

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique**  
**Université ABDERRAHMANE MIRA-Bejaia**



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences Biologiques de l'Environnement**

## **Mémoire**

Présenté par

**Mlle IKTITEN Keltouma**

**Pour l'obtention du diplôme de Magister**

**Filière : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Option : Ecologie et Environnement**

Thème

**Contribution à la modélisation du climat de la Kabylie**

### **Membres de jury :**

Mme	<b>ZEBBOUDJ A.</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Université de Béjaïa</b>	<b>Présidente.</b>
M.	<b>BEKDOUCHE F.</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Université de Béjaïa</b>	<b>Rapporteur</b>
M.	<b>SIDI H.</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Université de Béjaïa</b>	<b>Examineur.</b>
Mme	<b>MOUHOU B C.</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Université de Béjaïa</b>	<b>Examinatrice.</b>
M.	<b>AIT SIDHOUM D.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Université de Béjaïa</b>	<b>In invité.</b>

**Année universitaire 2013/2014**

# Remerciements

---

Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur BEKDOUCHE, mon encadreur, pour l'intérêt qu'il a su porter à ce travail, ainsi que pour l'aide et les conseils qu'il m'a donnés tout au long de mon parcours universitaire. Merci pour votre aide et l'expérience dont vous avez pu me faire bénéficier à travers vos conseils pertinents.

Je remercie tout particulièrement Monsieur AIT SIDHOUM, que j'ai eu la chance de rencontrer au cours de mon DEUA. J'ai pu apprécier ses immenses qualités tant humaines que scientifiques. Ses idées n'ont pas cessé d'être présentes tout au long de ce travail. Merci à lui pour la confiance qu'il m'a accordée, c'est à lui que je dois la découverte de la climatologie et je lui en suis profondément reconnaissante. Merci pour ton enthousiasme communicatif, merci aussi pour ta générosité et le souci que tu as de transmettre tes connaissances. Merci encore pour tes encouragements cela aura été une chance de te rencontrer et un plaisir jusqu'au bout de travailler avec toi. Scientifiquement tu es pour moi le meilleur modèle à suivre.

Je tiens également à remercier Madame ZEBBOUDJ qui a bien voulu m'honorer en présidant le jury. Qu'elle soit assurée de ma sincère reconnaissance.

Merci à Madame MOUHOUB et Monsieur SIDI qui ont aimablement accepté de faire partie de mon jury.

J'associe à ces remerciements Monsieur LAIMOUCHE et Monsieur BENABDELMOUMENE pour leurs nombreux conseils, pour leurs qualités pédagogiques et leurs cours passionnants.

Je remercie chaleureusement mes camarades de promotion : Karim, Farida, Baya, Karima et Nassima. J'ai beaucoup adoré partager ces deux années d'études avec vous et j'en garde de très bons souvenirs. Merci aussi pour les petites pauses café et déjeuners improvisés. Je vous souhaite bonne chance pour la fin respective de vos thèses et pour tout le reste.

Un immense merci aussi à toute ma famille pour leur affection et leur soutien inconditionnel, pour leurs conseils et leur proximité rassurante. Je vous dédicace cette thèse.

Enfin, je remercie tous mes amis qui m'ont été d'une grande aide et pour tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

# Sommaire

Introduction.....	1
<b>Chapitre 1 : Généralités sur le climat</b> .....	2
<b>1.1. Définition</b> .....	2
1.2. le climat à l'échelle globale.....	2
1.2.1. Le bilan radiatif de la terre .....	3
1.2.2. l'atmosphère et sa circulation.....	4
1.2.2.1. Les mouvements de l'air et la pression atmosphérique .....	5
1.2.3. La circulation générale océanique .....	6
1.3. le climat à l'échelle locale .....	8
1.3.1. L'influence du relief .....	8
1.3.1.1. La rugosité .....	10
1.3.2. Les transformations du climat selon l'altitude .....	10
1.3.2.1 La diminution de la pression et ses conséquences sur le rayonnement global.....	11
1.3.2.2. La baisse des températures .....	11
1.3.2.3. Les vents locaux et leurs conséquences sur les précipitations.....	12
1.4. Le climat de certains reliefs particuliers .....	12
1.4.1. Les collines .....	12
1.4.2. Les plaines et plateaux .....	12
1.4.3. Les vallées et les dépressions.....	12
1.5. La végétation .....	13
1.6. Les étendues d'eau .....	13
1.7. Le climat méditerranéen.....	13
1.8. Synthèse.....	17
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes</b> .....	19
2-1- Description de la zone d'étude.....	20
2-1-2- Topographie de la zone d'étude.....	21
2.1.2.1. La zone littorale.....	21
2.1.2.2.- Le bassin versant du Sébaou.....	22
2.1.2.3.- Le bassin versant de la Soummam.....	23
2.1.2.4. Synthèse .....	23
2.2. Nature et qualité des données climatiques disponibles.....	24
2.2.1. Les données anciennes.....	24
2.2.2. Les données récentes.....	24
<b>Chapitre 3 : Analyses et discussions</b> .....	27
3.1. Modélisation pour la zone littorale.....	28
3.2. Modélisation pour Le bassin du Sébaou.....	33
3.3. Modélisation pour Le bassin versant de la Soummam.....	37
3.3.1. Rive Nord de la Soummam.....	38
3.3.2. Rive Sud de la Soummam.....	41
3.4. Résumé .....	46
3.5. Construction du fichier numérique.....	48
<b>Conclusion</b> .....	50
Bibliographie.....	51
Annexes.	

## Liste des Figures.

Figure 1 : Bilan radiatif de la terre .....	3
Figure 2 : Les différentes couches atmosphériques .....	5
Figure 3 : La circulation générale atmosphérique. ....	6
Figure 4 : La circulation générale océanique .....	7
Figure 5 : Distribution mondiale des biomes et bioclimats méditerranéens.....	14
Figure 6 : Photographie satellite de la zone d'étude.....	20
Figure 7 : Carte simplifiée de la zone d'étude.....	21
Figure 8 : Profil topographique le long de la chaîne littorale.....	22
Figure 9 : Profil topographique du Djurdjura.....	22
Figure 10 : Profil topographique Nord-Sud le long du méridien 4.20 °E.....	23
Figure 11 : Profil topographique Nord-Sud le long du méridien 4.60 ° E.....	23
Figure 12 : Profil topographique Nord-Sud le long du méridien 5.25°E.....	24
Figure 13 : Distribution des résidus centrés réduits du modèle de la zone littorale.....	30
Figure 14 : Répartitions mensuelles de la pluviométrie au niveau de la station de Béjaia .	31
Figure 15 : Répartitions mensuelles des précipitations pour la zone littorale.....	32
Figure 16 : Droite de régression linéaire exprimant la pluviométrie en fonction de la latitude.....	34
Figure 17 : Distribution des résidus centrés réduits du modèle du bassin versant du Sébaou.....	35
Figure 18 : Répartitions mensuelles des précipitations anciennes et récentes données au niveau du bassin versant du Sébaou.....	36
Figure 19 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant du Sébaou..	37
Figure 20 : Distribution des résidus centrés réduits du modèle du bassin versant de la Soummam ( Rive Nord).....	40
Figure 21 : Répartitions mensuelles des précipitations des stations d'Akbou, Bouira et El Kseur.....	41
Figure 22 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant de la Soummam (Rive Nord).....	41
Figure 23 : Distribution des résidus centrés réduits du modèle du bassin versant de la Soummam ( Rive Nord).....	44
Figure 24 : Répartitions mensuelles des précipitations des stations d' Ighil Ali, Tizi N'Bechar et Sour El Ghouzlan.....	45
Figure 25 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant de la Soummam (Rive Sud).....	46
Figure 26 : Capture d'écran montrant l'aspect du fichier vierge.....	49
Figure 27 : Capture d'écran montrant l'aspect du fichier exécuté.....	49

## Liste des tableaux.

Tableau 1 : Variation de la vitesse du vent à Riso.....	09
Tableau 2 : La décroissance de la pression atmosphérique selon l'altitude.....	11
Tableau 3 : Caractéristiques des stations météorologiques anciennes situées dans la région. (Seltzer, 1946).....	25
Tableau 4 : Stations climatologique des données récentes.( ONM, ANRH, Meddour, 2010).....	26
Tableau 5 : Données récentes et anciennes de quelques stations.....	27
Tableau 6 : Résultats des tests t pour les valeurs appariées des pluviométries.....	28
Tableau 7 : Pluviométrie et coordonnées géographiques des stations de la zone littorale	29
Tableau 8 : Résultats du modèle pour la station de Béjaia.....	30
Tableau 9 : Résidus du modèle élaboré pour la zone littorale.....	30
Tableau 10 : Répartitions mensuelles de la pluviométrie au niveau de la station de Béjaia.....	31
Tableau 11 : Matrice de corrélation de la répartition mensuelle de la pluviométrie.....	32
Tableau 12 : Répartitions mensuelles des précipitations pour la zone littorale.....	32
Tableau 13 : Pluviométrie et coordonnées géographiques des stations du bassin versant du Sébaou.....	33
Tableau 14 : Coefficients de corrélations partiels pour le modèle du bassin versant su Sébaou.....	34
Tableau 15 : Résultats du modèle pour la station de Tizi-Ouzou.....	35
Tableau 16 : Résidus du modèle élaboré pour la zone du Sébaou.....	35
Tableau 17 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant du Sébaou	36
Tableau 18 : Pluviométrie et coordonnées géographiques des stations du bassin versant de la Soummam.(Rive Nord).....	38
Tableau 18 : Pluviométrie et coordonnées géographiques des stations du bassin versant de la Soummam.(Rive Nord.....	39
Tableau 19 : Coefficients de corrélations partiels pour le modèle du bassin versant de la Soummam ( Rive Nord).....	39
Tableau 20 : Résultats du modèle pour la station de Bouira.....	39
Tableau 21 : Résidus du modèle élaboré pour la rive Nord du bassin versant de la Soummam.....	40
Tableau 22 : Corrélations des Répartition mensuelles des précipitations pour les stations de Bouira, Akbou et El kseur.....	40
Tableau 23 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant de la Soummam (Rive Nord.....	42
Tableau 24 : pluviométrie et coordonnées géographiques des stations du bassin versant de la Soummam.(Rive Sud).....	42
Tableau 25 : Résidus du modèle élaboré pour la rive Sud du bassin versant de la Soummam.....	44
Tableau 26 : Coefficients de corrélations partiels pour le modèle du bassin versant de la Soummam ( Rive Sud).....	44
Tableau 27 : Corrélations des Répartitions mensuelles des précipitations pour les stations de Ighil Ali, Tizi N'Bechar et Sour El Ghouzlan.....	45
Tableau 28 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant de la Soummam (Rive Sud).....	45
Tableau 29 : Equations des modèles élaborés.....	46
Tableau 30 : Répartitions mensuelles des précipitations pour les quatre modèles élaborés.....	47

## Introduction

Dans le domaine du climat, sujet d'actualité et où les facteurs en jeu et les interactions sont multiples et multiformes, au-delà de la connaissance acquise, la disponibilité des données climatologiques reste centrale.

La connaissance du climat méditerranéen est aujourd'hui assez large et en continuel développement. En effet, de nombreux travaux ont été réalisés sur le climat de l'Algérie. On compte parmi eux le travail remarquable de Seltzer (1946), et bien d'autres auxquels nous avons eut accès : (Le Houérou, 1993, 2007 et 2009) ; (Daget, 1977 a et 1977 b) ; (Ozenda, 2002) ou abondamment cités dans la littérature : (Dubief, 1959-1963) sur le climat du Sahara ; (Bagnouls & Gaussen, 1958) ; (Chaumont & Paquin (1971) ; sans oublier les travaux de bioclimatologie réalisés par de nombreux botanistes et phytosociologues : ( Maire, 1926) ; (Ozenda, 1960) ; (Quezel, 1957) ; (Stewart, 1968-1975) et beaucoup d'autres. Dans l'époque récente, quelques travaux universitaires, à notre connaissance, dans le cadre des thèses de doctorats, ont touché au climat par nécessité. C'est le cas des hydrologues, hydrogéologues ou phytosociologues qui ont par exemple travaillé sur les deux bassins versants important de la région Kabyle. Nous citons : (Yacoub, 1985) ; (Djemai, 1985) et (Meddour, 2010). Dans tous les cas de figures, ces auteurs ont eut recours à l'homogénéisation des données climatologiques existantes car, dans l'ensemble, elles restent lacunaires et parfois carrément inutilisables.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre modeste contribution. Notre travail consiste à mettre au point des modèles basés sur les régressions linéaires multiples à travers lesquels on exprimera la pluviométrie en fonction de l'altitude, la longitude et la latitude. A cet effet, nous exploiterons les données climatologiques disponibles aussi bien anciennes que récentes. L'objectif de notre travail est de mettre au point un fichier numérique qui permettra de générer des données pluviométriques. A cet effet nous utiliserons le logiciel « Microsoft Excel ».

Le travail sera présenté comme suit :

Après le premier chapitre consacré à une revue bibliographique sur le climat global en général et méditerranéen en particulier, on présentera dans le deuxième chapitre intitulé : matériels et méthodes, un descriptif détaillé de notre région d'étude et un aperçu sur la méthode à utiliser et les données climatologiques disponibles.

Le troisième chapitre sera dédié aux analyses statistiques, traitements des données et discussions des résultats.

Enfin nous donnerons nos conclusions et perspectives.

## **Chapitre 1 : Généralités sur le climat**

La compréhension des phénomènes exige que soit définie l'échelle de perception qui convient à l'objectif recherché. A cet effet et dans le domaine du climat, la perception des différences à l'échelle globale est assez aisée dans la mesure où les facteurs en cause sont de type planétaire. En effet, le climat régional, domaine méditerranéen inscrit dans le climat tempéré, par exemple, est prédéfini par la forme et la position de la terre dans le système solaire. A une échelle plus réduite, la Kabylie, sujet de notre étude, des paramètres géographiques locaux interviennent comme sources de variations, (relief, présence ou absence de végétation ou d'étendue d'eau libre etc).

L'étude du complexe système climatique fait appel à d'autres sciences dont elle a besoin, on peut en citer : l'océanographie, la géographie, la physique, l'hydrologie, l'informatique et les statistiques. Cette dernière, comme le souligne (Bagayoko, 2008), a beaucoup aidé les climatologues pour une analyse et utilisation rationnelle des données.

A travers cette synthèse nous essayerons de relever l'essentiel des facteurs qui déterminent le climat en général en mettant en relief les paramètres qui ont ou supposés avoir une influence sur notre climat régional.

### **1.1. Définition**

Etymologiquement, le terme climat vient du grec (*Klima*) qui fait référence à l'inclinaison du rayonnement solaire sur la surface de la terre (Foucault, 2009). Aujourd'hui ce terme désigne la série de succession des états de l'atmosphère sur une longue période de temps, au moins 25 à une trentaine d'années, en un domaine spatial déterminé (Godard & Tabeaud, 2006 ; Levêque, 2001).

Il faut distinguer le climat de la météorologie (du grec *meteos*, élevé dans l'air). Celle-ci s'intéresse à la prévision de la variation des paramètres atmosphériques à court terme et à l'échelle locale (Foucault, 2009).

### **1.2. Le climat à l'échelle globale**

On peut imaginer le système climatique, comme un ensemble de variables inter fonctionnelles et une modification d'une ou certaines de ses variables entrainera forcément un changement de tout l'ensemble. En résumé, le climat est constitué d'une part, par une source d'énergie d'origine solaire dont les caractéristiques déterminées par la variations des facteurs cosmiques, et d'autre part, par des interrelations souvent complexes et non étroites entre les

cinq grandes entités naturelles, que sont : l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère, la cryosphère ainsi que l'ensemble des êtres vivants (biosphère). Ces réservoirs redistribuent l'énergie accueillie sur la surface du globe à travers des transferts de mouvements, de masse, de chaleur et de gaz (Bougeault & Sadourny, 2001 ; Gachon, 2000 ; Berger, 1992).

### 1.2.1. Le bilan radiatif de la terre (figure 1)

La quasi-totalité de l'énergie reçue à la surface de notre planète nous provient du soleil. Cependant, un autre flux d'énergie existe, mais à moindre mesure. Il constitue l'énergie géothermique de la terre (Foucault, 2009 ; Godard & Tabeaud, 2006).

L'atmosphère externe reçoit une quantité d'énergie équivalant de  $1\ 376\text{w}/\text{m}^2$  (soit  $2\ \text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ ), cette valeur est désignée par constante solaire. Elle varie légèrement (environ 2%) en fonction de l'activité solaire et de la distance de la terre au soleil (Bacher & *al.*, 2009).

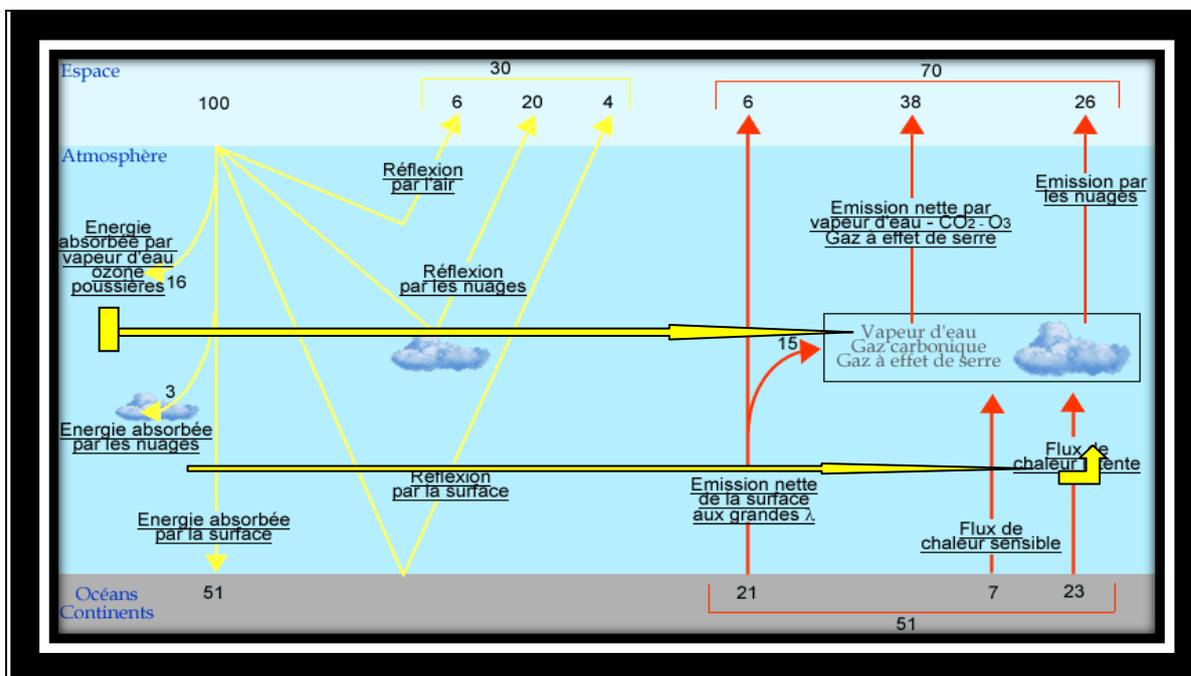


Figure 1 : Bilan radiatif de la terre d'après Daniel, (2003) Les unités sont en Watts.

De l'énergie émise par le soleil, constituée de courtes longueurs d'onde comprises entre  $0.2$  et  $0.4\ \mu\text{m}$  c'est-à-dire de l'ultra-violet au proche infrarouge, le sol ne bénéficie que de la moitié (environ  $344\text{w}/\text{m}^2$ ) dont les longueurs d'onde situées uniquement dans le visible (Levêque, 2001). Les autres radiations sont éliminées lors de la traversée de l'atmosphère par le rayonnement solaire ce qui l'affaiblit, comme les ultra-violets, à effets mortels, détruits par l'ozone ( $\text{O}_3$ ).

Sur 100 Watts (W.) au mètre carré, environ 19 W. de la proportion d'énergie est absorbée par l'atmosphère, vapeur d'eau, ozone, poussières et nuages (Bacher & *al.*, 2009). Une autre part d'énergie, 30 W. est renvoyée vers l'espace dont environ deux tiers (20 W.) par les nuages (Foucault, 2009), de ce fait, on comprend le rôle important de la nébulosité dans la variation du rayonnement globale et la détermination du climat d'un lieu. Par ailleurs, le rayonnement global qui atteint le sol n'est pas totalement absorbé, une partie sera réfléchi vers l'espace et donc perdue par le système sol-atmosphère. Cette énergie réfléchi est connue sous le nom d'albédo, sa valeur dépend de la nature et de la structure de la surface réfléchissante (Godard & Tabeaud, 2006) Ainsi seul une partie de l'énergie est absorbée par la surface terrestre soit 51 W.

Parallèlement aux courtes radiations émises par le soleil, la surface terrestre réémet de l'énergie dans les grandes longueurs d'ondes, c'est ce qu'on appelle l'infrarouge thermique (Bacher & *al.*, 2009).

L'énergie calorifique réémise est le moteur du déroulement des différents mécanismes naturels comme l'évapotranspiration, processus impliqué dans le cycle de l'eau, qui nécessite des quantités importantes d'énergie calorifique. Le processus consomme environ 23W. d'énergie absorbée par la surface du globe. Le reste, soit 28 W. contribuent à l'apparition des courants de convection et des émissions directes dans l'atmosphère et l'espace (Figure 1).

Sur les 51 W. réémis, 45 W. partent vers l'atmosphère et s'ajoutent aux 19 W. qu'elle absorbe directement en courtes longueurs d'ondes. Ce qui accroît le flux thermique interne de l'atmosphère ; c'est ce phénomène de forçage qui génère l'effet de serre.

En plus de l'effet albédo, la distribution de l'énergie ainsi reçue sur la surface terrestre est fonction de l'écliptique de la terre et l'inclinaison de son axe de rotation. L'énergie acquise à chaque point du globe diffère. Elle est maximale au niveau des basses latitudes et minimale dans les zones polaires. De ce fait, deux grands mouvements en perpétuel fonctionnement, atmosphérique et océanique, naissent pour rétablir l'équilibre non seulement des températures, mais aussi de pression entre les régions déficitaires et les régions excédentaires. Ils transportent ainsi l'énergie des régions sources vers les régions puits (Foucault, 2009).

### **1.2.2. L'atmosphère et sa circulation**

L'atmosphère est une mince couche d'air qui entoure le globe de quelques kilomètres d'épaisseur (Felous, 2002 ; Villeneuve, 1980 ; Gemenne & *al.*, 2006). En terme de volume,

elle est constituée de 78% d'azote, 21% d'oxygène et 0.03 % de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). Elle renferme aussi d'autres gaz rares, tels que : l'argon, l'hélium, le néon et le krypton. Elle contient aussi de l'eau dont la proportion varie de 1 à 5% et des particules solides ou liquide en suspension représentées par les aérosols (Philippon, 2007).

En allant du bas vers le haut, l'atmosphère n'est pas homogène par sa composition et ses propriétés mais elle présente une certaine hétérogénéité, ce qui la divise en strates de quelques kilomètres chacune (figure 2). Ces couches se distinguent couramment à l'aide du critère des fluctuations thermiques en fonction de l'altitude. La couche inférieure, dénommée stratosphère, est la plus intéressante en terme de climatologie, car elle abrite la majorité des phénomènes liés à la météorologie comme elle comprend aussi la moitié de la masse totale de l'atmosphère. Son épaisseur se situe entre 18 km. à l'équateur et 7 km. aux pôles. La tropopause constitue sa limite supérieure, au delà de laquelle commence la stratosphère, entre 15 et 50 km d'altitude. Les couches qui se succèdent après sont respectivement : la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère, elles sont moins intéressantes sur le plan climatique à cause de la raréfaction de l'air et la disparition de l'eau (Guyot, 1999 ; Foucault, 2009).

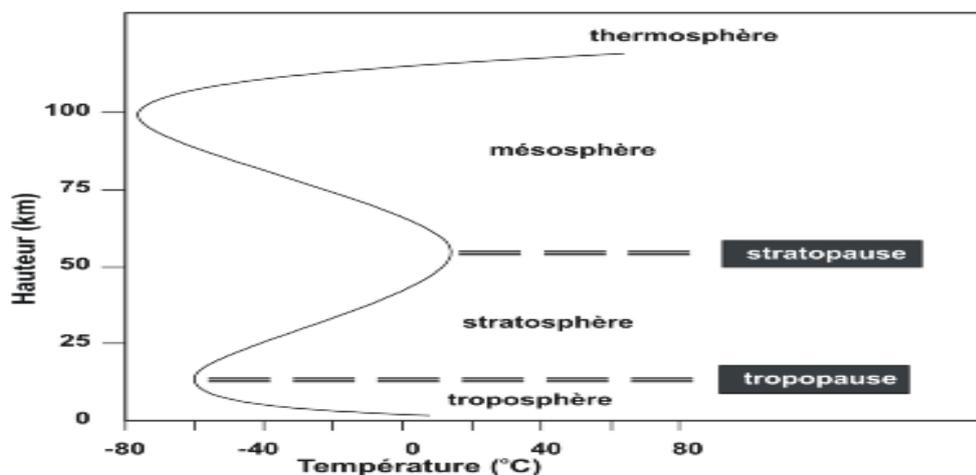


Figure 2 : Les différentes couches atmosphériques (Daniel, 2003).

### 1.2.2.1. Les mouvements de l'air et la pression atmosphérique

L'atmosphère exerce une force par unité de surface appelée pression atmosphérique. Sa différence sur le même plan horizontal, fait apparaître le vent qui se déplace suivant le gradient de pression, des hautes pressions vers les basses pressions (Godard & Tabeaud, 2006). Les deux paramètres : la densité de l'air et la valeur de l'écart de pression déterminent sa vitesse tandis que sa trajectoire est déviée sous l'influence d'une force dénommée force de

Coriolis, résultant de la rotation de la terre sur elle même, de telle sorte que, dans l'hémisphère nord, l'air est dévié vers la droite de sa trajectoire et à gauche de celle-ci dans l'hémisphère sud. Cette force de déviation est proportionnelle au sinus de la latitude, donc elle s'annule à l'équateur (sinus 0 égale 0) et maximale aux pôles (sinus 90° égale 1). Seuls les vents qui soufflent sur de petites distances échappent à cette puissance, comme les vents locaux (brise de mer et brise de terre) (Godard & Tabeaud, 2006). Des mouvements verticaux, liés au bilan radiatif, sont associés à ces mouvements horizontaux : l'air chaud de faible densité a tendance à remonter, c'est le phénomène de convection thermique (Levêque, 2001).

La circulation générale atmosphérique, est responsable de la redistribution de 60% d'énergie reçue sur terre. Elle se structure en trois cellules dites de convections disposées en bandes selon les latitudes (figure 3) : la cellule de Hadley entre l'équateur et environ 30° Nord ou Sud, la cellule de Ferrel entre 30° et 60° Nord ou Sud et la cellule polaire.

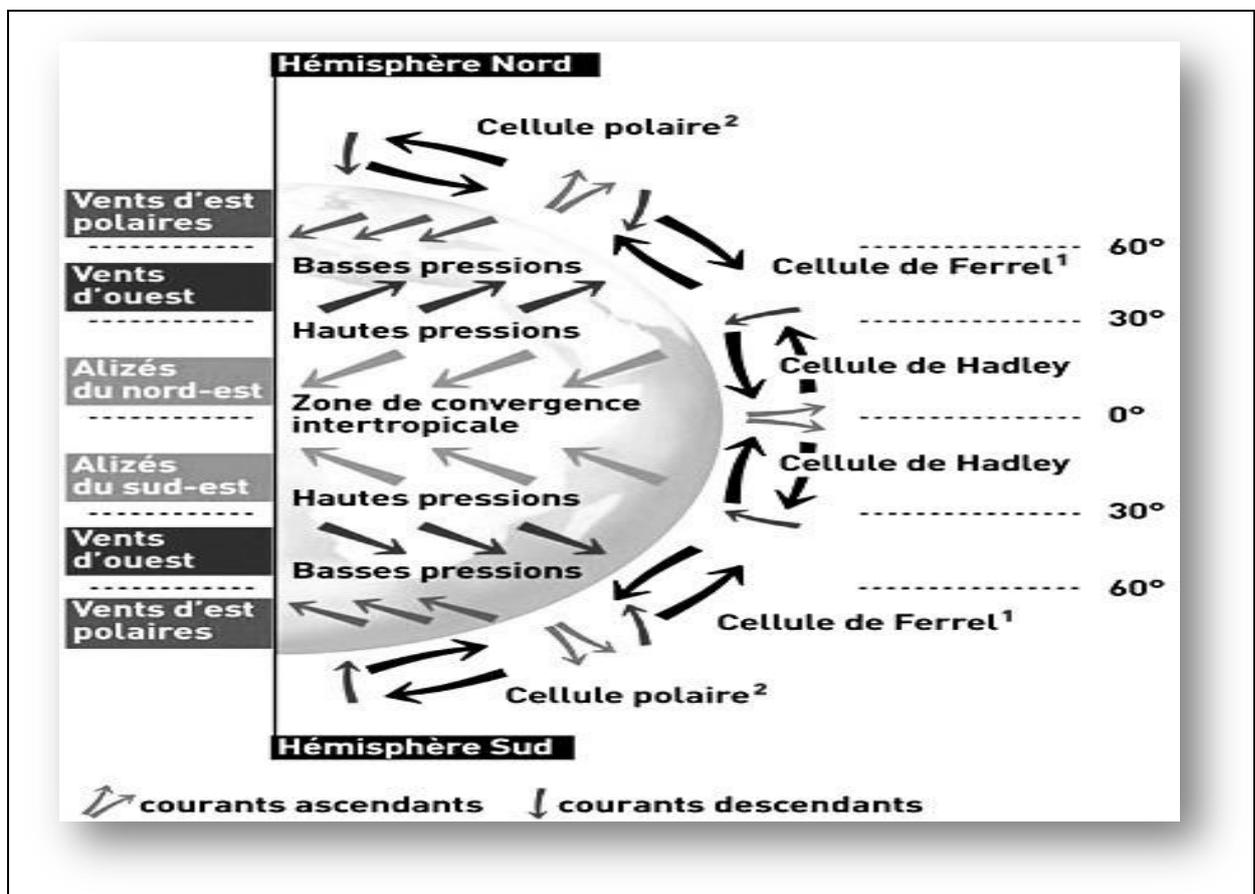


Figure 3 : La circulation générale atmosphérique (Godard & Tabeaud, 2006).

Les moyennes latitudes, entre 30° et 60°, sont caractérisées par des conditions climatiques différentes. C'est à ce niveau que l'air froid venant des hautes latitudes, rencontre l'air chaud tropical. Se sont les vents d'ouest qui dominent dans ces régions (Chapel & al., 1996).

### 1.2.3. La circulation générale océanique

Tout comme les vents, qui transportent l'énergie des basses vers les hautes latitudes, l'océan est un élément majeur du système climatique. C'est un puissant régulateur thermique (Merle, 2006). Il est capable de transporter la chaleur sur de très longues distances (Levêque, 2001). Ce transport est assuré par les courants de surfaces ainsi que par la circulation thermohaline (Bougeault & Sadourny, 2001).

Les courants marins sont influencés dans une grande partie par la circulation générale atmosphérique. Ils redistribuent environ la moitié de l'énergie reçue sur la surface du globe. En transportant de la chaleur, l'océan contribue à son tour à la modification du régime des vents. Les dynamiques des deux circulations sont ainsi intimement liées.

Sous l'influence du vent et les propriétés de l'eau, notamment sa densité, sa salinité ainsi que sa température, des courants marins, verticaux et horizontaux, se créent, formant un vrai tapis roulant qui parcourt les trois océans (figure 4).

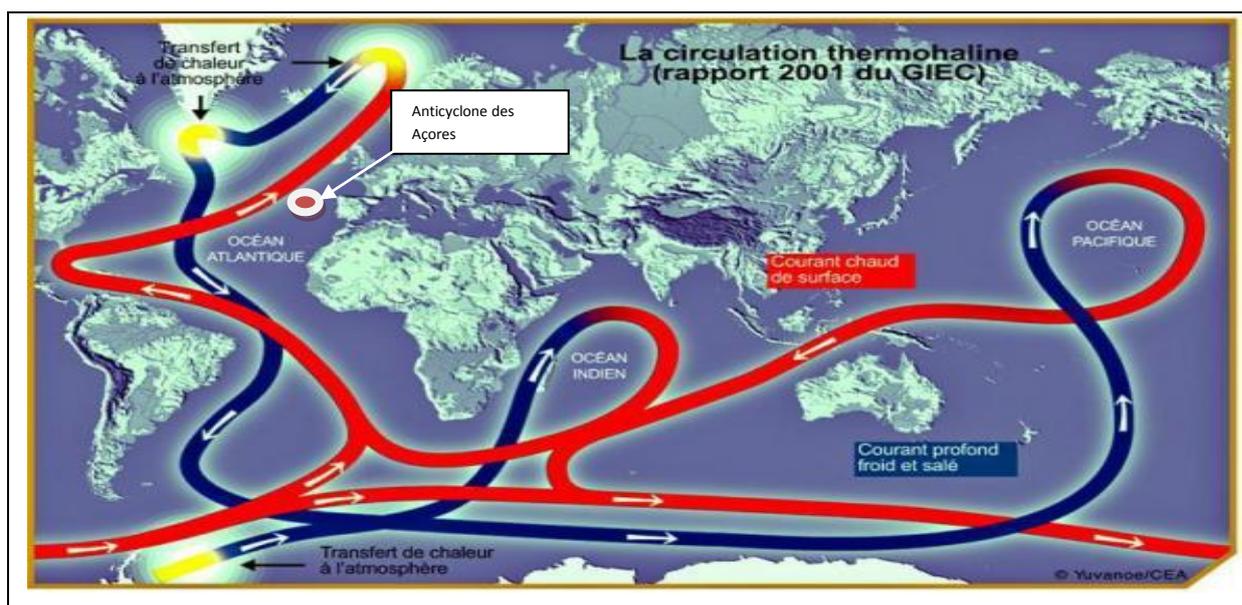


Figure 4 : la circulation générale océanique (Rapport du GIEC 2001).

La pompe de ce tapis roulant se trouve au niveau de la mer de Norvège, du Groenland et de la mer de Labrador, à la limite des glaces de mer, l'eau de surface se refroidit et devient plus dense. Elle plonge d'avantage par gravité jusqu'à des profondeurs allant de 2 000 à 3 000 m (Voituriez, 2012). Elle commence un long parcours vers le sud dans les profondeurs de l'Atlantique, contourne le Cap de Bonne Espérance et descend jusqu'à 60° de latitude sud en rejoignant le courant circumpolaire antarctique tournant d'ouest en Est. Au cours de ce long trajet, l'eau se mélange et ses caractéristiques évoluent. L'eau profonde continue son chemin

vers l'Est au fond de l'océan Indien et l'océan Pacifique. En se réchauffant au niveau de ces deux océans, l'eau va alors remonter lentement en surface. Les courants chauds de surface poursuivent leur parcours, ils passent entre les îles indonésiennes, traversent l'océan Indien, contournent l'Afrique puis remontent tout l'Atlantique. C'est dans cet océan le mieux étudié que se retrouve le Gulf Stream qui longe la côte nord américaine puis s'infléchit vers le milieu de l'Atlantique Nord pour se diviser et plonger à nouveau au niveau de la mer de Norvège (Chapel & al., 1996). Ce courant marin confère à l'Europe atlantique un climat beaucoup plus tempéré qu'il ne devrait l'être compte tenu de la latitude (Ramade, 2009).

### **1.3. Le climat à l'échelle locale**

#### **1.3.1. L'influence du relief**

De part la variation remarquable de ses éléments, le relief modifie considérablement toutes les variables climatiques. Il exerce son action sur les températures, les précipitations, la pression, le vent et sur les radiations solaires.

Les climats locaux particuliers ne sont que le résultat de son action multiple. Elle se manifeste de deux manières différentes :

- **Différence de la rugosité d'un lieu à l'autre** : c'est la différence de surface d'un lieu à l'autre.
- **Variation de l'altitude** : l'altitude entraîne des transformations considérables sur chacun des facteurs climatiques selon le degré de dénivellation tout en tenant compte de :
  - ✓ L'exposition par rapport au soleil et aux vents dominants ;
  - ✓ L'emplacement par rapport aux reliefs environnants ;
  - ✓ La situation par rapport à l'ensemble montagneux.

##### **1.3.1.1. La rugosité**

C'est la couche inférieure de l'atmosphère qui est sensible à l'action de la surface terrestre. Sa hauteur varie entre :

- 500 et 800 mètres généralement au-dessus de la mer ;
- 1 500 à 2000 mètres, exceptionnellement 3 000, sur les continents.

Au delà de la limite de cette couche, le vent circule suivant le gradient de pression. Au-dessous, l'action du sol transforme fortement la masse d'air. L'humidité, la température, la direction et la vitesse du vent sont modifiées.

### a- La force de frottement

Elle est d'autant plus faible que la surface est homogène. Sur mer, elle est essentiellement liée à la vitesse du vent et à la hauteur des vagues. Elle est très réduite suite à l'uniformité de la surface des mers, mais elle peut doubler ou carrément quadrupler dans le cas des tempêtes violentes. Sur terre, divers éléments comme la végétation, les édifices et surfaces plus ou moins ondulées agissent pour augmenter le degré de la rugosité et donc la force de frottement.

Selon Essourrou ((1981), le passage d'une surface aplanie basse à un relief plus ou moins élevé, son action peut être multipliée par les coefficients suivants :

- d'une surface aplanie basse, à un relief peu élevé :  $\times 2$  ;
- d'une surface aplanie basse, à une montagne moyenne :  $\times 4$  ;
- d'une surface aplanie basse, à une haute montagne :  $\times 7$
- d'une surface aplanie basse, à l'Himalaya :  $\times 8$ .

### b- Action sur la vitesse et la direction du vent

La vitesse du vent tend à diminuer à mesure que l'on se rapproche du sol. Ce phénomène s'accroît quand la rugosité augmente. Un vent de 5m/s du sol, rencontrant un petit obstacle de 3m, verra sa vitesse diminuer de 2.8m/s.

Une étude effectuée à Riso, au Danemark illustre l'influence de la rugosité sur la vitesse du vent. Trois mâts de 12 m de haut, permettant des mesures à divers niveaux, ont été dressés pour étudier les effets sur le vent d'un changement brutal de la rugosité. La distance entre le premier (en mer) et le deuxième mât est de 53m, entre le second et le troisième, 124m. (Peterson & al ., 1976 in Essourrou, 1981).

Tableau 1 : Variation de la vitesse du vent à Riso.

Hauteur au-dessus du sol	Mât1 (m/s)	Mât2 (m/s)	Mât3 (m/s)
1 mètre	5.32	4.36	4.21
2 mètres	5.57	5.22	4.75
5 mètres	6.08	6.42	5.72
12 mètres	6.49	6.81	6.61

On remarque que le changement soudain de la rugosité entre la mer et la terre ainsi que le rapprochement du sol, font que la vitesse du vent diminue d'une manière très nette : 1.2 m/s entre 12 m et 1 m au mât1. Elle est de 2.4 à 2.5 m/s aux deux autres mâts plus éloignés de

la mer. L'affaissement le plus remarquable apparaît à 1 m du sol entre les mâts 1 et 2, à 5 m entre les points 2 et 3.

Une partie de la masse d'air qui aborde un obstacle grimpe la dénivellation tandis que l'autre partie est acheminée suivant le talus. La canalisation du vent est inversement proportionnelle à l'angle que forme la direction de la masse d'air avec le talus. Plus l'angle est petit plus la canalisation est assurée. Ceci entraîne une diminution légère de la nébulosité et la quantité moyenne annuelle des précipitations décroît.

### **c- Action sur l'humidité et les précipitations**

Pour comprendre l'action de la rugosité sur les précipitations il faut d'abord connaître le mécanisme de formation des précipitations, mécanisme par ailleurs devenu une connaissance générale que partagent tous les auteurs sans distinction. L'atmosphère est caractérisée par la présence de noyaux de condensation de différentes natures :

- Noyaux neutres : poussière d'origine diverses, cendre volcanique, débris végétaux (pollen), petites particules hygroscopiques de sel marin qui sont surtout abondants dans les deux ou trois premiers kilomètres de l'atmosphère.
- Des particules électrisées : Ces ions, présents partout, s'unissent aux ions neutres pour former de gros ions.

C'est autour de ces noyaux que les gouttelettes d'eau se forment progressivement, jusqu'à atteindre un seuil critique à partir duquel elles finissent par tomber.

Lorsque l'air remonte, il se détend et se refroidit. Son humidité relative augmente et atteint son niveau de saturation. L'ascendance de la masse d'air provoque l'activité d'un grand nombre de noyaux de condensation, les gouttelettes d'eau deviennent lourdes, la pluie se déclenche ainsi avec une forte intensité. Les pluies diminuent légèrement et lentement quand la différence de rugosité est faible. Au niveau des creux les pluies s'abaissent brutalement. L'accroissement des précipitations revient ensuite lorsque la masse d'air aborde un nouveau relief, mais à altitude égale, la quantité de pluies reçue est moindre, à cause de la perte d'une quantité d'eau par évaporation au cours du trajet parcouru (Essourrou, 1981).

### **1.3.2. Les transformations du climat selon l'altitude**

Il est très connu que la température, variable climatique d'importance majeure, diminue avec l'altitude de l'ordre de  $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ , les autres variables aussi subissent des modifications souvent importantes (Essourrou, 1981).

### 1.3.2.1 La diminution de la pression et ses conséquences sur le rayonnement global

La pression atmosphérique est l'élément essentiel qui conditionne tous les autres en altitude. La pression diminue à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. Cette décroissance est liée à la baisse de l'épaisseur de l'atmosphère en altitude ainsi qu'à la diminution de la densité de l'air. Le tableau ci-dessous montre cette baisse à différentes altitudes.

Tableau 2 : La décroissance de la pression atmosphérique selon l'altitude (Dajoz, 2006).

Altitude (m)	Pression atmosphérique en mm de mercure
0	760
1 000	674
2 000	595
3 000	520
4 000	468
5 000	398
6 000	346
7 000	280
10 000	180

Les couches supérieures de l'atmosphère terrestre sont caractérisées par la raréfaction de l'eau et la réduction de la quantité des aérosols qui ont la faculté d'absorber une partie du rayonnement solaire incident (Essourou, 981). C'est pour cette raison que celui-ci augmente intensivement au niveau des hautes altitudes (Ozenda, 2002). Cette intensification est due aussi à l'absence de la nébulosité et les rayonnements qui arrivent perpendiculairement aux pentes, surtout au niveau des régions tempérées. Selon Dajoz (2006), ce n'est pas seulement l'intensité du rayonnement qui change avec l'altitude mais sa nature aussi. En effet, elle est plus riche en ultra-violet et en infrarouge.

### 1.3.2.2. La baisse des températures

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que le rayonnement direct augmente en altitude à cause des caractéristiques particulières de l'air. Ce sont ces mêmes caractéristiques qui sont responsables de la baisse des températures à force qu'on monte en altitude. La vapeur d'eau, les poussières et les différents gaz atmosphériques absorbent peu le rayonnement solaire de courtes longueurs d'onde et le réémettent sous forme de chaleur.

Au niveau des basses couches de l'atmosphère les taux de ces éléments sont très importants et participent mieux à l'élévation des températures.

Le rayonnement direct est donc plus intense en altitude et le rayonnement infrarouge qui est une source de chaleur est élevé au niveau de la mer ou basses altitudes.

Toutes ces conditions expliquent pourquoi la température diminue avec l'altitude, en moyenne  $0.5^{\circ}\text{C}$  à  $0.6^{\circ}\text{C}$  par 100 m (Essourrou, 1981). Cette chute correspondrait aux latitudes tempérées de l'hémisphère nord à un déplacement de 800 km vers le nord. (Ricklefs & Miller, 2005).

### **1.3.2.3. Les vents locaux et leurs conséquences sur les précipitations**

Face à une montagne, la masse d'air peut subir différentes modifications. Elle grimpe le long de la pente, elle se refroidit, sa vitesse augmente et son humidité croît. La condensation survient à une certaine hauteur suivie par des précipitations. De l'autre côté de la montagne c'est le contraire de ces phénomènes qui aura lieu. Après la perte de son humidité l'air devient sec, il se réchauffe sous l'action de sa descente : c'est l'effet de Foehn.

Le versant exposé au soleil, l'*adret*, reçoit beaucoup plus d'énergie et de chaleur par rapport au versant caché, l'*ubac*. De ce fait les gradients thermiques et pluviométriques altitudinaux sont différents selon l'exposition des versants. Les précipitations sont plus abondantes sur les versants exposés aux vents froids et humides et, suite à l'intensification de la chaleur, les adrets sont caractérisés par un degré souvent élevé de l'évaporation. (Essourrou, 1981).

## **1.4. Le climat de certains reliefs particuliers**

### **1.4.1. Les collines**

Ce type de relief est caractérisé par des altitudes faibles et une forte rugosité. La forte ascendance de l'air ainsi que l'augmentation de son humidité favorisent l'accroissement des précipitations surtout au niveau des premières collines face aux vents pluvieux. La diversité de la végétation dans ces reliefs accroît encore la différence de la rugosité et accentue la multitude des microclimats présents (Essourrou, 1981).

### **1.4.2. Les plaines et plateaux**

Ce sont des paysages qui présentent une grande uniformité sur de vastes étendues. Le vent circule sans aucune gêne avec une grande vitesse, 3 à 5 m/s. La faible rugosité provoque la diminution des précipitations (Essourrou, 1981).

### **1.4.3. Les vallées et les dépressions**

Les dépressions à l'intérieur de la chaîne sont plus sèches et caractérisées par le phénomène de Föhn. L'air est très souvent plus chaud (Essourrou, 1981).

Dans les vallées qui s'ouvrent largement sur la bordure, l'inversion thermique est le phénomène le plus important. La faible vitesse du vent, moins de 3m/s, le plus souvent 1 à 2 m/s à la tombée de la nuit, favorise la stagnation de l'air froid au fond de la vallée. C'est la brise de la montagne. Après le levé du soleil le fond et les parois de la vallée commencent à se réchauffer et des phénomènes convectifs apparaissent en surface. La brise de vallée s'installe, sa vitesse est plus élevée de 4 à 5 m/s.

Les vallées jouent le rôle de couloir en canalisant le vent, mais à condition qu'elles soient d'une largeur de quelques dizaines de kilomètres au moins. Quand la vallée se serre les masses d'air s'accélèrent et une partie grimpe le long des pentes et quand elle s'évase à nouveau les masses redescendent et donnent des ondulations et des courants de retour.

Les inversions thermiques de la nuit ainsi que les eaux de ruissellement qui se rassemblent au niveau des vallées, favorisent la formation des brouillards. Leur épaisseur est en fonction de l'inversion thermique, de la température et de l'humidité (Guyot, 1999).

### **1.5. La végétation**

Le couvert végétal joue aussi son rôle dans la variation du climat à l'échelle locale. Il favorise l'augmentation de la rugosité quand il n'est pas dense ou quand les arbres sont de hauteurs différentes. Par le biais de l'évapotranspiration et de l'albédo la végétation affecte le bilan énergétique. La végétation dense et homogène présente un albédo beaucoup plus important que les surfaces couvertes par une végétation irrégulière et moins dense. En effet, de tels couverts jouent un rôle de piégeage de la lumière, les irrégularités de la surface captent un pourcentage de l'énergie réfléchi. C'est le cas des garrigues ou des forêts composées par des arbres ayant des hauteurs différentes (Guyot, 1999).

### **1.6. Les étendues d'eau**

Ajouté à l'action du relief et celle de la végétation, les étendues d'eau agissent également sur la variation des climats locaux. L'eau a la faculté de se réchauffer et de dégager la chaleur aussi lentement, contrairement au sol et aux rochers. Grâce à cette faculté, les régions situées à proximité des océans, des mers ou des grands lacs sont caractérisées par des étés frais et des hivers relativement doux (Essourrou, 1981).

### 1.7. Le climat méditerranéen

Selon la classification de Köppen le climat méditerranéen est un sous type de climat tempéré. Ce mode de classification est très ancien (1923) mais il demeure très intéressant et largement utilisé jusqu'à nos jours (Foucault, 2009).

Ce type de climat est dit méditerranéen puisqu'il règne autour de la méditerranée. Mais en dehors de cette région proprement dite, des climats similaires existent en Californie, au centre du Chili, dans la province du Cap en Afrique du Sud et dans le Sud-Ouest de l'Australie (Ricklefs & Miller, 2005) (Figure 5). Au total 60 pays sont partiellement ou totalement sous ce type de climat avec une superficie d'environ 15 millions de Km<sup>2</sup> ce qui représente à peu près 12% des terres émergées (Le Houérou, 2007). Les garrigues et les maquis constituent les biomes dominants du climat de type méditerranéen (Ramade, 2009).

Le climat méditerranéen est caractérisé par des hivers doux, humides et des étés chauds et secs (Dajoz, 2006 ; Lionello & al., 2006 ; Lolis & al., 2012 ; Tassin, 2012 ). La limite de ce climat dans le bassin méditerranéen correspond à peu près à celle de l'olivier (Aidoud, 1998, Tassin, 2012). Mais comme l'olivier est cultivé, sa limite d'extension revient aux techniques agricoles et à la conjoncture économique, donc le seul critère discriminant qui individualise le climat méditerranéen reste la sécheresse estivale. Ainsi, pour qualifier un climat de méditerranéen, il faut qu'il satisfasse les deux conditions suivantes :

- l'été est la saison où les précipitations sont moindres,
- les étés sont secs

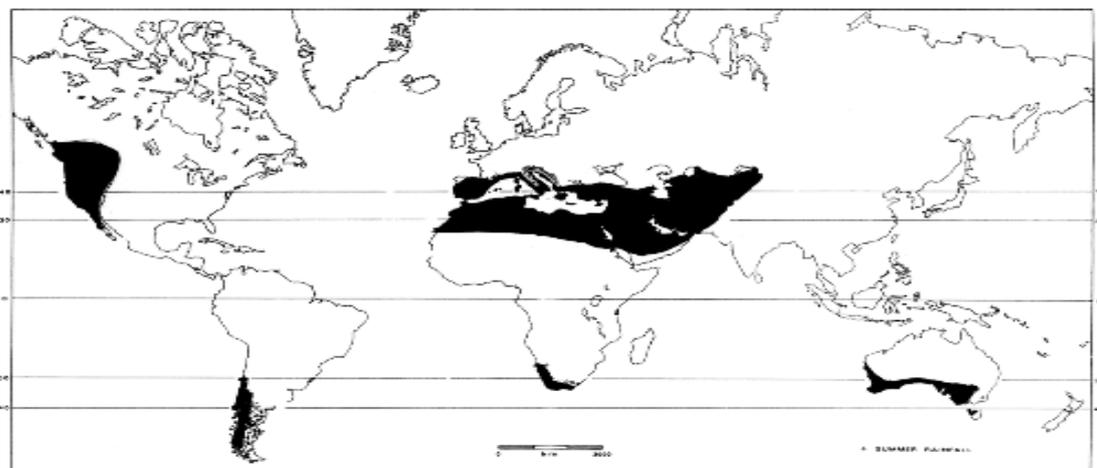


Figure 5 : Distribution mondiale des biomes et bioclimats méditerranéens (Le Houérou, 2007).

Ce climat apparaît comme un climat de transition entre les climats tempérés et les climats tropicaux secs (Salameh, 2008). Dans la région méditerranéenne proprement dite, les principales composantes du système climatique méditerranéen sont la mer méditerranée et l'océan atlantique, ils agissent sur ce climat par le biais de l'évaporation et des échanges de chaleur (Planton, 1998). Cette région est située à la transition des latitudes moyennes soumises à l'Oscillation Nord-Atlantique (NAO) et la zone tropicale. La NAO exerce son influence sur les précipitations d'hiver en méditerranée occidentale, cette action est moins significative pour l'Est et le Sud. Concernant les températures hivernales, le rôle de la NAO n'est pas important dans la méditerranée occidentale et encore plus faible dans la partie orientale (Jalut & *al.*, 2009). L'été est envahi par les hautes pressions subtropicales qui apportent de l'air chaud et sec.

Les températures varient considérablement en fonction de la latitude, de l'altitude et de la continentalité. Ainsi, la température moyenne annuelle peut varier à peu près de 7 °C à près de 30 °C; la moyenne des minima quotidiens du mois le plus froid (janvier) peut varier de - 15 °C à +15 °C et la moyenne des maxima du mois le plus chaud (juillet) peut varier de +15 °C à 45 °C. Les précipitations annuelles sont d'une variabilité plus marquée, elles peuvent mesurer 50mm dans les zones pré-désertiques à plus de 3000 mm sur certaines pentes montagneuses dominant la mer et exposées à la trajectoire des dépressions cycloniques (Skouri, 1994).

Au niveau de la Méditerranée occidentale, l'installation du climat méditerranéen s'est faite d'une manière progressive selon un gradient nord-sud ; dès 10 000 BP (Before Present), entre la latitude 36° et 39° Nord, aux latitudes 39° et 40° Nord le climat devient méditerranéen vers 7 000 BP, et vers 41° Nord avant 5 000 BP. Vers 4 500 et 4 200 BP l'aridité remonte pour atteindre les régions situées entre les latitudes 40° et 44° Nord (Burjacl & Riera, 1995 in Jalut et *al.*, 1997).

Comme souligné avant, tous les auteurs admettent que la sécheresse estivale est le caractère fondamental du climat méditerranéen (Emberger, 1943 in Daget, 1977a). Mais ces mêmes auteurs ont constaté à travers leurs expériences sur le terrain que cette catégorie de climat n'est pas uniforme sur toutes les régions du monde qu'il recouvre. Emberger a confirmé au cours de ses travaux (1930-1971) effectués sur la région que le seul critère commun qui peut déterminer la région méditerranéenne est d'ordre climatique. Cela a conduit les chercheurs à proposer des indices bioclimatiques avec lesquels une subdivision du climat méditerranéen en zones bioclimatiques variées est possible. Les indices les plus employés ont

été établi à base des précipitations et des températures car ce sont les variables les mieux connues et les plus disponibles.

#### **a- L'indice d'aridité de De Martone (1926)**

Cet indice se calcule de la façon suivante :

$$I=P/(T+10)$$

Avec P précipitations totales annuelles en mm et T température moyenne annuelle en °C. L'indice (I) permet de caractériser le climat d'un lieu et de mesurer l'intensité du degré de son aridité (Bouteldjaoui & *al.*, 2012). La valeur de cet indice tend à diminuer quand le climat est plus aride.

#### **b- Le quotient pluviothermique d'Emberger**

Pour l'Afrique du Nord, la méthode consiste à calculer le coefficient d'EMBERGER simplifié par STEWART (1972).

$$Q2= 3.43 * P / (M- m)$$

**Q2** : Quotient pluviométrique

**P** : Précipitation moyenne annuelle exprimée en mm.

**M** : Températures moyennes des maximales du mois le plus chaud en degrés Kelvin.

**m** : Températures moyennes des minimales du mois le plus froid en degrés Kelvin.

Le quotient est d'autant plus élevé que le climat est plus humide (Dajoz, 1996).

#### **c- Le climagramme d'Emberger**

Ce climagramme est une combinaison entre le quotient pluviothermique (Q) et la température moyenne du mois le plus froid (m). Car Emberger s'est très tôt (1930) rendu compte que les informations fournies par le quotient pluviothermique seul ne sont pas suffisantes : avec une valeur égale ou voisine du quotient, des zones sont classées dans des étages bioclimatiques différents. Et pour régler le problème, il a introduit la valeur m pour séparer des étages différents malgré la valeur égale de leurs quotients pluviothermiques. La valeur m est différentielle, elle exprime le degré et la durée de la période critique des gelées. Le climagramme est subdivisé en zones caractérisées par des aridités croissantes de haut en bas. Les étages de végétations ainsi retenus sont : le saharien, l'aride, le semi-aride, le subhumide, l'humide, et le perhumide. Soulignons que ces formes de climats ne sont pas représentées toutes dans l'ensemble des pays à climat méditerranéen. Certains d'entre eux ne présentent qu'une partie des différentes formes (Daget, 1977b).

#### **d- L'indice xerothermique de Gaussen**

C'est un modèle graphique proposé par Gaussen en 1952. Il est facile à présenter et à comprendre, très utile pour représenter et comparer des climats. Il est, largement, utilisé à cause de son efficacité. L'auteur tient compte des précipitations et des températures moyennes mensuelles dans un rapport de 2 °C pour un millimètre de pluie, pour calculer la durée de la saison sèche.

Ainsi, des diagrammes ombrothermique peuvent être tracés après représentation des précipitations et des températures des douze mois de l'année à raison d'une échelle double des précipitations ( $P=2T$ ). La saison sèche apparaît sur le graphique quand la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations (UNESCO-FAO, 1963).

Pour des régions méditerranéennes situées sur le même méridien, l'aridité augmente du nord vers le sud : Marseille (France) avec 3 mois de saison sèche, Touggourt (Algérie) climat désertique, 12 mois de sécheresse (Dajoz, 1996).

L'échelle de classification du bioclimat méditerranéen reste ouverte, selon Le Houérou (2007), si on intègre d'autres éléments ou variables comme les températures maximales du mois le plus froid, le nombre de jours de gel, ou encore la saisonnalité et la variabilité des précipitations, la classification peut changer. Cependant, l'introduction de telle ou telle variable dépendra des conditions locales qui donnent au climat régional sa particularité.

#### **1.8. Synthèse.**

A l'échelle globale que nous venons de traiter en gardant l'essentiel de l'information utile, la circulation atmosphérique et les courants océaniques nous mettent dans la position climatique particulière que nous connaissons. En effet, la cellule de Ferrell, conjuguée avec l'influence du courant du Gulf Stream qui génère l'anticyclone des Açores conditionnent dans une grande mesure le climat de l'Afrique du Nord et par là de notre zone d'étude, particulièrement les précipitations. En effet, ces deux courants atmosphérique et océanique, sont à la base des vents dominants nord-ouest qui sont responsables des précipitations dans notre région.

A l'échelle locale, nous avons essayé de traiter particulièrement le relief qui vraisemblablement joue le rôle prépondérant dans la caractérisation de notre climat. Notre zone d'étude, que nous allons présenter dans le chapitre suivant, présente une topographie très variée. On y trouve trois chaînes de montagnes globalement orientées d'Est en Ouest (les Babors, les Bibans et le Djurdjura). Des reliefs collinéens comme la partie Ouest de la chaîne littorale et les collines de la wilaya de Tizi Ouzou et enfin deux vallées : le Sébaou et la

Soummam. Toute cette variété de reliefs agit, comme nous l'avons décrit précédemment, sur les différents paramètres climatiques particulièrement sur les précipitations et les températures. L'effet foehn caractériserait les versants adrets concernant les précipitations et les températures dans le cas des vallées en provoquant des inversions thermiques et des courants de convection. Nous pensons, à l'instar d'Essourou (1981) que les contrastes de relief constituent l'élément majeur sur la surface des continents pour différencier les climats locaux.

Les limites entre les différentes formes bioclimatiques méditerranéennes distinguées suivant l'application des indices présentés auparavant sont déterminées empiriquement par la distribution de la végétation naturelle, des cultures et des systèmes de production agricoles. Notons que les auteurs de ces travaux sont des botanistes de formation et leurs études ont été basées sur la relation entre la végétation et le climat (Michalet, 1991). De ces indices bioclimatiques on constate que le climat méditerranéen présente une très grande variabilité spatiale.

Par ailleurs, on ne peut éluder la question du dérèglement climatique tant le sujet est d'actualité. Les scientifiques prévoient une augmentation de la température de la planète de 2 à 4°C vers la fin du siècle en cours. Les conséquences désastreuses de cette intervention négative se font déjà ressentir sur tous les coins du globe (Trotignon, 2009). Nous savons que le niveau de mer s'élève et que la neige et les glaciers fondent d'une façon massive (Fellous & Gatier, 2007 ; GIEC, 2001). Et si l'homme n'intervient pas pour limiter ses rejets dans l'atmosphère, des situations plus graves sont prévues et les êtres vivants seront obligés de supporter des catastrophes naturelles de toutes natures, une nouvelle carte de retracement des climats du monde, probablement va s'établir (Fouquart, 2002).

## Chapitre 2 : Matériels et méthodes

L'exploitation des données climatiques dont nous disposons, a pour objectif de modéliser, particulièrement les précipitations, en intégrant un certain nombre de connaissances établies dans le domaine de la climatologie régionale et sur les caractéristiques géographiques et topographiques de notre zone d'étude.

Les paramètres essentiels sur lesquels se fonde notre analyse sont les suivants :

1- La topographie et l'étendue géographique de notre zone d'étude (latitudes et longitudes). D'où **l'intégration de la description de notre zone d'étude dans ce chapitre.**

2- Les différents gradients reconnus comme déterminants du climat méditerranéen à savoir :

- L'augmentation altitudinale des précipitations
- La diminution des précipitations en allant du bord de mer vers l'intérieur des terres (Effet de continentalité).
- La variation des précipitations suivant les longitudes.

Après le choix des variables que nous voulions intégrer dans nos analyses, nous avons fait le choix d'utiliser la modélisation par la méthode des régressions linéaires multiples. L'objectif étant de trouver des équations ou modèles qui exprimeraient la variation de la pluviométrie en fonctions de trois variables. (Altitude, longitude et latitude).

$$Y = Cte + A X_1 + B X_2 + C X_3$$

Y est la pluviométrie, elle représente la variable expliquée.

$X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$  représentent respectivement les variables explicatives (Altitude, longitude et latitude).

Il convient de noter que les longitudes et latitudes sont exprimées en degrés décimaux. L'utilisation du système sexagésimal habituel ne peut être pris en charge par le calculateur. En effet, le logiciel considère, par exemple la longitude 36°20'30'' N, plutôt comme un texte que comme un chiffre d'où la conversion de ce paramètre en degrés décimaux, ce qui donne : 36.3350 N. Pour obtenir les coordonnées d'un site en système décimal, il suffit d'effectuer les réglages nécessaires sur le GPS ou sur Google earth.

A, B et C et Cte sont les coefficients obtenus dans les cas de la régression multiple

Le modèle s'écrira sous la forme :

$\text{Pluviométrie} = Cte + A \text{ altitude} + B \text{ longitude} + C \text{ latitude.}$
--

Une fois les différents modèles mis au point, nous avons construit un fichier numérique qui donne automatiquement la pluviométrie de n'importe quel site pour peu qu'on connaisse ses coordonnées géographiques (altitude, latitude et longitude).

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé les logiciels Excelstat, Microsoft Excel et Google Earth Pro.

### 2-1- Description de la zone d'étude

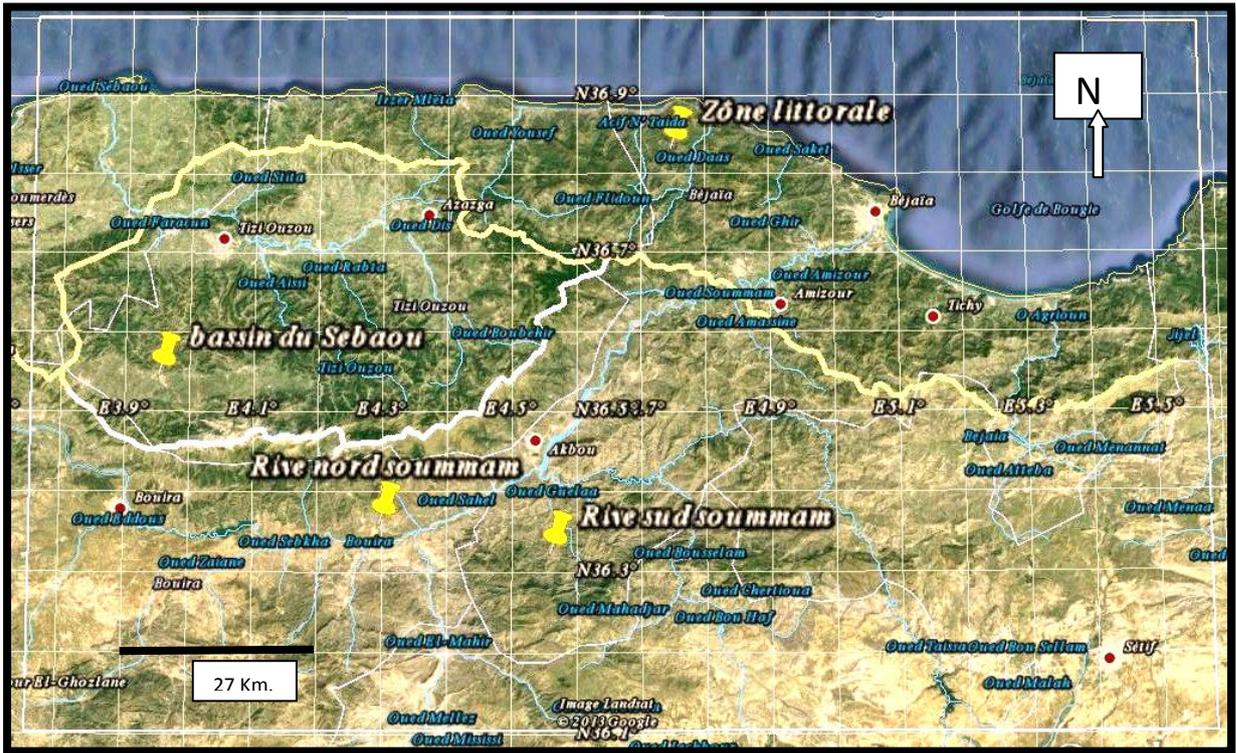


Figure 6 : Photo satellite de la zone d'étude.

Notre étude couvre l'espace situé entre la latitude 36 nord et le rivage de la mer méditerranée, et entre les longitudes 3,75° E et 5,58° E. Cet encadrement englobe l'intégralité des wilayas de Tizi Ouzou et Bejaïa, majoritairement la wilaya de Bouira et très partiellement les wilayas de Jijel à l'Est, Setif et Bourdj Bou-Arredj au Sud et Boumerdes à l'Ouest (Figure 6).

Nous remarquons que la résolution de la photo satellite est de qualité insuffisante. La perte des détails tient du fait qu'à l'origine, les dimensions réelles de la photographie, enregistrée sur Google earth pro V. 7.1, est de 1,80 mètres de largeur sur 1,20 mètres de hauteur. La réduction du format nous fait perdre des détails importants. Afin de rendre lisible cette photographie, nous avons esquissé une carte, presque à la même échelle, où nous

apercevons aisément l'essentiel des repères tels que villes importantes, chaînes de montagnes et réseaux hydrographiques (Figure 7).

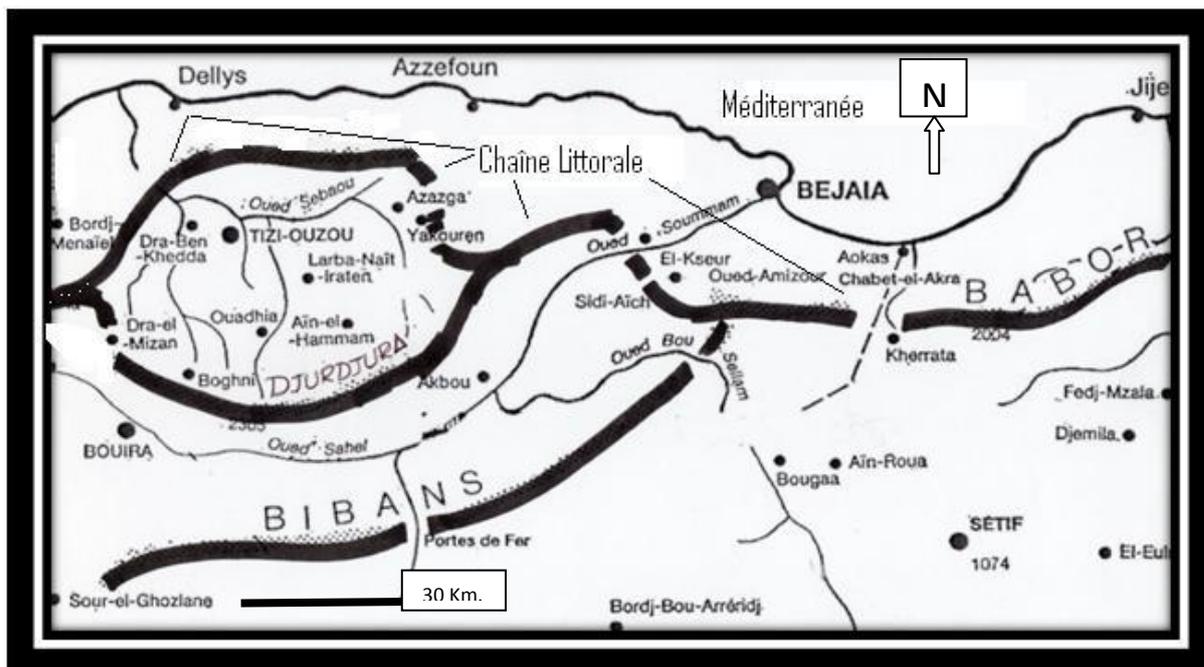


Figure 7 : Carte simplifiée de la zone d'étude.

## 2-1-2- Topographie de la zone d'étude

La zone d'étude est chevauchée par plusieurs chaînes de montagnes ou de collines orientées, pour l'essentiel, d'Est en Ouest. Celles-ci nous ont permis de délimiter trois zones importantes d'un point de vue topographique.

### 2.1.2.1. La zone littorale

Elle est imbriquée entre le rivage de la mer Méditerranée au Nord et la succession, au Sud, de plusieurs reliefs collinéens ou montagneux, orientés d'Est en Ouest. Elle s'étend depuis la limite Est de la wilaya de Boumerdes jusqu'à la wilaya de Jijel, voire plus loin, de la wilaya de Mila (figures 6 et 7). La chaîne littorale limitant au Nord le bassin versant du Sébaou dans la wilaya de Tizi Ouzou, fait jonction avec la chaîne du Djurdjura au niveau du massif de l'Akfadou. De là, elle s'étend vers l'Est sur le territoire de la wilaya de Béjaïa jusqu'au massif de Toudja. En passant plus à l'Est on retrouve la limite Nord-Est de la chaîne des Bibans qui fait jonction avec la chaîne des Babors qui s'étend vers l'Est sur les territoires des wilayas de Jijel et de Mila.

La délimitation de cette zone, illustrée en trait jaune sur la photo satellite et en trait noir épais sur l'esquisse, est faite principalement en suivant la ligne de partage des eaux et par

là du réseau hydrographique. L'ensemble des Oueds ou Thalwegs traversant cette zone se jettent directement dans la mer sans constituer de grands bassins versants.

Le profil topographique suivant montre cette succession de chaînes orientées d'Est en Ouest. On y constate une ouverture à l'Ouest qui correspond au lit de l'oued Sébaou et une autre ouverture à l'Est qui correspond au lit de l'oued Soummam. D'une altitude moyenne de 852 mètres, cette barrière naturelle est longue de 250 kilomètres.



Figure 8 : Profil topographique le long de la chaîne littorale.

### 2.1.2.2. Le bassin versant du Sébaou

Ce territoire est encadré entre la chaîne littorale au Nord et le Djurdjura au Sud. A l'Est et à l'Ouest, il est limité par les jonctions des deux chaînes précédentes. Topographiquement, on y trouve une vallée large en moyenne de cinq à six kilomètres, qu'on dénomme le Moyen et Bas Sébaous, qui va depuis le village de Sidi Naâmane à l'Ouest jusqu'à Azazga à l'Est. Au Sud de la dite vallée, s'élèvent un relief collinéens support de la myriade des villages de la wilaya de Tizi Ouzou.

Pour illustrer l'importance de la barrière naturelle orientée d'Est en Ouest qu'est le Djurdjura, nous avons réalisé un profil topographique en suivant la ligne de crête (figure 9). D'une longueur de 107 kilomètres, cette chaîne présente une altitude moyenne de 1542 mètre. Pour avoir une idée du sens de cette valeur, on pourrait considérer, par analogie, le Djurdjura comme un mur de 1542 mètres de haut séparant la wilaya de Tizi Ouzou au Nord des Wilayas de Béjaïa et Bouira au Sud.



Figure 9 : Profil topographique du Djurdjura.

### 2.1.2.3. Le bassin versant de la Soummam.

Il s'étend, globalement sur une vallée, de largeur variable, de Bouira, voire plus loin à l'Ouest jusqu'à Oued Ghir à l'Est. Il est limité au Nord par le Djurdjura et la chaîne littorale et au Sud par la chaîne des Bibans qui s'étale jusqu'au Hauts Plateaux des Wilaya de Sétif et Bordj Bou-Arredj.

Le profil topographique suivant, orienté Nord-Sud, montre les deux chaînes du Djurdjura au Nord et celle des Bibans au Sud séparées par une dépression qui correspond à la vallée de la Soummam au niveau du méridien 4.20 °.



Figure 10 : Profil topographique Nord-Sud le long du méridien 4.20 °E.

### 2.1.2.3. Synthèse

Les descriptions précédentes révèlent une succession de chaînes de montagnes orientées généralement d'Est en Ouest. En allant du Nord au Sud, on trouve successivement dans la partie Ouest de notre zone d'étude : la chaîne littorale, la vallée du Bas Sébaou, les collines de moyennes altitudes, le Djurdjura, la Vallée de la Soummam et la chaîne des Bibans (Figure 10).



Figure 11 : Profil topographique Nord-Sud le long du méridien 4.60 ° E.

Plus on se dirige vers l'Est on constate un rétrécissement progressif des deux vallées (Sébaou et Soummam) ce qui se traduit par la jonction, au Nord, du Djurdjura et de la chaîne

littorale, au Sud, par la jonction des Bibans aux Babors. Le profil topographique orienté Nord-Sud le long du méridien 4.60° (figure 11), illustre la jonction de la chaîne du Djurdjura et de la chaîne Littorale pour n'en former qu'un seul massif. Ce qui se traduit par une transition directe de la zone littorale vers le bassin versant de la Soummam. On remarque plus au Sud (côté droit du profil) l'augmentation de l'altitude traduite par la jonction des Bibans et des Babors.

A l'extrême Est de notre terrain, nous assistons à une transition, sans vallée encaissée, de la zone littorale vers les Hauts Plateaux (figure 12). On constate qu'au-delà des Babors dont le versant Nord donne directement sur la mer Méditerranée, le versant Sud s'ouvre directement sur les Hauts plateaux.



Figure 12 : Profil topographique Nord-Sud le long du méridien 5.25°E.

En somme, compte tenu de leurs orientations spatiales, leurs étalements en longitudes et en latitudes et leurs altitudes relativement élevées, les reliefs montagneux conditionnent dans une très large mesure le climat régional et les variations que celui-ci peut subir aux échelles plus réduites. C'est ce à quoi nous allons nous intéresser dans le chapitre suivant.

## 2.2. Nature et qualité des données climatiques disponibles.

Globalement la plus part des études climatologiques réalisées ont pour base documentaire ou archives les données issues de plusieurs organismes ou origines. Nous distinguons à cet effet les données anciennes et les récentes.

**2.2.1. Les données anciennes** : Elles remontent à l'époque coloniale. Dans l'ensemble, on les retrouve compilées et traitées dans l'ouvrage référence de **P. Seltzer (1946)** sur le climat de l'Algérie.

**2.2.2. Les données récentes** : Elles correspondent à la période de l'Algérie post Indépendance. L'Office National de Météorologie (ONM), Algérie, L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) détiennent l'essentiel sinon l'intégralité des données relevées. Par ailleurs, des thèses et autres travaux universitaires comportent parfois des données détaillées pour certaines localités (Annexe :Tableau A03).

Tableau 3 : Caractéristiques des stations météorologiques anciennes situées dans la région (Seltzer, 1946).

Stations	Longitude	Latitude	Altitude(m)	Durée des mesures	Page
Aghrib	4,317	36,317	730	1923-1938	137L
Ain-Ourcinef	5,133	36,683	300	1914-1938	122 L
Alger Port	3,067	36,783	13	1913-1938	131C
Alger Université	3,050	36,767	59	1913-1938	132C
Béjaïa (ex. Bougie)	5,083	36,750	9	1913-1938	132 C
Bordj-Ménail	3,717	36,733	39	1913-1938	132Q
Bouzaréa	3,017	36,300	314	1913-1938	131C
Cap Afiah	5,700	36,317	12	1913-1938	132C
Cap Bengut	3,883	36,917	36	1913-1937	132Q
Cap Matifou	3,250	36,817	62	1913-1938	132Q
Cap Sigli	4,767	36,900	35	1913-1938	132 C
Jijel	5,783	36,817	6	1913-1938	132C
El-Kseur	5,850	36,683	85	1915-1938	132 L
Elma-Hachech	4,033	36,700	601	1914-1938	132L
Ménirville	3,567	36,733	150	1913-1938	132C
Oued-Marsa	5,250	36,633	60	1926-1938	132L
Taher	5,898	36,774	52	1914-1938	132Q
Tifra Mizrana	4,167	36,850	350	1921-1938	132L
Tigzirt	4,117	36,867	100	1924-1938	132L
Azazga	4,366	36,750	433	1921-1938	137L
Béni-Slimane	3,300	36,233	600	1920-1938	136L
Fort -National	4,200	36,633	930	1913-1938	137Q
Ighil-Imoula	4,033	36,550	688	1925-1938	137L
Michelet	4,300	36,583	1100	1916-1938	137L
Mirabeau	3,950	36,733	48	1914-1933	137L
Tizi Ouzou	4,050	36,717	233	1913-1916	137L
Yakouren	4,450	36,750	825	1914-1938	137L
Ain-Aoua	5,183	36,333	1100	1927-1937	138L
Ain-Bessam	3,7	36,297	678	1914-1938	138L
Akbou	4,533	36,467	240	1914-1938	137 L
Arbala	4,783	36,583	700	1924-1934	137 L
Aumale	3,692	36,151	903	1914 1938	137
Bouira	3,917	36,383	531	1913-1931	137C
Guelaâ	4,583	36,300	1 060	1923-1938	137 L
Ighil-Ali	4,467	36,350	650	1924-1938	137 L
Kerrata	5,283	36,500	470	1913-1938	138
Maillot	4,268	36,368	440	1913-1938	138L
Périgotville	5,500	36,367	1020	1927-1938	138L
Seddouk	4,683	36,533	484	1924-1929	137
Sidi Aich	4,700	36,617	95	1913-1938	137L
Texenna	5,800	36,650	725	1914-1938	138Q
Tifra Soummam	4,700	36,667	450	1923-1938	137 L
Tizi n'Bechar	5,367	36,433	900	1924-1938	138L
Bordj-Bou-Arréridj	4,767	36,067	904	1914-1937	140Q
Coligny	5,267	36,183	1017	1913-1938	140Q
Guellal	5,333	36,050	908	1913-1938	140L
Bougaa	5,088	36,332	877	1914-1938	140L
Sétif	5,417	36,183	1081	1913-1938	140Q
Tixter	5,083	36,050	958	1913-1938	138Q

Dans le cadre du présent travail, nous avons essayé d'exploiter aussi bien les données anciennes que récentes. Les tableaux (3 et 4) donnent les références des données utilisées.

Qualité, selon l'auteur Seltzer, des observations des stations décrites ci-dessus :

C / Complet : mesures complètes s'étendant sans interruption sur toute la période de 25 ans (1913-1938).

Q/ Quasi-complètes : mesure presque complètes, lacunes reconstituées par comparaison avec les stations avoisinantes.

L/ Lacunaires : mesures présentant d'importantes lacunes, les moyennes brutes sont ramenées à la période de 25 ans par comparaison avec les moyennes correspondantes.

A/ Annuel : mesures pluviométriques ne s'étendant que sur une partie des 25 ans. On a calculé uniquement les moyennes annuelles de la hauteur de pluie.

B/ Brut : mesures ne s'étendant que sur une toute petite partie des 25 ans. Les données sont des moyennes brutes non ramenées à 25 ans. Elles ne sont donc pas comparées aux autres moyennes et donc données à titre indicatif.

Les chiffres notés dans le tableau correspondent à la page où se trouve chaque type de donnée.

Tableau 4 : Stations climatologiques des données récentes (ONM, ANRH, Meddour, 2010).

		Pluviométrie	
Stations	Altitude (m)	Période	Source
Aghrib	620/730	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Ain el Hammam	1140	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Ain Zaouia	240	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Ait Ouabane	1000	1988-2000	ANRH Tizi Ouzou
Azazga	430	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Béjaïa	09	1973-2012	ONM de Béjaïa
Beni Yenni	760	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Boghni	250	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Bouassem	660	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Bouira	520	1981-2000	ONM de Bouira
Djema Sahridj	450	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Draa Ben Khedda	55	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Draa El Mizan	450	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
El Esnam	450	1981-2000	ONM de Bouira
Fréha	155	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Ighil Imoula	650	1914-1962	Yakoub 1985
Larba Nath Irathen	942	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Makouda	470	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Mchedallah	465	1981-2000	ONM de Bouira
Ouadhia	400	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Sidi Aich	80	1980-1984	Messaoudène 1989
Tala Guilef	1450	1988-2000	ANRH Tizi Ouzou
Tizi Ghenif	370	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Tizi Ouzou	220	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou
Yakouren	820	1973-2000	ANRH Tizi Ouzou

### Chapitre 3 : Analyses et discussions

Comme nous l'avons noté dans la partie relative à la caractérisation de notre zone d'étude, nous distinguons trois ensembles que nous supposons homogènes pour des raisons aussi bien topographiques que climatiques notamment les vents dominants et l'influence des Oscillations Nord-Atlantiques sur la répartition des précipitations en Afrique du Nord (la zone littorale, le bassin versant du Sébaou et le bassin versant de la Soummam.)

Dans un premier temps, pour une meilleure robustesse des modèles recherchés, nous avons recherché à optimiser l'exploitation des données pluviométriques dont nous disposons. Dans ce sens, nous avons précédé à des comparaisons des données anciennes (Seltzer, 1946) à celles récentes obtenues des différentes sources. A cet effet, nous avons pris les stations pour lesquelles nous disposons des deux époques et procédé à des comparaisons. Le tableau suivant comporte les données relatives à ces stations.

Tableau 5 : Données récentes et anciennes de quelques stations.

Stations	Anciennes	Récentes	Rapport	Anc. Corri.
Aghrib	1210	1027,30	0,85	1016,4
Azazga	944	888,10	0,94	792,96
El Esnam	397	326,00	0,82	333,48
fort National/Larba Nath Irathen	1035	819,20	0,79	869,4
Michelet/Ain El Hammam	1149	1072,10	0,93	965,16
Mirabeau/Dra Ben Kheedda	821	651,30	0,79	689,64
Sidi Aich	659	598,00	0,91	553,56
Yakouren	1352	1109,50	0,82	1135,68
Bejaia	972	799,00	0,82	816,48
Tizi Ouzou	893	756,10	0,85	750,12
Bouira	634	430,80	0,68	532,56

Nous avons déterminé les rapports pour chaque station (données récentes/données anciennes). La colonne 4 donne les valeurs de ces rapports. On constate que globalement les données récentes sont plus faibles que celles d'antan. En moyenne, on a assisté à une diminution moyenne de la pluviosité de presque 20%. Au-delà de la question légitime que cette information soulève à propos du changement ou réchauffement climatique, nous avons, dans le souci d'augmenter le nombre de points à corrélérer, ramener les données anciennes au même niveau que les récentes. A cet effet, nous avons déterminé un coefficient de correction qui correspond tout simplement à la moyenne des rapports de la colonne 4.

Le rapport moyen pour la région est de 0,84.

Nous avons multiplié ce rapport de décroissance de la pluviosité toutes les données citées par Seltzer afin de les rendre comparables à celles récentes. Dans le cas des nos stations, les données corrigées sont consignées dans la colonne 5 du tableau ci-dessus.

Pour vérifier la justesse de notre raisonnement, nous avons procédé à une double comparaison, par le test t pour les valeurs appariées, en respectant les conditions d'application du test, en l'occurrence la normalité de distribution des différences. Un premier test (anciennes sans corrections et récentes) puis un deuxième test (anciennes corrigées et récentes). Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 6 : Résultats des tests t pour les valeurs appariées des pluviométries.

N	Comparaisons.	T observé	T	Conclusion
1	Anciennes / Récentes	7.07	2.228	Différentes.
2	Anciennes corrigées/ Récentes	0.11	2.228	Egales.

Cette étape nous permet d'utiliser sans distinction de période toutes les données dont nous disposons en ayant pris la précaution de tenir compte de la décroissance observée de la pluviosité entre la période récente et la période ancienne.

### 3.1. Modélisation pour la zone littorale

Pour compenser le manque de stations à l'intérieur de notre zone d'étude, nous avons pris en considération des stations pluviométriques situées à l'Ouest et à l'Est. Le tableau (7) donne les coordonnées et pluviométrie des différentes stations.

Afin de nous permettre de vérifier la validité du modèle obtenu, nous avons omis volontairement d'introduire la station de Béjaïa dans l'analyse. Le principe est de calculer la pluviométrie que donnera le modèle pour cette station et la comparer avec la valeur réellement mesurée sur une période de 40 ans, soit de 1973 à 2012.

L'équation obtenue pour le modèle est la suivante :

$\text{Pluviométrie (mm)} = -2332,35 + 0,437 * \text{Altitude} + 119,974 * \text{Longitude} + 68,641 * \text{Latitude}$
---

Les paramètres statistiques obtenus pour ce modèle sont de bonne qualité. En effet, nous avons un coefficient de corrélation multiple hautement significatif de 0,906 qui correspond à un coefficient de détermination de 0,821. Ce qui signifie que 82 % de la variance de la variable « pluviométrie » est expliquée par les variables considérées dans le modèle à savoir : l'altitude, la latitude et la longitude.

Tableau 7 : Pluviométrie et coordonnées géographiques des stations de la zone littorale.

Station	Pluviométrie	Altitude	Longitude	Latitude
Aghrib A (Anciennes)	1016,4	730	4,317	36,317
Aghrib B (Récentes)	1027,30	730	4,317	36,317
Aïn-Ourcinef	833,28	300	5,133	36,683
Alger Port	543,48	13	3,067	36,783
Alger Université	640,08	59	3,050	36,767
Bordj-Ménail	703,08	39	3,717	36,733
Bouzaréah Observatoire	651,84	314	3,017	36,300
Cap Afiah	769,44	12	5,700	36,317
Cap Bengut	647,64	36	3,883	36,917
Cap Matifou	486,36	62	3,250	36,817
Cap Sigli	655,2	35	4,767	36,900
Elma-Hachech	1039,92	601	4,033	36,700
Ménerville	685,44	150	3,567	36,733
Oued-Marsa	928,2	60	5,250	36,633
Taher	990,36	52	5,898	36,774
Tigzirt	799,68	100	4,117	36,867
Texana	1094,52	725	5,800	36,650
Jijel	1008,84	6	5,783	36,817

D'autre part, une analyse des coefficients de corrélations partiels, montre que la longitude et l'altitude sont les variables qui expliqueraient suffisamment la pluviométrie si on venait à envisager des modèles en fonction d'une seule variable, soient respectivement 0,68 et 0,64.

Par opposition, le coefficient de corrélation, (-0,32), relatif à la latitude considérée individuellement pour expliquer la variation de la pluviométrie, n'est pas significatif. Ce qui nous paraît normal dans la mesure où la zone dite littorale correspond à une mince bande qui s'étale le long du rivage marin, donc pas assez étalée en latitude pour influencer le facteur étudié.

Ces résultats confortent ou se trouvent confortés par les connaissances déjà acquises dans le domaine, à savoir le caractère orographique des précipitations et leur augmentation en allant de l'Ouest vers l'Est (Seltzer ; Daget ; Le Houérou ; Gaussen ; Emberger et autres).

Comme nous l'avons signalé précédemment, nous devons éprouver notre modèle en recherchant la pluviométrie pour Béjaïa. Nous constatons que le résultat obtenu est de même grandeur.

Tableau 8 : Résultats du modèle pour la station de Béjaïa.

Station	Altitude	Latitude	Longitude	Pluviométrie	Pluviométrie prédite par le modèle
Béjaïa	9 m	36,750 N	5,083 E	799 mm	803.98 mm

Au-delà de ce résultat ponctuel plus que satisfaisant, il est nécessaire de juger de la validité du modèle dans son ensemble. A ce titre les paramètres statistiques, découlant de l'analyse, montrent qu'ils sont excellents. En effet, les résidus, c'est-à-dire les différences entre les valeurs observées et celles prédites par le modèle restent très proches les unes des autres. Le tableau suivant donne ces valeurs. On constate, ce qui est traduit dans la figure (13) qu'avec 95% de chance, les valeurs prédites par le modèle restent à l'intérieur de l'intervalle de confiance qui est délimité à plus ou moins 1,96 fois l'écart type des résidus. Statistiquement, cela signifie que le modèle est robuste.

Tableau 9 : Résidus du modèle élaboré pour la zone littorale.

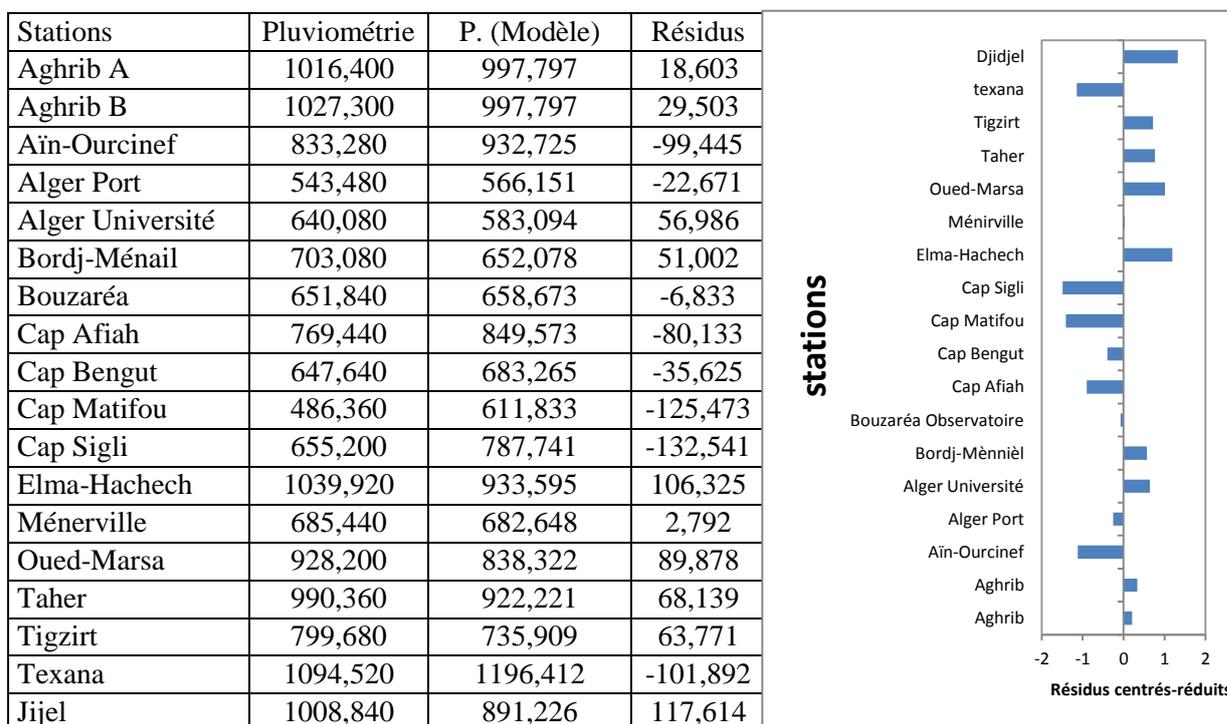


Figure 13 : Distribution des résidus centrés réduit du modèle de la zone littorale.

### 3.1.1. Répartitions mensuelles des précipitations au niveau de la zone littorale

Pour aborder ce point nous avons cherché à comprendre si des différences notables existent entre les anciennes données de Seltzer et celles récentes. A cet effet, nous avons comparé dans un premier temps les données relatives à la station de Bejaïa pour laquelle nous disposons des séries les plus complètes qui soient et étalées sur deux périodes, de 25 ans pour les anciennes et 41 ans pour les récentes. Le tableau et la figure suivants donnent les moyennes pluviométriques intermensuelles pour les deux périodes de référence (1913/1938 et 1973/2012) (tableau 10 et Annexe : tableau A01). On constate une similitude presque parfaite.

Pour nous assurer, nous avons déterminé la corrélation correspondante aux deux périodes. En considérant chaque deux valeurs pour chaque mois comme un couple, le coefficient de corrélation déterminé de la série est très hautement significatif et de valeur égale à 0,97. Cela nous permet de conclure, que malgré la décroissance démontrée précédemment de la pluviosité entre les deux périodes (1913-1938 et 1973-2012), les répartitions mensuelles de celles-ci sont restées les mêmes. Cette conclusion sera considérée comme valable pour l'ensemble de notre zone d'étude et nous permettra d'utiliser indistinctement, en fonction des disponibilités, les distributions mensuelles aussi bien anciennes que récentes de la pluviométrie.

Tableau 10 : Répartitions mensuelles de la pluviométrie au niveau de la station de Béjaïa.

Pluviométrie (mm).		mois	Pluviométrie en % du total.	
1913/1938	1973/2012		1913/1938	1973/2012
169	107,52	Janvier	0,1739	0,1344
112	91,28	Février	0,1152	0,1141
96	84,14	Mars	0,0988	0,1052
68	73,77	Avril	0,0700	0,0922
50	42,66	Mai	0,0514	0,0533
28	15,29	Juin	0,0288	0,0191
3	6,34	Juillet	0,0031	0,0079
11	10,03	Août	0,0113	0,0125
54	57,71	Septembre	0,0556	0,0722
99	80,73	Octobre	0,1019	0,1009
130	102,27	Novembre	0,1337	0,1279
168	128,11	Décembre	0,1728	0,1602
972	799,85	Année	1	1

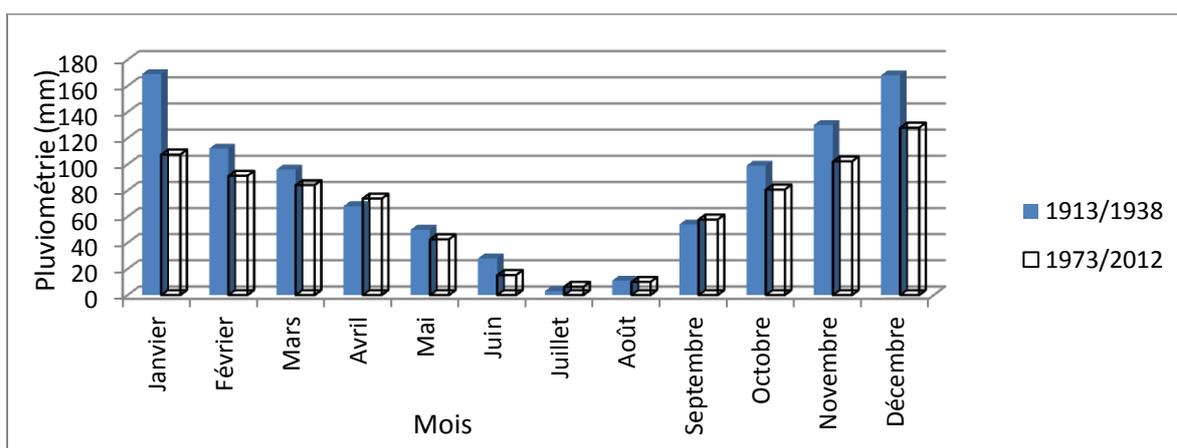


Figure 14 : Répartitions mensuelles de la pluviométrie au niveau de la station de Béjaïa.

Dans les soucis de rechercher plus de précision, en plus de la distribution mensuelle des précipitations au niveau de Bejaïa, nous avons pris en considération les deux stations excentrées par rapport à notre zone d'étude, en l'occurrence : Alger (Université) et Jijel pour

lesquelles Seltzer donne des séries complètes. Une matrice de corrélation est calculée pour les trois stations afin de vérifier si statistiquement les distributions mensuelles sont de même type. Les résultats obtenus confortent notre intuition, puisque dans tous les cas (tableau 11) les coefficients de corrélation sont très hautement significatifs.

Tableau 11 : Matrice des corrélations de la de la répartition mensuelle de la pluviométrie.

	Alger	Béjaïa	Jijel
Alger	1		
Béjaïa	0,97	1	
Jijel	0,99	0,98	1

Sur la base de ce résultat, nous avons calculé des moyennes mensuelles interstations pour définir la distribution qui convient à notre modèle. Les résultats (Colonne 6) du tableau suivant et la figure suivante représentent la distribution à adopter.

Tableau 12 : Répartitions mensuelles des précipitations pour la zone littorale.

Mois	Alger	Béjaïa	Jijel	Moyennes	% moyen mensuel
Janvier	113	107,52	193	137,84	0,1495
Février	84	91,28	143	106,09	0,1151
Mars	74	84,14	107	88,38	0,0959
Avril	41	73,77	82	65,59	0,0711
Mai	46	42,66	57	48,55	0,0527
Juin	15	15,29	27	19,10	0,0207
Juillet	2	6,34	3	3,78	0,0041
Août	4	10,03	7	7,01	0,0076
Septembre	40	57,71	56	51,24	0,0556
Octobre	78	80,73	125	94,58	0,1026
Novembre	129	102,27	192	141,09	0,1530
Décembre	136	128,11	212	158,70	0,1721
Année	762	799,85	1201	921,95	1,0000

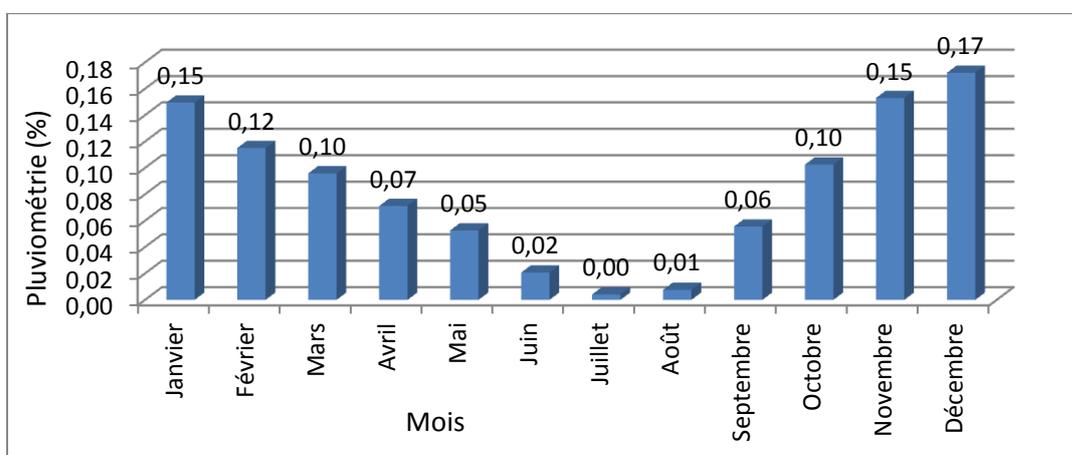


Figure 15 : Répartitions mensuelles des précipitations pour la zone littorale.

### 3.2. Modélisation pour Le bassin du Sébaou

Cette partie de notre zone d'étude est sans doute la mieux couverte en stations météorologiques, nous en comptons avec les doublons, données anciennes et récentes 26 (tableau 13). Elles sont réparties à des altitudes allant de la plus faible (48 mètres) à la plus haute (1404 mètres).

Dans le cas de cette partie, nous avons omis volontairement d'utiliser les données relatives à la station de Tizi-Ouzou afin de vérifier les résultats de notre modèle.

L'équation obtenue pour le modèle est la suivante :

$$\text{Pluviométrie (mm)} = -15728,367 + 0,333 * \text{Altitude} + 234,329 * \text{Longitude} + 420,147 * \text{latitude}$$

Le présent modèle présente un coefficient de détermination de 0,81 ce qui veut dire que les variables prédictives expliquent 81% de la variabilité totale de la pluviométrie. Le coefficient de corrélation multiple, de valeur égale à 0.90, statistiquement hautement significatif, nous permet de juger de la très bonne qualité de la relation entre les variables étudiées.

Tableau13 : Pluviométrie et coordonnées géographiques des stations du bassin versant du Sébaou. ( A : Données anciennes corrigées et B : données récentes)

Stations	Pluviométrie (mm)	Longitude	Altitude (m)	Latitude
Azazga A	792,96	4,366	433	36,750
Azazga B	888,1	4,366	433	36,750
Béni-Slimane	376,32	3,300	600	36,233
Fort- National/ Larba Nath Irathen B	819,2	4,200	930	36,633
Fort –National/Larba Nath Irathen A	869,4	4,200	930	36,633
Ighil Imoula B	907,8	4,033	688	36,550
Ighil-Imoula A	808,92	4,033	688	36,550
Michelet/Ain El Hammam A	965,16	4,300	1100	36,583
Michelet/Ain El Hammam B	1072,1	4,300	1100	36,583
Mirabeau/Draa Ben Khedda A	689,64	3,950	48	36,733
Mirabeau/Draa Ben Khedda B	651,3	3,950	48	36,733
Tizi-N'Tléta	708,12	4,100	500	36,550
Yakouren A	1135,68	4,450	825	36,750
Yakouren B	1109,5	4,450	825	36,750
Ain Zaouia	597,8	3,894	283	36,548
Ait Ouabane	1057,9	4,292	1000	36,481
Beni Yenni	826,5	4,206	808	36,575
Boghni	707	3,95	268	36,55
Bouassem	827	4,034	514	36,633
Diema Sahridj	791,2	4,289	430	36,683
Draa El Mizan	651,9	3,834	420	36,535
Fréha	717,1	4,316	185	36,759
Makouda	732,7	4,062	410	36,79
Ouadhia	790,8	4,085	420	36,555
Tizi Ghenif	709,7	3,468	405	36,587
Tala Guilef	987	3,995	1404	36,476



## Vérification du modèle

Nous avons signalé que la station de Tzi Ouzou n'était pas intégrée dans les calculs du modèle pour en vérifier la robustesse de celui-ci en calculant la pluviométrie issue de l'équation et en la comparant à celle réellement mesurée. On constate que les deux valeurs ne sont différentes que de 31 mm.

Tableau 15 : Résultats du modèle pour la station de Tizi-Ouzou.

	Altitude	Latitude	Longitude	Pluviométrie	Pluviométrie prédite par le modèle.
Tizi Ouzou	233 m	36.717 N	5.053 E	756 mm	724.79 mm

En plus de cette valeur indicative, nous constatons que l'ensemble des résidus sont inclus dans un intervalle de confiance au risque de 0,05 (tableau 16 et figure 17). Toutes les valeurs des résidus centrées réduites sont inférieures à plus ou moins 1,96 fois l'écart type des prédictions. Ce qui permet statistiquement de considérer le modèle comme de bonne qualité.

Tableau 16 : Résidus du modèle élaboré pour la zone littorale

Stations	Pluviométrie (mm)	Pluviométrie (Modèle)	Résidus
Azazga A	792,960	879,385	-86,425
Azazga B	888,100	879,385	8,715
Béni-Slimane	376,320	468,149	-91,829
Fort National B	819,200	957,043	-137,843
Fort -National A	869,400	957,043	-87,643
Ighil-Imoula B	907,800	802,276	105,524
Ighil-Imoula A	808,920	802,276	6,644
Michelet A	965,160	1016,103	-50,943
Michelet B	1072,100	1016,103	55,997
Mirabeau A	689,640	646,640	43,000
Mirabeau B	651,300	646,640	4,660
Tizi-N'Tléta	708,120	755,345	-47,225
Yakouren A	1135,680	1029,662	106,018
Yakouren B	1109,500	1029,662	79,838
Ain Zaouia	597,800	633,940	-36,140
Ait Ouabane	1057,900	937,919	119,981
Beni Yenni	826,500	893,296	-66,796
Boghni	707,000	642,905	64,095
Bouassem	827,000	779,415	47,585
Djema Sahridj	791,200	832,192	-40,992
Draa El Mizan	651,900	660,059	-8,159
Fréha	717,100	788,830	-71,730
Makouda	732,700	817,292	-84,592
Ouadhia	790,800	727,279	63,521
Tala Guilef	987,000	1000,813	-13,813
Tizi Ghenif	709,700	591,145	118,555

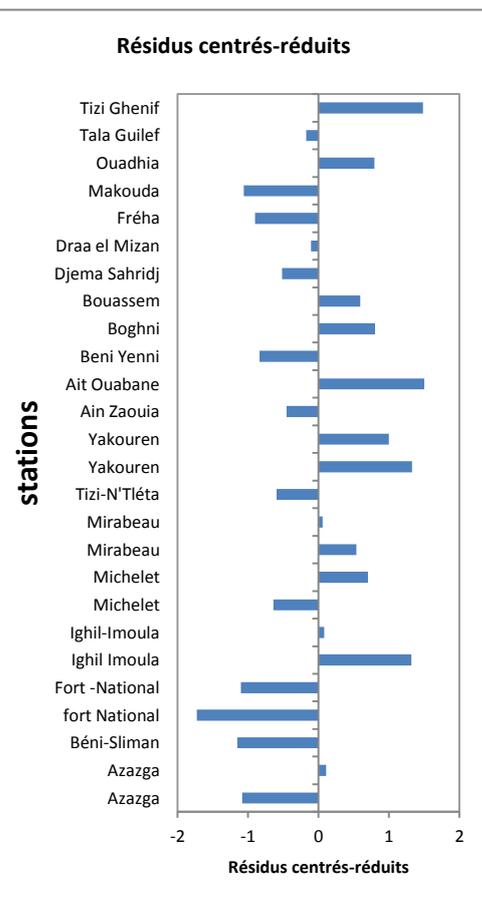


Figure 17 : Distribution des résidus centrés réduit du modèle du bassin versant du Sébaou.

### 3.2.1. Répartitions mensuelles des précipitations

Dans l'étude de ce paramètre pour lequel nous avons réalisé une analyse préliminaire fastidieuse, nous présentons l'essentiel de la conclusion.

Etant donnée le nombre relatif assez important des stations existantes sur le terrain, nous avons déterminé des moyennes par période à savoir les anciennes données et les récentes (tableau 17). On constate que globalement les distributions mensuelles des précipitations sont équivalentes. Cependant, à l'observation de l'histogramme (figure 18), on constate un affaissement relatif de la pluviosité du mois de mars. Elle passe d'un équivalent à la pluviosité du mois de février pour les anciennes données à une valeur légèrement plus basse pour les nouvelles données. Or nous avons annoncé précédemment, en étudiant les données relatives à la station de Bejaïa, que notre conclusion allait être appliquée pour l'ensemble de notre étude. Au-delà du coefficient de corrélation de 0,98 qui atteste de la similitude des deux distributions, nous apportons une légère correction en déterminant les moyennes mensuelles entre les anciennes et nouvelles données. Le tableau et la figure suivants donnent les résultats de notre analyse. C'est cette distribution qui sera utilisée dans le fichier numérique.

Tableau 17 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant du Sébaou.

Mois/données	Récentes	Anciennes	moyennes	Moyennes mensuelles en %
Janvier	110.48	163.59	137.03	0.1461
Février	107.30	123.01	115.16	0.1228
Mars	93.03	123.34	108.18	0.1154
Avril	85.65	96.49	91.07	0.0971
Mai	58.05	61.00	59.53	0.0635
Juin	13.70	24.21	18.96	0.0202
Juillet	4.25	4.05	4.15	0.0044
Août	8.37	6.49	7.43	0.0079
Septembre	40.08	39.21	39.64	0.0423
Octobre	68.19	88.08	78.13	0.0833
Novembre	101.91	143.35	122.63	0.1308
Décembre	133.45	178.00	155.73	0.1661

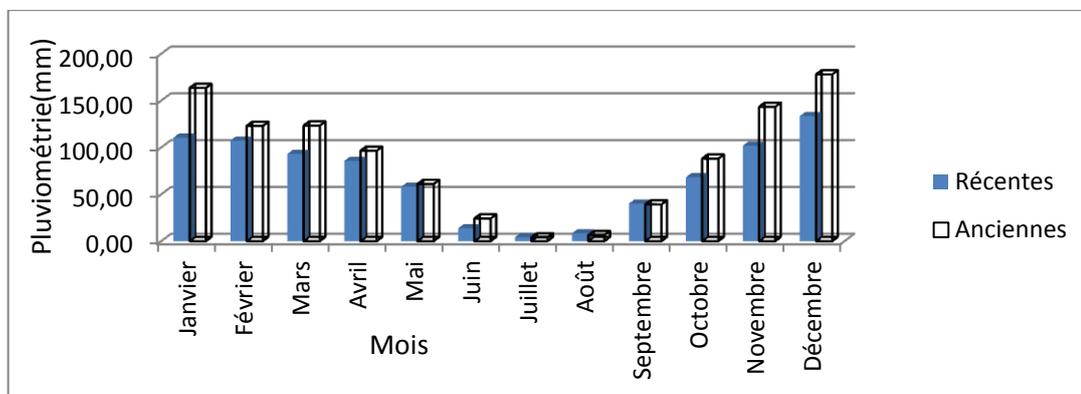


Figure 18 : Répartitions mensuelles des précipitations anciennes et récentes données au niveau du bassin versant du Sébaou

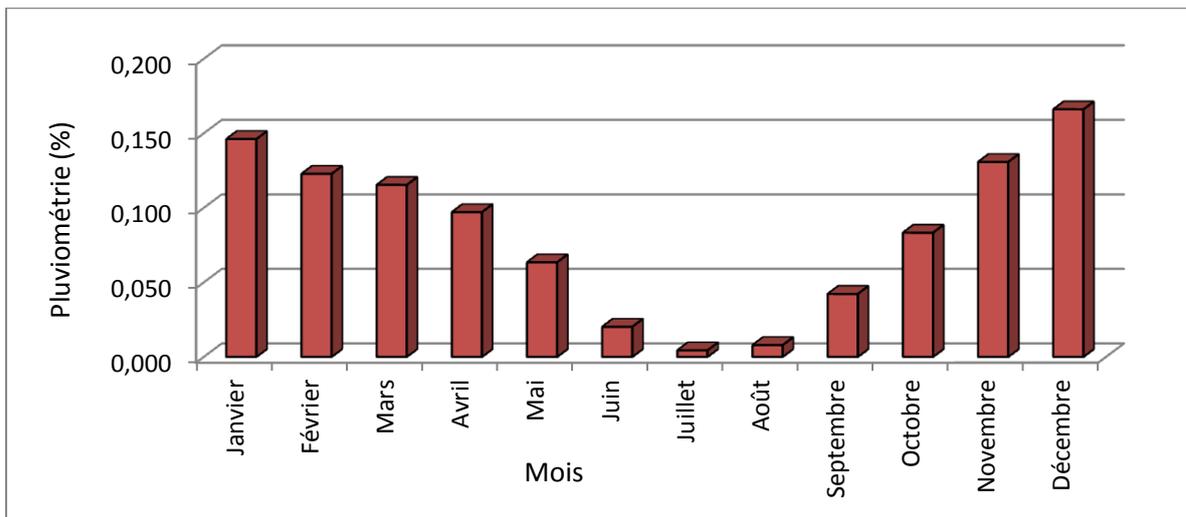


Figure 19 : Répartitions mensuelles des précipitations (en %) pour le bassin versant du Sébaou.

### 3.3. Modélisation pour Le bassin versant de la Soummam

Dans ce cas nous avons procédé à une partition du bassin versant en deux zones différentes :

- 1- L'espace couvrant le versant sud du Djurdjura et de la chaîne littorale jusqu'au lit principale de Oued Soummam. Nous appellerons cette partie : Rive nord de l'oued Soummam.
- 2- La partie sud de l'oued Soummam couvre donc l'espace allant du lit principal jusqu'aux hauts plateaux dans les wilayas de Sétif et Bordj Bou-Argeridj. Nous appellerons cette zone : Rive sud de l'oued Soummam.

Le premier constat à mettre en relief est le manque important de données climatologiques dans cette zone. En effet il y a une seule station sur le versant sud du Djurdjura en l'occurrence celle de Tikjda que nous avons d'ailleurs omis volontairement d'utiliser dans le sens où la période couverte n'est que de 4 ans.

De même, sur la rive sud de la Soummam, le même problème se pose. A l'exception des stations de Guelaâ, Ighil Ali, Tizi N'Bechar, Arbala et Sedouk reprises sur Seltzer, il n'y a pas de stations.

L'ensemble des stations sont limitées à la vallée de la Soummam (Bouira, El Asnam, M'Chedallah, Akbou, Sidi Aich et El Kseur) ou légèrement à la périphérie comme Sour El Ghouzlan et Ain Bessam.

Ainsi donc, ce manque de données nous a amené à procéder pas à pas, c'est-à-dire en créant des stations fictives sur la base de notre présent travail.

### 3.3.1 : Rive nord de la Soummam

Comme nous venons de le signaler, cette partie manque de données climatologiques alors pour pallier à cette déficience, nous avons créé six points fictifs situés sur les lignes de partage des eaux séparant le bassin versant de la Soummam du bassin versant du Sébaou à l'Ouest et de la zone littorale à l'Est (En gras sur le tableau 18). Ainsi pour les stations dites d'Adekar et Col de l'Akfadou, nous avons déterminé les pluviométries en utilisant le modèle que nous avons élaboré pour la zone littorale. A l'Ouest, nous avons créé quatre points en partant du modèle établi pour le bassin versant du Sébaou, à savoir : Col de Chellata, Col de Tizi N'Tirourda, Col de Tzi N'kouilal, Col de Tizi N'larba.

Le choix de ses sites n'est pas fortuit, il est fondé sur le fait qu'il s'agit de cols qui signifie lieu de transition entre versants.

Tableau18 : Pluviométrie et coordonnées géographiques des stations du bassin versant de la Soummam (Rive Nord).

Stations	Pluviométrie (mm)	Longitude	Altitude (m)	Latitude
Ain-Bessam	546,0	3,7	678	36,297
Akbou	413,3	4,533	240	36,467
El-Asnam	333,5	4,025	470	36,317
Maillot	479,6	4,268	440	36,368
Sidi Aich A	553,6	4,700	95	36,617
Tifra soummam	783,7	4,700	450	36,667
Sidi Aich B	598,0	4,700	95	36,617
El-Kseur	661,92	<b>5,85</b>	<b>85</b>	<b>36,683</b>
<b>Col de Chelatta</b>	<b>1152,47522</b>	<b>4,463</b>	<b>1467</b>	<b>36,526</b>
<b>Col de Tirourda</b>	<b>1193,69121</b>	<b>4,344</b>	<b>1740</b>	<b>36,474</b>
<b>Col de Tizi N Kouilal</b>	<b>1112,74819</b>	<b>4,236</b>	<b>1573</b>	<b>36,474</b>
<b>Tizi N Larba</b>	<b>712,208952</b>	<b>3,814</b>	<b>607</b>	<b>36,522</b>
<b>Adekar</b>	<b>1223,11091</b>	<b>4,892</b>	<b>1019</b>	<b>36,752</b>
<b>Col de l'Akfadou</b>	<b>1325,80451</b>	<b>4,544</b>	<b>1370</b>	<b>36,619</b>

L'équation du modèle est la suivante :

$$\text{Pluviométrie(mm)} = -46947,58 + 0,511 * \text{Altitude} - 11,711 * \text{Longitude} + 1298,045 * \text{Latitude}$$

Le présent modèle présente un coefficient de corrélation très hautement significatif de valeur égale à 0,99 et correspondant à un coefficient de détermination de 0,98 ce qui signifie que 98 % de la variabilité de la pluviosité est expliquée par les trois variables altitude, latitude et longitude.

L'analyse des coefficients de corrélations partiels montre que l'altitude explique une majeure partie de la variation de la pluviosité. Le coefficient de corrélation pluviométrie/altitude est de 0,84. En effet, il est connu des climatologues, ce que nous avons évoqué dans la première partie de ce travail, que le passage des nuages pluvieux d'un versant exposé aux vents dominants (Ubac) vers l'autre versant (Adret) se traduit par une chute brutale de la pluviosité. Par ailleurs, on constate que la corrélation pluviométrie / latitude n'est pas négligeable (0,44). Nous pensons que cette corrélation est tributaire de forte variation de la pluviosité en fonction de l'altitude même sur une très courte distance, donc pour un changement peu important en latitude, on passe sur la variable altitude des sommets à la vallée. C'est le cas précis du versant Sud du Djurdjura. Par opposition, l'analyse stipule que la variation de la pluviométrie n'est pas importante en longitude.

Tableau 19 : Coefficients de corrélations partiels pour le modèle du bassin versant de la Soummam (Rive Nord).

Facteurs	Longitude	Altitude (m)	Latitude
Pluviométrie	0,12	0,84	0,44

Comme nous l'avons signalé précédemment, nous devons éprouver notre modèle en recherchant la pluviométrie pour Bouira laquelle station n'était pas intégrée dans l'analyse. Nous constatons que la différence est de 74 mm. Même si cela paraît important, on note que cette valeur est à l'intérieur de l'intervalle de confiance du modèle au risque 0,05. En effet, cette valeur est légèrement inférieure aux résidus de la station de Ain Bessam, soit 75,68 mm laquelle équivaut à 1,79 fois l'écart type de la série du modèle dont les limites de validation sont considérées au risque 0,05 à plus ou moins 1,96 fois l'écart type. On considère que le résultat est de très bonne qualité, comme le précise par ailleurs les valeurs des résidus entre les valeurs mesurées et celles prédites par le modèle (tableau 21 et figure 20).

Tableau 20 : Résultats du modèle pour la station de Bouira.

Station	Altitude	Latitude	Longitude	Pluviométrie	Pluviométrie prédite par le modèle.
Bouira	531 m	36.383 N	3,917 E	430 mm	504.80 mm

Tableau 21 : Résidus du modèle élaboré pour la rive Nord du bassin versant de la Soummam.

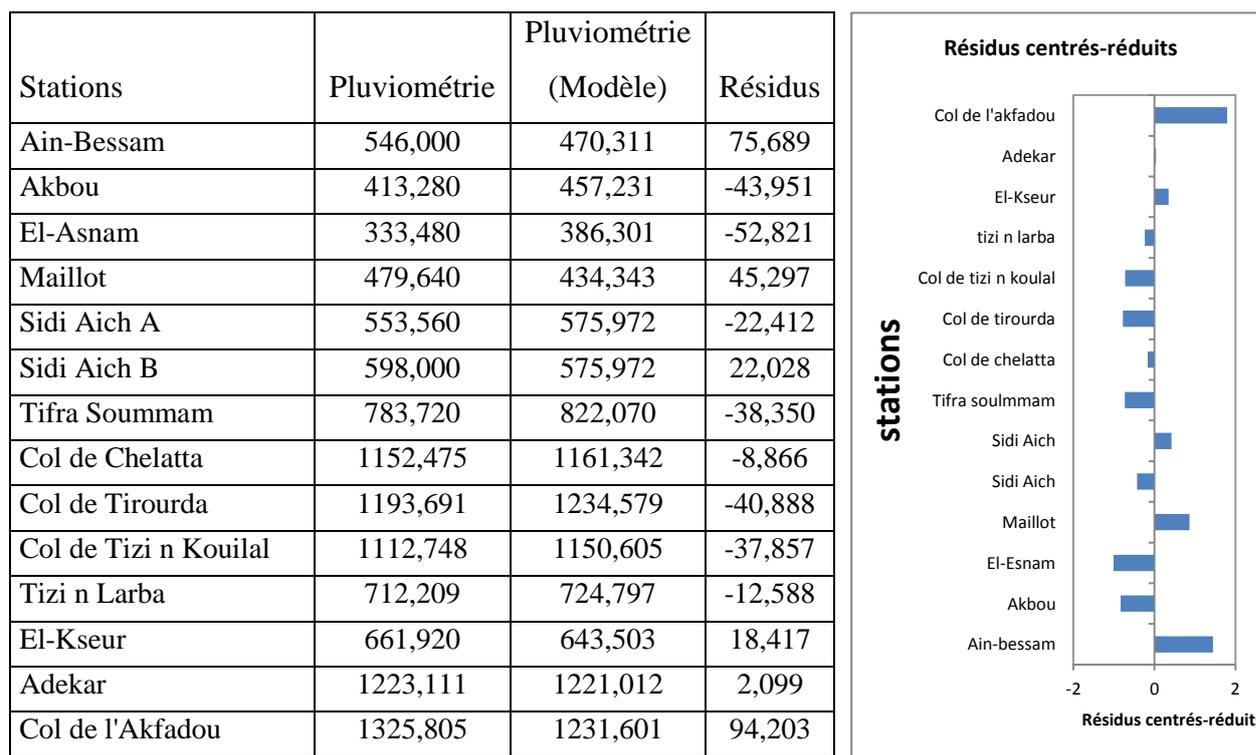


Figure 20 : Distribution des résidus centrés réduits du modèle du bassin versant de la Soummam (Rive Nord).

### 3.3.1.1. Répartition mensuelle des précipitations pour la rive Nord du bassin versant de la Soummam

Compte tenu des conclusions déjà élaborées pour les modèles précédents, en l'occurrence l'utilisation indistinctes des anciennes et des nouvelles séries de données, nous avons calculé une distribution moyenne pour cette zone en prenant en considération trois stations : Bouira, Akbou et El Kseur de façon à couvrir la zone sur toute sa longueur. Par ailleurs, nous avons vérifié les données des trois stations en recherchant les corrélations de leurs distributions. Le tableau suivant montre que les trois stations sont fortement corrélées et qu'il n'y a pas donc de différence notable entre elles.

Tableau 22 : Corrélations des répartitions mensuelles des précipitations pour les stations de Bouira, Akbou et El kseur.

Stations	El Kseur	Bouira	Akbou
El Kseur	1		
Bouira	0,98	1	
Akbou	0,97	0,99	1

Tableau 23 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant de la Soummam (Rive Nord).

Mois	El Kseur	Bouira	Akbou	Moyennes (mm)	moyennes (%)
Janvier	147	107	81	111,67	0,17448
Février	104	80	63	82,33	0,12865
Mars	80	66	55	67,00	0,10469
Avril	45	48	37	43,33	0,06771
Mai	41	43	39	41,00	0,06406
Juin	23	22	14	19,67	0,03073
Juillet	2	4	4	3,33	0,00521
Août	10	7	7	8,00	0,01250
Septembre	37	32	28	32,33	0,05052
Octobre	68	46	36	50,00	0,07813
Novembre	100	79	57	78,67	0,12292
Décembre	131	100	77	102,67	0,16042
Année	787	634	498	640,00	1,00

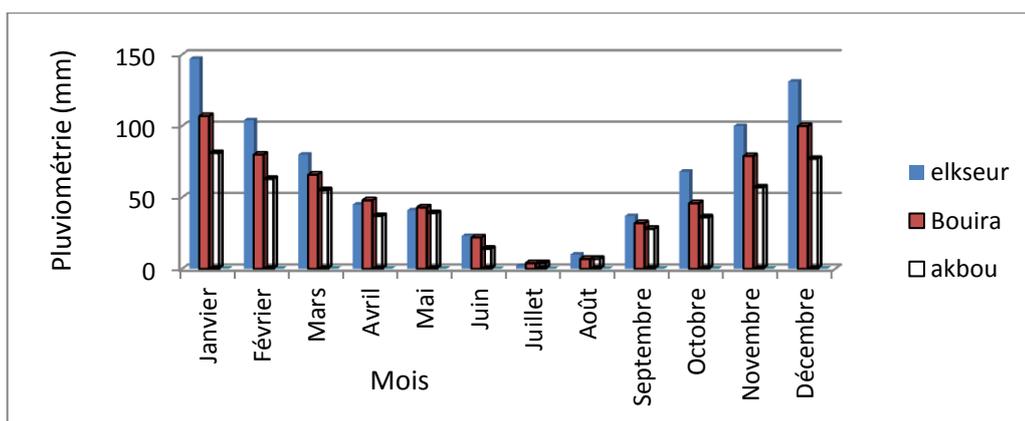


Figure 21 : Répartitions mensuelles des précipitations des stations d' Akbou, Bouira et El Kseur.

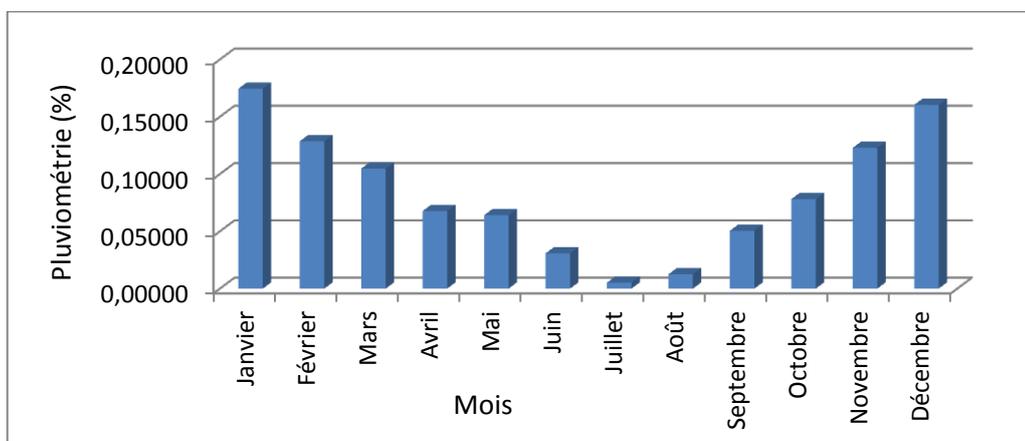


Figure 22 : Répartitions mensuelles des précipitations (%) pour le bassin versant de la Soummam (Rive Nord).

### 3.3.2. Modélisation pour la rive Sud de la Soummam

Nous rappelons que pour cette zone nous avons opté pour une procédure au pas à pas. Ainsi pour remédier au manque de données, en plus des stations existantes, nous avons créé six points supplémentaires le long de l'oued Soummam en nous servant du modèle élaboré pour la zone rive nord du bassin versant. Ces points sont nommés A, B, C, D, E et F. La création de ces points est introduite pour équilibrer le poids des variables dans l'analyse par rapport aux stations que nous avons prises au niveau des hauts plateaux (tableau 24).

Tableau 24 : pluviométrie et coordonnées géographiques des stations du bassin versant de la Soummam (Rive Sud).

Stations	Pluviométrie (mm)	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Aumale/ Sour El Ghouzlan	437,64	3,69	36,15	903,00
Ain-Bessam	546,00	3,70	36,30	678,00
Akbou	413,30	4,53	36,47	240,00
El-Asnam	333,48	4,03	36,32	470,00
Maillot	479,64	4,27	36,37	440,00
Sidi Aich A	553,6	4,700	36,617	95,00
Sidi Aich B	598,00	4,700	36,62	95,00
Ain-Aoua	596,40	5,18	36,33	1100,00
Périgotville	658,56	5,50	36,37	1020,00
Coligny	430,08	5,27	36,18	1017,00
Guellal	316,68	5,33	36,05	908,00
Bougaâ	592,00	5,09	36,33	877,00
Sétif	393,96	5,42	36,18	1081,00
Arbala	586,32	4,78	36,58	700,00
Guelaâ	409,08	4,58	36,30	1060,00
Ighil-Ali	397,32	4,47	36,35	650,00
Seddouk	516,60	4,68	36,53	484,00
Tizi n'Bechar	604,80	5,37	36,43	900,00
Bordj Bou-Arreidj	351,00	4,48	36,07	904,00
<b>A</b>	<b>442,88</b>	<b>3,97</b>	<b>36,35</b>	<b>493,00</b>
<b>B</b>	<b>468,76</b>	<b>4,10</b>	<b>36,36</b>	<b>529,00</b>
<b>C</b>	<b>344,19</b>	<b>4,24</b>	<b>36,34</b>	<b>339,00</b>
<b>D</b>	<b>335,70</b>	<b>3,39</b>	<b>36,36</b>	<b>252,00</b>
<b>E</b>	<b>518,17</b>	<b>4,64</b>	<b>36,54</b>	<b>183,00</b>
<b>F</b>	<b>622,05</b>	<b>4,78</b>	<b>36,63</b>	<b>143,00</b>

L'équation du modèle est la suivante

$$\text{Pluviométrie(mm)} = -25795,411 + 0,217 * \text{Altitude} + 11,78 * \text{Longitude} + 717,274 * \text{Latitude}$$

Le coefficient de corrélation multiple du présent modèle est de 0,83 ce qui d'un point de vue statistique est significatif compte tenu du nombre de points corrélés. Cependant, le

coefficient de détermination montre que seul 68 % de la variabilité de la pluviométrie est expliquée par les variables considérées. Il se pourrait que le manque de données particulièrement dans le centre de cette zone, les monts des Bibans, nous ait fait perdre de l'information.

On constate que le coefficient de corrélation partiel relatif aux latitudes est celui qui est le plus élevé 0,60 comparé à celui relatif à l'altitude qui est franchement négligeable est d'aucun sens de signification statistique soit 0,013.

*Cela signifie-t-il que l'effet de l'altitude s'estompe graduellement à mesure qu'on rentre à l'intérieur des terres en se trouvant substituer par l'effet de la continentalité ?* La question est d'autant plus justifiée quant on considère le coefficient de corrélation partiel relatif aux longitudes. En effet, compte tenu de l'étalement de cette partie de notre terrain dans une orientation Nord-Est / Sud-Ouest, on se trouve aussi dans une direction pénétrante du littoral vers l'intérieur des terres. Le coefficient de corrélation relatif aux longitudes est de 0,38. Il est statistiquement significatif au sens de Bravais Pearson au seuil de risque  $\alpha = 0,10$  soit 10% où la valeur limite est de 0,35.

Tableau 25 : Résidus du modèle élaboré pour la rive Sud du bassin versant de la Soummam.

Stations	P (mesurées)	P (Modèle)	Résidus
Aumale/Sour El Ghouzlane	437,64	374,82	62,82
Ain-Bessam	546,00	430,65	115,34
Akbou	413,300	466,829	-53,529
El-Asnam	333,480	403,557	-70,077
Maillot/ M'Chedellah	479,640	436,471	43,169
Sidi Aich A	553,560	544,824	8,736
Sidi Aich B	598,000	544,824	53,176
Ain-Aoua	596,400	566,050	30,350
Périgotville/Ain Lekbira	658,560	576,280	82,280
Coligny/Bouhira	430,080	441,382	-11,302
Guellal	316,680	322,796	-6,116
Bougaa	592,000	515,433	76,567
Sétif	393,960	457,080	-63,120
Arbala	586,320	653,347	-67,027
Guelaâ	409,080	526,365	-117,285
Ighil-Ali	397,320	471,604	-74,284
Seddouk	516,600	569,288	-52,688
Tizi n'Bechar	604,800	596,166	8,634
Bourdj Bouararedj	351,000	324,023	26,977
A	442,876	432,244	10,632
B	468,756	446,692	22,065
C	344,189	392,626	-48,436
D	335,700	378,020	-42,320
E	518,168	506,142	12,026
F	622,046	568,636	53,410

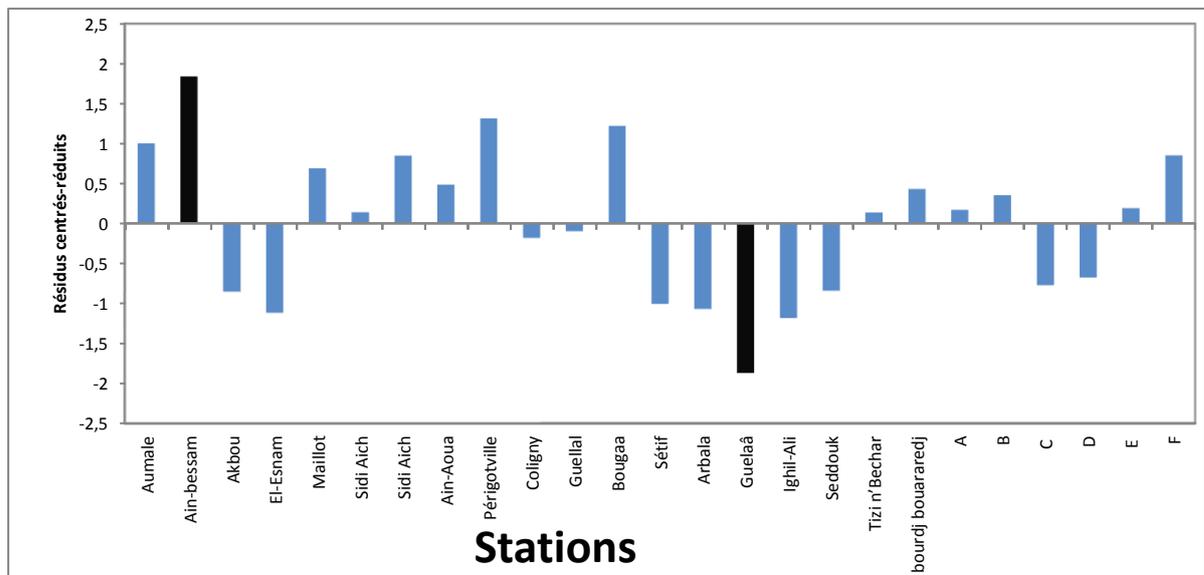


Figure 23 : Distribution des résidus centrés réduits du modèle du bassin versant de la Soummam (Rive Sud).

Tableau 26: Coefficients de corrélations partiels pour le modèle du bassin versant de la Soummam (Rive Sud).

Facteurs	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Pluviométrie	0,38	0,60	0,013

Dans cette partie de notre analyse, nous n'avons pas trouvé de station à laisser pour éprouver le modèle. Cependant, l'analyse des résidus montre qu'au seuil de risque de 0,05, le modèle est robuste dans le sens où toutes les valeurs prédites restent dans l'intervalle de confiance de la série donc comprises entre plus ou moins 1,96 fois l'écart type. (Tableau 25 et figure 23) même les deux stations qui présentent les résidus les plus élevés, en l'occurrence Ain Bessam et Guelaâ restent dans l'intervalle de confiance.

### 3.3.2.1. Répartition mensuelle de la pluviométrie

Compte tenu du problème récurrent de manque de données et dans l'espoir de nous rapprocher le plus de la réalité, nous avons pris trois stations comme référence :

- Sour El Ghouzlan située à l'extrémité Ouest des Bibans
- Ighil Ali au centre des Bibans
- Tizi N' Bechar à l'extrémité Est de la chaîne des Bibans.

Les corrélations des distributions de ces stations nous permettent de considérer que la distribution de la pluviométrie est homogène. Nous avons donc calculé une moyenne des

distributions mensuelles de ces stations que nous utiliserons pour le fichier numérique. (tableau 27 et 28, figures 24 et 25)

Tableau 27 : Corrélations des répartitions mensuelles des précipitations pour les stations de Ighil Ali, Tizi N’Bechar et Sour El Ghouzlan.

Stations	Ighil Ali	Tizi N Bechar	Sour El Ghouzlan
Ighil Ali	1		
Tizi N Bechar	0,97	1	
Sour El Ghouzlan	0,96	0,96	1

Tableau 28 : Répartitions mensuelles des précipitations pour le bassin versant de la Soummam (Rive Sud).

Mois	Ighil Ali	Tizi N Bechar	Sour El Ghouzlan	Moyennes	moyennes (%)
Janvier	70	121	71	87,33	0,1530
Février	48	83	66	65,67	0,1151
Mars	51	70	56	59,00	0,1034
Avril	39	69	46	51,33	0,0900
Mai	43	57	50	50,00	0,0876
Juin	16	18	25	19,67	0,0345
Juillet	7	6	6	6,33	0,0111
Août	14	9	7	10,00	0,0175
Septembre	25	38	27	30,00	0,0526
Octobre	31	62	42	45,00	0,0789
Novembre	50	87	64	67,00	0,1174
Décembre	66	100	72	79,33	0,1390
Année	460	720	532	570,67	1

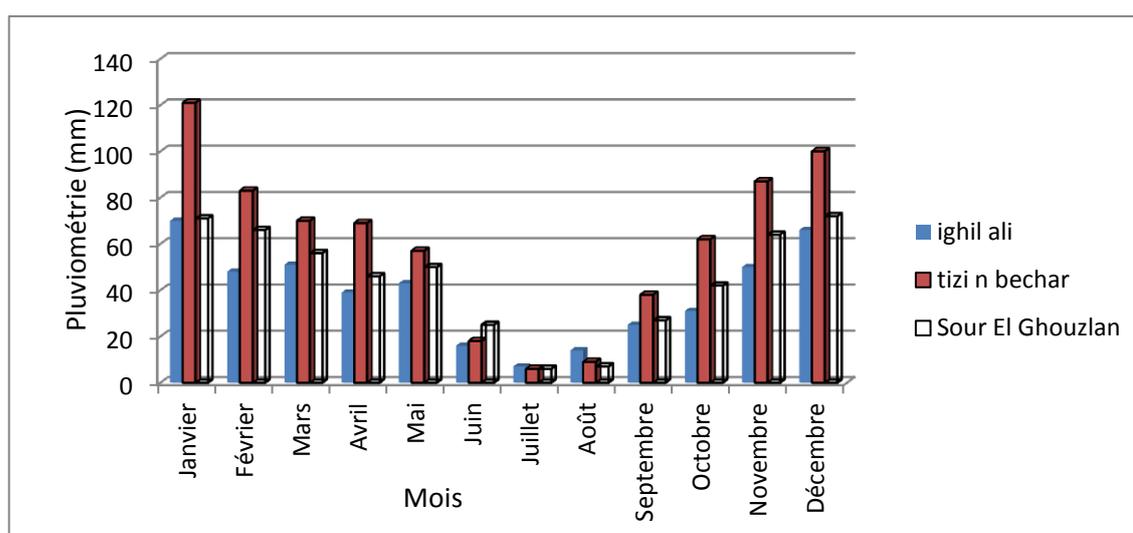


Figure 24 : Répartitions mensuelles des précipitations des stations d’Ighil Ali, Tizi N’Bechar et Sour El Ghouzlan.

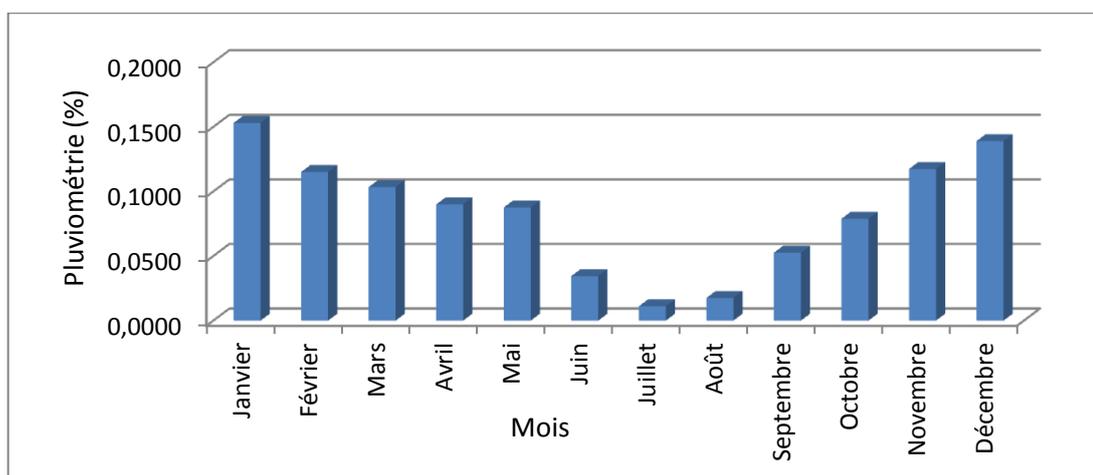


Figure 25 : Répartitions mensuelles des précipitations (%) pour le bassin versant de la Soummam (Rive Sud).

### 3.4. Résumé

Nous reprenons ci-dessous les équations des modèles et les répartitions mensuelles de la pluviométrie pour les quatre zones délimitées. Dans l'ensemble, les paramètres statistiques relatifs à ces modèles sont de très bonne qualité notamment les coefficients de corrélations multiples qui sont hautement voire très hautement significatifs.

Les coefficients de corrélations partiels nous ont permis de mieux voir l'influence relative des différentes variables explicatives que sont l'altitude, la longitude et la latitude. Dans l'ensemble, nos modèles confirment l'essentiel des connaissances acquises dans le domaine et que rapporte largement la littérature sans distinction de période de publication (Seltzer, Daget, Le Houérou, Emberger, Gaussen, Bagnouls et bien d'autres) cités dans notre premier chapitre.

Tableau 29 : Equations des modèles élaborés.

A	Pluviométrie (mm)= -2332,35 + 0,437* Altitude + 119,974* Longitude + 68,641* latitude
B	Pluviométrie (mm)= -15728,367 + 0,333* Altitude + 234,329* Longitude + 420,147* latitude
C	Pluviométrie (mm) = -46947,585 + 0,511*Altitude -11,711*Longitude + 1298,045*Latitude
D	Pluviométrie (mm) = -25795,411 + 0,217*Altitude + 11,78*Longitude + 717,274*Latitude

Tableau 30 : Répartitions mensuelles des précipitations pour les quatre modèles élaborés.

Mois/Zones	Moyennes mensuelles pluviométriques en %			
	Littorale	Sébaou	Rive Nord Soummam	Rive Sud Soummam
Janvier	0,1495	0,1461	0,17448	0,153
Février	0,1151	0,1228	0,12865	0,1151
Mars	0,0959	0,1154	0,10469	0,1034
Avril	0,0711	0,0971	0,06771	0,09
Mai	0,0527	0,0635	0,06406	0,0876
Juin	0,0207	0,0202	0,03073	0,0345
Juillet	0,0041	0,0044	0,00521	0,0111
Août	0,0076	0,0079	0,0125	0,0175
Septembre	0,0556	0,0423	0,05052	0,0526
Octobre	0,1026	0,0833	0,07813	0,0789
Novembre	0,1530	0,1308	0,12292	0,1174
Décembre	0,1721	0,1661	0,16042	0,139

Dans l'ensemble nous avons une confirmation des tendances suivantes :

L'augmentation de la pluviométrie avec l'altitude.

L'augmentation de la pluviométrie en allant de l'Ouest vers l'Est particulièrement sur la zone littorale et au sein du bassin versant du Sébaou.

La diminution relative de la pluviométrie avec les latitudes particulièrement au niveau de l'espace allant de la rive sud de la Soummam vers les Bibans et les hauts plateaux.

Un effet versant très accentué notamment dans le cas du Djurdjura et de la zone littorale. Les versants Nord sont copieusement arrosés en comparaison avec les versants Sud.

Au-delà donc des résultats qu'on pourrait ou supposer tirer de ce travail, il convient de noter qu'il est perfectible à souhait pour peu qu'on accède à des données climatiques plus fournies qui existent d'ailleurs. Le problème est que leur acquisition auprès de l'Office national de Météorologie ou de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques est payante à défaut d'une connaissance personnelle dans leurs services. C'est ce point précis qui nous amène à évoquer ne serait ce que pour en signaler l'importance l'étude des températures.

Nous jugeons qu'il serait très intéressant de faire un travail du même genre sur les températures, cependant il ne pourrait être envisagé à une échelle aussi vaste que celle que nous avons utilisée dans le cas de la pluviométrie. Leur étude exigerait un morcellement de notre zone d'étude en plusieurs sous zones : Sous bassins versants au *minimum*. Nous pensons, parce que nous avons essayé une analyse préliminaire sur le sujet, qu'il faudra prendre au moins deux autres variables explicatives pour la variation des températures

*Minima et Maxima* : la topographie et l'exposition. Deux variables qualitatives qu'il faudra coder pour les introduire dans les modèles. En effet, les variations des températures sont sujettes à des inversions qui parfois conduisent à l'impossibilité d'envisager des gradients moyens pour des espaces assez vastes. Les phénomènes d'inversions thermiques et de convections des courants atmosphériques, particulièrement sous notre climat, voire météorologie, sont très fréquentes du fait que, dans l'ensemble, nous avons autour de 300 jours de soleil par an. Les inversions et convections se produisent par beau temps et conduisent particulièrement entre novembre et avril à avoir au niveau des vallées ou piedmonts des *Minima* aussi basses que celles enregistrées sur les sommets qui les surplombent.

### **3.5. Construction du fichier numérique**

Le fichier est construit sous Excel. Il consiste à construire une matrice complètement verrouillée, à l'exception de cinq cellules où il sera possible à l'opérateur d'écrire le nom du lieu, son altitude, sa latitude, sa longitude et sa position dans l'une des quatre zones que nous avons délimitées.

La partie verrouillée comporte les équations des différents modèles, les répartitions mensuelles de la pluviométrie et un ensemble de liens qui permettent de réaliser les calculs et de faire correspondre les résultats aux cellules qui leurs conviennent. Le verrouillage sélectif répond au besoin d'éviter des manipulations par inadvertances qui conduiraient à la modification des équations qu'elles comportent, donc à la corruption du fichier.

Pour en faciliter l'utilisation, nous avons intégré sur la matrice le mode d'emploi.

Les figures suivantes, prises en capture d'écran, montre l'aspect de ce fichier

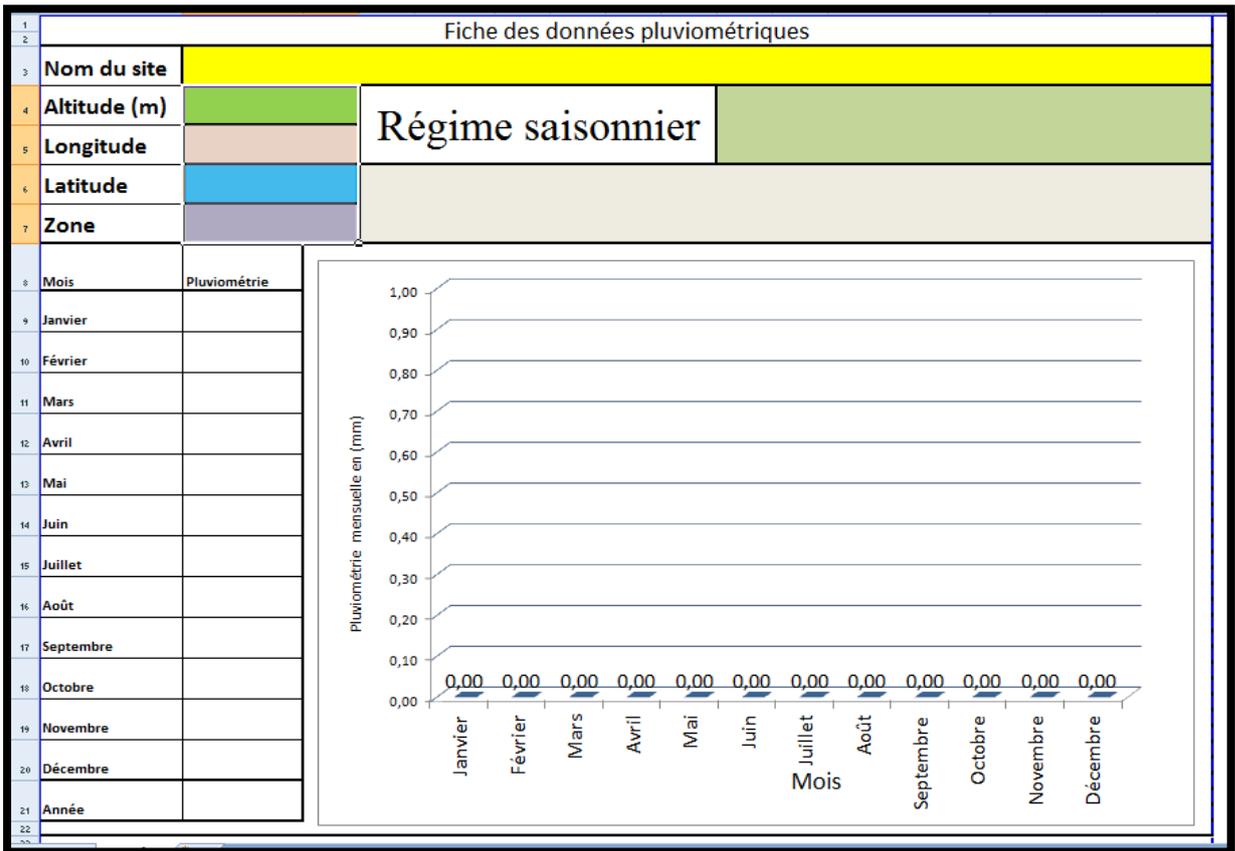


Figure 26 : Capture d'écran montrant l'aspect du fichier vierge

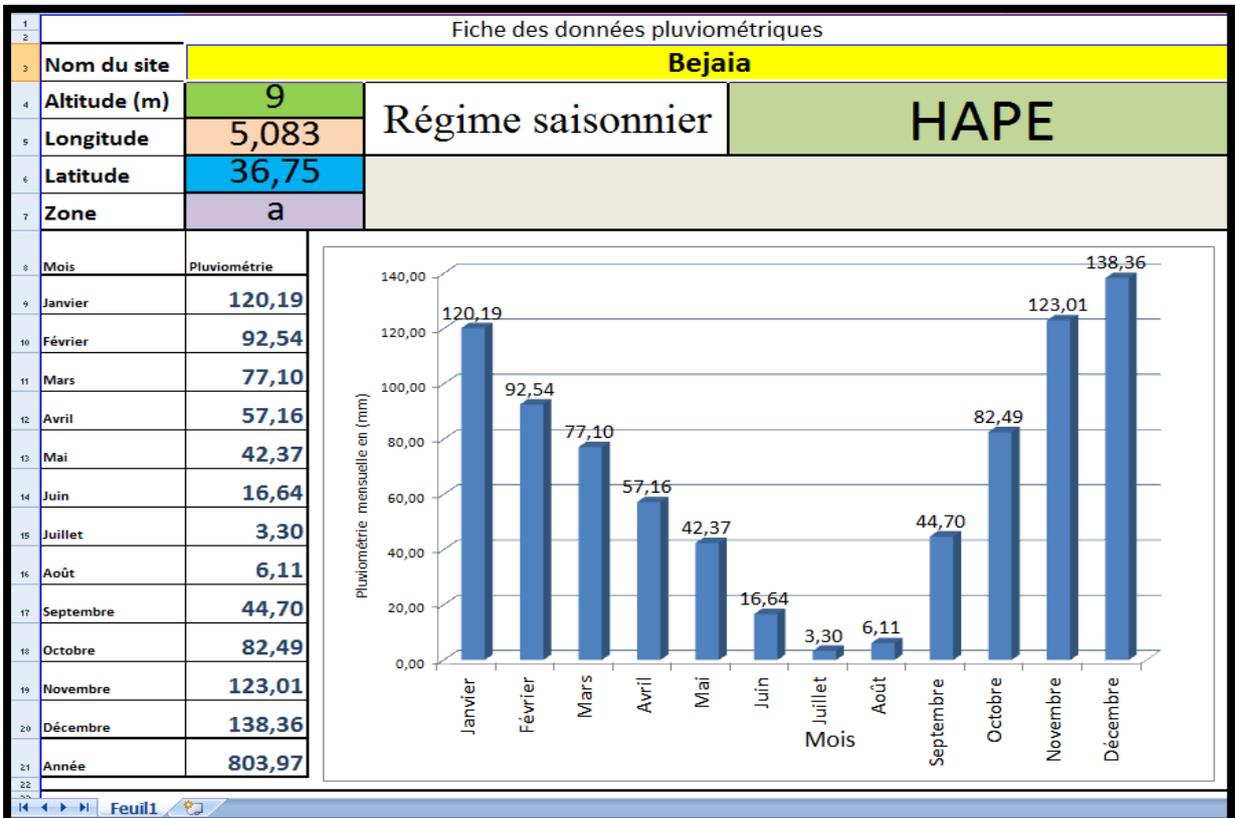


Figure 27 : Capture d'écran montrant l'aspect du fichier exécuté.

## Conclusion

Au terme de notre travail, il apparaît que les données pluviométriques existantes constituent un bon support pour une **esquisse** de modélisation de ce paramètre. Si nous nous limitons uniquement aux différents paramètres statistiques qui permettent de juger de la qualité des modèles élaborés, sans porter de jugement sur la qualité des données utilisées, nous pourrions conclure avec beaucoup de satisfaction. En effet, les coefficients de corrélation des quatre modèles sont hautement significatifs. De même, l'ensemble des valeurs des résidus sont situées à l'intérieur des intervalles de confiance à 95% de chance de valider nos hypothèses quant à l'effet des différentes variables géographiques utilisées. On peut donc dans une large mesure utiliser, avec prudence, ces modèles notamment le fichier informatique joint pour pallier au plus urgent.

Au-delà de ce satisfecit mitigé, nous ne devons pas perdre de vue que beaucoup de problèmes restent en suspens. En effet, nous aurions aimé faire, ce qui était prévu au lancement de ce travail et reste une perspective intéressante et louable, une modélisation similaire sur les températures et mettre au point un fichier informatique unique où les températures et pluviométrie seraient traitées conjointement. Ça permettrait, particulièrement, dans le cadre de notre spécialité « Ecologie », de nous intéresser au bioclimat et calculs des différents indices élaborés sur le climat méditerranéen.

Par ailleurs, ce travail nous a permis de nous rendre compte de la difficulté d'obtenir des documents au sens large. A titre informatif, les usagers peuvent consulter deux sites que nous jugeons intéressants pour obtenir des données climatologiques sur certaines de nos villes. Un site web espagnol (<http://www.tutiempo.net/clima/Argelia/DZ.html>) et un site du gouvernement américain ([http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data\\_rescue\\_algeria.html](http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data_rescue_algeria.html)).

En fin, Il est temps que soit installé un réseau dense de stations météorologiques sur nos territoires d'autant plus que cela ne coûterait presque rien ; pour que dans vingt ans au moins, des informations sur le climat pourraient être utilisées avec efficacité dans plusieurs domaines (recherche scientifique, bâtiment, agriculture, énergie renouvelable...etc).

## Bibliographie

- Aidoud A., 1998 : Fonctionnement des écosystèmes méditerranéens, Conférence du réseau MESOE (Méditerranée Enseignement Secondaire Observation et Environnement), site internet <http://www.museum.agropolis.fr/pages/savoirs/biomes/>, 50 p.
- Bacher S.; Brandl R.; Nentwig W., 2009: Manuel de synthèse: écologie. *Edition VUIBERT*, Paris. 368 p.
- Bagayoko F., 2008 : Cours de climatologie et d'impact des changements climatiques sur l'environnement et les ressources en eau. Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement. Groupe EIER-ETSHER. 103 p.
- Berger A., 1992 : Le climat de la terre : un passé pour quel avenir. *Edition De Boeck*, Bruxelles. 449 p.
- Bougeault Ph. & Sadourny R., 2001 : Dynamique de l'atmosphère et de l'océan. *Edition de l'école polytechnique*, Paris. 303 p.
- Bouteldjaoui F.; Bessenasse M.; Guendouz A.; 2012 : Etude comparative des différentes méthodes d'estimation de l'évapotranspiration en zone semi-aride (cas de la région de Djelfa). *Revue « Nature & Technologie »*. issue 7 : 109-116.
- Chapel A.; Fieux M.; Jacques G.; Jacques J.M.; Laval K.; Legrand M. et Le Treut H., 1996 : Océan et atmosphère. *Edition Hachette*, Paris. 160 p.
- Daget Ph., 1977a : Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, mode de caractérisation. *Vegetatio*, Vol. 34, 1 : 1-20.
- Daget Ph., 1977b : bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, volume 34-2 : 87-103.
- Dajoz R., 1996 : Précis d'écologie. 5ème édition. *Edition DUNOD*, Paris, 551 p.
- Dajoz R., 2006 : Précis d'écologie. 8ème édition. *Edition DUNOD*, Paris, 631 p.
- Daniel V., 2003 : Troisième partie du cours sur le rayonnement thermique, l'effet de serre et le bilan radiatif de la Terre. ENS Lyon. 30 p.
- Djemai M., 1985 : Hydrologie du bassin versant du haut Sébaou. Hydrologie des formations alluviales. Thèse troisième cycle. Univ. Sc. Méd. Grenoble, 261 p.
- Essourrou G., 1981 : Climat et environnement : les facteurs locaux du climat. *Edition MASSON*, Paris. 180 p.
- Felous J-L, 2002: Avis de tempête : nouvelle donnée climatique. Edition Odile Jacob, Paris. P 337.
- Fellous J.L. & Gatier G., 2007 : Comprendre le réchauffement climatique. *Edition Odile Jacob*, Paris. 291 p.
- Foucault A., 2009 : Climatologie et paléoclimatologie. *Edition DUNOD*, Paris. 303 p.

- Fouquart Y., 2002: Le climat de la terre : fonctionnement de la machine climatique, influence humaine et évolution probable. *Edition Presses universitaires du Septentrion Villeneuve d'Ascq*. 170 p.
- Gachon Ph., 2000 : La modélisation du climat, ou en sommes nous ? . Revue électronique des sciences de l'environnement (*vertigo*), volume 1, numéro 2 : 22.
- Gemenne F.; Mugnan A. & Tubiana L., 2006 : Anticiper pour s'adapter : le nouvel enjeu du changement climatique. *Edition PEARSON*, Paris. 206 p.
- Groupe Intergouvernemental pour l'Etude Climatique (GIEC), 2001 : Rapport de synthèse sur le changement climatique. 114 p.
- Godard A. & Tabeaud M., 2006 : Les climats : mécanismes, variabilité et répartition. 3ème édition. *Edition COLIN Armand*, Paris, 216 p.
- Guyot G., 1999 : Climatologie de l'environnement : cours et exercices corrigés. *Edition DUNOD*, Paris. 525 p.
- Jalut G; Amat A.E.; Riera I Mora S.; Fontugne M.; Mook R.; Bonnet B & Gauquelin Th., 1997: Holocene climatic changes in the western mediterranean : installation of the mediterranean climate. *Compte rendus de l'Académie des Sciences, series UA-Earth on Planetary Science*, volume 325, issue 5 : 327-334.
- Jalut G.; Dedubet J.J. ; Fontagne M. & Otto Th.; 2009: Holocene circum-Mediterranean changes : Climatic forcing and human impact. *Quaternary international*, volume 200, issues 1-2 : 4-18.
- Le Houérou H.N., 1993 : Changement climatique et désertisation. *Sécheresse*, numéro 2, volume 4 : 95-111.
- Le Houérou H.N., 2007 : Biomes isoclimatiques méditerranéens : bioclimatologie, diversité et phytogéographie résumé élargi de l'ouvrage de l'auteur. *Forêt méditerranéenne*, T. XXVIII, n°1 : 67-72.
- Le Houérou H.N., 2009 : bioclimatologie, phytogéographie et diversité des biomes de la zone isoclimatique méditerranéenne. *Nouvelles des forêts méditerranéennes*, n°15 : 3-6.
- Levêque Ch., 2001 : Ecologie : de l'écosystème à la biosphère. *Edition DUNOD*, Paris. 502 p.
- Lionello P.; Malanotte-Rizzoli P.; Boscolo R.; Alpert P.; Artale V.; Li L. ; Luterbacher J.; May W.; Trigo R.; Tsimplis M.; Ulbrich U. & Xoplaki E., 2006: The Mediterranean Climate: An Overview of the Main Characteristics and Issues. *Elsevier Science B.V.*, : 1-26.
- Lolis C.J.; Bartzokas A.; Lagouvardos K. & Metaxas D.A., 2012: Intra-annual variation of atmospheric static stability in the mediterranean region: a 60 –year climatology. *Theoretical and Applied Climatology*, Volume 110, Issue 1-2 : 245-261.

- Meddour R., 2010: Bioclimatologie, phytogéographie et Phytosociologie en Algérie exemple des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie Djurdjurenne. Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 397 p.
- Merle J., 2006 : Océan et climat. *Edition IRD*, Paris. 217 p.
- Michalet R., 1991: Nouvelle synthèse bioclimatique des milieux méditerranéens : application au Maroc septentrional. 60- *Rev. Ecole. Alp.*, Grenoble, tome I : 60-80.
- Ozenda P., 2002 : Perspectives pour une géobiologie des montagnes. Première édition. *Edition polytechnique et universitaire Romandes*, Lausanne. 195 p.
- Philippon G., 2007 : Rôle des calottes glaciaires dans le système climatique : analyse des interactions entre un modèle de calotte de glace Antarctique et un modèle de climat. Thèse de Doctorat à l'Université de Pierre et Marie Curie (Pris VI). Spécialité : Océanologie, Météorologie et Environnement. P 283.
- Planton S., 1998 : Modélisation climatique et environnement. Conférence 02. Météo- France, centre nationale de recherches météorologiques, Toulouse. 19 p.
- Ramade F., 2009 : Eléments d'écologie : écologie fondamentale. 4ème édition. *Edition DUNOD*, Paris. 689 p.
- Ricklefs R.E. & Miller G.L., 2005 : Ecologie. 4ème édition. *Edition DE BOECK*, Bruxelles. 821 p.
- Salameh T., 2008 : Modélisation multi-échelles de la circulation atmosphérique hivernale sur le bassin méditerranéen : rôle des interactions d'échelles. Thèse de Doctorat de l'Ecole Polytechnique. Laboratoire de Météorologie Dynamique. 156 p.
- Seltzer P., 1946: Le climat de l'Algérie. Univ. d'Alger, IMPG Carbonnel, Alger. 219 p.
- Skouri M., 1994: Les ressources physiques de la région méditerranéenne. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n° 24 : 15-30.
- Tassin T., 2012 : Paysages végétaux du domaine méditerranéen : Bassin méditerranéen, Californie, Chili centrale, Afrique de Sud, Australie méridionale. *Edition IRD*, Montpellier. 421 p.
- Trotignon R., 2009 : Comprendre le réchauffement climatique comme un expert. *Edition PEARSON*, Paris. 111 p.
- Unesco-Fao, 1963: Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne. Etude écologique de la zone méditerranéenne. Notice explicative. 63 p.
- Villeneuve G.O., 1980 : Glossaire de météorologie et de climatologie. 2ème édition. *Edition de presses de l'université Laval*, Québec. 645 p.
- Voituriez B., 2012: La circulation générale océanique. Institut océanographique, France. 5 p.

Yacoub B., 1985 : Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale (Algérie). Thèse de troisième cycle. Université Paris 6. 241 p.

## ANNEXES

**Tableau A01 : Données pluviométriques de la station de Béjaïa (1970-2012)**

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
1970	30,9	56,0	130,7	215,7	67,6	1,2	12,4	0,0	1,0	186,7	2,8	131,7	836,7
1971	123,0	50,5	107,1	30,2	25,8	0,1	5,2	0,0	104,0	123,9	71,1	52,2	693,1
1972	155,9	67,4	93,3	86,8	89,7	25,1	4,4	16,5	106,0	76,4	20,5	230,0	972,0
1973	166,9	230,0	123,6	33,7	0,3	42,8	0,3	1,9	70,9	83,2	78,5	173,3	1005,4
1974	21,8	163,5	161,1	105,0	2,2	7,1	8,3	1,7	75,1	227,0	43,6	40,3	856,7
1975	52,7	90,7	115,3	27,8	89,4	17,7	0,0	37,0	39,8	9,3	229,0	85,6	794,3
1976	131,8	140,8	66,1	72,1	47,1	30,5	47,3	19,2	47,3	99,7	138,0	72,4	912,3
1977	92,3	19,4	38,6	109,3	38,5	6,6	0,4	5,7	8,1	27,7	205,0	14,7	566,3
1978	124,5	78,9	144,1	111,9	50,8	1,9	0,1	0,0	15,2	90,5	106,0	10,1	734,0
1979	49,3	115,8	72,8	110,5	21,6	17,2	18,7	47,0	73,7	41,8	100,0	13,9	682,3
1980	48,3	26,5	118,3	94,3	35,1	1,7	1,3	4,0	3,3	42,9	159,0	386,2	920,9
1981	51,4	100,0	96,2	43,9	21,2	24,0	2,1	27,9	3,2	48,7	52,3	90,4	561,3
1982	299,1	100,2	57,7	49,4	74,4	0,8	0,4	39,1	23,6	107,7	112,0	226,4	1090,8
1983	11,2	35,2	44,1	14,6	13,0	0,1	1,8	10,2	3,5	57,0	59,0	69,5	319,2
1984	221,4	189,7	90,0	25,5	60,0	8,9	0,6	3,6	17,4	262,5	6,0	215,0	1100,6
1985	129,7	38,8	248,3	25,3	72,1	1,3	0,7	7,3	79,6	52,0	101,0	66,9	823,0
1986	125,5	81,0	183,4	35,6	12,5	22,1	4,5	4,7	37,3	184,1	136,0	222,2	1048,9
1987	72,8	161,9	74,2	40,9	47,3	5,7	3,6	2,1	26,9	52,5	216,0	33,2	737,1
1988	39,9	94,7	69,2	56,3	44,9	50,2	0,0	1,8	61,1	0,9	242,0	206,8	867,8
1989	91,8	13,7	34,1	124,4	6,1	16,4	2,0	12,3	49,1	48,5	65,7	33,8	497,9
1990	123,2	1,0	43,7	58,4	85,8	16,9	8,7	2,5	3,4	41,4	72,2	295,5	752,7
1991	76,9	94,9	168,5	33,5	38,7	2,4	0,4	8,0	80,1	188,1	36,9	44,1	772,5
1992	160,6	53,3	115,1	125,0	47,6	37,0	3,4	0,0	3,1	31,8	52,5	260,4	889,8
1993	78,6	88,0	42,4	85,5	46,2	4,5	0,0	0,0	59,5	51,3	66,2	71,0	593,2
1994	55,3	81,7	0,8	55,6	8,4	2,1	0,2	0,6	133,0	73,6	18,2	149,4	578,9
1995	238,4	55,8	95,7	35,6	1,8	22,8	0,3	20,0	71,4	15,9	51,5	60,8	670,0
1996	105,7	220,4	58,9	118,3	43,9	38,8	9,6	4,1	37,6	47,0	95,1	54,0	833,4
1997	50,1	24,5	16,3	53,9	11,3	22,2	2,4	18,0	58,2	222,1	108,0	93,0	680,0
1998	16,1	79,6	60,7	95,4	160,3	3,3	0,0	10,4	45,9	81,4	185,0	129,3	867,4
1999	125,8	119,9	52,6	29,8	14,7	1,4	0,6	2,7	47,8	24,4	93,4	227,1	740,2
2000	72,9	21,7	13,9	27,3	53,7	5,3	1,4	0,0	13,0	76,5	30,9	65,5	382,1

2001	212,0	70,2	9,1	65,9	37,1	0,0	0,0	13,7	47,3	3,1	104,0	70,9	633,3
2002	68,8	103,6	57,5	18,1	23,5	0,0	116,1	28,1	61,7	36,1	193,0	315,0	1021,5
2003	310,0	69,0	30,7	220,6	26,5	1,0	2,2	1,6	114,0	75,5	45,6	205,5	1102,2
2004	147,9	54,6	86,9	110,4	69,9	26,0	0,0	5,0	18,8	30,4	178,0	128,4	856,3
2005	165,5	167,5	60,4	41,9	7,7	0,0	0,4	6,1	28,2	31,7	107,0	172,4	788,8
2006	126,7	141,0	46,5	17,3	53,3	4,8	1,0	34,6	35,3	21,3	13,3	132,7	627,8
2007	9,3	20,4	175,1	132,0	12,1	9,9	2,6	6,7	63,4	149,0	175,0	207,0	962,5
2008	7,0	20,0	120,0	37,0	66,0	7,0	3,0	4,0	144,0	61,0	131,0	73,0	673,0
2009	237,0	66,0	63,0	86,0	54,0	1,0	4,0	15,0	190,0	40,0	129,0	133,0	1018,0
2010	53,0	55,0	107,0	44,0	57,0	38,0	1,0	6,0	39,0	135,0	162,0	70,0	767,0
2011	52,6	138,7	50,3	68,8	87,9	36,1	0,3	0,0	7,1	128,3	100,1	118,9	788,9
2012	89,9	323,4	74,9	198,4	7,4	95,5	1,0	2,0	333,8	83,6	106,4	57,2	1373,4

Tableau A02 : Données pluviométriques (Seltzer, 1946)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Aghrib	223	127	138	86	53	26	1	7	47	96	181	225	1210
Aïn-Ourcinef	161	100	103	79	62	40	7	9	56	90	131	154	992
Alger Port	91	68	63	35	37	14	2	5	39	69	109	115	647
Alger Université	113	84	74	41	46	15	2	4	40	78	129	136	762
Béjaïa (ex. Bougie)	169	112	96	68	50	28	3	11	54	99	130	168	972
Bordj-Mènniël	132	100	89	61	13	20	2	4	34	71	127	154	837
Bouzaréa Observatoire	103	82	75	43	49	16	2	5	42	82	139	138	776
Cap Afiah	147	115	85	58	39	16	2	4	29	88	143	190	916
Cap Bengut	114	77	67	45	36	15	2	5	51	81	129	146	771
Cap Carbon	133	89	77	49	48	19	3	10	50	90	102	115	780
Cap Corbelin	115	80	71	49	10	16	1	15	55	72	116	132	768
Cap Matifou	87	58	57	31	33	12	2	4	34	68	94	99	579
Cap Sigli	116	83	73	45	38	17	2	9	46	90	127	134	780
Djidjel	193	143	107	82	57	27	3	7	56	125	192	212	1201
El-Kseur	147	104	80	45	41	23	2	10	37	68	100	131	787
Elma-Hachech	177	129	110	92	91	31	2	11	62	133	191	200	1238
Ménirville	130	1	87	59	52	18	1	3	35	72	125	143	816
Oued-Marsa	181	120	115	83	56	44	6	11	76	106	150	157	1105
Taher	195	161	104	97	62	24	4	8	47	133	165	189	1179
Tifra Mizrana	250	163	127	74	69	41	3	1	59	113	183	227	1300
Tigzirt	158	95	84	68	49	25	2	6	48	101	163	168	952
Azazga	164	113	104	67	45	16	3	7	30	76	139	181	944
Béni-Sliman	77	45	44	36	38	29	3	3	21	35	56	61	448
Fort -National	157	115	125	94	65	30	3	7	46	80	148	169	1035
Ighil-Imoula	164	126	118	73	72	29	5	5	31	73	125	142	963
Michelet	163	137	151	113	83	32	6	9	47	94	169	162	1149
Mirabeau	142	99	91	140	42	16	1	2	28	78	123	151	821
Tizi Ouzou	162	100	95	59	49	19	1	6	37	75	127	179	893
Yakouren	219	134	160	111	64	36	7	7	47	140	182	255	1352
Ain-Aoua	111	83	81	67	56	30	10	11	40	54	57	110	710
Ain-bessam	97	55	51	50	41	27	5	4	27	47	69	77	650
Akbou	81	63	55	37	39	14	4	7	28	36	57	77	492
Amoucha	91	75	61	54	49	22	6	7	28	42	67	86	591
Arbala	187	83	98	68	42	31	8	7	21	39	83	81	698
Aumale	71	66	56	46	50	25	6	7	27	42	64	72	521
Bouira	107	80	66	48	43	22	4	7	32	46	79	100	634
Guelaâ	67	54	50	49	48	22	8	16	17	41	65	70	487
Ighil-Ali	70	48	51	39	43	16	7	14	25	31	50	66	473
Maillot	96	64	66	40	46	24	6	8	28	37	71	85	571
Périgotville	112	97	95	64	63	16	5	9	39	46	79	108	784
Seddouk													615
Sidi Aich	124	96	79	42	45	22	4	9	26	46	75	101	659
Texenna	252	139	147	118	79	35	6	14	58	110	161	224	1303

Tifra soulmmam	178	134	98	56	44	36	6	12	44	71	108	146	933
Titest	108	82	88	79	58	28	7	11	36	53	90	112	762
Tizi n'Bechar	121	83	70	69	57	18	6	9	38	62	87	100	720
Bordj-bou-Arréridj	48	35	40	29	41	21	42	16	33	31	40	46	400
Coligny	69	56	52	39	50	23	9	13	36	42	60	63	512
Guellal	43	38	46	26	41	24	1	7	29	42	41	39	377
Bougaa	94	61	57	50	54	21	7	12	33	49	72	82	592
Saint-Arneaud P.C	52	39	35	29	44	25	8	12	27	32	40	43	386
Sétif	60	45	43	36	51	28	11	14	37	39	53	52	469
Tixter	41	35	38	33	47	25	7	14	28	34	39	39	389

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Aghrib	145,8	122,1	128,5	97,4	58,8	8,1	3,1	8,2	42,9	93,4	133,8	185,2	1027,3
Elma Hachech	151,0	120,0	118,0	101,0	64,0	22,0	4,0	7,0	46,0	105,0	147,0	190,0	1075,0
Baghlia	95,7	80,9	49,5	67,2	43,6	11,8	4,2	5,8	36,5	60,9	90,7	130,0	676,8
Azazga	114,8	113,4	110,9	87,4	55,0	11,1	3,6	5,9	43,0	80,6	107,5	154,9	888,1
fort National	104,9	114,8	61,5	98,8	67,5	21,6	5,3	10,7	44,1	71,0	105,4	113,6	819,2
Ighil Imoula	153,0	111,0	112,0	87,0	58,8	21,3	0,0	0,0	39,5	81,0	113,5	130,7	907,8
Michelet	118,9	148,6	158,8	117,8	72,2	21,8	5,0	15,0	41,8	82,7	127,2	162,3	1072,1
Mirabeau	97,6	80,3	49,9	68,3	42,6	10,3	4,8	6,5	28,4	53,5	86,3	122,8	651,3
Tizi Ouzou	114,4	98,8	56,2	79,9	52,5	9,9	3,9	10,7	35,5	57,0	98,0	139,3	756,1
Yakouren	137,7	160,1	142,7	114,9	68,0	15,7	6,4	8,9	47,7	88,6	133,8	185,0	1109,5
Ain Zaouia	75,9	78,3	73,4	61,0	44,1	8,5	2,5	5,3	26,3	49,8	76,8	95,9	597,8
Ait Ouabane	145,6	103,2	98,8	117,7	100,5	16,8	4,7	20,8	66,7	92,6	133,2	157,3	1057,9
Beni Yenni	99,5	104,3	108,8	86,9	58,6	15,3	4,7	7,7	42,0	71,3	103,1	124,3	826,5
Boghni	77,8	89,5	82,0	77,3	67,2	13,1	5,8	7,3	42,1	54,1	82,6	108,2	707,0
Bouassem	102,3	110,7	104,1	86,0	54,6	11,8	4,1	8,1	40,4	65,6	102,1	137,2	827,0
Djema Sahridj	97,0	112,7	95,3	77,8	53,6	12,6	4,3	6,6	37,1	72,9	96,2	125,1	791,2
Draa el Mizan	117,9	76,7	53,7	67,4	49,7	10,8	3,2	9,0	37,9	48,6	68,1	108,9	651,9
Fréha	95,9	96,0	84,7	66,8	43,8	9,0	4,5	5,4	32,1	65,1	95,1	118,7	717,1
Makouda	118,7	99,3	58,8	73,8	40,5	9,2	4,5	7,0	30,1	60,2	82,6	148,0	732,7
Ouadhia	93,6	109,9	109,1	77,3	52,2	12,1	4,3	6,5	38,7	57,5	113,6	116,0	790,8
Tala Guilef	142,7	99,6	98,1	110,6	88,5	22,0	5,9	15,9	58,7	78,7	111,5	154,8	987,0
Tizi Ghenif	88,5	94,8	94,2	70,9	49,6	10,5	3,2	6,2	34,2	57,0	84,2	116,4	709,7
Bouira	49,5	52,6	63,0	50,0	29,2	11,1	3,5	8,4	21,1	39,4	48,5	54,5	430,8
Sidi Aich	90,0	66,0	61,0	49,0	39,0	18,0	4,0	8,0	31,0	63,0	71,0	98,0	598,0
El Esnam	34,7	41,3	52,8	28,7	23,4	7,6	2,3	5,3	10,8	31,1	39,8	48,2	326,0

Tableau A03 : données pluviométrique récentes.

## Résumé

Notre travail a consisté à mettre au point des modèles basés sur les régressions linéaires multiples à travers lesquels on a exprimé la pluviométrie en fonction de l'altitude, la longitude et la latitude. A cet effet, nous avons exploité les données climatologiques disponibles pour mettre au point un fichier numérique générateur des données pluviométriques.

Les différents paramètres statistiques qui permettent de juger de la qualité des modèles élaborés, nous conduisent à conclure qu'ils sont de bonnes qualités. En effet, les coefficients de corrélation des quatre modèles sont hautement significatifs. De même, l'ensemble des valeurs des résidus sont situées à l'intérieur des intervalles de confiance. Le fichier informatique réalisé est opérationnel et permettra de remédier à une déficience assez souvent insurmontable.

## Abstract

Our study consists to develop models based on multiple linear regressions, through which the rainfall was expressed according to altitude, longitude and latitude. To this end, we operated available climate data to develop a digital file generator rainfall data.

Different statistical parameters which allow to judge the quality of models developed, lead us to conclude that they are of good quality. Indeed, the coefficients of correlation of the four models are highly significant. Similarly, the set of values of residues are located inside of the confidence intervals. Realized computer file is operational and will to overcome disabilities quite often insurmountable.

## ملخص:

عملنا يتمثل في تطوير نماذج تعتمد على الإنحدار الخطي المتعدد، الذي عبرنا خلاله عن الأمطار وفقا لمستوى العلو عن سطح البحر، خطوط العرض وخطوط الطول. و تحقيقا لهذه الغاية استغلينا المعطيات المناخية المتاحة بهدف تطوير ملف مولد رقمي لهذه المعطيات. المعلومات الإحصائية المختلفة التي تسمح بالحكم على نوعية النماذج المتحصل عليها أدتنا إلى الحكم عليها بالنوعية الجيدة. في الواقع معاملات الارتباط للنماذج الأربعة معبرة للغاية. وبمثل كل المخلفات تقع داخل مجالات الثقة. الملف لمتحصل عليه جاهز للإستعمال ويسمح بالتغلب على الإعاقات المستعصية.