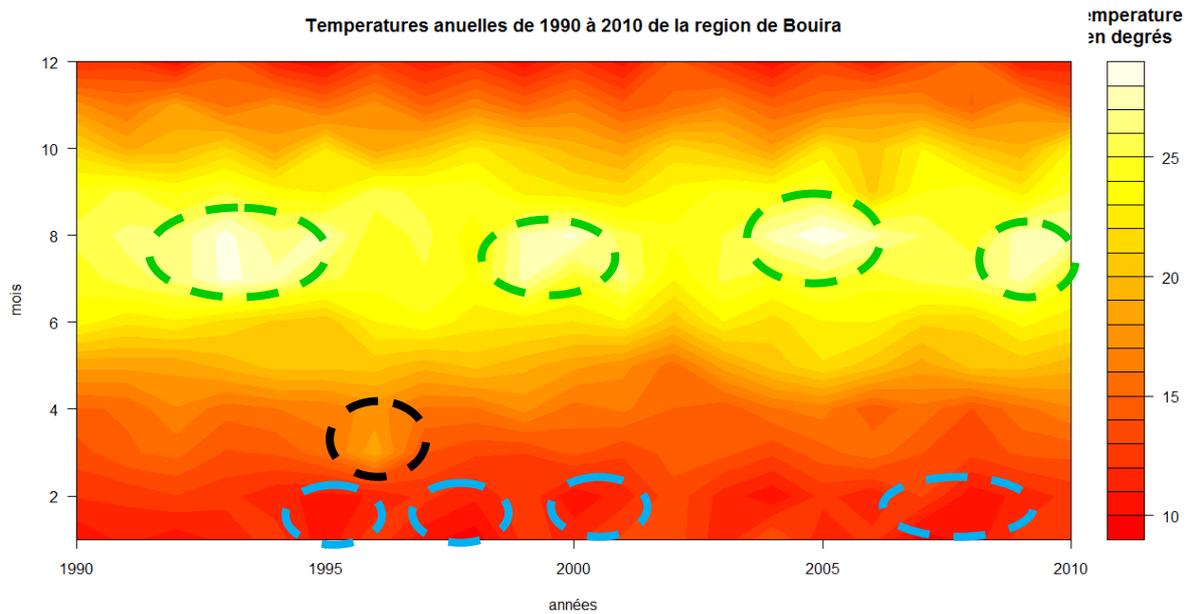


**Figure15** : Graphique de température de la région de Bouira (1990-2010)

Le l’histogramme ci dessus (**Figure 15**), nous permet de lire les températures de toutes les années de la série de Bouira de 1990 jusqu’a 2010, les températures les plus élevées ont été relevées durant les années 1993, 2005, 2009 et 2010 par contre les années les moins chaudes ont été enregistré en 1995, 2001, et 2008.

#### III.1.2.2 Graphique des températures en nuances de couleurs

Le graphique des températures en nuances de couleurs (**Figure 16**), met en évidences les températures mensuelles et les températures inter-annuelles de la série de Bouira, allant de 1990 à 2010, l’intensité des températures des différentes années est cependant illustrée par la dégradation des couleurs du graphique.



**Figure 16 :** Graphique en nuances de couleurs des températures de Bouira pour la période 1990-2010

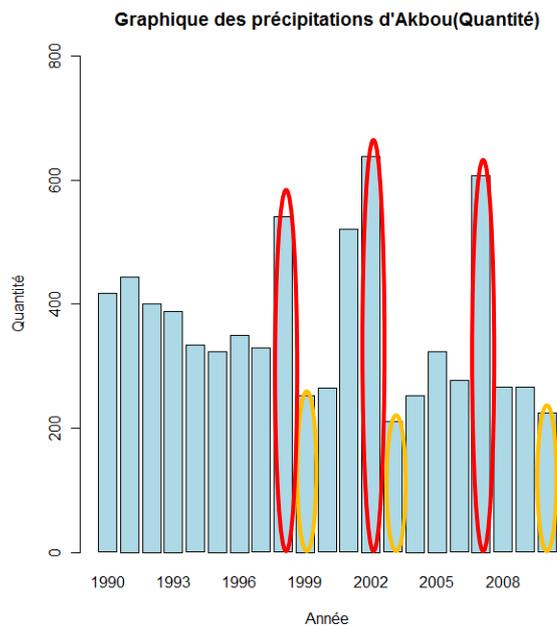
Les événements observés de 1990 à 2010, pour la région de Bouira sont les suivants :

- Les périodes les plus chaudes de la série : les mois de Juillet et Aout des années 1993, 2000, 2005, 2009 et 2010 (cercles en pointillés verts).
- Augmentation de températures durant les mois pluvieux : les mois de Février et Mars de l'année 1996 (cercle en pointillés noir).
- Les périodes les moins chaudes de la série : les mois de Janvier et Février des années 1995, 1998, 2001, 2008 et 2009 (cercles en pointillés bleus).

## III.2 Traitement des données de la deuxième série(Akbou)

### III.2.1 Données pluviométriques

#### III.2.1.1 Histogramme des précipitations

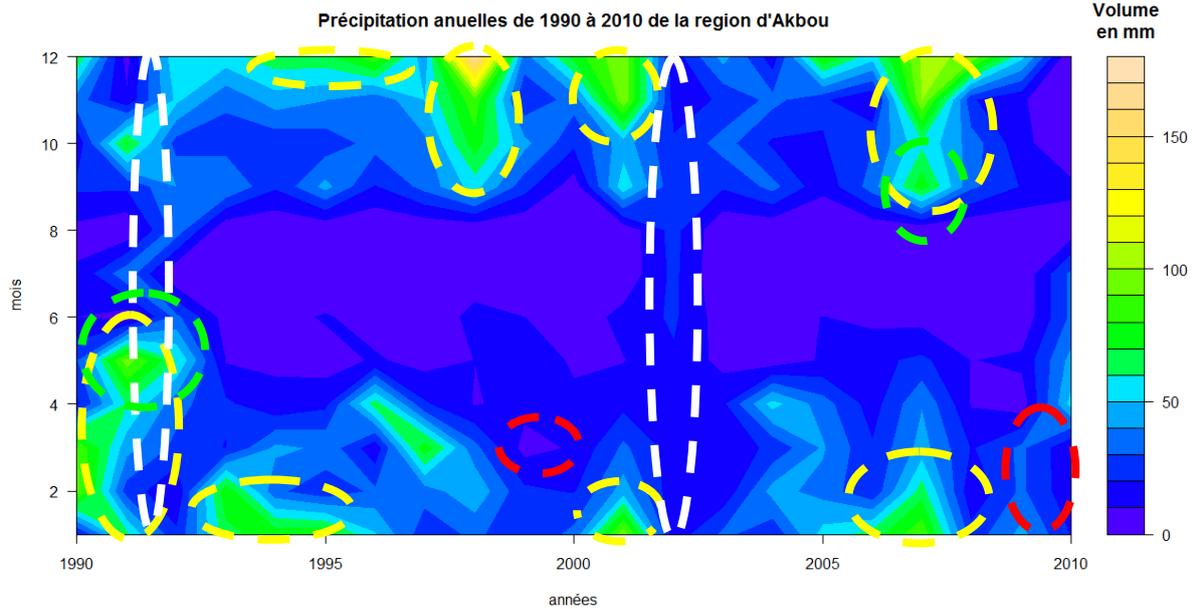


**Figure 17 :** Graphique des précipitations d'Akbou (1990-2010)

La (**Figure 17**) représente l'histogramme des précipitations enregistrées au niveau de la station météorologique de la région d'Akbou, la période d'enregistrement est de 1990 à 2010. Les années les plus pluvieuses de la série sont 1998, 2002 et 2007 par contre les années 1999, 2003, et 2010 offrent la pluviométrie la plus basse de la série (les années plus sèches).

#### III.2.1.2 Graphique des précipitations en nuances de couleurs

L'ensemble des enregistrement concernant les précipitations mensuelles des toutes les années de la série d'Akbou, pour la période en question, sont représentés par la graphique en nuances de couleurs (**Figure 18**), l'intensité de la pluviométrie est donnée selon une dégradation de couleurs en fonction de la lamme d'eau précipitée.



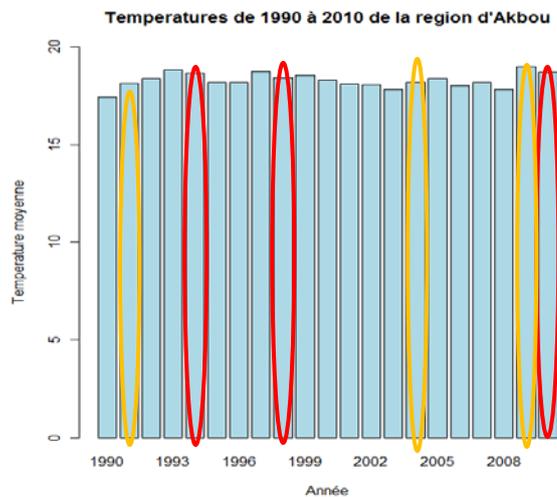
**Figure 18 :** Graphique en nuances de couleurs des précipitations mensuelles inter annuelles d'Akbou pour la période 1990-2010.

Les événements observés de 1990 à 2010, pour la région d'Akbou sont les suivants :

- Des périodes d'intenses pluviométries : les mois de Janvier, Février, Mars, Avril et Mai des années 1990,1991 et 1992. Les mois de Janvier et Février des années 1993, 1994 et 1995. Les mois de Janvier et Février des années 2001, 2006 et 2007. Les Mois de Septembre, Octobre, Novembre et Décembre des années 1998, 1999, 2001, 2007 et 2008 (cercles en pointillés jaune).
- Période à pluviométrie décalée, sont les périodes ou l'on enregistre des pluviométries importantes durant les saisons sèches (mois chauds): les mois de Mai et Juin de l'année 1992. Le mois de Septembre de l'année 2007 Juillet et Aout de l'année 1992 (cercles en pointillés verts).
- Une rupture de la saison sèche (Enregistrement de la pluviométrie plus ou mois importante durant tous les mois de l'année) : l'année 1992 et l'année 2002. (ligne en pointillé blanc).
- Enregistrement de périodes sèches pendant la saison de pluviométrie : le mois de Mars de l'année 1999 (cercles en pointillés rouge).

## III.2.2 Données de la température

### III.2.2.1 Histogramme des températures

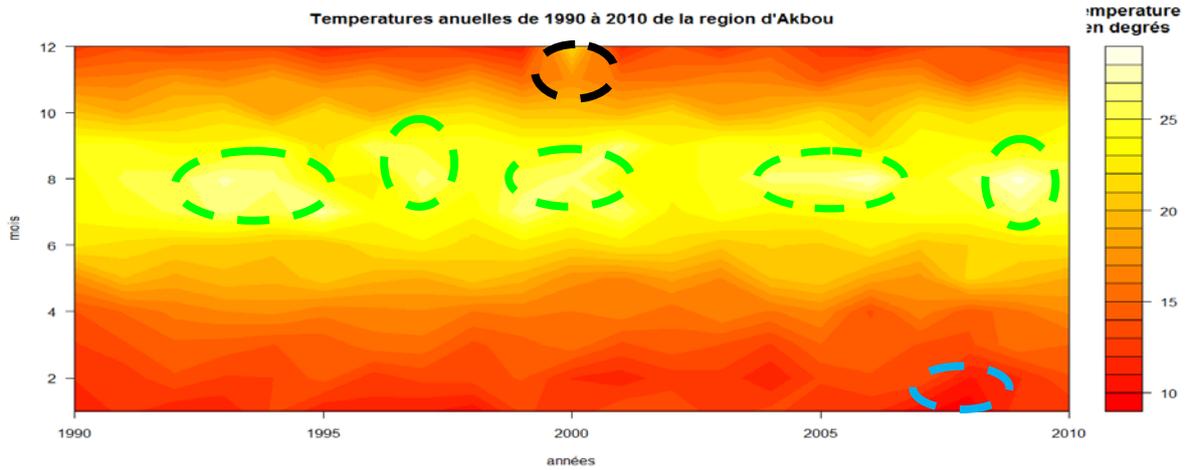


**Figure 19** : Graphique de température de la région d'Akbou (1990-2010)

Les températures enregistrées au niveau de la station d'Akbou de 1990 à 2010, sont données par l'histogramme ci-dessus (**Figure 19**). Les années les plus chaudes sont 1993, 1997, et 2009, par contre 1990, 2003, et 2008 représentent les années les moins chaudes de la série.

### III.2.2.2 Graphique en nuances de couleurs des températures

Nous avons regroupé les températures de la série d'Akbou, en fonction des mois et des années d'enregistrement, et nous avons mis l'accent sur le degré de la température en faisant varier les couleurs du graphique (**Figure 20**).



**Figure 20 :** Graphique en nuances de couleurs des températures d'Akbou pour la période 1990-2010

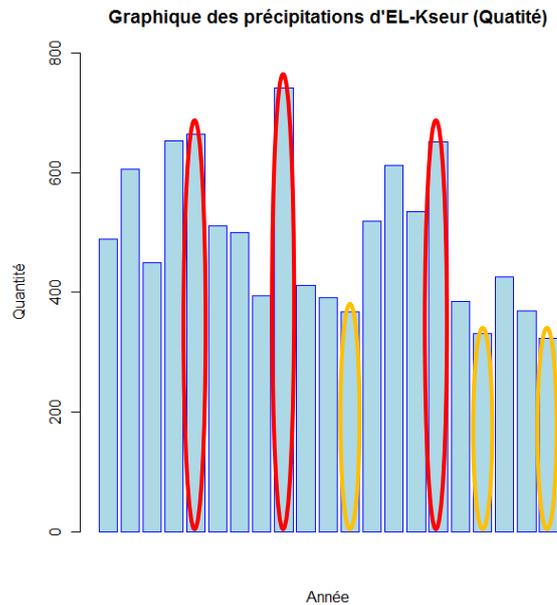
La série d'Akbou 1990 à 2010 nous a permis d'observer les scénarios météorologiques suivants :

- Les périodes les plus chaudes de la série : les mois de Juin, Juillet et Août des années (1993, 1994 et 1995), (1999 et 2000), (2005 et 2006), et l'année 2009 (cercles en pointillés verts).
- Augmentation de températures durant les mois pluvieux : les mois de Novembre et Décembre de l'année 2000 (cercle en pointillés noir).
- Les périodes les moins chaudes de la série : les mois de Janvier et Février des années 2008 et 2009 (cercles en pointillés bleus).

### III.3 Traitement des données de la troisième série (El-kseur)

#### III.3.1 Données pluviométriques

##### III.3.1.1 Histogramme des précipitations



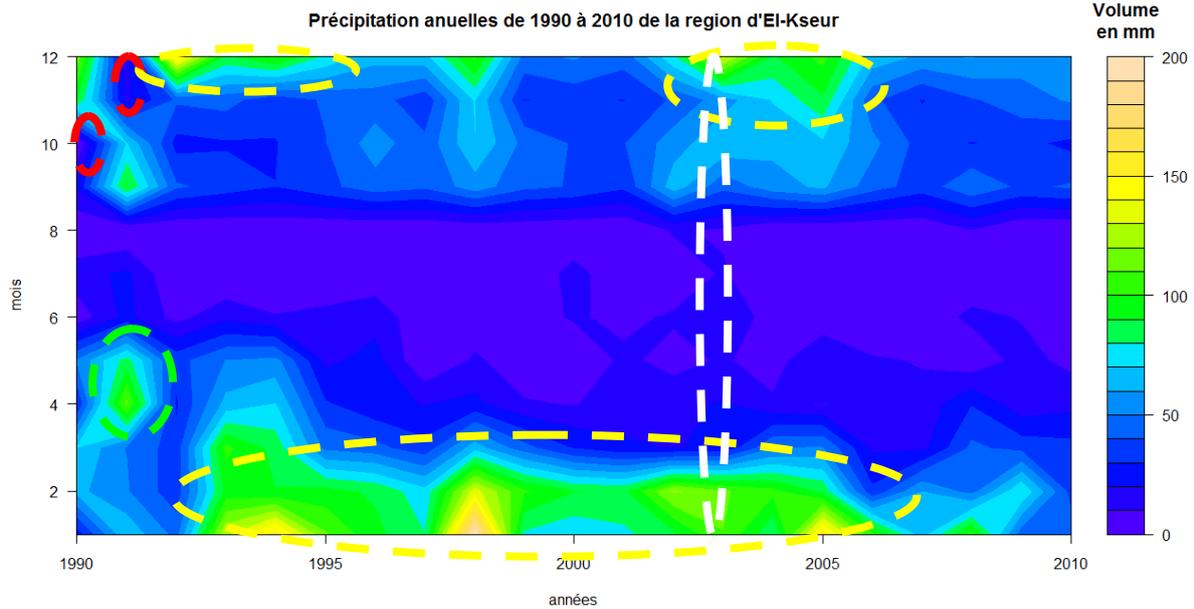
**Figure 21** : Graphique des précipitations d'El-kseur (1990-2010)

L'histogramme des précipitations annuelles de la la station d'El Kseur (**Figure 21**), nous permet la lecture des années les plus pluvieuses et celles les moins pluvieuses, de la série enregistrée entre 1990 et 2010.

1994, 1998 et 2005 sont les années les plus pluvieuses de la série, 2001, 2007, et 2010 représentent les années à pluies faibles.

##### III.3.1.2 Graphique des précipitations en nuances de couleurs

Les précipitation mensuelles de chaque années de la série d'El Kseur, nous permet d'estimer l'intensité pluviométrique à n'importe quel moment de la période prise par notre étude. Cependant la grapgique ci-dessous (**Figure 22**), nous offre la possibilité de lire la valeur précipitée pour quaque mois de chaque année en mettent en évidence ces valeurs par des couleurs constantes.



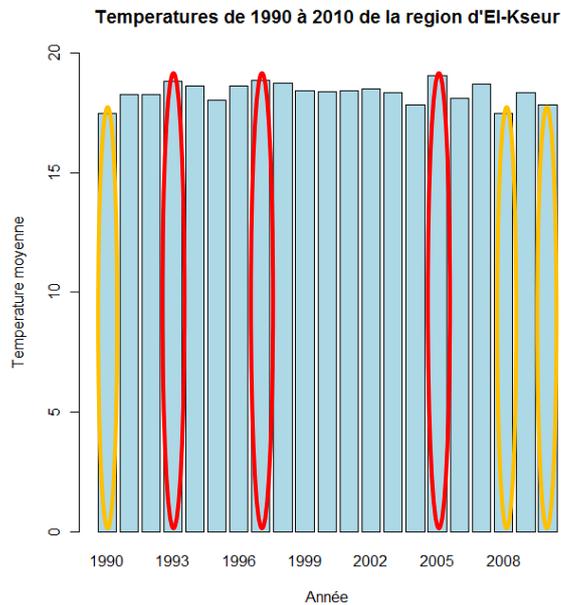
**Figure 22 :** Graphique en nuances de couleurs des précipitations mensuelles inter annuelles d'El-kseur pour la période 1990-2010.

La région d'El Kseur été marquée par des événements climatiques durant la période allant de 1990 à 2010, les plus important sont :

- Des périodes d'intenses pluviométries : les mois de Janvier, Février et Mars, des années 1993 jusqu'à 2008. Le mois de Décembre des années 1993, 1994 et 1995. Les mois de Novembre et Décembre des années 2003, 2004 et 2005. (cercles en pointillés jaune).
- Période à pluviométrie décalée, sont les périodes ou l'on enregistre des pluviométries importantes durant les saisons sèches (mois chauds): les mois de Avril et Mai de l'année 1991 (cercles en pointillés verts).
- Une rupture de la saison sèche (Enregistrement de la pluviométrie plus ou mois importante durant tous les mois de l'année) : l'année 2003 (ligne en pointillé blanc).
- Enregistrement de périodes sèches pendant la saison de pluviométrie : le mois d'Octobre de l'année 1990, et le mois de Décembre de l'année 1991 (cercles en pointillés rouge).

### III-3-2 : Données de la température

#### III-3-2-1 : Histogramme des températures

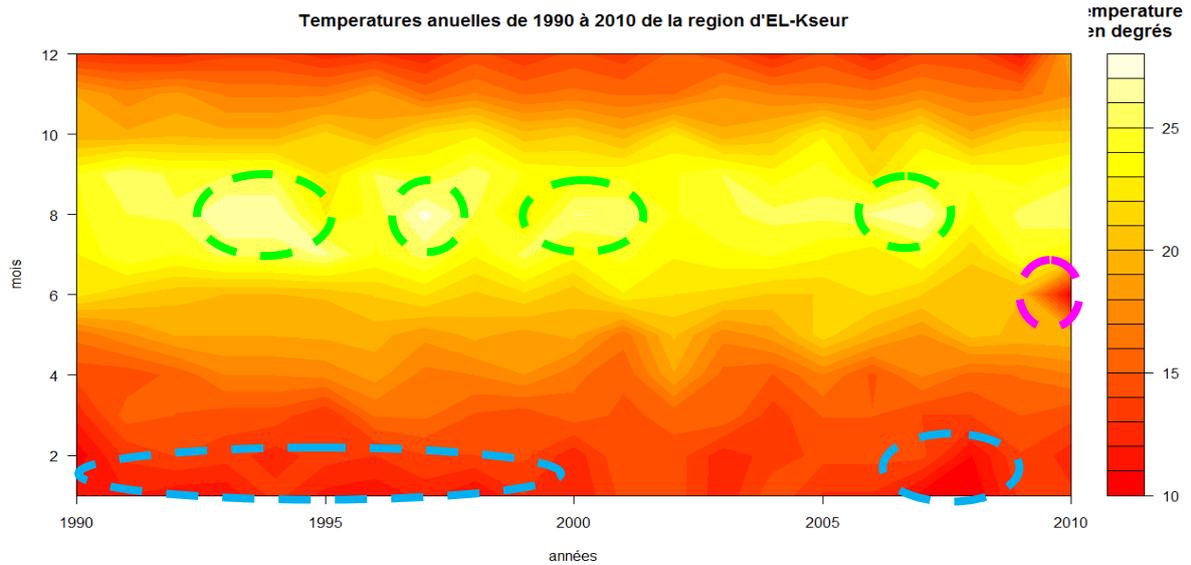


**Figure23** : Graphique de température de la région d'El-kseur (1990-2010)

Le graphique (**Figure 23**) est un histogramme des températures annuelles de la série d'El Kseur, de 1990 à 2010. Les plus grandes températures sont enregistrées durant les années suivantes : 1993, 1997, et 2005, tandis que les plus basses sont celles des années 1990, 2008, et 2010.

#### III-3-2-2 : Graphique en nuances de couleurs des précipitations

La **Figure 24**, représente un graphique qui regroupe les températures de la série d'El Kseur de la période 1990-2010. Les données mensuelles inter annuelles sont données sur le graphique par la nuance de couleurs, obtenues en fonction des degrés de température de chaque mois de chaque année de la série.



**Figure 24 :** Graphique en nuances de couleurs des températures d'El-kseur pour la période 1990-2010.

La série d'El Kseur 1990 à 2010 nous a permis d'observer les scénarios météorologiques suivants :

- Les périodes les plus chaudes de la série : les mois de Juillet et Aout des années (1993, 1994 et 1995), 1997, (1999, 2000 et 2001), et l'année 2007 (cercles en pointillés verts).
- Diminution de température durant les mois chauds : le mois de Juin de l'année 2010 (cercle en pointillés rose).
- Les périodes les moins chaudes de la série : les mois de Janvier et Février des années 1990 et 2000 (cercles en pointillés bleus), les mois de Janvier et Février des années 2008 et 2009.

### III-4 : Traitement des données de santé

Les données sanitaires (tableaux 9, 10,11) proviennent des établissements hospitaliers, de Bouira, Akbou et El Kseur (Chapitre II).

#### III-4-1 : Impact climatique sur la santé public : Cas de Bouira

Pour la mise en évidence des impacts du climat sur la santé on a utilisé le test des corrélations, en conjuguant les relevés de pathologie et ceux des facteurs climatiques (pluies et températures).

##### A) Test de corrélations : maladies/facteurs climatiques

Les résultats du test de corrélation entre les maladies enregistré et les facteurs climatiques relatifs à la station d'enregistrement de Bouira sont donnés par le tableau 12

**Tableau 12 :** Tableau des résultats des corrélations entre la pluie, la température et les maladies.

	Choléra	Fièvre typhoïde	Hépatite A/E	Dysenterie	Polio	pluviométrique	Température
Choléra	1						
Fièvre typhoïde	0,10431455	1					
Hépatite A/E	0,17631088	0,03957316	1				
Dysenterie	0,07254763	0,15135546	0,42636452	1			
Polio	-0,05	0,02318101	0,17631088	0,07254763	1		
Pluviométrique	0,11958763	0,0062935	0,32671261	0,19175739	0,10016741	1	
Température	0,07320298	0,03595702	0,19383713	0,39129415	0,18178287	-0,33240984	1

L'analyse de corrélation révèle une, non signification entre les maladies recensées et les facteurs climatiques enregistrés (pluies, températures).

## **B) Test de corrélation : maladies/années**

Le test entre les maladies et les années, dégage une corrélation fortement significative, ce qui atteste d'une présence de relation entre c'est deux facteurs, chose qui pourra être expliquée par l'action anthropique (démographie, assainissement, agriculture, industrie ...ect) (Voir annexe 01).

## **C) Comparaison entre les résultats climatiques et les résultats pathologiques (comparaison directe) :**

- Une observation analytique des graphiques des pluviométries de la station de Bouira, nous à permet de constater que les années les plus pluvieuses de la période d'étude représentaient les même années d'enregistrement des plus grand nombre de maladies à transmission hydrique. en effet les années 1998, 2003 et 2008 sont les années les plus pluvieuses de la série encore, elle représente des années à important enregistrement pathologique, d'où 66, 43 et 45 cas enregistrés pour la fièvre typhoïde respectivement pour les années pré citées, et 65, 61 et 43 pour l'hépatite A.
- Pour les années les moins pluvieuses, nous avons retenus un nombre de maladies recensées très élevé en 2005, qui représente l'année la moins pluvieuse de la série, les pathologies dominantes durant cette année sont fièvre typhoïde et l'Hépatite A.

### III-4-2 Impact climatique sur la santé public : Cas d'Akbou

#### A) Test de corrélations : maladies/facteurs climatiques

**Tableau 13 :** Tableau des résultats des corrélations entre la pluie, la température et les maladies.

	Choléra	Fièvre typhoïde	Hépatite A/E	Dysenterie	Polio	pluviométrique	Température
Choléra	1						
Fièvre typhoïde	0,20549657	1					
Hépatite A/E	0,36123189	0,12809522	1				
Dysenterie	0,69472914	0,1390192	0,36925518	1			
Polio	-0,21742048	-0,03033928	-0,54266394	0,05263806	1		
Pluviométrique	0,07313834	0,11656179	0,12947931	0,05334694	0,10954776	1	
Température	-0,43313238	0,22638223	0,1147811	-0,4155213	0,15824469	-0,1875256	1

Ce tableau représente le test de corrélation entre maladies et facteurs climatiques (pluie-température), on constate qu'il n'y a aucune de corrélation significative.

#### B) Test de corrélations : maladies/années

Le test entre les maladies et les années, dégage une corrélation fortement significative, ce qui atteste d'une présence de relation entre c'est deux facteurs, chose qui pourra être expliquée par l'action anthropique (démographie, assainissement, agriculture, industrie ...ect) (Voir annexe 02).

**C) Comparaison entre les résultats climatiques et les résultats pathologiques (comparaison directe) :**

- On utilisant les graphiques des pluviométries de la station d’Akbou on a constaté que les grands nombres des cas de pathologies enregistrés sont celles des années les plus pluvieuses ; 1998 et 2007 elle représente des années à important enregistrement pathologique, d’où 36 et 22 cas enregistrés pour l’hépatite A respectivement pour les années pré citées.
- Pour les années les moins pluvieuses, nous avons retenus un nombre de maladies recensées très élevé en 1999, qui représente l’année la moins pluvieuse de la série, les pathologies dominantes durant cette année sont l’Hépatite A avec un nombre enregistré de 36cas.

**III-4-3 Impact climatique sur la santé public : Cas d’El-kseur**

**A) Test de corrélations : maladies/facteurs climatiques**

**Tableau 14 :** Tableau des résultats des corrélations entre la pluie, la température et les maladies.

	Choléra	Fièvre typhoïde	Hépatite A/E	Dysenterie	Polio	pluviométrique	Température
Choléra	1						
F. typhoïdes	0,10499449	1					
Hépatite A/E	0,17190261	0,05304082	1				
Dysenterie	-0,083666	0,12113321	0,37252785	1			
Polio	-0,05	0,08178518	0,17190261	-0,083666	1		
Pluie	0,00444519	0,06141581	0,21708703	0,08582422	0,46631907	1	
Température	-0,4099295	0,30550328	0,44112992	0,2209959	0,20531353	0,35636061	1

Le résultat donné dans ce tableau montre une faible corrélation entre les pathologies et le climat (pluie température).

## **B) Test de corrélations : maladies/années**

Cependant une analyse par rapport aux années exprime une corrélation significative qu'on peut expliquer par une action humaine. (Voir annexe 03)

## **C) Comparaison entre les résultats climatiques et les résultats pathologiques (comparaison directe) :**

- Après une lecture analytique des années les plus pluvieuses de la station d'El-kseur, nous avons constaté l'enregistrement d'un grand nombre de maladies à transmission hydrique. En effet l'année 1994 est l'année la plus pluvieuse, elle représente un important enregistrement pathologique, d'où 28 cas enregistrés pour la fièvre typhoïde.
- Pour les années les moins pluvieuses, nous avons retenus un nombre de maladies recensées très élevé en 1999, qui représente l'année la moins pluvieuse de la série, les pathologies dominantes durant cette année sont fièvre typhoïde avec 19cas.

# CONCLUSION

## CONCLUSION

Le changement climatique est l'un des problèmes les plus rencontrés au sein de la communauté scientifique, cependant beaucoup de travaux et de recherche sont entrain de s'effectuer dans le souci de répondre aux différentes questions posées autour des impacts qui en résultent en particulier sur la santé public.

Les facteurs climatiques traités dans le cadre de notre travail sont la pluviométrie et la température, le traitement de ces données à révélé un changement climatique qui s'est exprimé selon des scénarios météorologiques inhabituels dont :

- Interpénétration saisonnière (chevauchement entre saisons).
- Apparition de périodes pluvieuses durant les saisons chaudes.
- Enregistrement des périodes secs en plain période hivernale.

Le deuxième facteur traité dans le cadre de notre recherche représente des relevés sanitaires constitués de maladies à transmissions hydriques, cependant nous avons utilisé des tests de corrélations, pour essayer de chercher l'impact du climat sur la santé public.

Les résultats des corrélations sont les suivants :

- Corrélation maladies/facteurs climatique : non significative
- Corrélation maladies/années : significative
- Comparaison relevés sanitaire/graphique climatique : significative

Après les tests de corrélation nous avons constaté qu'ils n'existent pas de relations entre les changements climatiques observés et les maladies enregistrées, par contre y a eu une corrélation entre les maladies et les années, chose qui pourra s'expliquer par le Boom démographique, l'industrie, l'agriculture.....etc.

La comparaison directe entre les graphiques et les maladies relevées, démontre une relation très étroite entre les années pluvieuses et le nombre de cas recensé durant ces mêmes années par rapport à certaines maladies, aussi nous avons constaté qu'il y avait une relation entre les années les moins pluvieuses et le nombre de certaines maladies enregistrées durant ces même années.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

## BIBLIOGRAPHIE

- AKDIM, A. 2012.** Traitement des séries chronologiques pluie-débit pour la mise en évidence des impacts climatique et humain sur le bassin versant de la Soummam. Thèse de magister : université de waraguela.185p.
- BACHA, M. 2003.** Contribution à l'étude de la biodiversité phytoplanctonique dans les zones humides de Bejaia. Thèse de magister : université A. Mira de Bejaia. 101P.
- BACHA, M. AMARA R.2007.** Les poisons des eaux continentales d'Algérie. Etude de l'ichtyofaune de la Soummam. *Cybiu* 31 (3):351–358.
- BANAMUHERE, B S. 1994.** La communication nationale initiale de la RDC sur les changements climatiques. RDC Kinshasa.177p.
- BECHROUNE, A. 2010.** Elaboration d'une base de données Hydrologique du Bassin Versant de la Soummam via le modèle hydrologique HEC-HMS. Thèse de magister : université A. Mira de Bejaia. 136p.
- BENHAMICHE, N.** Modélisation de la relation pluie – relief en vue de la cartographie par Kriageage : cas de bassin versant de la Soummam. Thèse de magister : université d'INA El-Harrach. 158p.
- BEZZAOUCHA, A. 2004.** Maladie à déclaration obligatoire. Volume 1, 2. Ed Office des publications universitaire.213p, 271p.
- BOURRILLON, A. CABANIS, E A. CHAPUIS, Y.CHRISTOFOROV, B. 2006.** Larousse médical. Ed Larousse.
- COWPRTWAIT, P S P. METCALFE, A V. 2011.** Introductory time serie with R. Ed Springer. 109p.
- DAHMANA, A. 2003.** Caractérisation de la biodiversité dans la ripisylve de l'oued Soummam : cas de la végétation et des oiseaux. Thèse de magister : université A .Mira de Bejaia. 102p.
- FARAWAY, J J. 2002.** Practical Regression and Anova using R. Ed Springer.213p.
- HUILLET, J. 2002.** Initiation à l'environnement R. Université PAUL SABATIER de Toulouse. 121p.
- LAFAYE, P. DROUILHET, R. LIQUET, B. 2011.** Le logiciel R. maitriser le langage, effectuer des analyses statistiques. Ed Springer- Verlag France.208p.
- MILLOT, G.** Comprendre et réaliser les tests statistiques a l'aide de R. Ed Boech.106p.
- MOUNI, L. 2004.** Etude et caractérisation physico-chimique des rejets dans l'oued Soummam. Thèse de magister : université A. Mira de Bejaia.145p.

- POUPART A, A. LABRECHE, F. SMARGIASSI, A. DUGUAY, P. BUSQUE, M-A. CHARLES, G. Zayed, J. 2012.** Impacts des changements climatiques sur la santé et la sécurité des travailleurs. Ed IRSST. 124p.
- RAMADE, F. 1984.** Eléments d'écologie –écologie fondamentale. Ed Mad Graw-Hill. Ed Paris.160p.
- REMENIERAS, G. 1980.** L'hydrolyse de l'ingénieur. Ed EYROLLES. Tome2. 565p.
- RIPERT, C. 1996.** Epidémiologie des maladies parasitaires. Tome 1. Ed Médicale Internationales. P303.
- PERRIER, V. 2004.** Méthodes d'ondelettes pour la segmentation d'images. Applications à l'imagerie médicale et au tatouage d'images. Thèse de doctorat : institut national polytechnique de Grenoble. 221p.

## **RESUME**

Le climat, les changements climatique et les impacts qui ont résultent sur la sante publique, demeurent des sujets de recherche très vaste. Par souci de contribuer à ce courant de recherche nous nous somme intéressé à deux facteurs climatiques à savoir la pluviométrie et la température, ainsi qu'à leurs impacts sur la santé humaine. Le vif du travail c'est articulé autour du traitement des séries de pluies et de température par le logiciel R, les graphiques obtenus suite aux traitements servent pour la mise en évidence du comportement du climat dans le bassin versant de la Soummam, durant cette période. Dans un deuxième temps nous nous sommes intéressés aux maladies à transmission hydrique (MTH) relevées durant la mémé période dans la même zone d'étude, les tests de corrélation mettront l'acens sur la relation climat-maladies.

Mots clef : le changement climatique, la santé publique.

## **ABSTRAT**

The climate, the changes climatic and the impacts which have result on the public health, remain subjects of very vast research. By concern of contributing to this current of research we summons ourselves interested in two climatic factors with knowing pluviometry and the temperature, like with their impacts about the human health. The sharp one of work it is articulated around the treatment of the series of rains and of temperature by the software R, the graphs obtained following the treatments are useful for the description of the behavior of the climate in the catchment area of Soummam, lasting this period. In the second time we were interested in the diseases with hydrous transmission (MTH) raised during the same period in the same zone of study, the tests of correlation will put the acens on the relation climate-diseases.

Words key : Climatic change, public health.