

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mentouri de Constantine**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de vie**  
**Département de Biologie et Ecologie**

N° d'ordre : .....

Série : .....

**MEMOIRE**

Présenté pour obtenir le diplôme de :  
Magistère en **ÉCOLOGIE** et **ENVIRONNEMENT**  
**Option : Ecologie Végétale**

Par : **TIR KAMEL**

**Thème :**

**Climagramme d'EMBERGER**  
**Analyse et correction dans quelques**  
**stations météorologiques de l'Est Algérien**

**Devant le jury :**

Président :	<b>Mr. ALATOU Djamel</b>	Professeur	Univ. Constantine
Rapporteur :	<b>Mr. BENDERRADJI. M.H</b>	Professeur	Univ. Constantine
Examineur :	<b>Mr. RAHMOUNE Chaabane</b>	Professeur	Univ. Constantine
Examineur :	<b>Mr. AMIRECHE Hamza</b>	Maître de Conf.	Univ. Constantine

*Année 2008-2009*

## *Remerciements*

Je tiens d'abord à exprimer mes remerciements à Monsieur M. H. BENDERRADJI, Professeur au Département de Biologie et Ecologie, qui a bien voulu accepter de diriger mon travail. Je lui suis extrêmement reconnaissant d'avoir été présent jusqu'au bout et de m'avoir supporté dans les moments très durs que j'ai traversé. Vos conseils, votre disponibilité et discussion m'ont été très utiles dans la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent également à Monsieur D. ALATOU, Professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de vie, pour sa collaboration à ce travail, me faisant profiter de ces conseils, éclairés par des années de professionnalisme le long de la graduation et la post graduation. Je vous remercie, Monsieur, d'avoir accepté de présider ce jury.

J'adresse toute ma gratitude à Monsieur C. RAHMOUNE, Professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de Vie, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de juger ce travail. Soyez assuré, Monsieur, de toute mon estime et de mon profond respect.

Je remercie également, Monsieur H. AMIRECHE, Maître de Conférences à l'Institut des Sciences de la Terre, pour avoir accepté de participer à ce jury. Veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères ainsi que la marque de mon profond respect.

La réalisation de ce travail a été rendu possible grâce aux données climatiques fournis par la direction de l'O.N.M. Qu'elle soit vivement remerciée. Un grand merci à MR. Hassan, chef de service de la conservation des forêts de Sétif pour le support bibliographique & cartographique et ces conseils précieux. MERCI.

Je remercie mes collègues de la promotion, en particulier Nori, Salaheddine et Saïfi sans oublier mes amis Kamel Eddine et Fayçal d'avoir toujours été présent quant on avait besoin d'eux.

Je remercie tous mes collègues et amis de travail à Wataniya Telecom Algérie (*Nedjma*) ; Abdelkader, Mouad, Abderrahim du service engineering pour le Mapinfo, Tarek et Ahmed du service déploiement du réseau pour l'Autocad. Sans oublier également Amir, Mounir, Khaled, Chakib, Sofiane ... pour leurs encouragements et soutient moral.

Enfin, je voudrais adresser toute ma tendresse et mon amour à ma femme, qui n'a retrouvé son repos qu'une fois avoir mit le point final à ce projet. A mes parents, qui malgré loin de moi, leur prières et amour gratuit m'ont permis de remonter la pente dans les moments de difficulté, et apporté du bonheur dans les moments moins mouvementés.

*A mes parents ;*

*A ma femme ;*

*A mes frères et ami (e) s ;*

*A mes enseignants ;*

*A tous ceux qui me sont chers.*

*Je dédie ce mémoire.*

## *Sommaire*

*Liste des tableaux*

*Liste des figures*

<b>Introduction :</b> .....	01
<b>Chapitre I : Présentation de la zone d'étude :</b> .....	03
I-1. Localisation géographique .....	03
I-2. Les aspects topographiques .....	03
I-2-1. Les plaines littorales .....	04
1-2-2. L'Atlas Tellien .....	04
1-2-3. Les bassins intérieurs .....	05
1-2-4. Les hautes plaines .....	05
1-2-5. L'Atlas Saharien .....	06
I-3. La géologie : .....	07
I-4. Le réseau hydrologique : .....	08
I-5. Le réseau météorologique : .....	08
<b>Chapitre II : Le régime des températures</b> .....	11
II-1. Les températures .....	11
II-1-1. Les données des températures .....	11
II-1-1-1. Critiques des données .....	11
II-1-1-2. Correction des températures .....	12
II-1-2. Les températures de l'air sous abri .....	14
II-1-2-1. Les températures maximales absolues .....	14
II-1-2-2. Les températures minimales absolues .....	16
II-1-2-3. Les Températures moyennes maximales .....	17
II-1-2-4. Les Températures minimales moyennes .....	21
II-1-2-5. Les Températures moyennes mensuelles .....	24
II-1-2-6. Les Températures moyennes annuelles .....	26

II-1-2-7. Comparaison entre deux séries d'observation (1913-1938) et (1978-2004) .....	31
IV-1-2-8. L'amplitude thermique annuelle .....	32
II-1-2-9. Les gradients thermiques .....	34
II-1-2-10. Le régime thermique .....	37
II-1-3. La température à 50cm au dessous du sol .....	39
II-2. L'insolation .....	40
II-3. La nébulosité .....	41
<b>Chapitre III : Les précipitations</b> .....	<b>44</b>
III-1. Présentation et critiques des données pluviométriques .....	44
III-1-2. Estimation des données manquantes et correction des précipitations .....	45
III-1-2-1. La méthode des rapports .....	46
III-1-2-2. Le contrôle des totaux annuels des précipitations .....	47
III-1-3. Les jours pluvieux .....	48
III-1-4. La variabilité mensuelle du régime pluviométrique .....	50
III-1-4-1. La variabilité des précipitations mensuelle dans le temps .....	52
III-1-4-2. La variabilité des précipitations mensuelle dans l'espace .....	55
III-1-4-3. Les mois secs et les mois humides .....	55
III-1-5. Les régimes saisonniers des précipitations .....	57
III-1-5-1. La répartition spatiale des pluies moyennes saisonnières .....	58
III-1-5-2. L'indicatif saisonnier des stations de l'Est algérien .....	59
III-1-6. La répartition spatiale et temporelle des précipitations .....	60
III-1-6-1. Le gradient altimétrique des précipitations .....	60
III-1-6-2. La répartition spatiale et le rôle prépondérant du relief .....	61
III-1-6-3. La variabilité interannuelle .....	64
III-2. L'humidité relative .....	67
<b>Chapitre IV : Synthèse climatique</b> .....	<b>69</b>
IV-1. Le Diagramme Ombrothermique .....	69
IV-2. Le Quotient d'Emberger .....	72
IV-3. Le climagramme d'Emberger .....	74
IV-4. Les conséquences phytoécologiques .....	79

<b>Chapitre V : L'Analyse en Composantes Principales (ACP)</b> .....	80
V-1. Introduction .....	80
V-2. ACP des précipitations .....	80
V-3. ACP des températures .....	84
V-4. ACP des précipitations et des températures .....	87
V-5. La Synthèse de données climatiques (thermométrie et pluviométrie) pour deux périodes (1913-1938) et (1978-2004) par l'Analyse en Composantes Principales .....	89
V-5-1. Espace des variables (mois) .....	90
V-5-2. Espace des individus (stations) .....	91
V-6. ACP et la classification hiérarchique .....	92
<b>Conclusion :</b> .....	94
Références Bibliographiques .....	96

### *Liste des tableaux*

**Tableau 01** : Présentation des stations d'étude.

**Tableau 02** : Le coefficient de corrélation des températures moyenne mensuelles.  
Période (1978-2004).

**Tableau 03** : Les températures maximales mensuelles absolues. Période (1978-2004).

**Tableau 04** : Les températures minimales mensuelles absolues. Période (1978-2004).

**Tableau 05** : La variation mensuelle des températures moyennes maximales.  
Période (1978-2004).

**Tableau 06** : La variation mensuelle des températures moyennes minimales.  
Période (1978-2004).

**Tableau 07** : La variation moyenne mensuelle de la température.  
Période (1978-2004).

**Tableau 08** : Les températures moyennes annuelles. Période (1978-2004).

**Tableau 09** : Comparaison des moyennes mensuelles des températures de deux périodes  
différentes (1913-1938) et (1978-2004) pour les stations étudiées.

**Tableau 10** : L'amplitude thermique annuelle (en °C). Période (1978-2004).

**Tableau 11** : Les gradients mensuels des minimax (A), des maximas (B)  
et des moyennes mensuelles (C).

**Tableau 12** : Les gradients des températures minimales (m') et maximales (M')  
calculés en Algérie.

**Tableau 13** : L'indice de continentalité : thermique (K) et pluvial (P2/P1).

**Tableau 14** : La température moyenne mensuelle à 50cm au dessous du sol. (1981-1995).

**Tableau 15** : Les moyennes annuelles de la durée d'insolations dans l'Est algérien.  
Période (1981-2003).

**Tableau 16** : Les moyennes mensuelles de la nébulosité (en octas). Période (1981-2003).

**Tableau 17** : La probabilité d'avoir un jour de pluie dans l'Est algérien.  
Période (1978-2004).

**Tableau 18** : La variabilité des précipitations mensuelles dans l'Est algériens.  
Période (1978-2004).

**Tableau 19** : Le coefficient pluviométrique relatif. Période (1978-2004).

**Tableau 20** : Le régime saisonnier des précipitations. Période (1978-2004).

**Tableau 21** : Les gradients locaux de la zone d'étude.

**Tableau 22 :** Comparaison des moyennes pluviométriques annuelles (en mm) entre la série de SELTZER (1913-1938) et la période de (1978-2004).

**Tableau 23 :** Les moyennes mensuelles de l'humidité relatives en (%). Période (1978-2004).

**Tableau 24 :** Les étages bioclimatiques.

**Tableau 25 :** Corrélacion facteur-variable. (Poids factoriels).

**Tableau 26 :** Matrice de la corrélation des stations pour les précipitations mensuelles.

**Tableau 27 :** Les valeurs propres ; matrice de corrélation et statistiques associées des températures moyennes mensuelles des 14 stations.

**Tableau 28:** Matrice de corrélation des stations pour les températures mensuelles.

### *Liste des figures*

**Fig. 01 :** L'aspect orographique de l'Est Algérien.

**Fig. 02 :** La variation mensuelle des températures maximales absolues. Période (1978-2004)

**Fig. 03 :** La variation mensuelle des températures minimales absolues. Période (1978-2004)

**Fig. 04 :** La variation mensuelle des températures moyennes maximales. Période (1978-2004)

**Fig. 05 :** La variation mensuelle des températures moyennes minimales. Période (1978-2004)

**Fig. 06 :** La variation mensuelle des températures moyennes. Période (1978-2004)

**Fig. 07 :** La variation annuelle des températures moyennes annuelles. Période (1978-2004)

**Fig. 08 :** Evolution des températures minimales et maximales annuelles, (1978-2004).

**Fig. 09 :** Comparaison des moyennes mensuelles de la température entre deux périodes, (1913-1938) et (1978-2004).

**Fig. 10 :** Comparaison de l'amplitude thermique entre deux périodes, (1913-1938) et (1978-2004).

**Fig. 11 :** La variation mensuelle des gradients thermiques. Période (1978-2004)

**Fig. 12 :** Le Diagramme de l'expression synthétique de la continentalité.

**Fig. 13 :** La variation de la température moyenne mensuelle du sol à 50cm de profondeur. Période (1981-1995).

**Fig. 14 :** Les moyennes annuelles de l'insolation dans quelques stations de l'Est algérien. (1981-2003).

**Fig. 15 :** La variation mensuelle de la nébulosité. Période (1981-2003).

**Fig. 16 :** Comparaison de la variation annuelle de la nébulosité entre deux périodes ; (1913-1938) et (1978-2004).

- Fig. 17 :** Le contrôle des totaux annuels des précipitations par ma méthode des doubles cumuls.
- Fig. 18 :** La probabilité d'avoir un jour de pluie dans l'Est algérien.  
Période (1978-2004)
- Fig. 19 :** La variation des précipitations mensuelles dans l'Est algérien.  
Période (1978-2004)
- Fig. 20 :** Le coefficient de variation (C.V) et la moyenne mensuelle des précipitations en %.  
Période (1978-2004)
- Fig. 21 :** Le régime saisonnier des précipitations dans l'Est algérien. Période (1978-2004)
- Fig. 22 :** Les précipitations annuelles : différence à la moyenne de la série (1978-2004), dans l'Est algérien.
- Fig. 23 :** Comparaison des moyennes pluviométriques annuelles entre deux séries d'observations.
- Fig. 24 :** La variation mensuelle de l'humidité relative moyenne mensuelle (en %)
- Fig. 25 :** Le Diagramme Ombrothermique.
- Fig. 26 :** Répartition de quelques espèces végétales dans le climagramme d'EMBERGER, (D'après Le HOUEROU, 1977)
- Fig. 27 :** Le Climagramme du quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q2).  
Période (1978-2004)
- Fig. 28 :** Comparaison du Q2 d'EMBERGER entre deux périodes ;  
(1913-1938) et (1978-2004)
- Fig. 29 :** Les valeurs propres (V.P) des 14 composantes. Les précipitations mensuelles.
- Fig. 30 :** La projection des variables (stations) sur le plan factoriel (1x2).  
Les précipitations mensuelles.
- Fig. 31 :** La projection des stations littorales sur le plan factoriel (1x2).
- Fig. 32 :** La projection des stations de l'intérieur sur le plan factoriel (1x2).
- Fig. 33 :** La projection des individus (mois) sur le plan factoriel (1x2).
- Fig. 34 :** Eboulis des valeurs propres des 14 composantes.  
Les températures moyennes mensuelles.
- Fig. 35 :** La projection des variables (stations) sur le plan factoriel (1x2).  
Les températures moyennes mensuelles.
- Fig. 36 :** Eboulis des valeurs propres des 36 composantes.  
Les précipitations et les températures (maximales & minimales moyennes).
- Fig. 37 :** La projection des individus (stations) sur le plan factoriel (1x2).  
Variable : les Température et les Précipitations

**Fig. 38 :** Eboulis des valeurs propres. Les précipitations et les températures (maximales & minimales moyennes). Période (1913-1938) et (1978-2004).

**Fig. 39 :** La projection des variables (stations) sur le plan factoriel (1x2). Les précipitations mensuelles et les températures (maximales & minimales moyennes mensuelles). Période (1913-1938) et (1978-2004).

**Fig. 40 :** La projection des individus (stations) sur le plan factoriel (1x2).

Variables : Les précipitations mensuelles et les températures (maximales & minimales moyennes mensuelles). Période (1913-1938) et (1978-2004).

**Fig. 41 :** Le Dendrogramme des 14 stations.

**Carte 01 :** La localisation des stations et des postes météorologiques dans la zone d'étude.

**Carte 02 :** Les températures moyennes maximales du mois le plus chaud (Juillet & Aout) dans l'Est Algérien. Période (1978-2004).

**Carte 03 :** Les températures moyennes minimales du mois le plus froid (Janvier) dans l'Est Algérien. Période (1978-2004).

**Carte 04 :** Les précipitations moyennes annuelles dans l'Est Algérien. Période (1978 – 2004)

## ***Summary:***

In Eastern Algeria, precipitation and temperature are characterised by a great variability, be it in time (yearly or monthly) or in space. To define and explain this variability, two periods of observation (1913-1938 and 1978-2004) and 27 meteorological stations and post are used.

The analysis of the pluviothermic quotient and EMBERGER's climagramme for these two periods shows a vertical sliding of bioclimatic floors in coastal stations and a horizontal slide in inland ones.

Finally, a headword average mobile analysis is carried out on series of monthly average temperature and monthly total precipitation. The main parameters allowing to sum up these series are put in a prominent position, and the analysis of the major components of these parameters allows the classification of most weather characteristics in the region under study. This classification solves the dilemma often faced by bioclimatologists, which is the use of most climatic variables without limiting them to their simple expression (their average for example). The aim is to analyse this spatial and temporal variability and to show the link between the separative and synthetic methods.

## **Key words :**

Temperatures, Precipitations, East Algerian, Climate, EMBERGER's pluviothermic quotient, Principal Components Analysis.

<u>Nom</u> : TIR <u>Prénom</u> : KAMEL	Date de la soutenance : <b>15 Novembre 2009</b>												
<u>Titre</u> :  <p style="text-align: center;"><b>Climagramme d'EMBERGER</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Analyse et correction dans quelques stations météorologiques de l'Est Algérien.</b></p>													
<u>Nature du Diplôme</u> :  <p style="text-align: center;"><b>Magistère en Ecologie et Environnement</b></p>													
<u>Résumé</u> :  <p>Les précipitations et les températures, dans l'Est Algérien, sont caractérisées par une grande variabilité, que ce soit dans le temps à l'échelle interannuelle ou à l'échelle mensuelle ou dans l'espace. Pour cerner et expliquer cette variabilité, deux séries d'observations (1913-1938 et 1978-2004) et 27 stations et postes météorologiques ont été utilisés.</p> <p>L'analyse du Quotient pluviothermique et le climagramme d'EMBERGER pour ces deux périodes montre un glissement vertical des étages bioclimatiques pour les stations littorales et un décrochement horizontal pour ceux de l'intérieur.</p> <p>Finalement, une analyse autorégressive moyenne mobile est effectuée sur les séries de températures moyennes mensuelles et les précipitations totales mensuelles ; les principaux paramètres permettant de résumer ces séries sont mis en évidence et une analyse en composantes principales de ceux-ci permet une classification intégrant un maximum de caractéristiques du climat de la région d'étude. Les potentialités de cette dernière classification permettent de résoudre le dilemme qui se pose souvent au bioclimatologiste : utiliser un maximum de variables climatiques sans les réduire à leur simple expression (par exemple leur moyenne). Le but est d'analyser cette variabilité spatio-temporelle et mettre en évidence le lien entre les deux méthodes; la première dite séparative et la deuxième synthétique.</p>													
<u>Mots clefs</u> : Températures, Précipitations, Est Algérien, Climat, Quotient pluviothermique d'EMBERGER, Analyse en Composantes Principales (ACP).													
<u>Laboratoire de recherche</u> :  <p style="text-align: center;">Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phyto-génétique.</p>													
<u>Jury</u> :  <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> <b>Mr. ALATOU Djamel</b></td> <td style="width: 33%;">Professeur</td> <td style="width: 33%;">Président</td> </tr> <tr> <td> <b>Mr. BENDERRADJI. M.H</b></td> <td>Professeur</td> <td>Rapporteur</td> </tr> <tr> <td> <b>Mr. RAHMOUNE Chaabane</b></td> <td>Professeur</td> <td>Examineur</td> </tr> <tr> <td> <b>Mr. AMIRECHE Hamza</b></td> <td>Maître de Conf.</td> <td>Examineur</td> </tr> </table>		 <b>Mr. ALATOU Djamel</b>	Professeur	Président	 <b>Mr. BENDERRADJI. M.H</b>	Professeur	Rapporteur	 <b>Mr. RAHMOUNE Chaabane</b>	Professeur	Examineur	 <b>Mr. AMIRECHE Hamza</b>	Maître de Conf.	Examineur
 <b>Mr. ALATOU Djamel</b>	Professeur	Président											
 <b>Mr. BENDERRADJI. M.H</b>	Professeur	Rapporteur											
 <b>Mr. RAHMOUNE Chaabane</b>	Professeur	Examineur											
 <b>Mr. AMIRECHE Hamza</b>	Maître de Conf.	Examineur											

## **Introduction :**

Le climat, en région méditerranéenne, est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Ainsi, un des objectifs essentiels de l'écologie méditerranéenne est de rechercher la meilleure relation entre les différentes formations végétales et le climat vu sous l'angle biologique : le bioclimat.

Nous avons déjà entrepris cette étude bioclimatique sur une région limitée dans l'extrême Nord-Est Algérien (Tir. K., 1997). Dans la présente étude, l'échelle s'étend sur toute la région de l'Est Algérien.

A la suite des travaux de DE MARTONE (1927), de nombreux indices climatiques et bioclimatiques ont été proposés. Les plus courants et plus utilisés sont basés essentiellement sur la pluie et la température. C'est le cas du quotient pluviothermique d'EMBERGER (EMBERGER, 1930, 1955 ; SAUVAGE, 1963) et de l'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953).

Le quotient d'EMBERGER permet empiriquement de faire ressortir des paramètres bioclimatiques comme la sécheresse et l'amplitude thermique. La répartition du quotient en fonction de « m » (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) est la base du climagramme, permettant ainsi de situer une localité, une essence, une formation végétale ou un groupement.

L'analyse de l'évolution du quotient pluviothermique d'EMBERGER pendant les dernières décennies du XX<sup>ème</sup> siècle, sont d'une importance capitale pour une région agricole, considérée la plus humide de toute l'Algérie, et fait partie d'un projet d'étude sur des changements climatiques régionaux.

Les paramètres de précipitation et température ont été abordés comme des variables de base pour notre étude. Pour ce faire, nous avons utilisé vingt et une séries d'observation distribuées dans l'Est Algérien. Ces séries seront contrôlées et homogénéisées à partir de l'emploi de différentes techniques statistiques. A cet effet, deux méthodes sont utilisées : la première dite séparative, qui divise et classe les systèmes, leurs facteurs isolés. La deuxième dite synthétique basée sur des modèles statistiques (Analyse en Composantes Principales).

Les principales questions auxquelles nous avons essayé d'apporter des éléments de réponses sont :

Q1 : Existe-il une variabilité temporelle et spatiale des températures et des précipitations dans l'Est Algérien ? Cette variabilité, est-elle progressive ou régressive pour chaque paramètre étudié ?

Q2 : L'utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour l'étude de chaque paramètre donne-t-elle les mêmes appréciations ?

Q3 : L'utilisation de la méthode d'EMBERGER, peut-elle synthétiser la variabilité spatiotemporelle ?

Q4 : L'utilisation de l'ACP en combinant les deux paramètres (précipitations et températures), donne-elle les mêmes résultats que ceux d'EMBERGER ?

Pour ce faire, nous avons adopté une méthodologie qui s'articule sur :

- I. La présentation de la zone d'étude ; la localisation géographique, la détermination des ensembles topographique et le réseau météorologique ;
- II. Synthèse des données concernant les régimes des températures et leurs variabilités dans le temps et dans l'espace ;
- III. Synthèse des données concernant les régimes des précipitations et leurs variabilités dans le temps et dans l'espace ;
- IV. Définition du Quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q2) ; son utilité et la définition des zones bioclimatiques de l'Est algérien et leur variabilité dans le temps ;
- V. L'utilisation de l'Analyse en Composantes Principales dans le domaine climatique, la détermination et la classification des zones climatiques par l'APC.

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

### I-1. La localisation géographique

L'espace d'investigation pris dans notre étude concerne l'Est Algérien. Il s'étend de Bejaia jusqu'aux frontières algéro-tunisiennes, il se situe entre les parallèles  $36^{\circ} 54$  et  $34^{\circ} 48$  Nord latitudes et  $8^{\circ} 27$  et  $5^{\circ} 4$  Est longitudes.

Il est limité à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, à l'Ouest par la vallée d'Oued El-Soummam et les monts des Bibans, au Sud par le piémont Sud de l'Atlas Saharien et au Nord par la rive Sud de la mer méditerranéenne.

Cette région correspond à la zone de déplacement saisonnier des positions hautes pressions subtropicales, qui ne cessent de balancer entre le  $30^{\text{ème}}$  et le  $40^{\text{ème}}$  parallèle, vers le Sud en hiver et vers le Nord en été.

Le front polaire saisonnier changeant de mouvement entre le  $35^{\text{ème}}$  et le  $65^{\text{ème}}$  parallèle, domine la région de l'Est algérien pendant la saison la plus froide de l'année.

En effet, l'Algérie du Nord constitue l'une de ces franges de la planète qui subissent le balancement entre air saharien en été et circulation polaire en hiver ; et sont donc schématiquement arides en été et tempérées humides en hiver.

Cette position de frange, explique également une dégradation théorique graduelle en latitude du littoral au Sahara. Cependant, l'interposition d'un vaste bourrelet montagneux entre les deux, modifie l'ordonnancement général. En effet, au niveau de cette région, la chaîne tellienne reçoit les flux du Nord Ouest, et fait écran aux plaines et bassins intérieurs.

### I-2. Les aspects topographiques

Notre région est composée de cinq grandes unités physiques disposées du Nord au Sud (Fig.01):

### **I-2-1. Les plaines littorales**

Une bande discontinue qui borde la mer méditerranéenne et fragmentée par quelques monts.

Dans la partie Ouest, ces formes sont peu nombreuses et peu étendues ; ce sont les plaines de Collo et de Skikda.

En revanche, dans la partie Est, un large croissant de terre long de 100km s'étale autour de Djebel Edough, depuis la forêt de Guerbes jusqu'à la région de Boutelja, dans lequel, une succession de paysages variés avec des dunes sableuses (Guerbes, le lac Fedzara, la plaine d'Annaba et les marais de la M'khada) est observée. (MARRE, 1987)

Ces formes ont une situation favorable aux vents du Nord et Nord-Ouest souvent humides.

MARRE (1987), considère que les vraies plaines sont littorales et correspondent aux débouchés des oueds.

### **1-2-2. L'Atlas Tellien**

Il se présente comme un bourrelet longeant et dominant la mer méditerranéenne depuis Bejaia jusqu'à la frontière tunisienne. Constituée de plusieurs massifs et une chaîne qui s'étend sur 300km de long et 50 à 80km de large (suivant les secteurs).

En allant de l'Ouest à l'Est, on rencontre le massif de la petite Kabylie constitué par la chaîne des Babors, qui débute à l'Ouest à la vallée de la Soummam et se termine à l'Est, au niveau de Djenjen et du massif d'El Ouana. Constituée par une série de chaînons sensiblement parallèles orientés N.E-S.O. Les altitudes restent modestes avec un point culminant enregistré à Djebel Babor (2004m).

Lorsqu'on se déplace vers l'Est, les altitudes décroissent rapidement. Ainsi, au-delà de la vallée de l'Oued Rhumel, on trouve un ensemble de sommets alignés d'Ouest en Est qui est la chaîne Numidique, qui, vers le Sud, descend vers les hautes plaines Constantinoises ou, par endroits, relayée par le Djebel Chettaba (1316m) et Djebel Ouahche (1282m) et Djebel Maouna (1411m).

Sur cette chaîne se trouvent les escarpements les plus hardis. Les sommets les plus aigues sont Kef Sidi Driss (1273m) et les deux Kefs Toumiet (883m).

Plus à l'Est, on trouve le massif de l'Edough, qui est nettement isolé de la chaîne tellienne et présente une bonde sub-littorale, sa ligne de crête rectiligne débute de Koudiat El-Racha (616m), passe par Kef Seba (1008m le pont culminant) et Seraïdi.

### **1-2-3. Les bassins intérieurs**

Sont encastrés entre les monts de l'Atlas Tellien. Les plus importants sont ceux de Guelma, Mila et Soummam. Ces bassins sont composés de glacis qui encadrent presque tous les milieux naturels du Constantinois composés de plusieurs niveaux étagés ou emboîtés et plus ou moins encroûtés.

La région de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense. Ses plaines intra-montagneuses ont une altitude moyenne de 400m.

Plus à l'Est, la région de Guelma, est caractérisée par un relief fortement montagneux, dont les points culminants sont enregistrés à Djebel Maouna (1411m) et Djebel Houara (1292m).

### **1-2-4. Les hautes plaines**

Elles se présentent comme un large boulevard tendu d'Ouest en Est à travers l'Algérie orientale, entre les deux alignements du tell au Nord et les monts de Hodna-Aurès-pays Nememcha au Sud.

Sur le plan topographique, elles constituent un ensemble homogène, dont l'altitude moyenne est de 800m (COTE, 1971).

Les hautes plaines constantinoises offrent un type de hautes plaines aux horizons plus coupés, formés de larges fonds synclinaux aux reliefs érodés. A l'Ouest (Sétif) et plus à l'Est (Tébessa) plus souvent dans le plancher rocheux, et isolant des reliefs anticlinaux de moins en moins discontinus vers le Nord-Est, ou, s'accolant au tell.

La présence de quelques dépressions fermées forment des Chotts et des Sebkhha (Aïn M'lila).

### 1-2-5. L'Atlas Saharien

Les monts des Aurès appartiennent au système de l'Atlas Saharien, dont les principaux sommets culminent à plus de 2000m : Djebel Chelia (2328m), Djebel Mahmel (2321m) et Bélazma (2094m). Ils sont constitués par une série de plis parallèles orientées S.O-N.E, s'étendant sur une soixantaine de KM. La dissymétrie entre les profils transversaux est la caractéristique principale de ces massifs montagneux : flancs septentrionaux humides et boisés et flancs méridionaux moins humides et peu boisés.

A l'Est, les monts de Nememcha continuent l'Aurès par ses alignements S.O-N.E, caractérisés par leurs forts retombés Sud.

A l'Ouest, le massif de Boutaleb (1890m) extrêmement accidenté avec ses lignes de crêtes formées par Djebel Afgane, Djebel Chehelou et Djebel Tafliont. Ce massif constitue un maillon important dans la suite de la chaîne des Aurès.

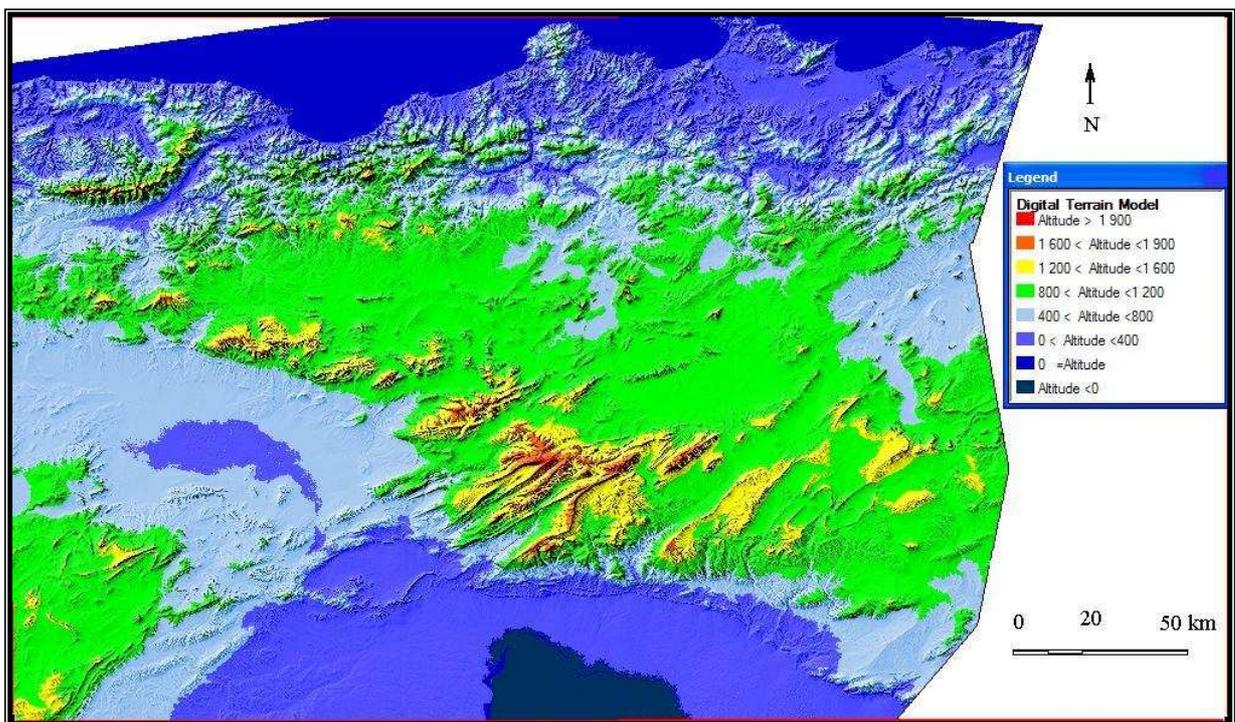


Fig. 01 : L'aspect orographique de l'Est Algérien.

### 1-3. La géologie

Du Nord au Sud, on distingue les formations suivantes :

Les monts de la petite Kabylie et de la chaîne Numidique sont prédominés par des sols tendres (marneux, argileux et schisteux) et des terrains sédimentaires empilés sur des grandes épaisseurs au cours des ères secondaires et tertiaires, fréquemment, soulevés et plissés (WOJTERSKI, 1985 in CHERMAT, 1998).

- Les Babors constituent la chaîne la plus ancienne des sols calcaires avec quelques sols marneux sur les parties élevées et sur les flancs Nord, (GHARZOULI, 1989). A l'Est, les massifs de Tamzghida, Taza et Guerrouche sont prédominés par des argiles, des grès et une série de dépôts de marnes schisteuses.
- Djebel Edough appartient à la série de ce prolongement, correspond aux affleurements de formations cristallophylliennes. Cette chaîne est essentiellement constituée de gneiss.
- Le second système montagneux (Monts de Sétif et de Constantine), constitue un maillon très important du tell intérieur. Selon GLACON (1967), cette région a subi des mouvements orogéniques alpins à la fin du tertiaire et du début du quaternaire. Ce système est constitué par les monts suivants :
  - Djebel Chettabah, dont le substrat géologique date de l'ère secondaire, est constitué par une épaisse formation marneuse.
  - A l'Ouest les monts de Sétif, vieille chaîne de grès crétacé et aplatie, présente de puissantes assises de grès à la base et du calcaire marneux sur les crêtes.
  - Djebels Tafat, Anini et Maghress sont formés par la succession des alluvions récentes et anciennes et parfois des éboulis à blocs des terrains miocènes de nature marneuse et argileuse.
  - Les hautes plaines Sétifiennes, argileuses au Nord et calcaires au Sud, sont caractérisées par des sols essentiellement marneux et dolomitiques.
  - Le massif de Boutaleb est presque entièrement du crétacé inférieur, caractérisé par des sols essentiellement marneux et dolomitiques.
  - Les Aurès se présentent avec un substrat de grès et de calcaire du crétacé (ABDESSAMED, 1981)

#### **1-4. Le réseau hydrologique**

Le réseau hydrologique est très encaissé et relativement court. Le débit de ces cours d'eau, l'abondance et la modération de l'écoulement varie selon les saisons : abondant et modéré pendant la saison humide et très faible pendant la saison sèche.

Le Nord de la région étudiée est sillonné par des oueds importants qui naissent sur les hautes plaines et rejoignent la mer en traversant le tell par des gorges (Oued Rhumel-El kebir Beni Haroun, Oued Safsaf à Zerdazas et Oued Seybous au Nador) et plus à l'Ouest l'Oued Djendjen et l'Oued Soummam.

Au Sud, dans les Aurès, le réseau hydrographique est endoréique dont l'écoulement se perd dans les dépressions intérieures.

La direction des oueds fait que les uns sont sahariens comme Oued El Arabe, Oued El Abiod et Oued Abdi, qui traversent le massif du Nord-Est vers le Sud-Ouest et s'éloignent tous dans les Chotts (ABDESSEMED, 1981).

#### **1-5. Le réseau météorologique**

Le réseau météorologique de la région d'étude n'est pas dense, il reste squelettique comme sur toute l'Algérie (carte 01).

La localisation et les caractéristiques des 21 stations météorologiques sont présentées dans le tableau 1. Ces stations ont été choisies selon des critères liés, d'une part, à la longueur des séries des données disponibles (25 ans, au moins de données continues) et d'autre part, à la qualité et le nombre de paramètres qu'elles peuvent fournir. Ces stations respectent les normes d'installation et de maintenance requises par l'organisation mondiale de la météorologie (O.M.M).

Les altitudes des stations s'échelonnent de 1,3 à 1640m dont 03 stations sont localisées à plus de 1000m.

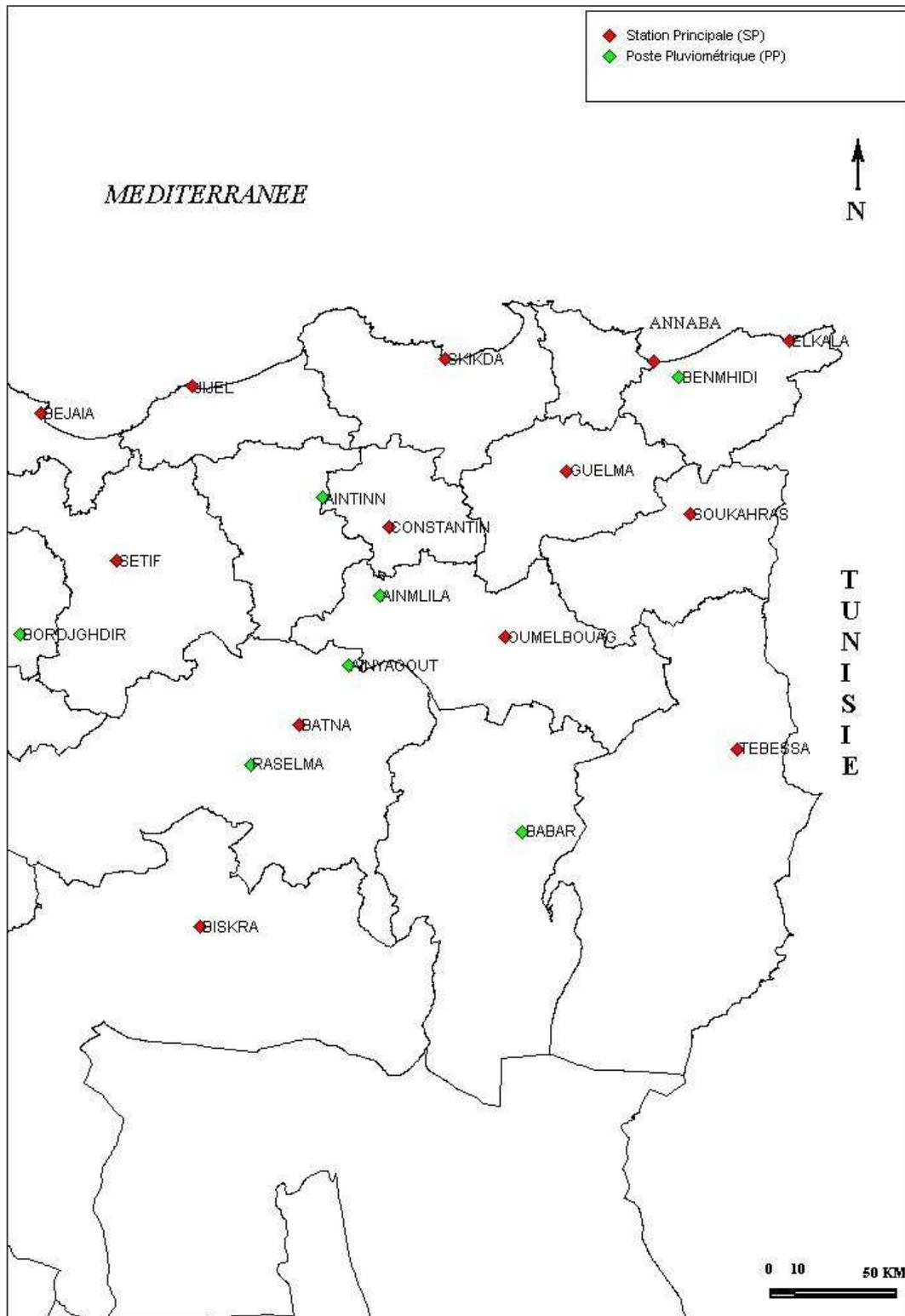
Comme les séries d'observations (températures, précipitations, humidité, durée d'insolation, etc.) des stations météorologiques sont hétérogènes, elles sont divisées en deux classes selon l'importance de leurs séries :

- La classe des stations principales désignée par les lettres (SP) représente les séries d'observations complètes de tous les paramètres climatiques pris en compte ;
- La classe des postes pluviométriques, désignée par les lettres (PP) représente uniquement les précipitations.

**Tableau 01** : Présentation des stations d'étude (O.N.M)

Stations	Type de station	Latitude (Nord)	Longitude (Est)	Altitude (en mètre)
EL KALA	STATIONS PRINCIPALES (SP)	36° 54	08° 27	15
ANNABA		36° 50	07° 49	03
SKIKDA		36° 54	06° 54	1.3
JIJEL		36° 48	05° 45	02
BEJAIA		36° 34	05° 04	1.76
GUELMA		36° 28	07° 28	227
SOUK-AHRAS		36° 17	07° 58	680
B.B.A		36° 04	04° 40	929
SETIF		36° 11	05° 19	1009
CONSTANTINE		36° 17	06° 37	660
O.E.B		35° 52	07° 07	888.76
BATNA		35° 43	06° 21	827
TEBESSA		35° 25	08° 07	820.47
BISKRA		34° 48	05° 44	86
BEN M'HIDI	POSTES PLUVIOMETRIQUES (PP)	36° 47	07° 52	10
AIN M'LILA		36° 02	06° 34	771
AIN YAGOUT		35° 47	06° 25	912
BORDJ EL GHEDIR		35° 58	04° 59	954
AIN TINN		35° 20	06° 06	1640
RAS EL MA		35° 26	05° 58	912
BABAR		35° 09	07° 06	1450

Source : Office National de la Météorologie, Constantine (O.N.M). Corrigée



Carte 01 : La localisation des stations et des postes météorologiques dans la zone d'étude.

## Chapitre II : Le régime des températures

### II-1. Les températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 1984).

Dans la présente contribution, nous essayons de dégager les grands traits de la variation spatiotemporelle et interannuelle de la température. Pour la caractérisation de ce paramètre, il faut connaître plusieurs variables : la moyenne des maxima (M), la moyenne des minima (m), la moyenne mensuelle  $(M+m)/2$  et l'amplitude thermique  $(M-m)$ .

#### II-1-1. Les données des températures

##### II-1-1-1. Critiques des données

Une collecte de données thermiques journalières et mensuelles a été effectuée auprès de l'office national de la météorologie de Constantine (O.N.M) et du Centre Climatologique National d'Alger.

Les données ont été collectées à partir de documents divers ; bulletins météorologiques annuels (B.M.A), bulletins climatologiques mensuels (B.C.M), et au moyen de l'outil informatique (pour les dix dernières années). Les séries très courtes ont été rejetées, comme le cas de la station de Khanchela, ce qui nous a amené à focaliser notre étude sur les séries de données recueillies au niveau de 14 stations climatologiques principales, qui sont de tailles assez longues et représentatives du régime thermique de l'Est algérien. Le littoral et les hauts plateaux de la zone étudiée sont assez bien représentés contrairement au deux Atlas (Tellien et Saharien) où les données fiables sont défailantes et ne figurent pas sur une longue période en particulier pour les postes d'altitude.

La période d'étude (1978-2004) présente des lacunes d'ordre journalier, mensuel ou annuel dans la plupart des stations notamment El-Kala, Skikda (soit pour installation de nouveau appareillages, ou suite à l'accident survenue en 2004 au niveau du complexe pétrolier).

### II-1-1-2. Correction des températures

Il est possible d'estimer les données manquantes ou erronées d'une station à partir de nombreuses méthodes mathématiques, notamment grâce aux valeurs provenant des stations voisines, à priori, soumises aux mêmes conditions climatiques.

Pour notre cas, nous avons utilisé la méthode de la régression linéaire pour combler les lacunes des séries d'observation.

Pour que cette méthode soit efficace, il faut que la régression soit linéaire et que les variables confrontées suivent une loi normale.

On estime la variable Y à partir de la variable X par l'équation de droite suivante :

$$Y = aX + b$$

- **X** : la valeur estimée ;
- **Y** : la valeur à estimer ;
- **A** : la pente de la droite ;
- **B** : une constante.

Comme nous l'avons déjà évoqué, les séries d'observation des stations de l'Est algérien présentent des lacunes d'ordre mensuel et annuel dont le comblement est impératif. L'application de la méthode précitée, prend en considération le degré de corrélation, la zone géographique et la distance entre la station homogène et la station à homogénéiser. Le tableau02, révèle des coefficients de corrélation presque identiques. Cela suppose que les températures dans la plupart des stations sont d'égale valeur.

**Tableau 02 :** Le coefficient de corrélation des températures moyennes mensuelles. Période (1978-2004).

	BJ06	J118	SK21	AN23	EK26	SE19	BB34	CO25	GU24	SO41	BA05	OB04	TE12	BI07
BJ06	1													
J118	0.999	1												
SK21	0.998	0.999	1											
AN23	0.998	0.999	0.999	1										
EK36	0.999	0.998	0.999	0.999	1									
SE19	0.985	0.977	0.975	0.984	0.980	1								
BB34	0.982	0.973	0.971	0.981	0.976	0.999	1							
CO25	0.991	0.985	0.984	0.991	0.987	0.994	0.999	1						
GU24	0.998	0.994	0.993	0.997	0.995	0.997	0.992	0.998	1					
SO41	0.995	0.989	0.989	0.994	0.991	0.999	0.996	0.999	0.999	1				
BA05	0.983	0.974	0.973	0.983	0.977	0.999	0.999	0.998	0.993	0.996	1			
OB04	0.985	0.977	0.976	0.984	0.980	0.999	0.998	0.998	0.994	0.997	0.999	1		
TE12	0.982	0.973	0.973	0.982	0.977	0.996	0.998	0.998	0.992	0.996	0.997	0.996	1	
BI07	0.972	0.960	0.959	0.971	0.964	0.996	0.996	0.993	0.984	0.089	0.998	0.997	0.998	1

Les calculs sont faits à partir de l'équation suivante :

$$Y = Y' + r (S_x/S_y) \times (X - X')$$

- $Y'$  : moyenne observée de la série homogène de la station incomplète ;
- $r$  : coefficient de corrélation entre X et Y estimé à partir des séries d'observations communes de X et Y ;
- $S_y$  : l'écart-type de Y estimé d'après la série d'observation de  $Y'$  ;
- $S_x$  : l'écart-type de X estimé d'après la même série d'observation ;
- $X$  : variable explicative connue, d'après laquelle nous estimons la variable expliquée ou inconnue de la station incomplète ;
- $X'$  : moyenne de X estimée à partir de la même période observée simultanément dans la station complète.

Exemple :

La série d'observation de la station d'El-Kala (EK36) a été contrôlée à partir de la station d'Annaba (AN23). En effet, les deux stations dont l'altitude est la même, présentent un coefficient de corrélation élevé (Tableau 02).

Le mois de décembre présente une lacune pour l'année 2004 à El-Kala. Le calcul de la valeur cherchée de ce mois de 2004 s'écrit :

$X = 12.2^{\circ}\text{C}$  : est la moyenne de la température en décembre 2004 à Annaba ;

$X' = 12.6^{\circ}\text{C}$  : est la moyenne de la série homogène commune entre les deux stations de 1978 à 2003 à Annaba ;

$S_x = 1.602$  : pour la station d'Annaba ;

$Y' = 13.48^{\circ}\text{C}$  : est la moyenne de la série homogène à El-Kala de 1978 à 2003 ;

$S_y = 1.291$  : pour la station d'El-Kala ;

$r = 0.903$  : est le coefficient de corrélation entre les deux stations pour le mois de décembre.

Donc la valeur de décembre en 2004 à El-Kala est :

$$Y = 13.48 + \frac{(0.903 \times 1.291)}{1.602} \times (12.2 - 12.6) = 13.2^{\circ}\text{C}$$

L'estimation des valeurs inconnues par la méthode de la régression linéaire est très satisfaisante pour les variables continues comme les températures, parce que celles-ci suivent une distribution normale. Cependant, pour les valeurs discrètes comme les précipitations et les jours de pluies, la régression linéaire exprime des valeurs moins pertinentes.

## II-1-2. Les températures de l'air sous abri

### II-1-2-1. Les températures maximales absolues

D'après le Tableau (03) et la Figure (02), nous constatons que dans toutes les stations, les maxima les plus élevées sont enregistrées entre juillet et août, avec un maximum à la station de Bejaia ( $47.8^{\circ}\text{C}$ ) en août et  $47.5^{\circ}\text{C}$  à la station de Biskra en juillet. Quant aux valeurs les plus basses, elles sont enregistrées pendant les mois de décembre et janvier.

L'étude des moyennes des maxima absolus montre que les valeurs les plus élevées sont observées soit en mois de juillet soit en mois d'août, avec un maximum à la station de Biskra ( $45.17^{\circ}\text{C}$ ) et les plus basses sont enregistrées pendant les mois de décembre ou le mois de janvier.

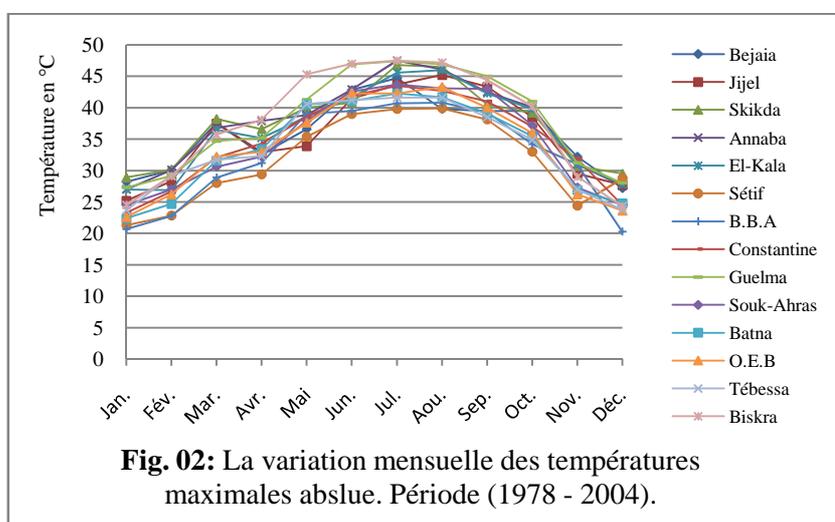
Les stations de Sétif et de B.B.A enregistrent les valeurs les plus basses par rapport aux autres stations entre le mois d'octobre et le mois d'avril, alors que la station de Biskra enregistre les valeurs les plus élevées entre le mois de mars et le mois de décembre.

En été, les stations de l'intérieur présentent des valeurs plus élevées par rapport à celles des stations du littoral. Les observations les plus élevées sont au niveau de la station de Biskra.

Inversement en hiver, les moyennes des maxima absolues sont supérieures dans les stations littorales. Pendant cette saison, les stations de Biskra et de Guelma présentent des valeurs voisines à celles des stations côtières.

**Tableau 03** : Les températures maximales mensuelles absolues. Période (1978-2004).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Bejaia	28.2	30.1	37.6	32.6	36.6	42.8	44.7	39.8	39.5	39.5	32.2	27.2
Jijel	25.2	28.3	37.5	32.9	33.9	41.4	43.7	45.2	43.3	38.5	29.5	27.7
Skikda	28.9	30.1	38.2	36.6	40.0	40.8	46.8	46.5	40.5	39.2	30.7	29.5
Annaba	27.0	30.1	36.8	37.9	38.8	42.9	47.5	46.1	42.5	40.1	31.0	27.6
El-Kala	27.0	26.9	36.5	35.2	38.6	41.7	45.6	46.0	42.3	39.8	31.0	27.8
Sétif	21.3	22.8	28.0	29.4	35.4	39.0	39.8	39.9	38.1	33.0	24.4	28.7
B.B.A	20.7	22.8	28.9	31.2	39.0	39.5	40.7	40.8	39.3	34.2	31.0	20.3
Constantine	23.3	26.7	32.1	34.3	38.6	41.9	43.5	42.7	41.0	37.0	31.9	24.5
Guelma	27.3	29.2	34.7	35.2	41.3	46.9	47.4	46.9	45.0	41.0	31.2	28.0
Souk-Ahras	24.5	27.0	30.6	32.2	37.9	42.6	43.7	43.1	43.0	37.2	27.3	24.5
Batna	22.4	24.7	31.6	33.4	40.5	41.1	42.3	41.7	39.1	35.5	26.9	24.8
O.E.B	22.6	26.2	32.2	33.0	37.6	42.3	42.3	43.3	40.0	36.0	26.2	23.6
Tébessa	23.7	29.2	31.7	32.3	40.6	41.2	41.6	41.6	38.5	34.9	27.0	23.8
Biskra	24.5	29.1	35.7	38.1	45.3	47.0	47.5	47.2	44.4	40.2	29.0	24.3



### II-1-2-2. Les températures minimales absolues

Les valeurs extrêmes basses sont portées dans le tableau (04) et fig. (03), pour chaque mois de la période allant de 1978 à 2004.

Les extrêmes des minimums absolus pour l'Est Algérien varient entre  $-11.2^{\circ}\text{C}$  à la station de Tébessa et  $19.9^{\circ}\text{C}$  à la station de Biskra.

Elles atteignent les valeurs les plus basses entre décembre et mars au niveau de toutes les stations.

Au niveau des stations du littoral, les valeurs minimales ne descendent guère au dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ , sauf exception pour la station d'Annaba.

Dans les stations intérieures, ces minima absolues descendent au dessous de  $0^{\circ}\text{C}$  avec  $-1.2^{\circ}\text{C}$  à la station de Tébessa,  $-10.2^{\circ}\text{C}$  à Constantine,  $68.7^{\circ}\text{C}$  à Sétif et  $-8.5^{\circ}\text{C}$  à la station d'Oum El-Bouaghi.

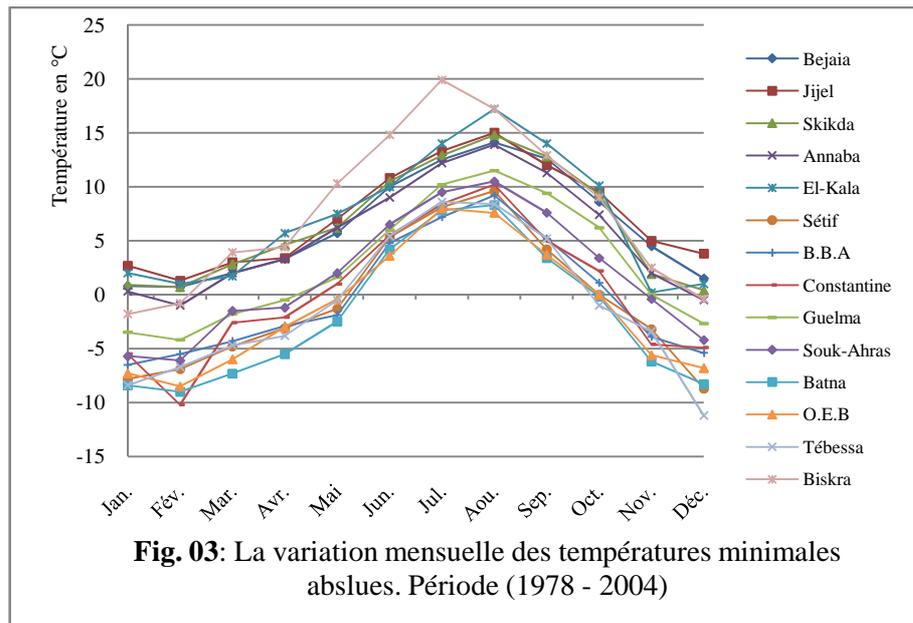
Les minima absolues les plus hautes se situent entre juillet et août dans toutes les stations étudiées, et les valeurs élevées sont enregistrées dans la station de Biskra ( $19.9^{\circ}\text{C}$ ) et les stations littorales avec  $18.2^{\circ}\text{C}$  à El-Kala et  $14.8^{\circ}\text{C}$  à Skikda.

L'étude des moyennes des minima absolues (tableaux 04), montre que la variation de ces dernières est plus marquée dans les stations continentales (bassins intérieurs et hauts plateaux) que dans les stations du littoral et la station de Biskra.

La comparaison, montre que les moyennes des minima absolues des stations côtières et la station de Biskra sont élevées pendant tous les mois et ne descendent jamais au dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ , alors qu'au niveau des autres stations, elles avoisinent ou même inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  entre novembre et avril, dus probablement, à l'effet de l'éloignement relatif par rapport à la mer et à leurs altitudes.

**Tableau 04 :** Les températures minimales mensuelles absolues. Période (1978 – 2004).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Bejaia	0,8	0,7	2	3,3	5,7	10	12,5	14,1	12,6	8,6	4,5	1,5
Jijel	2,7	1,3	3	3,4	7	10,8	13,3	15	12	9,5	5	3,8
Skikda	0,9	0,7	2,8	4,6	6,2	10,5	12,9	14,8	12,8	9,3	1,9	0,4
Annaba	0,3	-1	2	3,3	6,2	9	12,2	13,9	11,3	7,4	2	-0,5
El-Kala	2	1	1,7	5,7	7,5	10	14	17,2	14	10,1	0,2	1
Sétif	-7,8	-6,9	-4,8	-3,1	-1,3	5,3	8,1	9,6	4,2	0	-3,2	-8,7
B.B.A	-6,5	-5,5	-4,3	-2,9	-1,9	4,8	7,2	9,2	5,2	1,1	-3,9	-5,4
Constantine	-5,5	-10,2	-2,6	-2,1	1	5,5	8,4	10,2	5	2,2	-4,6	-4,9
Guelma	-3,5	-4,2	-1,8	-0,5	1,6	6	10,2	11,5	9,4	6,2	0	-2,7
Souk-Ahras	-5,7	-6,1	-1,5	-1,2	2	6,5	9,5	10,5	7,6	3,4	-0,4	-4,2
Batna	-8,4	-9	-7,3	-5,5	-2,5	4,2	7,8	8,3	3,4	-0,2	-6,2	-8,3
O.E.B	-7,3	-8,5	-6	-3	-0,4	3,6	8	7,6	3,7	0	-5,6	-6,8
Tébessa	-8,4	-6,7	-4,7	-3,8	-0,5	5,4	8,6	8,4	5,2	-1	-3,4	-11,2
Biskra	-1,8	-0,8	3,9	4,4	10,3	14,8	19,9	17,2	12,9	9	2,5	-0,4



### II-1-2-3. Les Températures moyennes maximales

L'analyse des données (Tableau 05) montre que les moyennes maximales mensuelles les plus faibles sont enregistrées pendant le mois de janvier pour l'ensemble des stations, où elles varient entre 15.8 et 16.8°C pour les stations de la frange littorale et la station de Biskra. Elles oscillent entre 9.5 et 11.8°C pour les stations continentales à l'exception de la station de Guelma ou elle occupe une position intermédiaire avec 15.4°C.

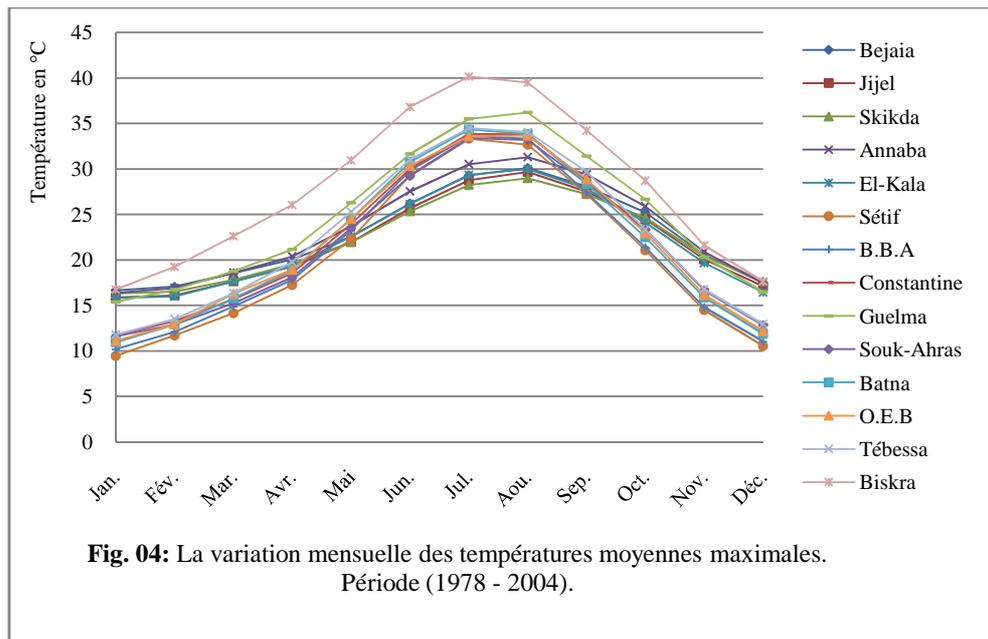
Les maxima mensuelles moyennes les plus élevées sont observées au mois d'août pour les stations côtières où les moyennes maximales varient entre 29 et 31.3°C, et juillet pour les stations continentales où cette température varie entre 33.3 et 40.2°C, à l'exception de la station de Guelma où la moyenne maximale mensuelle des températures est atteinte en août avec 35.5°C (**Carte 2**).

D'une façon générale, nous constatons qu'entre le mois de mai et le mois de septembre, les stations continentales enregistrent des valeurs supérieures à celles des stations côtières. Inversement, pendant les autres mois, se sont les stations du littoral qui présentent les valeurs les plus élevées (Fig. 04).

Les stations de Biskra et de Guelma présentent les valeurs les plus élevées le long de l'année, exception en janvier pour la première et février pour la seconde.

**Tableau 05** : La variation mensuelle des températures moyennes maximales.  
Période (1978-2004).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Bejaia	16,65	17,06	18,54	20,05	22,55	26,22	29,31	30,11	28,07	25,21	20,56	17,46
Jijel	15,89	16,09	17,63	19,3	21,96	25,65	28,76	29,66	27,49	24,46	20,05	17,11
Skikda	16,32	16,52	17,83	19,53	21,95	25,33	28,25	28,98	27,24	24,62	20,44	17,63
Annaba	16,39	16,93	18,6	20,39	23,73	27,54	30,54	31,3	29,4	25,9	20,87	17,53
El-Kala	15,8	15,98	17,63	19,27	22,59	26,15	29,35	29,99	27,82	24,12	19,68	16,43
Sétif	9,452	11,7	14,14	17,24	22,32	29,3	33,33	32,66	27,22	21,07	14,49	10,53
B.B.A	10,18	12,09	14,88	17,79	23,24	29,83	33,64	33,33	27,37	21,4	14,79	11,01
Constantine	11,71	13,29	15,69	18,55	23,96	30	33,84	33,81	28,7	23,34	16,73	12,86
Guelma	15,39	16,74	18,75	21,16	26,29	31,65	35,52	36,22	31,41	26,67	20,33	16,49
Souk-Ahras	11,6	12,91	15,26	18,09	23,5	29,24	33,39	33,19	28,39	23,29	16,64	12,83
Batna	10,95	12,9	15,78	18,88	24,49	30,76	34,33	33,85	28,36	22,49	15,88	11,91
O.E.B	11,1	12,92	16,29	18,94	24,52	30,34	33,61	33,67	28,87	22,94	16,16	12,15
Tébessa	11,79	13,52	16,34	19,77	25,29	31,04	34,47	34,04	29,68	23,32	16,78	12,96
Biskra	16,75	19,23	22,63	26,06	30,97	36,82	40,17	39,5	34,22	28,73	21,61	17,63



**Fig. 04:** La variation mensuelle des températures moyennes maximales. Période (1978 - 2004).

**CARTE 2 : LES TEMPERATURES MOYENNES MAXIMALES DU MOIS LE PLUS CHAUD (JUILLET & AOUT) DANS L'EST ALGERIEN. PERIODE (1978-2004).**

#### II-1-2-4. Les températures minimales moyennes

Nous constatons, que les températures minimales moyennes enregistrées au niveau des stations du littorale et la station de Biskra sont plus élevées par rapport à celles observées aux autres stations (stations intérieures et stations des hauts plateaux) durant tous les mois de l'année (Tableau 06 et fig. 05).

Les résultats montrent que les valeurs les plus basses sont enregistrées au mois de janvier pour l'ensemble des stations, avec des températures minimales moyennes qui varient de 7 à 9°C dans les stations du littoral et la station de Biskra, et de 0.5 à 2°C aux autres stations continentales. La station de Guelma présente des valeurs intermédiaires avec 4.8°C (carte 03).

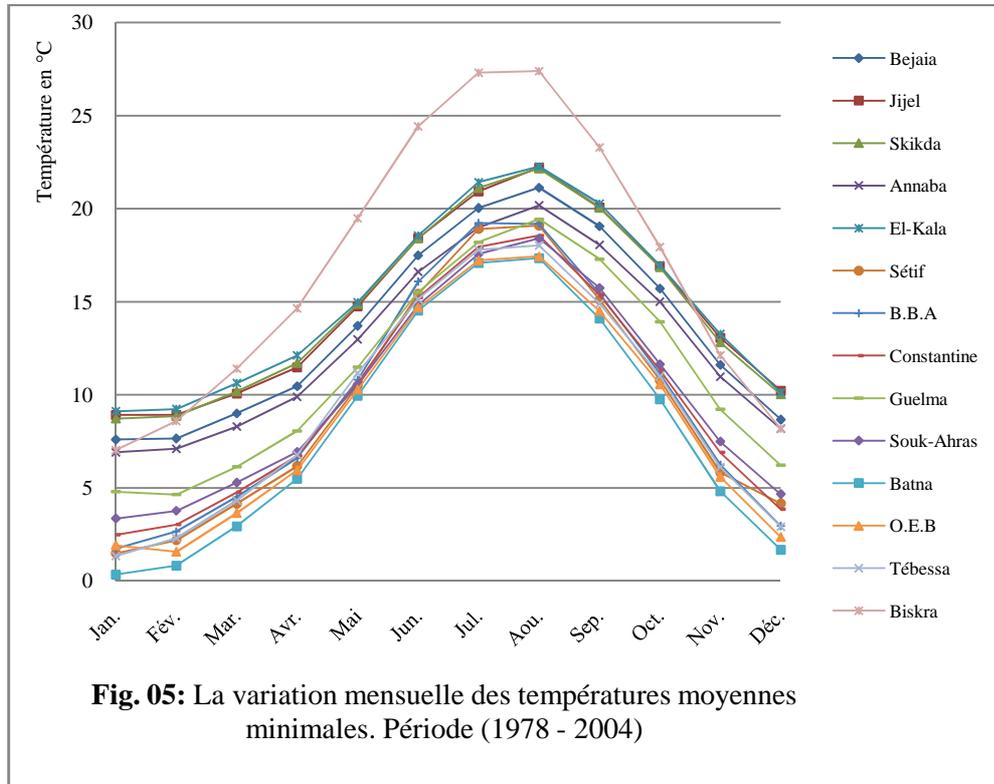
Les moyennes les plus élevées sont enregistrées au mois d'août au niveau de toutes les stations, sauf pour les stations de Sétif et de B.B.A (mois de juillet). Au niveau des stations côtières les moyennes oscillent entre 20 et 22°C alors qu'elles varient entre 17 et 19°C aux stations continentales.

La station de Biskra qui se trouve dans le Sud de l'Atlas Saharien présente une valeur élevée avec 27.4°C due probablement à la circulation atmosphérique durant l'été (sirocco).

**Tableau 06 :** La variation mensuelle des températures moyenne minimales.

Période (1978-2004).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Bejaia	7,596	7,656	9	10,46	13,71	17,49	20,04	21,13	19,06	15,71	11,61	8,67
Jijel	8,926	8,919	10,07	11,47	14,75	18,42	20,92	22,21	20,06	16,91	13,07	10,23
Skikda	8,719	8,852	10,17	11,7	14,88	18,41	21,11	22,16	20,05	16,85	12,82	10,02
Annaba	6,915	7,111	8,296	9,904	12,98	16,61	18,99	20,18	18,05	15	10,98	8,178
El-Kala	9,115	9,233	10,63	12,12	14,97	18,56	21,42	22,26	20,27	16,95	13,26	10,13
Sétif	1,485	2,181	4,152	6,163	10,49	15,43	18,91	19,09	15,11	10,79	5,833	4,163
B.B.A	1,733	2,659	4,507	6,6	10,81	16,09	19,24	19,19	15,44	11,14	6,241	2,959
Constantine	2,481	3,026	4,756	6,719	10,66	15,23	17,94	18,56	15,36	11,33	6,911	3,859
Guelma	4,789	4,641	6,126	8,063	11,48	15,52	18,2	19,43	17,28	13,93	9,215	6,222
Souk-Ahras	3,352	3,77	5,281	6,933	10,53	14,81	17,56	18,4	15,74	11,64	7,489	4,663
Batna	0,341	0,815	2,93	5,489	9,941	14,53	17,09	17,34	14,1	9,752	4,815	1,685
O.E.B	1,922	1,574	3,648	5,952	10,28	14,69	17,22	17,44	14,5	10,57	5,596	2,356
Tébessa	1,341	2,293	4,322	6,785	11,17	15,15	17,79	18,03	14,9	11	6,122	2,922
Biskra	7,03	8,585	11,41	14,65	19,49	24,42	27,3	27,39	23,29	17,94	12,13	8,181



**CARTE 3 : LES TEMPERATURES MOYENNES MINIMALES DU MOIS LE PLUS FROID (JANVIER) DANS L'EST ALGERIEN. PERIODE (1978-2004).**

### II-1-2-5. Les températures moyennes mensuelles

Plusieurs méthodes sont utilisées pour calculer cette moyenne. Pour notre étude, les températures moyennes mensuelles sont calculées à partir de la méthode de sommation des extrêmes (moyenne des maxima + moyenne des minima) et du calcul de leur moyenne arithmétique (THEBAULLT, 1973).

Le tableau (07) montre que les valeurs les plus faibles sont enregistrées au mois de janvier au niveau de toutes les stations. Les stations côtières et la station de Biskra présentent des valeurs qui oscillent entre 11.16 et 12.5°C, alors qu'au niveau des autres stations, cette variation est entre 5 et 9.7°C.

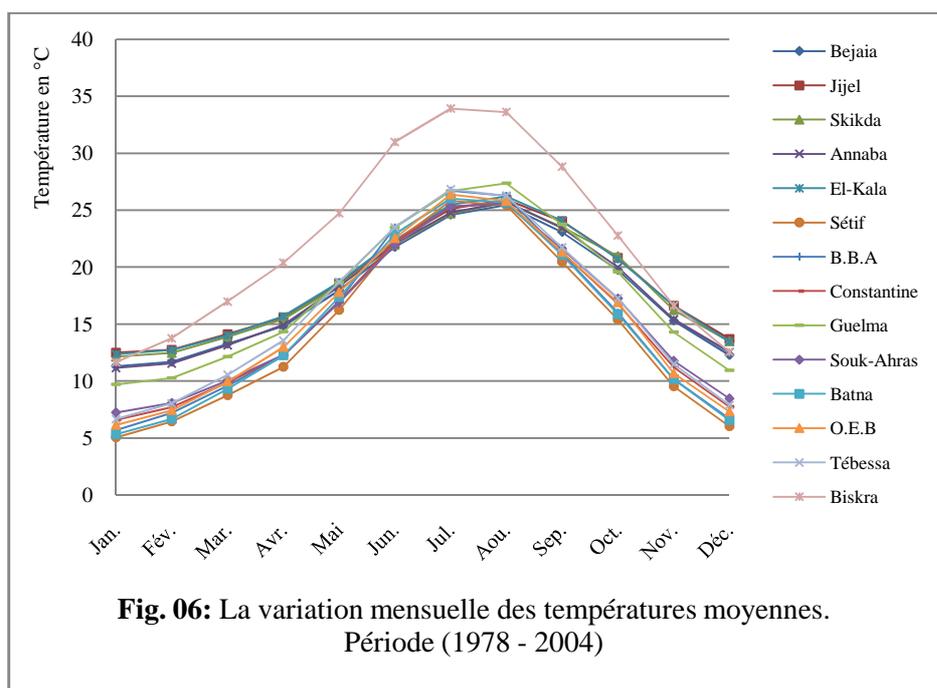
Les maxima ont eu lieu en août pour les stations côtières où la température moyenne varie entre 25.5 et 26.2°C, la station de Guelma (27.3°C), Constantine (25.6°C) et Souk-Ahras (25.6°C). En juillet, les autres stations des hauts plateaux enregistrent une variation entre 25.8 et 26.8°C. Le maxima est enregistré à la station de Biskra au mois de juillet (33.93°C).

Pendant, ces deux mois, on constate l'aplatissement du sommet de la courbe de toutes les stations sauf celle de Biskra, où la variation de la température moyenne de juillet à août ne dépasse pas en général 1°C. On peut constater, que pendant l'été les températures au niveau des stations littorales ne se différencient pas fortement de celles de l'Atlas Tellien et des hauts plateaux (fig.06).

En été et en hiver, le littoral jouit de l'effet adoucissant de la mer, mais cet effet s'estompe dès que l'on pénètre de quelques Km à l'intérieur.

**Tableau 07** : La variation moyenne mensuelle de la température. Période (1978-2004)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Bejaia	11,31	11,69	13,28	14,84	17,98	21,77	24,61	25,47	23,09	19,76	15,31	12,29
Jijel	12,5	12,75	14,12	15,59	18,58	22,26	25,12	25,94	24,03	20,81	16,61	13,71
Skikda	12,14	12,48	13,89	15,46	18,39	21,97	24,7	25,69	23,54	20,99	16,23	13,5
Annaba	11,16	11,56	13,16	14,94	18,3	22,08	24,78	25,74	23,43	19,98	15,43	12,55
El-Kala	12,37	12,74	14,03	15,71	18,68	22,39	25,49	26,22	24,08	20,71	16,64	13,47
Sétif	5,059	6,463	8,77	11,26	16,24	22,24	25,83	25,45	20,47	15,4	9,556	6,03
B.B.A	5,711	7,233	9,604	12,24	17,06	23,49	26,71	26,26	21,19	16,01	10,2	6,715
Constantine	6,607	7,719	9,878	12,26	16,98	22,24	25,28	25,6	21,31	16,81	11,23	7,756
Guelma	9,719	10,29	12,15	14,35	18,66	23,5	26,71	27,37	23,75	19,57	14,32	10,96
Souk-Ahras	7,256	8,089	10,07	12,33	16,93	21,95	25,37	25,64	21,63	17,27	11,79	8,485
Batna	5,337	6,674	9,319	12,26	17,38	22,91	26,03	25,69	21,1	15,89	10,15	6,574
O.E.B	6,163	7,456	9,959	13,01	17,81	22,54	26,39	25,84	21,35	16,91	10,69	7,333
Tébessa	6,678	8,059	10,56	13,58	18,73	23,49	26,84	26,29	21,73	17,27	11,5	7,911
Biskra	11,66	13,77	16,99	20,39	24,74	31	33,93	33,63	28,82	22,78	16,62	12,57



### II-1-2-6. Les températures moyennes annuelles

Dans la présente étude, les températures moyennes annuelles sont les moyennes mensuelles.

A l'Est algérien, les températures moyennes annuelles sont spatialement contrastées moyennement (fig.07). En effet, elles sont pour la majeure partie des stations étudiées comprises entre 14.4 et 22.2°C. Les valeurs voisinant 22.2 se situent dans le Sud à la station de Biskra et celles comprises entre 14.4 et 16°C dans les régions élevées des hauts plateaux. Au niveau des stations littorales et de la station de Guelma (bassins intérieurs de l'Atlas Tellien) les températures moyennes annuelles oscillent entre 17.6 et 18.5°C.

Cette variation entre régions, reflète l'effet de trois (03) facteurs : la latitude, l'altitude et la position par rapport à la mer. La latitude détermine une décroissance de la température du Sud vers le Nord, qui est plus rapide à l'Ouest (Sétif et B.B.A) qu'à l'Est (Souk-Ahras). Cette décroissance est accélérée à l'Ouest de la région d'étude dans une région plus élevée par rapport aux autres stations voisinant la même latitude. Sur les côtes, l'effet de la latitude est amorti par celui du troisième facteur, à savoir la proximité de la mer.

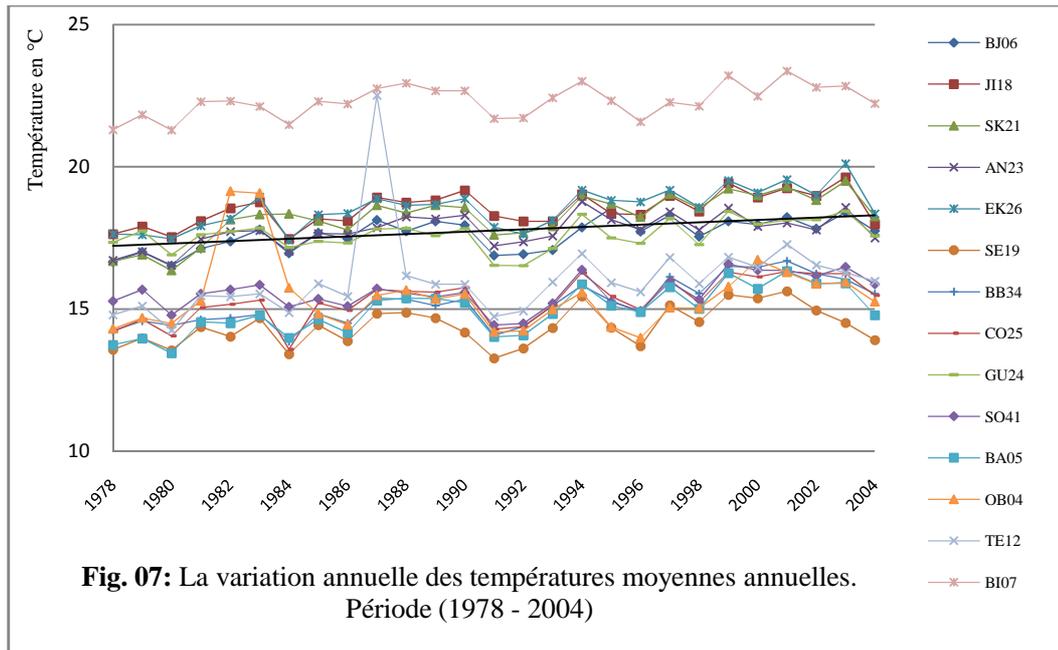
Le tableau (08) indique pour toutes les stations, la variabilité de la température annuelle autour de la moyenne entre 1978 et 2004. Le coefficient de variation est très faible dans presque toutes les stations. Les valeurs élevées sont 9.2% à Tébessa et 8.1% à O.E.B. Dans les autres stations, il varie entre 2.9 et 5.3% par rapport à la moyenne générale de la région (16.9°C). Cela signifie que la variation de la moyenne des températures annuelles est faible. Les valeurs de l'écart-type ne dépassent pas l'unité dans toutes les stations argumentant aussi cette faible variation.

La fig. (07), laisse apparaître aussi une concordance des variations thermiques interannuelles dans les différentes stations. Nous distinguons, certaines années relativement chaudes (par ex. 1987, 1993, 1999 et 2001) et d'autres relativement froides (ex. 1980, 1983, 1991, 1992, 1996 et 2004).

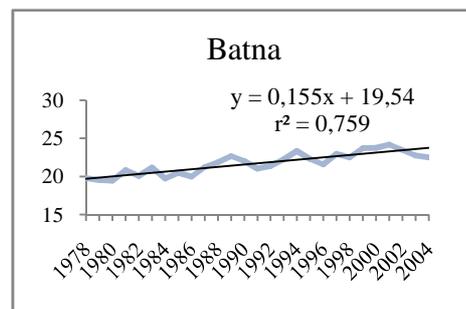
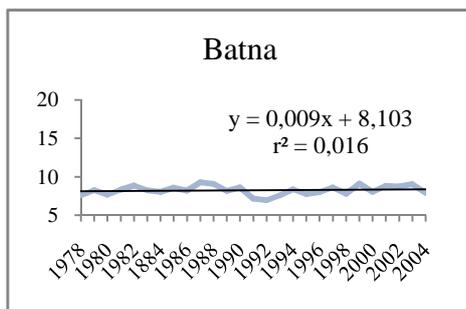
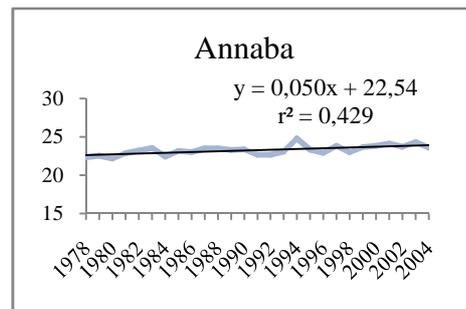
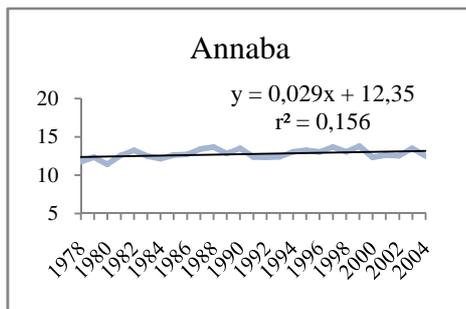
La figure 08 montre que le climat dans l'Est algérien tend à se réchauffer depuis 1983 jusqu'à 2003, surtout dans le littoral. Ce réchauffement est plus accentué dans la dernière décennie (1993-2003) ; dû en premier lieu au réchauffement climatique, aux différents incendies qui ont touchés presque toutes les forêts et à la prolifération des usines.

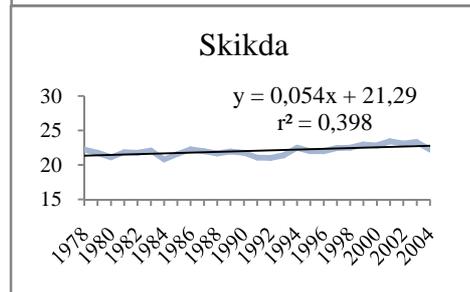
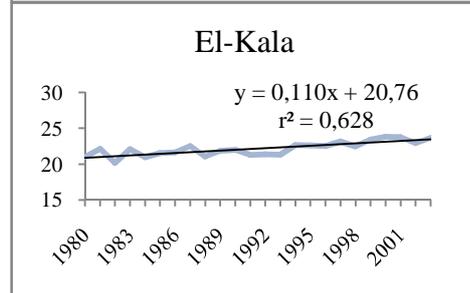
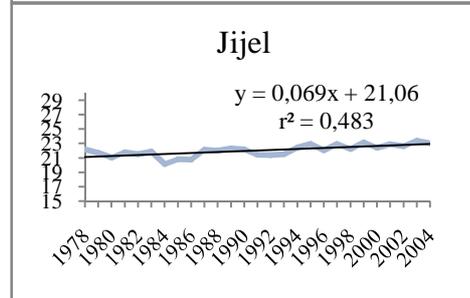
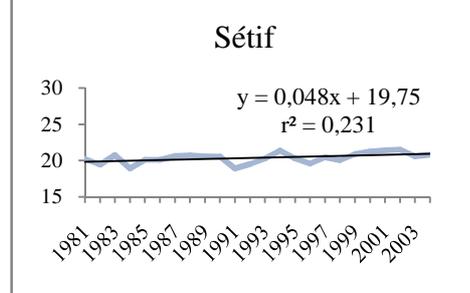
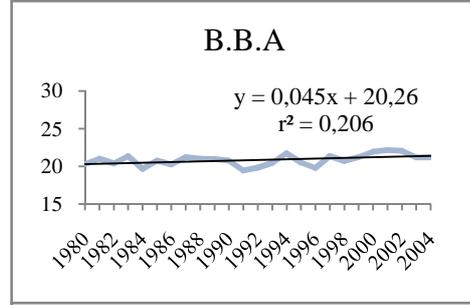
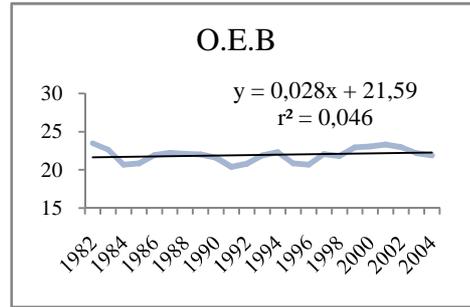
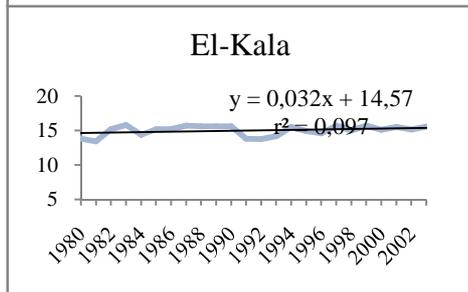
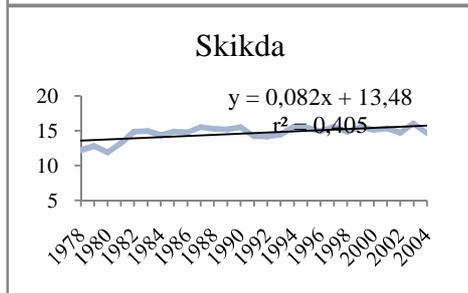
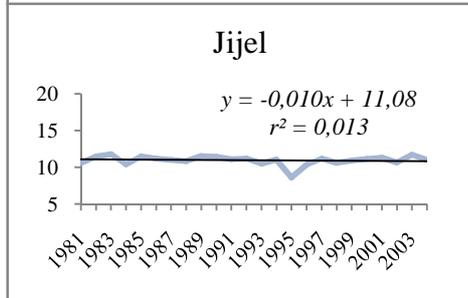
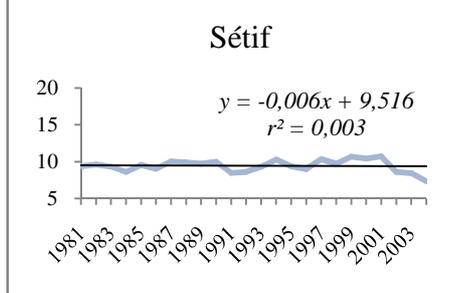
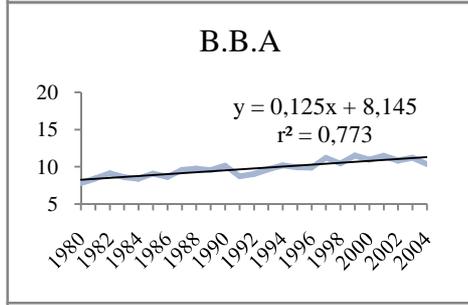
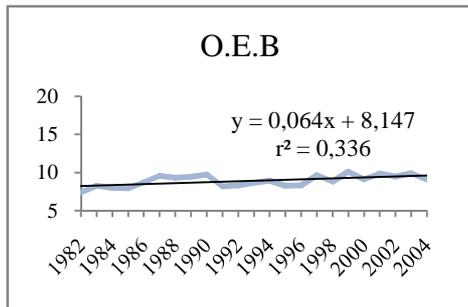
**Tableau 08** : Les températures moyennes annuelles. Période (1978-2004).

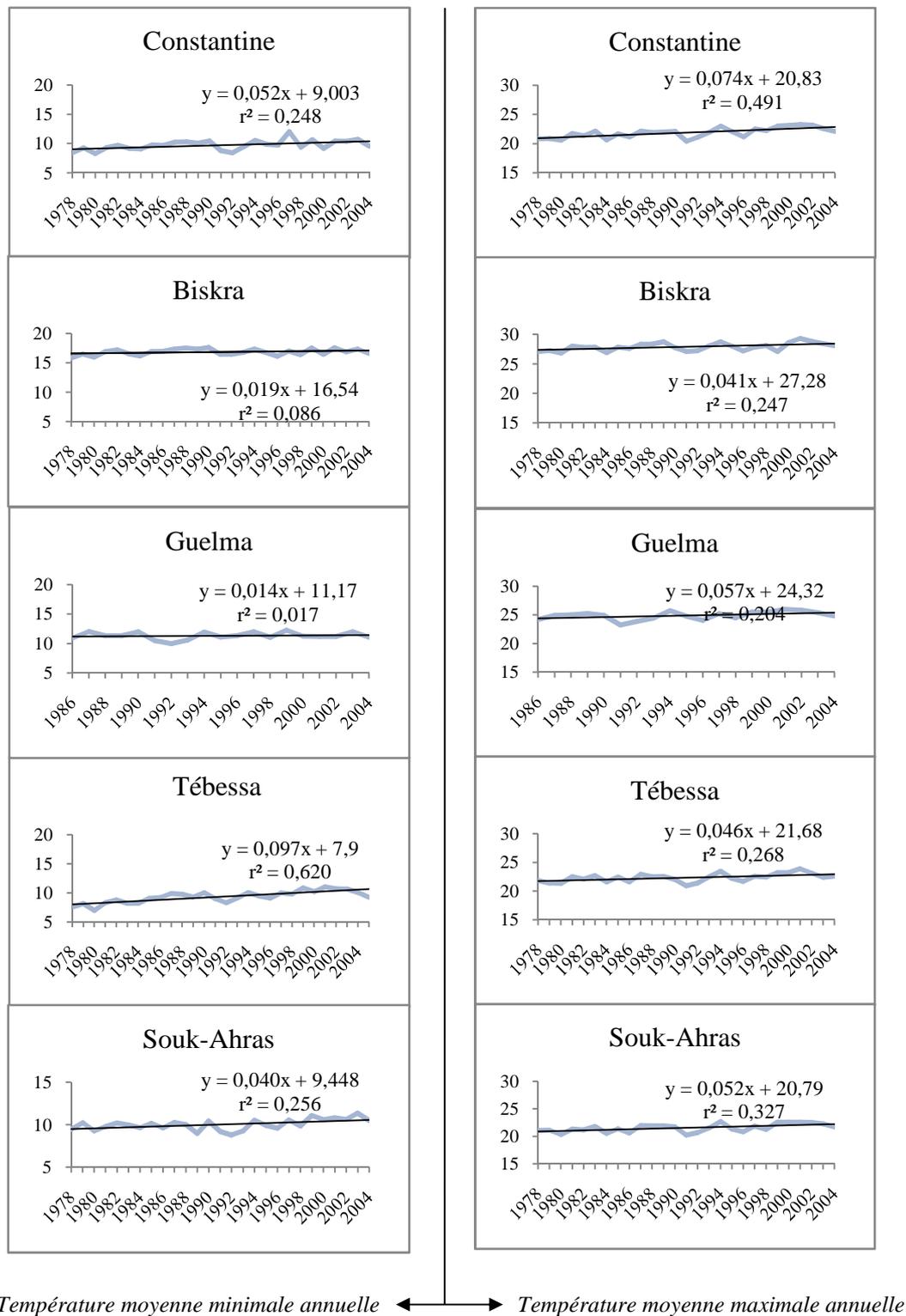
	BJ06	J118	SK21	AN23	EK26	SE19	BB34	CO25	GU24	SO41	BA05	OB04	TE12	BI07
<b>1978</b>	16,66	17,64	16,68	16,71	17,64	13,57	14,23	14,21	17,34	15,28	13,74	14,3	14,79	21,31
<b>1979</b>	17,01	17,91	16,91	17,02	17,61	13,97	14,58	14,64	17,75	15,68	13,96	14,68	15,11	21,84
<b>1980</b>	16,52	17,53	16,35	16,53	17,47	13,55	14,42	14,05	16,91	14,78	13,45	14,49	14,25	21,3
<b>1981</b>	17,13	18,09	17,15	17,46	17,93	14,37	14,63	15,05	17,61	15,54	14,55	15,29	15,47	22,3
<b>1982</b>	17,38	18,55	18,14	17,73	18,16	14,03	14,68	15,17	17,72	15,68	14,5	19,14	15,43	22,32
<b>1983</b>	17,79	18,76	18,32	17,76	18,94	14,68	14,81	15,31	17,85	15,85	14,78	19,07	15,53	22,13
<b>1984</b>	16,96	17,47	18,34	17,03	17,42	13,41	13,86	13,58	17,16	15,07	13,99	15,74	14,87	21,49
<b>1985</b>	17,68	18,17	18,09	17,66	18,32	14,43	14,83	15,21	17,38	15,36	14,64	14,83	15,89	22,31
<b>1986</b>	17,47	18,1	17,78	17,64	18,36	13,87	14,5	14,95	17,32	15,1	14,17	14,45	15,45	22,22
<b>1987</b>	18,13	18,93	18,64	17,86	18,88	14,84	15,38	15,68	17,82	15,72	15,3	15,48	22,52	22,75
<b>1988</b>	17,74	18,75	18,38	18,24	18,65	14,87	15,34	15,63	17,84	15,56	15,38	15,66	16,18	22,95
<b>1989</b>	18,08	18,83	18,65	18,17	18,68	14,68	15,12	15,59	17,58	15,42	15,37	15,36	15,87	22,68
<b>1990</b>	17,95	19,17	18,57	18,3	18,88	14,18	15,34	15,75	17,83	15,58	15,22	15,52	15,87	22,68
<b>1991</b>	16,88	18,27	17,6	17,22	17,88	13,27	14,08	14,29	16,53	14,43	14,02	14,19	14,74	21,7
<b>1992</b>	16,93	18,08	17,68	17,37	17,63	13,62	14,38	14,38	16,52	14,49	14,07	14,23	14,93	21,72
<b>1993</b>	17,07	18,08	17,91	17,57	18,12	14,33	15,12	15,12	17,13	15,2	14,83	14,98	15,95	22,43
<b>1994</b>	17,87	19,04	18,97	18,78	19,18	15,45	15,83	16,28	18,33	16,38	15,87	15,58	16,95	23,01
<b>1995</b>	18,54	18,35	18,69	18,14	18,83	14,35	15,29	15,44	17,5	15,25	15,12	14,37	15,93	22,33
<b>1996</b>	17,73	18,32	18,23	17,79	18,77	13,69	14,88	14,97	17,31	14,93	14,89	13,99	15,6	21,59
<b>1997</b>	18,3	18,98	19,04	18,42	19,18	15,13	16,13	16,01	18,18	15,95	15,77	15,04	16,82	22,27
<b>1998</b>	17,54	18,43	18,55	17,78	18,58	14,55	15,55	15,23	17,26	15,33	15,01	15,03	15,9	22,14
<b>1999</b>	18,08	19,43	19,23	18,56	19,52	15,5	16,5	16,3	18,43	16,58	16,26	15,78	16,83	23,22
<b>2000</b>	17,97	18,93	18,99	17,91	19,09	15,38	16,47	16,13	17,98	16,37	15,71	16,73	16,47	22,49
<b>2001</b>	18,23	19,25	19,3	18,03	19,55	15,63	16,69	16,32	18,13	16,35	16,33	16,29	17,28	23,37
<b>2002</b>	17,83	18,98	18,83	17,78	19,01	14,95	16,24	16,24	18,14	16,16	15,9	15,88	16,55	22,8
<b>2003</b>	18,4	19,63	19,5	18,58	20,12	14,51	16,04	16,24	18,44	16,48	15,91	15,94	16,28	22,84
<b>2004</b>	17,75	17,98	18,25	17,5	18,35	13,91	15,53	15,48	17,57	15,87	14,78	15,25	15,99	22,23
<b>Moy.</b>	17,62	18,5	18,25	17,76	18,54	14,4	15,2	15,31	17,61	15,57	14,94	15,45	16,05	22,31
<b>S</b>	0,55	0,58	0,8	0,56	0,69	0,68	0,79	0,76	0,51	0,58	0,8	1,26	1,49	0,56
<b>C.V</b>	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05	0,08	0,09	0,03
<b>C.V%</b>	3,15	3,14	4,38	3,15	3,74	4,71	5,17	4,95	2,91	3,76	5,33	8,12	9,27	2,5
<b>E.M.</b>	0,461	0,493	0,61	0,421	0,568	0,551	0,645	0,602	0,405	0,462	0,656	0,841	0,844	0,431



Le réchauffement est observable dans toute la zone d'étude avec une augmentation comparable des températures diurnes (températures minimales) et nocturnes (températures maximales) principalement pour la zone littorale (Fig. 08).







**Fig. 08 :** Evolution des températures minimales et maximales annuelles (1978-2004).

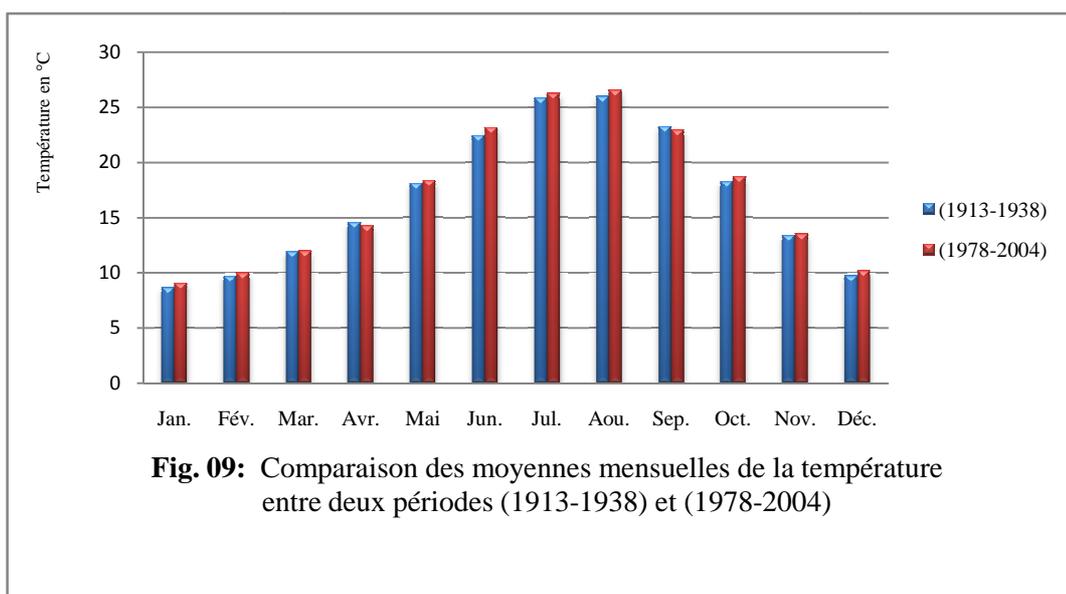
La tendance est presque généralisée en été avec un réchauffement légèrement plus fort pendant la journée qu'en fin de nuit.

### II-1-2-7. Comparaison entre deux séries d'observations (1913-1938) et (1978-2004)

Nous avons procédé à l'analyse de l'évolution des températures normales entre deux séries d'observations : la série de SELTZER P. (1913-1938) et la série (1978-2004), à fin de déceler les écarts éventuels et mettre l'accent sur les changements et les fluctuations de la température moyenne annuelle s'ils ont lieu. Cette comparaison concerne toutes les stations étudiées à l'exception de la station d'O.E.B (absente dans la série de SELTZER).

La fig. (09), montre que les moyennes des températures mensuelles sont tantôt plus élevées, tantôt plus faibles, mais grosso modo la différence reste faible.

Au niveau des températures moyennes annuelles (tab. 09), les températures observées de la période (1978-2004) sont supérieures à celles de la série de SELTZER (1913-1938) dans la plupart des stations. Le réchauffement a été de l'ordre de 1.2°C à Skikda, 1°C aux stations de Batna et Souk-Ahras, et 0.5°C à la station de Biskra. La station de Bejaia présente un écart de l'ordre de -0.97°C.



**Tableau 09** : Comparaison des moyennes mensuelles de température de deux périodes différentes (1913-1938) et (1978-2004) pour les stations étudiées.

Station	Période	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
JIJEL	1978-2004	12,50	12,75	14,12	15,59	18,58	22,26	25,12	25,94	24,03	20,81	16,61	13,71
	1913-1938	11,60	12,35	13,85	15,85	18,60	22,20	25,05	26,05	24,25	20,35	15,95	12,60
Bejaïa	1978-2004	11,31	11,69	13,28	14,84	17,98	21,77	24,61	25,47	23,09	19,76	15,31	12,29
	1913-1938	11,90	12,80	14,60	16,30	19,00	22,25	25,20	26,30	24,75	20,70	16,25	13,00
Skikda	1978-2004	12,14	12,48	13,89	15,46	18,39	21,97	24,70	25,69	23,54	20,99	16,23	13,50
	1913-1938	10,55	11,05	13,05	14,55	17,65	20,80	23,90	24,75	22,70	19,10	15,05	11,85
Annaba	1978-2004	11,16	11,56	13,16	14,94	18,30	22,08	24,78	25,74	23,43	19,98	15,43	12,55
	1913-1938	11,40	11,90	13,65	15,45	18,40	22,05	24,95	25,40	23,55	20,00	16,25	12,80
El-Kala	1978-2004	12,37	12,74	14,03	15,71	18,68	22,39	25,49	26,22	24,08	20,71	16,64	13,47
	1913-1938	12,00	12,55	14,35	16,25	19,15	22,50	25,40	26,10	24,70	20,70	16,75	13,15
Constantine	1978-2004	6,61	7,72	9,88	12,26	16,98	22,24	25,28	25,60	21,31	16,81	11,23	7,76
	1913-1938	7,10	8,55	10,60	13,10	16,80	21,55	25,35	25,45	22,80	17,00	11,95	7,75
Guelma	1978-2004	9,72	10,29	12,15	14,35	18,66	23,50	26,71	27,37	23,75	19,57	14,32	10,96
	1913-1938	9,25	10,10	12,20	14,35	18,00	22,40	26,00	26,55	23,95	18,95	14,40	10,60
Souk-Ahras	1978-2004	7,26	8,09	10,07	12,33	16,93	21,95	25,37	25,64	21,63	17,27	11,79	8,49
	1913-1938	6,25	7,25	9,30	12,65	15,95	20,50	23,90	24,00	21,00	15,85	11,20	7,30
Sétif	1978-2004	5,06	6,46	8,77	11,26	16,24	22,24	25,83	25,45	20,47	15,40	9,56	6,03
	1913-1938	4,80	6,05	8,60	11,80	15,80	20,60	24,70	24,30	20,45	14,75	9,25	5,70
B.B.A	1978-2004	5,71	7,23	9,60	12,24	17,06	23,49	26,71	26,26	21,19	16,01	10,20	6,72
	1913-1938	5,35	6,70	9,35	12,90	17,25	22,55	26,75	25,90	22,45	16,30	9,75	6,50
Batna	1978-2004	5,34	6,67	9,32	12,26	17,38	22,91	26,03	25,69	21,10	15,89	10,15	6,57
	1913-1938	4,90	6,05	8,50	11,95	15,95	20,95	24,70	24,00	20,35	14,85	9,60	5,90
Tébessa	1978-2004	6,68	8,06	10,56	13,58	18,73	23,49	26,84	26,29	21,73	17,27	11,50	7,91
	1913-1938	6,10	7,50	10,40	14,05	18,30	23,45	26,80	26,25	22,65	16,55	11,35	7,25
Biskra	1978-2004	11,66	13,77	16,99	20,39	24,74	31,00	33,93	33,63	28,82	22,78	16,62	12,57
	1913-1938	11,25	13,15	16,30	20,20	24,70	29,95	33,35	32,65	28,80	22,45	16,25	11,95
Moyenne	1913-1938	<b>8,65</b>	<b>9,69</b>	<b>11,90</b>	<b>14,57</b>	<b>18,12</b>	<b>22,44</b>	<b>25,85</b>	<b>25,98</b>	<b>23,26</b>	<b>18,27</b>	<b>13,38</b>	<b>9,72</b>
	1978-2004	<b>9,04</b>	<b>9,96</b>	<b>11,99</b>	<b>14,25</b>	<b>18,36</b>	<b>23,18</b>	<b>26,26</b>	<b>26,54</b>	<b>22,94</b>	<b>18,71</b>	<b>13,51</b>	<b>10,19</b>

#### IV-1-2-8. L'amplitude thermique annuelle

C'est l'écart entre la température du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid. Cette amplitude est sensible à la position climatique des stations comme il est signalé dans le tableau 10. La valeur de cette amplitude est légèrement supérieure à 19°C dans les régions littorales, alors qu'elle atteint 31°C au Sud (31.1°C à la station de Tébessa), soit une différence de 12°C. Une deuxième dissymétrie apparaît entre la côte et l'intérieur. Pour la plupart des stations côtières, l'amplitude annuelle est comprise entre 18.1 et 19.4°C, et dépasse 22°C dans les bassins intérieurs (22.9°C à Guelma) et comprise entre 26 et 31.1°C

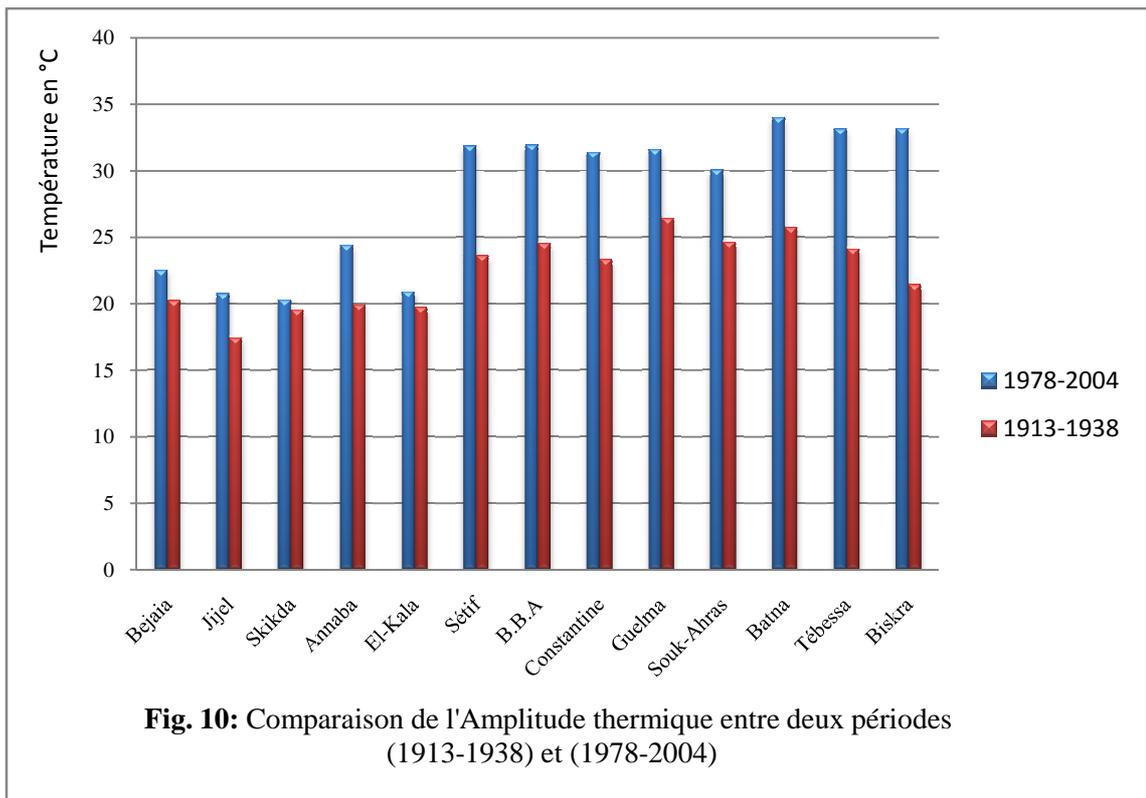
dans les hauts plateaux ; Sétif (26.5°C), BBA (28.2°C) et Tébessa (31.1°C). Quant à la station de Biskra, présente une amplitude de 27.1°C.

Plus nous allons vers le Sud, plus la différence entre la côte et l'intérieur augmente (3 à 5°C dans les bassins intérieurs, 7 à 9°C dans les hauts plateaux et jusqu'à 12°C dans le Sud). Cette amplitude relativement importante résulte évidemment du régime thermique méditerranéen caractérisant la région (hiver frais et été chaud).

**Tableau 10** : L'amplitude thermique annuelle (en °C). Période (1978-2004).

Station	Mois chauds	Mois froids	Amplitude
<b>Bejaia</b>	28,1	8,9	19,2
<b>Jijel</b>	28,8	10,7	18,1
<b>Skikda</b>	29 ,2	9,8	19,4
<b>Annaba</b>	28,3	9,1	19,2
<b>El-Kala</b>	29,3	10,7	18,6
<b>Sétif</b>	29,4	2,9	26,5
<b>B.B.A</b>	31 ,8	3,6	28,2
<b>Constantine</b>	28,8	4,5	24,3
<b>Guelma</b>	30,2	7,3	22,9
<b>Souk-Ahras</b>	28,7	5,2	23,5
<b>Batna</b>	29,2	3,1	26,1
<b>O.E.B</b>	32,4	3,8	28,6
<b>Tébessa</b>	35	3,9	31,1
<b>Biskra</b>	36,4	9 ,3	27,1

La figure 10 montre l'amplitude thermique annuelle dans la région d'étude pour deux périodes (1913-1978) et (1978-2004). L'amplitude thermique de la période récente est plus importante que celle de SELTZER, avec un écart plus important dans les régions intérieures que sur le littoral.



### II-1-2-9. Les gradients thermiques

Le calcul du gradient thermique consiste à évaluer verticalement la décroissance de la température pour un intervalle (normalement 100m) de dénivellation et d'établir l'équation de la droite de régression qui confère directement la température cherchée en fonction de l'altitude connue.

L'équation de la droite de régression s'écrit :

$$T = T^{\bullet} - bz \quad \text{Quant l'altitude augmente ;}$$

$$T = T^{\bullet} + bz \quad \text{Quant l'altitude diminue.}$$

Où :

$T$ : la température inconnue à l'altitude  $z$  connue ;

$T^{\bullet}$ : la température à la station de base ou au niveau de la mer ;

$b$  : le gradient thermique.

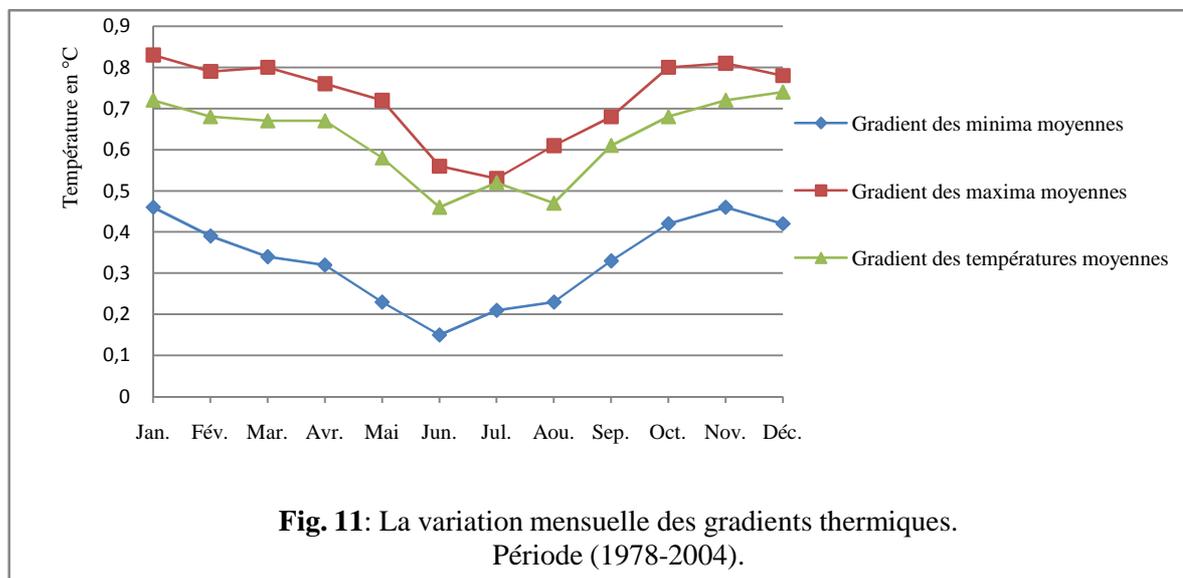
Selon HALIMI (1981), le gradient thermique peut être calculé en fonction de deux ou de plusieurs stations d'altitudes différentes.

Certes, il existe une relation linéaire entre la température et l'altitude. Nous avons calculé les équations des gradients thermiques pour les moyennes des minima, les moyennes des maxima et les températures moyennes.

**Tableau 11** : Les gradients mensuels des minima (A), des maxima (B) et des moyennes mensuelles (C)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<b>A</b>	0,46	0,39	0,34	0,32	0,23	0,15	0,21	0,23	0,33	0,42	0,46	0,42	0,33
<b>B</b>	0,83	0,79	0,8	0,76	0,72	0,56	0,53	0,61	0,68	0,8	0,81	0,78	0,7225
<b>C</b>	0,72	0,68	0,67	0,67	0,58	0,46	0,52	0,47	0,61	0,68	0,72	0,74	0,6267

On remarque, d'après le tableau ci-dessous (Tab. 12), que les gradients altitudinaux des températures moyennes des maxima, des minima et des moyennes vraies dans l'Est algérien, diffèrent selon les mois et les saisons.



Nous constatons d'après la fig. 11, que l'allure des courbes des différents gradients est la même : les fortes valeurs sont enregistrées en hiver et les faibles en été.

Cependant le gradient vertical de la température des maxima a des valeurs élevées le long de l'année, au moyenne 0.8, excepté les mois de juin et juillet où les gradients descendent respectivement à 0.56 et 0.53. Quant au gradient mensuel des minima, les fortes valeurs sont

observées durant les mois de novembre, décembre et janvier avec des valeurs respectivement de 0.46, 0.42 et 0.46 et les faibles valeurs pendant le mois de juin avec une valeur de 0.15°C. En fin, le gradient vertical de la température moyenne qui présente des valeurs médianes entre les deux précédents gradients, présente lui aussi des valeurs fortes pendant l'hiver et des valeurs faibles en été.

Cependant, pour la région d'étude, le gradient mensuel des minima est de 0.33°C pour 100m de dénivellation, tandis que celui des maxima est de 0.72°C pour 100m de dénivellation.

Le tableau 12, donne les gradients des températures minimales et maximales calculés dans les différentes régions à fin de les comparer avec nos résultats.

**Tableau 12 :** Les gradients des températures minimales (m') et maximales (M') calculés en Algérie.

<b>Auteurs</b>	<b>m'</b>	<b>M'</b>	<b>Région</b>
SELTZER. P (1946)	0.4	0.7	Algérie
BALDAY (1965)	0.5		Ouest Algérien
GCHARZOULI (1977)	0.63		Centre Algérien
GCHARZOULI (1977)	0.41		Est Algérien
GCHARZOULI (1977)	0.6		Steppe du Sud Algérien
DJEBAR (1983)	0.32	0.8	Région de Saïda
DJELLOULI (1981)		0.7	Sud Oranais
BENBADJI et BOUAZZA (2000)	0.6		
TIR et KHABTANE (1997)	0.24	0.5	Extrême Nord-Est Algérien
TIR	0.33	0.72	Est Algérien

La décroissance des températures des minima avec l'altitude est moins rapide que celle des maxima et des moyennes, et s'explique par :

- Le refroidissement nocturne de l'air, particulièrement intense pendant la nuit claire et calme, il se produit en région montagneuse, le long des versants, un écoulement d'air froid qui s'accumule dans les fonds des vallées. Le minimum, est par conséquent, plus bas que le minimum correspondant à l'altitude de la station, et la différence de température entre la vallée et la montagne est plus faible que celle correspondant à la différence d'altitude.

- Lorsque le maximum se manifeste à un moment où la convection de l'air est forte, la décroissance de la température en fonction de l'altitude devient rapide.

La décroissance de la température n'est pas liée seulement à l'altitude, mais aussi à d'autres facteurs importants comme l'exposition et l'éloignement à la mer.

### II-1-2-10. Le régime thermique

La zone d'étude appartient au climat méditerranéen, caractérisé par un hiver froid relativement tempéré et un été sec et chaud.

Le calcul de l'indice de continentalité détermine d'une part, le régime thermique et d'autre part détermine l'indice de continentalité.

Pour JANSZEWSKI (in DJELLOULI, 1981), la continentalité du climat d'une station est caractérisée par la combinaison des continentalités thermiques et pluviales. L'auteur propose un climagramme portant en abscisse les continentalités thermiques, et en ordonnée, les continentalités pluviales qui sont des rapports des précipitations des six mois les plus chauds (P2) aux précipitations des six mois les plus froids (P1).

L'indice de continentalité thermique ( $K$ ) est donné par la formule de GORCZYNSKI (1920) et CONRAD (1946) :

$$K = \frac{16 \times A}{\sin(Q+10+9h)} - 14^{\circ}\text{C}$$

Où :

$K$  : indice de continentalité thermique ;

$A$  : amplitude thermique moyenne en  $^{\circ}\text{C}$  ;

$Q$  : latitude de la station en degrés d'arc ;

$h$  : représente l'altitude exprimée en Kilomètre.

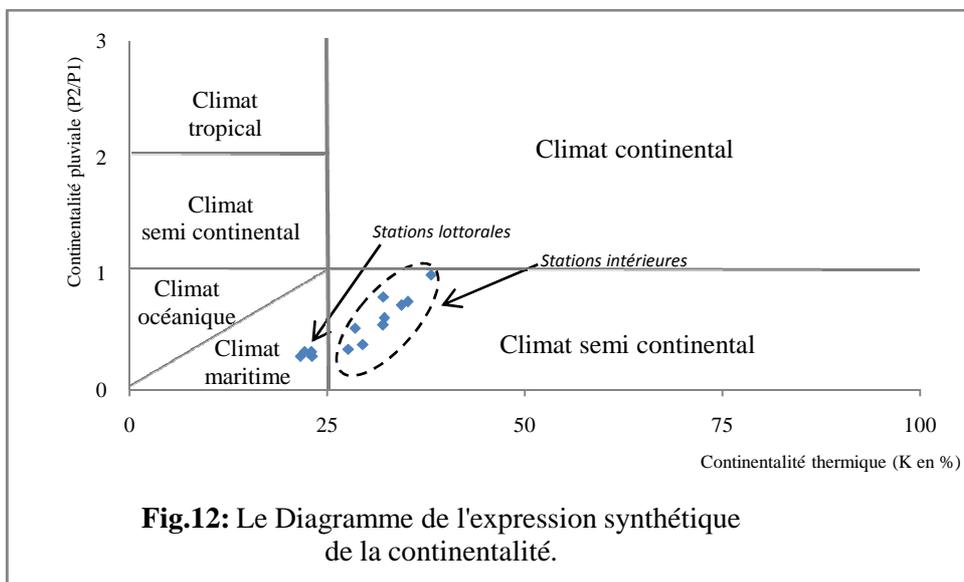
Un climat est dit continental s'il présente à la fois une continentalité thermique supérieure à 25% et une continentalité pluviale supérieure à 1. Par contre, un climat est dit non continental si les deux valeurs de la continentalité sont inférieures à ces seuils.

On constate, d'après les résultats portés dans le tableau ci-après (Tableau 13), que la continentalité augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer : Jijel (21.61%), Guelma (27.65%), Batna (32.1%) et Tébessa (38.14%).

Le diagramme de la fig.12, montre que les stations littorales sont soumises à un climat maritime (méditerranéenne), alors que les stations de l'intérieur (Telliennes, hauts plateaux et sahariennes) sont caractérisées par un climat semi continental, avec des degrés de nuance entre ces stations.

**Tableau 13** : L'indice de continentalité : thermique (K) et pluviale (P2/P1)

Stations	K (en %)	P2/P1
Bejaia	22,99	0,33
Jijel	21,61	0,29
Skikda	23,09	0,29
Annaba	22,90	0,32
El-Kala	22,13	0,33
Sétif	32,24	0,62
B.B.A	34,40	0,73
Constantine	29,49	0,39
Guelma	27,65	0,35
Souk-Ahras	28,52	0,53
Batna	32,10	0,80
O.E.B	35,20	0,76
Tébessa	38,14	0,99
Biskra	32,06	0,56



Au fur et à mesure que l'on progresse à l'intérieur, les influences marines qui tempèrent les températures s'estompent pour laisser place à un climat plus continental, qui a pour effet d'accentuer les amplitudes thermiques entre hiver et été. Ce phénomène est d'autant plus marqué lorsque les chaînes de l'Atlas Tellien bloquent les pénétrations d'air marin à l'intérieur des terres.

### II-1-3. La température à 50cm au dessous du sol

Pour l'étude de ce paramètre, nous nous sommes basés sur les données mensuelles de cinq stations qui représentent des observations fiables et homogènes de 1981 à 1995 (Tableau 14). Ceux des autres stations sont trop fractionnés pour pouvoir être utilisées.

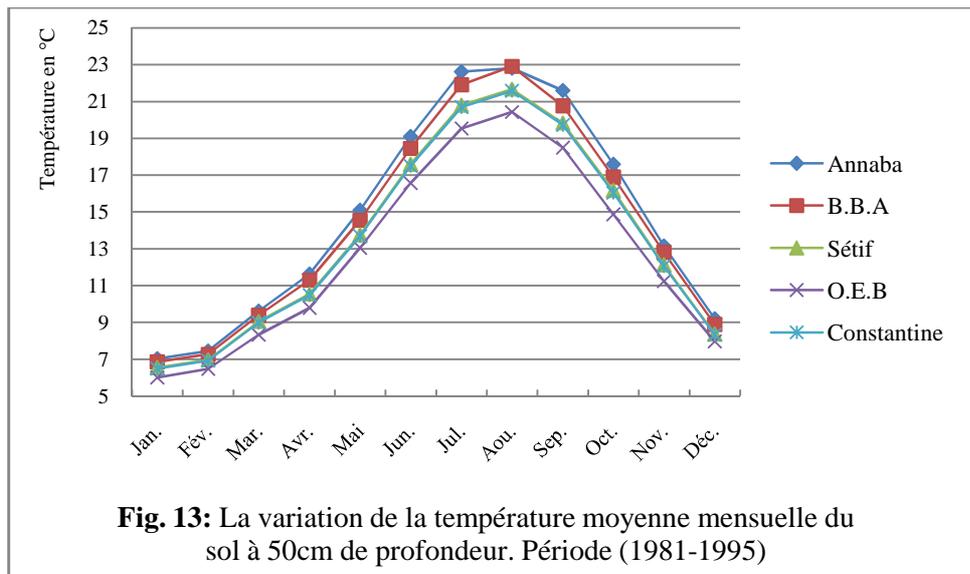
**Tableau 14** : La température moyenne mensuelle à 50cm au dessous du sol. (1981-1995).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>Annaba</b>	7,03	7,45	9,61	11,63	15,10	19,09	22,61	22,80	21,60	17,59	13,16	9,19
<b>B.B.A</b>	6,86	7,28	9,39	11,30	14,56	18,46	21,90	22,92	20,76	16,89	12,80	8,88
<b>Sétif</b>	6,54	6,97	9,05	10,54	13,75	17,59	20,80	21,67	19,83	16,16	12,13	8,36
<b>O.E.B</b>	6,00	6,47	8,34	9,79	13,04	16,56	19,53	20,44	18,49	14,86	11,25	7,96
<b>Constantine</b>	6,49	6,93	8,99	10,48	13,69	17,50	20,69	21,57	19,72	16,05	12,06	8,33

Le tableau (14), montre que la variation de la température à 50cm au dessous du sol est très accentuée entre l'hiver et l'été. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées au mois de janvier dans les 5 stations, et la variation de la température moyenne pendant ce mois entre les stations ne dépasse pas en générale 1°C. Les maxima ont eu lieu en août où la température moyenne mensuelle varie entre 20.44°C à O.E.B et 23.8°C à Annaba.

D'après la figure (13), nous constatons que pendant l'hiver, il n'existe pas une grande différence entre les températures moyennes des différentes stations étudiées, inversement en été, où cette différence est à noter. En août, la variation entre les stations dépasse 3.4°C.

On note aussi que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station d'Annaba et les moyennes les plus faibles sont observées dans la station d'O.E.B. Les stations de Constantine et de Sétif présentent presque les mêmes valeurs le long de l'année.



## II-2. L'insolation

On appelle insolation possible, la période durant laquelle le soleil pourra briller, en supposant un ciel dégagé de nuage, tandis-que l'insolation effective est la période durant laquelle le soleil a brillé.

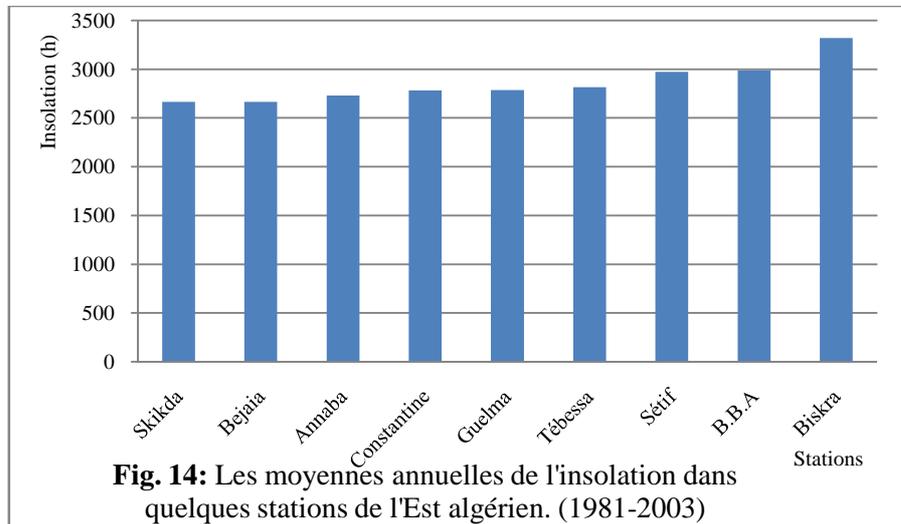
Pour LEBOURGOI et al., (2001), un changement important de ce paramètre aurait des répercussions notables sur l'évapotranspiration.

La disponibilité des données, nous a incité à faire la comparaison entre les stations mentionnées dans le tableau 15, pour une période homogène allant de 1981 à 2003.

**Tableau 15 :** Les moyennes annuelles de la durée d'insolation dans l'Est algérien. Période (1981-2003).

Stations	Totaux (h/an)
Skikda	2663,72
Bejaia	2664,62
Annaba	2729,93
Constantine	2781,54
Guelma	2784,83
Tébessa	2816,97
Sétif	2973,17
B.B.A	2987,98
Biskra	3321,38
<b>Moyenne</b>	<b>2858,24</b>

Selon le tableau (15) et fig. (14), on remarque que la zone d'étude bénéficie d'une moyenne de 2858,2h par an. Elle varie de 2663,72h à Skikda jusqu'au 3321,4h à Biskra, en passant par 2784,8h à Guelma et 2987,9h à B.B.A. Cette dégradation de l'insolation est due à une grande nébulosité qui diminue de la côte vers l'intérieur.



**Fig. 14:** Les moyennes annuelles de l'insolation dans quelques stations de l'Est algérien. (1981-2003)

### II-3. La nébulosité

Ce paramètre donne une idée générale sur l'état du ciel. La nébulosité indique la proportion du ciel occupée par les nuages quelque soit leur nature. Elle est exprimée en octas ou en dixième selon l'échelle. Pour un ciel totalement couvert, les chiffres de 8 ou 10 sont assignés, pour un ciel totalement dégagé (bleu), on lui attribut le chiffre de 0. Donc, la nébulosité a un caractère d'approximation (HUFY, A. 2005).

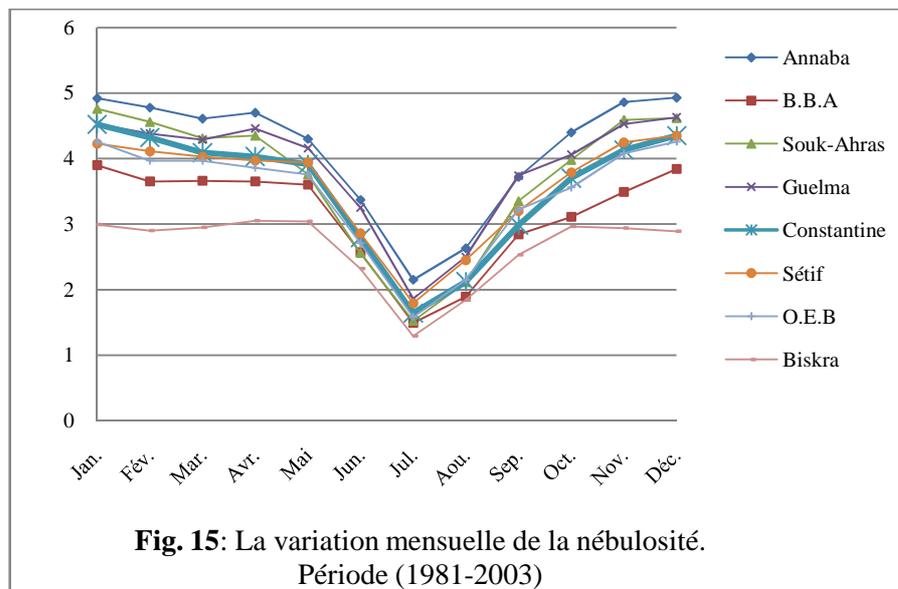
Les séries d'observations sont incomplètes dans certaines stations (El-Kala, Bejaia) et très fragmentées dans d'autres comme celles de Skikda, ce qui nous a obligé à utiliser uniquement les séries homogènes pour la période allant de 1981 à 2003 pour les stations mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau 16 :** Les moyennes mensuelles de la nébulosité (en octas). Période (1981-2003)

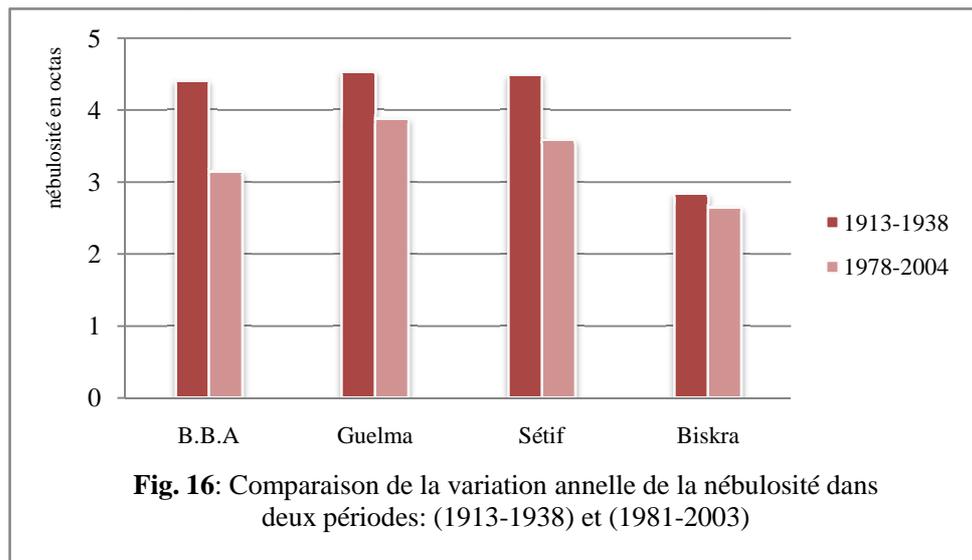
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Annaba	4,92	4,78	4,61	4,70	4,30	3,37	2,15	2,63	3,72	4,40	4,86	4,93
B.B.A	3,90	3,65	3,66	3,65	3,60	2,57	1,49	1,89	2,84	3,11	3,49	3,84
Souk-Ahras	4,76	4,56	4,31	4,35	3,76	2,56	1,52	2,11	3,35	3,98	4,59	4,62
Guelma	4,53	4,38	4,29	4,46	4,16	3,25	1,86	2,50	3,74	4,06	4,53	4,63
Constantine	4,52	4,32	4,09	4,03	3,91	2,79	1,64	2,12	2,98	3,70	4,13	4,35
Sétif	4,23	4,11	4,03	3,97	3,94	2,86	1,79	2,45	3,20	3,79	4,25	4,35
O.E.B	4,26	3,97	3,97	3,86	3,76	2,71	1,58	2,15	3,22	3,56	4,08	4,26
Biskra	2,99	2,90	2,95	3,05	3,04	2,32	1,29	1,84	2,53	2,96	2,94	2,89

Le tableau 16, et la figure 15, montrent que la nébulosité varie entre 1 et 5 octas le long de l'année. La variation annuelle est assez prononcée sur le littoral et dans le Tell, avec un minimum très net en juillet (2.1 à Annaba, 1.5 à Souk-Ahras et 1.3 à la station de Biskra) et un maximum moins accentué entre novembre et janvier. Remarquons que l'amplitude augmente d'Ouest à l'Est. Au contraire, dans l'Atlas Saharien et au Sahara (Biskra), la différence de la nébulosité est nettement plus faible. La nébulosité diminue donc, du Nord au Sud. On remarque ici encore la particularité du mois d'avril.

En été, la variation diurne dépend de la situation de la station : sur le littoral, la nébulosité est relativement élevée au début de la matinée, mais décroît rapidement par la suite. Dans l'intérieur, elle varie peu dans les stations de plaine, mais augmente au cours de la journée dans les stations d'altitude, suite à des condensations dues aux courants ascendants.



L'analyse de la variation de la nébulosité annuelle entre deux séries d'observations ; (1913-1938) et (1981-2003) pour quelques stations (Fig. 16), montre que les valeurs de SELTZER sont supérieures dans les quatre stations avec un écart plus important dans les hautes plaines Telliennes (Sétif et BBA).



## Chapitre III : Les précipitations

### III-1. Présentation et critiques des données pluviométriques

Les précipitations ont un rôle très important en région méditerranéenne. Elles sont caractérisées par leur régime irrégulier et leur répartition inégale (sécheresse de l'été) (TOTH, 1987).

Les connaissances sur les précipitations de l'Est algérien sont partielles et très dispersées. Il s'agit d'un régime méditerranéen avec une décroissance rapide des pluies du Nord vers le Sud, à climat humide à aride puis désertique.

En Algérie, les séries d'analyses des précipitations ont été menées sur l'ensemble ou une partie du pays comme celles de SELTZER (1913-1938), GAUSSEN (1913-1947), MEDINGER (1913-1953), CHAUMONT et PEQUIN (1913-1963), l'ANRH (1993), ANSER (1931-1995) et une étude d'ingénieur que nous avons menée sur l'extrême Nord-Est algérien (1969-1994). Toutefois, nous avons élargie cette analyse dans l'Est algérien sur une période allant du 1<sup>er</sup> janvier 1978 jusqu'au 31 décembre 2004 (soit 27 ans).

La faible densité du nombre des stations principales dans notre zone d'étude ne facilite pas l'interprétation d'un paramètre météorologique comme la pluviométrie. Ce qui nous a obligé à ajouter quelques postes pluviométriques disponibles présentant une longue série. Au total 21 stations sont retenues.

Les données de ces postes sont recueillies par le Centre Climatologique National (C.C.N) et l'Office National de la Météorologie (O.N.M).

Nous n'avons pas utilisé les données collectées par l'A.N.R.H. Acte volontaire dû principalement à l'inadéquation entre les données des deux établissements mais aussi pour garder et préserver l'homogénéité du travail.

Dans les séries d'observations, des lacunes d'ordre mensuelles et même journalières sont à signaler. Ces lacunes sont causées par :

- La centralisation et la décentralisation des données météorologiques ont influencé négativement sur la disponibilité des données et la qualité de celles-ci surtout celles des postes pluviométriques ;

- Le transfert des pluviomètres. Cas des stations de Souk-Ahras (1995), et Aïn Yagout (1988) ;
- Arrêt de fonctionnement pendant une période : le cas de la station de Skikda en 2004 (arrêt pendant un semestre suite à une explosion). Sans oublier les jours fériés et les congés annuels ;
- Certains bulletins quotidiens, mensuels ou en résumés annuels sont parfois illisibles ce qui nous a fait perdre beaucoup de temps pour les portés sur nos documents personnels ;
- Des stations n'ont commencé à fonctionner que dans l'année 1980 : le cas des stations de B.B.A et Jijel.

Par rapport à notre ancienne étude (1969-1994), la récolte des données de la période (1978-2004) n'a pas pris beaucoup de temps car la défaillance des valeurs enregistrées durant la première période nous a obligé de faire recours aux calculs des moyennes mensuelles de la plupart des stations à partir des T.C.M (tableaux climatiques mensuels) mois par mois.

### **III-1-2. Estimation des données manquantes et correction des précipitations**

L'estimation des données manquantes d'une station ou d'un poste est calculée à partir des valeurs provenant des stations voisines soumises aux conditions climatiques et situées dans la même zone géographique.

Certaines stations et surtout les postes retenus pour notre étude présentent des lacunes d'observation sur plusieurs mois.

Le comblement des données manquantes a été établi à l'aide des modèles statistiques. Ainsi, la correction de la pluviométrie mensuelle est calculée par la méthode des rapports. Cependant, la correction des valeurs annuelles par la méthode dite de double cumul. Pour que la méthode des rapports soit efficace, il faudrait que les couples appartiennent aux mêmes conditions climatiques et géographiques

### III-1-2-1. La méthode des rapports

C'est le rapport entre les valeurs de pluie tombée au cours d'un mois considéré lacunaire et pendant la série où le mois est le même dans les stations voisines ; son application se fait selon l'équation suivante :

$$Y = aX$$

Où :

Y : la valeur pluviométrique mensuelle inconnue à la station lacunaire ;

X : valeur correspondante observée pendant le même mois à la station de référence A ;

a : constante d'ajustement égale au rapport de la somme des précipitations observées pendant une même série commune aux deux stations soit :

$$a = \frac{P \text{ (mm)B}}{P \text{ (mm)A}}$$

Pour les stations et les postes concernées par notre étude, nous avons tenu compte en plus des conditions précitées (climatiques et géographiques), du degré de corrélation statistique entre les séries déterminant l'efficacité de l'ajustement.

Pour illustrer cette méthode nous allons donner l'exemple d'ajustement des données de la station de Skikda (B) à partir de celles de la station d'Annaba (A) pour le mois de janvier 2004. Ces deux stations se trouvent dans un même contexte climatique et géographique (le littoral) et leurs coefficients de corrélation s'élèvent à 0.99 à l'échelle mensuelle et à 0.88 à l'échelle annuelle.

Le total des précipitations du mois considéré pendant la même série est égal à :

P (mm) A=2771

P (mm) B=2958

$$\text{Donc : } a = \frac{2958}{2771} = 1,067$$

La hauteur des précipitations observées au mois de janvier 2004 à Annaba est de 109,4mm ; la valeur correspondante à la station de Skikda serait donc de :

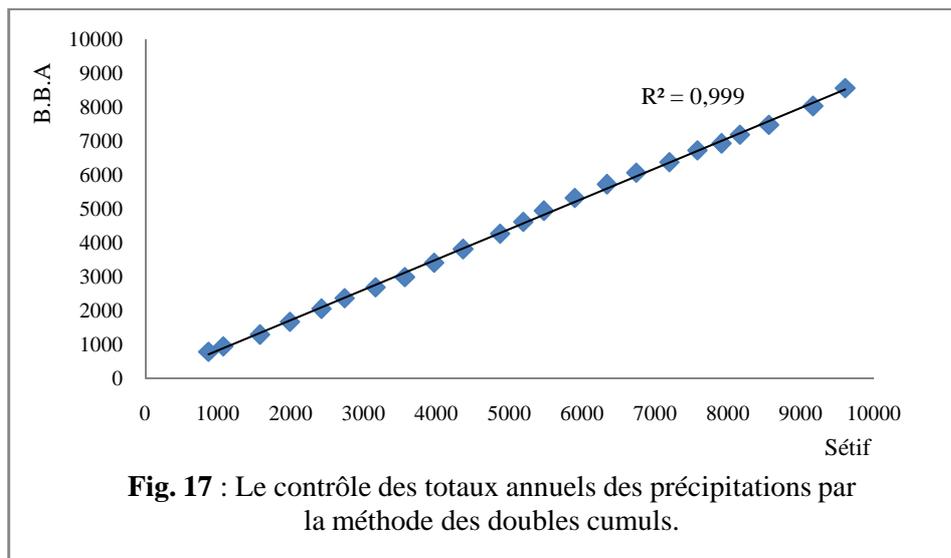
$$Y = 1,067 \times 109,4\text{mm} = 116,8\text{mm}$$

### III-1-2-2. Le contrôle des totaux annuels des précipitations

Ici, le but spécifique est de comparer un ou plusieurs échantillons, acquis à des stations voisines, à fin de déceler une éventuelle hétérogénéité.

Dans notre travail, nous avons utilisé la méthode dite des doubles cumuls, dont le principe consiste à vérifier la proportionnalité des valeurs mesurées à deux stations. L'une est la station témoin (X), supposée correcte, l'autre station (Y) est la station de contrôle. Un effet de lissage est obtenu en comparant, au pas de temps choisi (années), non pas les valeurs observées, mais leur cumul.

L'exemple est donné pour les deux stations de Sétif et Bordj Bouariridj. Sur le graphique cartésien (figure 17), on porte en abscisse les totaux annuels des précipitations de la station de référence (ex : Sétif) et en ordonnée ceux de B.B.A.



**Fig. 17 :** Le contrôle des totaux annuels des précipitations par la méthode des doubles cumuls.

La courbe déterminant une corrélation normale et positive, est caractérisée par une distribution linéaire des points. Ainsi, vu la grandeur de notre zone d'étude (Est algérien), nous avons jugé utile de choisir plusieurs stations de références ; il s'agit des stations d'Annaba et Bejaia au littoral, Guelma dans les bassins intérieurs, Constantine, Batna et Sétif dans les hauts plateaux.

La comparaison des moyennes annuelles des précipitations de l'ensemble des stations et postes voisines aux précédentes a donné des liaisons linéaires, dues probablement à la qualité professionnelle de la plupart des stations utilisées dans le cadre de cette étude.

Le comblement des lacunes dans les postes d'Ain Tinn (Arris) et Ain Touta à été effectué par la méthode des gradients. Cette dernière repose sur le calcul du gradient pluviométrique altitudinal.

### III-1-3. Les jours pluvieux

« Un jour pluvieux est le jour, entre 0h et 24h, la pluie ou autre phénomène a mouillé ou couvert entièrement le sol » (HALIMI, 1981). Pour CARBONNELL (1991), il sera considéré comme pluvieux un jour ou la hauteur de pluie relevée est supérieure à une valeur déterminée appelée seuil, en une station pluviométrique donnée. Certains auteurs distinguent entre les pluies mesurables, c'est-à-dire celles supérieures ou égales à 0,1mm, et celles où il ne tombe que quelques gouttes.

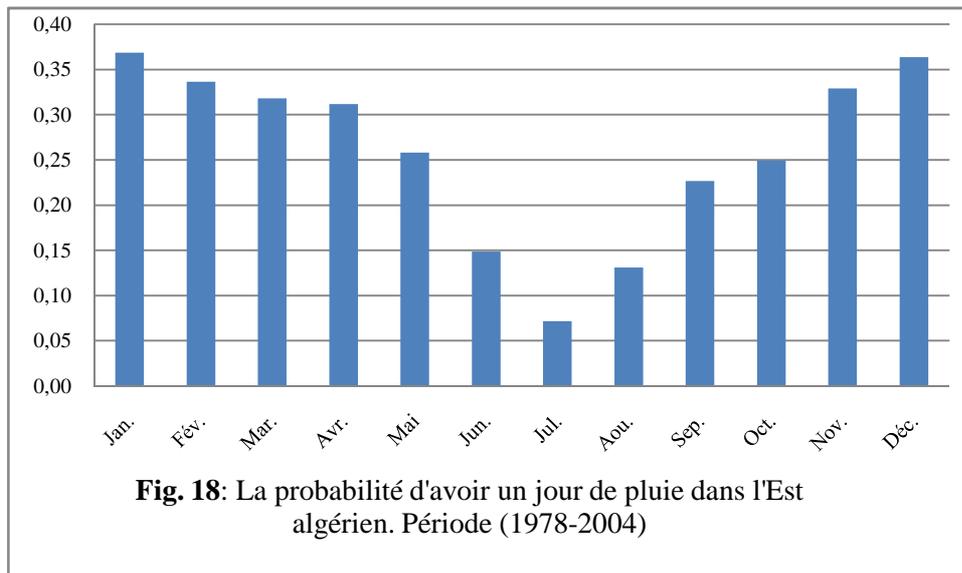
Pour ce paramètre 14 stations principales présentant des séries d'observations homogènes allant de 24 à 27 ans, avec des jours des pluies > 0mm, sont prises en considérations.

Les résultats présentés dans le tableau 17, montrent que la probabilité d'occurrence d'un jour pluvieux est plus élevée à Annaba et Jijel avec 0.32 en moyenne, soit presque une chance sur trois d'avoir un jour pluvieux dans l'année, et presque une chance sur deux durant le mois de janvier pour la première station et le mois de décembre pour la deuxième. Concernant le mois de Juillet, 8% (Jijel) et 5% (Annaba), soit deux chances sur 33 en moyenne.

Les faibles probabilités d'occurrence sont calculées dans la station de Biskra avec 0.1 soit une chance sur cent d'avoir un jour pluvieux dans l'année. La probabilité d'occurrence dans toute la région d'étude est de 0.27 soit plus d'une chance sur quatre d'avoir un jour pluvieux.

**Tableau 17** : La probabilité d’avoir un jour de pluie dans l’Est algérien. Période (1978-2004).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
Bejaia	0,42	0,37	0,36	0,36	0,27	0,12	0,06	0,09	0,23	0,29	0,38	0,44	0,283
Jijel	0,47	0,42	0,39	0,38	0,29	0,13	0,08	0,10	0,26	0,32	0,48	0,48	0,317
Skikda	0,43	0,41	0,35	0,35	0,21	0,12	0,04	0,09	0,24	0,30	0,41	0,46	0,284
Annaba	0,51	0,44	0,40	0,38	0,29	0,14	0,05	0,10	0,24	0,33	0,49	0,47	0,320
El-Kala	0,43	0,40	0,34	0,34	0,20	0,09	0,03	0,06	0,20	0,27	0,40	0,45	0,268
Sétif	0,37	0,38	0,32	0,33	0,32	0,19	0,10	0,17	0,27	0,27	0,32	0,39	0,286
B.B.A	0,40	0,35	0,32	0,34	0,33	0,16	0,08	0,17	0,25	0,29	0,33	0,40	0,285
Constantine	0,44	0,42	0,39	0,37	0,30	0,18	0,10	0,14	0,25	0,27	0,41	0,44	0,309
Guelma	0,40	0,37	0,34	0,37	0,28	0,14	0,06	0,10	0,22	0,26	0,37	0,41	0,277
Souk-Ahras	0,41	0,38	0,37	0,35	0,26	0,16	0,07	0,12	0,24	0,26	0,36	0,39	0,281
Batna	0,27	0,27	0,27	0,27	0,23	0,16	0,08	0,15	0,21	0,20	0,25	0,29	0,221
O.E.B	0,35	0,29	0,32	0,28	0,27	0,16	0,09	0,16	0,22	0,22	0,28	0,33	0,248
Tébessa	0,33	0,28	0,31	0,28	0,26	0,18	0,11	0,22	0,28	0,23	0,27	0,29	0,253
Biskra	0,13	0,11	0,11	0,11	0,10	0,08	0,02	0,06	0,11	0,13	0,12	0,12	0,100
Moyenne	0,383	0,349	0,328	0,322	0,258	0,144	0,069	0,124	0,230	0,260	0,348	0,383	<b>0,266</b>



Cette valeur de 26,6% donne une idée sur les jours pluvieux dans tout l’Est algérien, car la probabilité diffère d’une station à l’autre et d’un mois à l’autre.

La figure 18, montre la probabilité moyenne des jours pluvieux de notre région d’étude. Elle montre une forte probabilité de jours pluvieux en hiver avec un maximum en décembre et janvier (0,38), soit plus d’une chance sur trois d’avoir un jour de pluie, ensuite

viennent les mois de février et novembre avec une probabilité de 0.35, puis les mois de mars et avril avec 0.33 et 0.32 successivement.

En été, les probabilités des jours pluvieux sont très faibles, surtout le mois de juillet, qui constitue le mois le plus sec de l'année avec une probabilité de 7% c'est-à-dire sept chances sur cent d'avoir un jour pluvieux. Le mois d'août se place en deuxième position avec une probabilité de 12% puis le mois de juin qui a 14% de probabilité de jour pluvieux.

Suivant les saisons, les chances des jours pluvieux en ordre croissant, se classent comme suit : hiver, printemps, automne, été.

Ce classement est lié à l'intensité de l'évaporation pendant l'été dans les basses couches de l'air surchauffées, ou la plupart des gouttes de pluie s'évaporent avant d'atteindre le sol.

### III-1-4. La variabilité mensuelle du régime pluviométrique

L'étude de la variabilité du régime pluviométrique permet de mettre en évidence l'instabilité des précipitations d'un mois sur l'autre au sein d'une même année, même si le total annuel ne varie pas. Cette instabilité pose des problèmes économiques dans une région à vocation agricole ou pastorale, sur l'écoulement des cours d'eau, l'alimentation des nappes phréatiques, etc.

Les hauteurs des précipitations mensuelles, calculées pour toutes les stations étudiées, sont portées dans le tableau 18, avec leurs coefficients de variation et l'écart-type pour la série (1978-2004).

**Tableau 18 :** La variabilité des précipitations mensuelle dans l'Est Algérien.

Période (1978-2004)

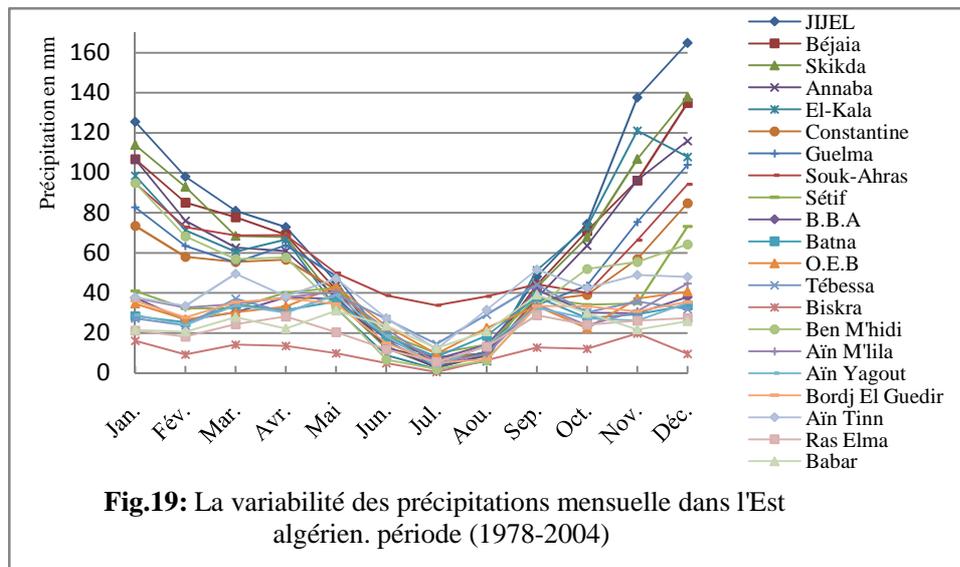
		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
JJJEL	M	125,5	98,17	80,97	72,97	45,67	11,66	7,98	9,72	48,24	74,51	137,6	165	878
	S	77,64	63,12	59,7	42,71	31,05	13,27	30,48	14,79	41,58	60,02	68,66	118,6	225,1
	C.V	0,619	0,643	0,737	0,585	0,68	1,138	3,82	1,522	0,862	0,806	0,499	0,719	0,256
Béjaia	M	106,9	85,11	77,77	69,1	41,58	12,39	6,31	10,23	44,06	71,02	96,22	135	755,7
	S	78,43	50,88	57,48	46,87	33,2	13,83	20,63	12,52	34,19	62,48	55,73	108,3	210,3
	C.V	0,734	0,598	0,739	0,678	0,799	1,117	3,269	1,224	0,776	0,88	0,579	0,802	0,278
Skikda	M	113,9	92,95	68,47	67,97	36,13	12,42	2,89	8,59	42,74	67,74	106,9	138	758,7
	S	59,14	57,93	40,04	47,43	32,91	11,43	5,353	12,56	28,44	44,01	72,89	87,7	162,2
	C.V	0,519	0,623	0,585	0,698	0,911	0,92	1,852	1,462	0,665	0,65	0,682	0,636	0,214
Annaba	M	106,7	76,15	62,63	60,88	38,14	13,42	2,7	9,1	37,52	63,72	96,34	116	683,3
	S	67,27	46,56	31,97	37,11	26,75	11,61	4,197	13,79	28,82	56,62	60,59	69,23	173,5

	C.V	0,63	0,611	0,51	0,61	0,701	0,865	1,554	1,515	0,768	0,889	0,629	0,597	0,254
El-Kala	M	98,51	71,33	60,66	66,66	32,3	8,95	1,95	5,95	51,32	73,02	121,1	108	699,8
	S	51,49	49,49	33,67	35,84	26,93	11,09	3,73	13,45	34,43	46,77	58,49	64,97	172,1
	C.V	0,523	0,694	0,555	0,538	0,834	1,239	1,913	2,261	0,671	0,64	0,483	0,602	0,246
Constantine	M	73,61	58,03	55,54	56,6	41,62	18,86	6,36	10,19	36,1	39,1	57,01	84,8	537,8
	S	53,12	43,11	32,26	40,62	26,99	16,49	8,472	7,594	25,14	26,17	42,44	71,81	137,5
	C.V	0,722	0,743	0,581	0,718	0,648	0,875	1,332	0,745	0,696	0,669	0,745	0,847	0,256
Guelma	M	82,77	63,43	55,2	63,81	48,51	16,09	3,12	10,76	34,03	43,69	75,39	104	600,8
	S	56,74	49,92	35,73	55,15	36,32	20,4	4,152	14,85	30,02	35,05	60,29	74,44	173,5
	C.V	0,686	0,787	0,647	0,864	0,749	1,268	1,331	1,38	0,882	0,802	0,8	0,716	0,289
Souk-Ahras	M	94,78	72,94	68,72	68,87	49,87	38,72	33,79	38,25	44,26	40,1	66,43	94,2	710,9
	S	66,77	57,46	40,8	51,04	42,91	38,52	39,51	38,49	36,68	22,78	50,72	74,15	227
	C.V	0,704	0,788	0,594	0,741	0,861	0,995	1,169	1,006	0,829	0,568	0,763	0,787	0,319
Sétif	M	40,99	32,21	32,4	40,19	42,61	19,41	9,85	14,11	37,61	34,19	34,82	73,2	411,6
	S	32,05	24,97	20,08	21,25	29,59	18,74	13,22	11,7	29,72	23,79	25,77	33,04	92,74
	C.V	0,782	0,775	0,62	0,529	0,694	0,965	1,342	0,829	0,79	0,696	0,74	0,451	0,225
B.B.A	M	37,7	26,23	30,23	37,8	37,05	16,84	7,02	14,07	41,57	30,19	29,85	37,9	346,5
	S	32,67	17,45	24,18	23,62	29,35	15,07	10,58	12,68	34,4	23,5	21,06	27,29	93,37
	C.V	0,866	0,665	0,8	0,625	0,792	0,895	1,508	0,901	0,827	0,779	0,706	0,72	0,269
Batna	M	28,34	25,31	34,18	31,47	35,77	18,14	8,13	18,7	37,99	27,38	29,41	33,8	328,6
	S	26,08	21,61	25,04	22,7	33,83	18,37	18,25	23,92	21,75	22,22	27,82	26,12	109,3
	C.V	0,92	0,854	0,733	0,721	0,946	1,013	2,244	1,279	0,572	0,812	0,946	0,773	0,333
O.E.B	M	34,64	26,74	30,22	33,09	43,15	23,48	9,61	22,41	33,55	22,39	37,16	40,6	357
	S	31,1	25,59	21,95	24,1	29,96	22,59	11,52	22,56	28,49	15,55	32,42	42,03	116,3
	C.V	0,898	0,957	0,726	0,728	0,694	0,962	1,199	1,007	0,849	0,695	0,872	1,035	0,326
Tébessa	M	27,26	23,75	37,21	30,16	39,37	26,93	14,45	29,21	44,2	30,37	35,74	31,9	370,6
	S	22,64	22,38	25,21	23,51	22,94	25,19	17,88	33,24	34,34	20,16	29,68	18,86	106,8
	C.V	0,831	0,942	0,677	0,779	0,583	0,935	1,238	1,138	0,777	0,664	0,83	0,591	0,288
Ben M'hidi	M	94,93	68,27	56,87	57,7	32,95	6,64	1,93	6,44	33,33	51,97	55,47	64,2	530,7
	S	43,28	43,37	31,19	35,79	22,11	7,418	4,381	11,97	31,34	39,29	34,57	39,2	116
	C.V	0,456	0,635	0,548	0,62	0,671	1,117	2,27	1,859	0,94	0,756	0,623	0,611	0,219
Aïn M'lila	M	37,41	32,66	34,42	37,78	40,43	22,03	5,02	9,33	34,24	23,79	30,94	44,7	352,8
	S	31,88	27,39	19,68	23,66	28,78	24,07	9,138	16,34	31,56	21,66	29,81	32,8	111
	C.V	0,852	0,839	0,572	0,626	0,712	1,093	1,82	1,751	0,922	0,91	0,963	0,734	0,315
Aïn Yagout	M	29,08	23,91	33,79	30,19	38,85	18,49	3,52	13,98	32,49	27,19	26,11	35,1	312,7
	S	27,16	22,88	27,27	22,88	39,85	17,79	4,984	20,64	24,53	25,59	25,91	29	112
	C.V	0,934	0,957	0,807	0,758	1,026	0,962	1,416	1,476	0,755	0,941	0,992	0,826	0,358
Bordj El Guedir	M	36,11	27,7	35,43	37,28	34,47	14,96	5,08	6,82	33,48	33,27	30,77	35,6	331
	S	26,92	21,29	29,33	22,71	30,81	16,48	10,46	7,64	28,03	31,87	21,91	26,1	91,2
	C.V	0,745	0,769	0,828	0,609	0,894	1,102	2,059	1,12	0,837	0,958	0,712	0,733	0,276
Aïn Tinn	M	37,8	33,5	49,56	38,32	47,16	27,39	11,95	31,52	51,75	42,4	48,9	48	468,3
	S	38,71	30,95	38,49	28,18	41,11	25,07	14,28	36,96	32,03	34,59	45,28	33,2	146
	C.V	1,024	0,924	0,777	0,735	0,872	0,915	1,195	1,173	0,619	0,816	0,926	0,692	0,312
Ras Elma	M	21,25	18,19	24,34	28,24	20,4	11,86	5,6	13,25	28,78	24,06	26,07	27,5	249,5
	S	17,59	14,96	20,73	24,51	19,51	12,21	14,25	17,78	22,76	24,02	23,49	25,3	93,2
	C.V	0,828	0,822	0,852	0,868	0,956	1,03	2,545	1,342	0,791	0,998	0,901	0,92	0,373
Babar	M	21,48	20,64	27,94	22,08	31,03	23,56	12,48	20,67	39,01	30,01	21,62	25,9	296,4
	S	20,47	22,1	24,56	17,43	34,93	21,44	18,71	26,61	34,97	26,87	17,6	25,2	114
	C.V	0,953	1,071	0,879	0,789	1,126	0,91	1,499	1,287	0,896	0,895	0,814	0,973	0,385
Biskra	M	16,17	9,178	14,13	13,49	9,896	4,933	0,459	6,367	12,7	12,04	19,81	9,556	128,7
	S	22,57	13,28	20,04	20,55	13,89	6,46	0,985	9,618	19,59	15,65	23,07	10,17	57,35
	C.V	1,396	1,447	1,418	1,523	1,403	1,31	2,145	1,511	1,543	1,3	1,164	1,064	0,446
<b>Moyenne (M)</b>		<b>60,28</b>	<b>46,97</b>	<b>46,22</b>	<b>45,94</b>	<b>37,47</b>	<b>17,48</b>	<b>7,629</b>	<b>14,75</b>	<b>38,05</b>	<b>41,05</b>	<b>56,36</b>	<b>69,19</b>	<b>481,4</b>
<b>Coef. de variation(CV)</b>		<b>0,761</b>	<b>0,785</b>	<b>0,688</b>	<b>0,691</b>	<b>0,807</b>	<b>1,016</b>	<b>1,829</b>	<b>1,314</b>	<b>0,786</b>	<b>0,791</b>	<b>0,76</b>	<b>0,738</b>	<b>0,29</b>
<b>Moyenne en % (m%)</b>		<b>0,125</b>	<b>0,098</b>	<b>0,096</b>	<b>0,095</b>	<b>0,078</b>	<b>0,036</b>	<b>0,016</b>	<b>0,031</b>	<b>0,079</b>	<b>0,085</b>	<b>0,117</b>	<b>0,144</b>	<b>1</b>
<b>Ecart-type (S)</b>		<b>42,08</b>	<b>34,6</b>	<b>31,4</b>	<b>31,79</b>	<b>30,18</b>	<b>17,5</b>	<b>12,63</b>	<b>18,08</b>	<b>30,13</b>	<b>32,32</b>	<b>39,44</b>	<b>49,4</b>	<b>135,3</b>
<b>Erreur standard (E.S)</b>		<b>1,559</b>	<b>1,282</b>	<b>1,163</b>	<b>1,178</b>	<b>1,118</b>	<b>0,648</b>	<b>0,468</b>	<b>0,67</b>	<b>1,116</b>	<b>1,197</b>	<b>1,461</b>	<b>1,83</b>	<b>5,01</b>
<b>2*E.S</b>		<b>3,117</b>	<b>2,563</b>	<b>2,326</b>	<b>2,355</b>	<b>2,235</b>	<b>1,296</b>	<b>0,935</b>	<b>1,339</b>	<b>2,232</b>	<b>2,394</b>	<b>2,921</b>	<b>3,66</b>	<b>10,02</b>

### III-1-4-1. La variabilité des précipitations mensuelles dans le temps

D'après la figure 19, la variation temporelle des pluies dans l'Est algérien est caractérisée par les mêmes tendances dans toutes les stations. La répartition des précipitations mensuelles est irrégulière dans la totalité des postes étudiés.

Concrètement, cela signifie qu'un mois anormalement arrosé n'est pas souvent suivi par un autre mois du même type.



Le mois le plus humide est le mois de décembre dans la plupart des stations, le maximum est enregistré à la station de Jijel avec une hauteur de 165,2mm. Aux stations de B.B.A, Batna, Tébessa, Ain Tinn, Ras El Ma et Babar, le mois le plus pluvieux est septembre, alors qu'au niveau des stations de Ben M'hidi, Souk-Ahras et Bordj El Ghedir, les maximums sont atteints au mois de janvier.

Le mois le plus sec est le mois de juillet dans toutes les stations, avec une valeur minimale de 0,46 mm à la station de Biskra, la valeur maximale est de 33,38 mm à Souk-Ahras.

En ordre décroissant, les mois pluvieux dans l'ensemble de la région d'étude sont : décembre, janvier, novembre, février, octobre, avril, mars, mai, septembre, août, juin enfin juillet.

Les intervalles de confiance des moyennes mensuelles permettent de préciser la variabilité de la moyenne observée à partir des valeurs calculées. D'après LAMOTT, (1971)

cité par HALIMI (1981), lorsque la série d'observation (taille de l'échantillon) est supérieur à 25 années, le calcul des limites de sécurités cherchées ne peuvent être connues que par l'estimation précise de l'erreur standard (ES). Il faut ramener de part et d'autre de la moyenne 2 à 2,6 fois l'erreur standard qu'est définie par la formule suivante :

$$ES \text{ (erreur standard)} = \frac{S}{n - 1}$$

S : l'écart-type ;

n : la taille de l'échantillon (dans la série n = 27ans)

Les valeurs 2 et 2,6 constituent les coefficients tirés de la loi normale correspondant respectivement à 95% et 99% des degrés de sécurité, c'est-à-dire ; les valeurs telles qu'elles y sont, moins de 5% ou 1% de la vraie valeur cherchée (ici c'est la moyenne mensuelle des précipitations) de la population qui s'écarte d'avantage de la moyenne trouvée pour l'échantillon.

L'exemple ci-dessous montre le processus de calcul d'un intervalle de confiance du mois de janvier pour toutes les stations de la région d'étude.

- La moyenne de 27 ans = 60,27mm ;
- L'écart-type = 41,78 ;
- L'erreur standard :  $ES = S / (n - 1) = 41,78 / (27 - 1) = 1,60$
- L'intervalle de confiance à 95%, limité par rapport à la moyenne est égal :  $m \pm 2ES$  ;
- La valeur moyenne mensuelle des précipitations pour le mois de janvier varie entre :

$$60,27 + (2 \times 1,60) = 36,47\text{mm} \quad \text{et} \quad 60,27 - (2 \times 1,60) = 57,07\text{mm}$$

Les erreurs standard mois par mois sont portées dans le tableau 18, l'analyse des moyennes mensuelles (fig.20) au niveau de nos stations d'études met en valeur deux (02) périodes distinctes :

- ✓ Une période assez courte, sèche qui correspond à la saison d'été (juin, juillet, août), caractérisée par un déficit pluviométrique dans la quasi-totalité des stations étudiées ne présentant que 8% du total précipité. Aux niveaux des stations de Souk-Ahras, Tébessa et Aïn Tinn, les valeurs sont un peu élevées surtout la première où on enregistre une moyenne mensuelle de 33,78mm au mois d'août.
- ✓ Une période pluvieuse et humide, plus longue que la précédente, regroupant le reste des mois, où les moyennes mensuelles sont supérieures à 20mm, sauf dans la station de Biskra.

Les précipitations sont bien concentrées pendant les mois de novembre, décembre et janvier où ils présentent plus de un tiers du total des pluies avec 11,7%, 14,4% et 12,5% des précipitations annuelles.

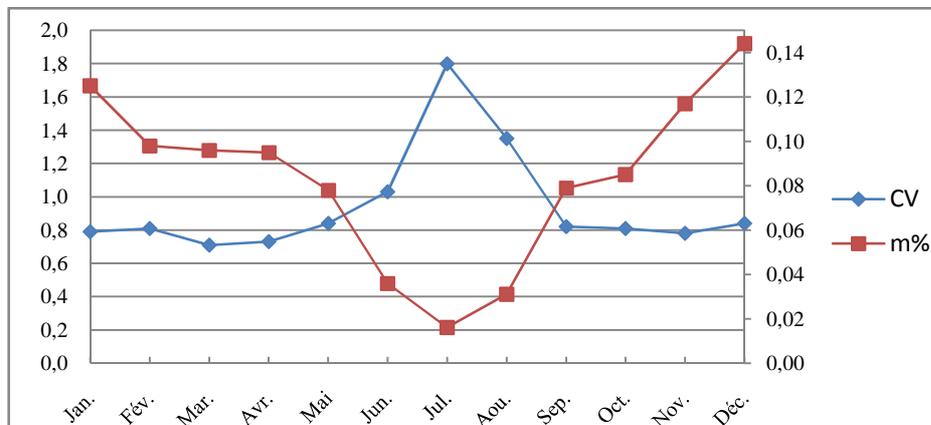
Quant aux valeurs mensuelles des précipitations, les variations des amplitudes pluviométriques mensuelles dans la même période, sont importantes.

Le degré de variabilité est souvent mesuré par le coefficient de variation (Groupe CHADULE, 1974). Ce coefficient n'est que le rapport de l'écart-type d'une série à sa moyenne. Selon CAMBERLIN (1994), l'utilisation de cette notion statistique nécessite beaucoup de prudence, notamment dans les régions à faible pluviosité, ce qui est le cas d'une grande partie du domaine étudiée.

En effet, le coefficient de variation s'avère satisfaisant dans la mesure de la dispersion utilisable dans l'étude comparée des stations.

Les valeurs extrêmes influencent l'écart-type et le coefficient de variation qui augmente dans le sens inverse de la moyenne (Fig.20). Les grandes valeurs du coefficient sont observées en saison estivale dans la quasi-totalité des stations avec une valeur extrême de 3,27 à Bejaia au mois de juillet. Aux niveaux des stations de Sétif et Tébessa les valeurs extrêmes sont observées au mois de décembre avec 1,54 et 1,28 successivement.

Les minimas de ce coefficient sont enregistrés pendant les mois pluvieux (saison hivernale). En somme, les mois à forte pluviométrie (hiver) ont une faible variabilité (les coefficients de variation sont faibles), alors que les mois à faibles pluviométrie (été) sont caractérisés par des coefficients élevés. Cette forte variabilité pendant les mois secs, peut s'expliquer par la rareté des précipitations estivale et leurs caractères orageux.



**Fig. 20:** Le coefficient de variation (c.v) et la moyenne mensuelle des précipitations (m) en % (1978-2004).

### III-1-4-2. La variabilité des précipitations mensuelles dans l'espace

La répartition spatiale de la variabilité change sensiblement d'un mois à l'autre et les différences entre les stations sont grandes. Cependant, aucune station n'a un coefficient de variabilité inférieur à 45% (Tableau 18), seuil déjà élevé. Certaines stations dépassent le seuil de 300% pendant les mois d'été.

Nous remarquons une certaine organisation de la variabilité mensuelle ; dans ce sens, les stations du littoral présentent des valeurs faibles, celles du Sud ont des valeurs fortes (stations de Biskra), les hautes plaines constituent un domaine où les coefficients de variabilité sont faibles. Le tableau 18 indique que :

- La station de Biskra, qui se trouve dans le piedmont Sud de l'Atlas Saharien enregistre les moyennes les plus faibles, alors que la station de Jijel enregistre les valeurs les plus élevées ;
- Les valeurs des moyennes mensuelles des précipitations sont plus grandes dans les stations situées sur les versants Nord (Batna) que dans les stations situées sur les versants Sud (Biskra), avec une nette décroissance du Nord au Sud ;
- Les stations les plus arrosées sont celles qui se situent sur le littoral ; dépassant les 100mm pour presque la totalité des mois de la période hivernale ;
- La hauteur des pluies augmente avec l'accroissement de l'altitude. Ceci est mis en évidence en faisant une comparaison entre la station de Batna (827) et celle d'Aïn-Tinn (1640m) ;
- Les stations des hauts plateaux qui se trouvent plus à l'Est de la région d'étude (station de Souk-Ahras) sont plus pluvieuses que celles qui se trouvent à l'Ouest (Constantine)

### III-1-4-3. Les mois secs et les mois humides

La variabilité des précipitations mensuelles peut être encore vue de plus près en faisant la distinction entre les mois humides et les mois secs.

Pour mieux mettre en évidence la répartition des pluies, indépendamment de leur valeur absolue, le calcul des coefficients pluviométriques s'avère nécessaire.

Dans le cas de notre région, nous avons utilisé le coefficient pluviométrique relatif mensuel (c.p.r) défini selon la formule d'ANGOT (1983), qui est utilisé aussi par TRABOULSSI (1991) dans le désert syrien.

$$c.p.r = \frac{(365 \times P_i)}{(P \times n_i)}$$

Où :

c.p.r : le coefficient pluviométrique relatif ;

P<sub>i</sub> : la moyenne mensuelle des pluies ;

P : la moyenne des pluies interannuelles ;

n<sub>i</sub> : le nombre de jours du mois.

L'application de la méthode ci-dessus aux données pluviométriques mensuelles de chaque station donne les résultats suivants portés dans le tableau 19.

**Tableau 19** : Le coefficient pluviométrique relatif. Période (1978-2004).

Stations	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
El-Kala	1,716	1,331	1,021	1,124	0,563	0,159	0,035	0,09	0,914	1,259	2,157	1,854
Annaba	1,9	1,453	1,08	1,084	0,657	0,239	0,048	0,157	0,668	1,098	1,716	1,995
Skikda	1,826	1,597	1,063	1,09	0,561	0,199	0,046	0,133	0,686	1,051	1,714	2,141
Jijel	1,739	1,457	1,086	1,011	0,612	0,162	0,111	0,13	0,668	0,999	1,907	2,215
Bejaia	1,722	1,469	1,212	1,113	0,648	0,2	0,102	0,159	0,71	1,107	1,55	2,101
Ben M'hidi	2,176	1,677	1,262	1,323	0,731	0,152	0,044	0,143	0,764	1,153	1,272	1,424
Guelma	1,676	1,376	1,082	1,292	0,951	0,326	0,063	0,211	0,689	0,856	1,527	2,038
Souk-Ahras	1,622	1,338	1,138	1,179	0,826	0,663	0,591	0,633	0,758	0,664	1,137	1,56
B.B.A	1,324	0,987	1,027	1,327	1,259	0,501	0,246	0,478	1,46	1,026	1,048	1,288
Sétif	1,212	1,02	0,927	1,188	1,219	0,574	0,291	0,404	1,112	0,978	1,029	2,093
Constantine	1,665	1,407	1,216	1,281	0,911	0,427	0,144	0,223	0,817	0,856	1,29	1,856
O.E.B	1,18	0,978	0,997	1,127	1,423	0,8	0,328	0,739	1,143	0,738	1,266	1,339
Ain M'lila	1,29	1,207	1,149	1,303	1,349	0,76	0,173	0,311	1,181	0,794	1,067	1,493
Ain Yagout	1,131	0,997	1,272	1,174	1,463	0,719	0,137	0,526	1,264	1,024	1,016	1,322
Bordj El guedir	1,33	1,09	1,29	1,37	1,23	0,55	0,19	0,24	1,23	1,18	1,13	1,27
Batna	1,05	1,00	1,22	1,17	1,28	0,67	0,30	0,67	1,41	0,98	1,09	1,21
Tébessa	0,90	0,84	1,18	0,99	1,25	0,88	0,47	0,93	1,45	0,96	1,17	1,01
Ain Tinn	0,98	0,93	1,25	1,00	1,19	0,71	0,31	0,79	1,34	1,07	1,27	1,21
Ras El Ma	1,04	0,95	1,15	1,38	0,96	0,58	0,27	0,63	1,40	1,14	1,27	1,30
Babar	0,88	0,91	1,11	0,91	1,24	0,97	0,51	0,82	1,61	1,20	0,89	1,03
Biskra	1,517	0,93	1,294	1,276	0,906	0,467	0,043	0,583	1,201	1,102	1,875	0,875

Le coefficient pluviométrique relatif exprime le caractère de la pluviométrie du mois considéré dans toute l'année. Le mois ayant un coefficient pluviométrique relatif élevé est considéré comme humide par rapport au total annuel pour la même station.

- Le mois est considéré sec quand :  $c.p.r < 0,6$  ;
- Le mois est considéré semi-aride quand :  $0,6 < c.p.r < 1$  ;
- Le mois est considéré humide quand :  $1 < c.p.r < 2$  ;
- Le mois est considéré très humide quand :  $c.p.r > 2$ .

Le tableau 19 révèle un classement des mois en fonction du coefficient pluviométrique relatif qui se présente de la manière suivante :

- Juillet est le mois sec dans toutes les stations ;
- Juin et août sont secs dans les stations littorales, sublittorales et des bassins intérieurs, semi-aride dans les autres stations ;
- Mai et septembre sont semi-aride dans les stations littorales, sublittorales et des bassins intérieurs, humides dans les autres stations ;
- Le reste des mois sont presque humides dans la plupart des stations, où même décembre est très humide dans les stations littorales et les stations de Guelma et Sétif.

A la lumière de ces résultats, nous pouvons conclure que les stations littorales, sublittorales et des bassins intérieurs ont sept mois humides, où les mois de mai et septembre constituent des mois transitoires entre le sec et l'humide.

La quasi-totalité des autres stations ont neuf mois humides où juin et août sont considérés comme transitoires entre le sec et l'humide.

### **III-1-5. Les régimes saisonniers des précipitations**

L'étude des moyennes pluviométriques saisonnières se justifie par l'importance de cette unité temporelle qui est la saison (ANSER, A. 1998).

La variation saisonnière conditionne fortement les activités agricoles et le mode de vie, qui sont aussi liés étroitement aux fluctuations pluviométriques saisonnières.

Pour mieux saisir le régime pluviométrique saisonnier, nous avons adopté la méthode qui consiste à « diviser l'année en quatre trimestres astronomiques, de sorte que les mois initiaux de chaque trimestre contiennent soit un solstice, soit un équinoxe » (HALIMI, A.

1980). L'hiver a été défini comme la période de décembre, janvier et février (DJF) ; le printemps intègre les mois de mars à mai (MAM) ; l'été les mois de juin à août (JJA) et l'automne la période de septembre à novembre (SON).

### III-1-5-1. Répartition spatiale des pluies moyennes saisonnières

Spatialement, les pluies moyennes saisonnières présentent une dissymétrie entre les différentes unités physiques de notre zone d'étude (Tableau 20).

Cependant, en hiver les quantités pluviométriques sont importantes sur le littoral. Elles dépassent en moyenne 320mm. Les stations de Jijel et de Bejaïa reçoivent 388,9 et 327mm respectivement. En revanche l'Atlas Saharien reçoit des quantités pluviométriques qui ne dépassent le seuil de 100mm que rarement (Station d'Ain Tinn, qui se trouve à une altitude de 1640m, reçoit 119,33mm). Sur les hautes plaines, les hauteurs moyennes saisonnières oscillent entre 100 et 200mm. La station de Biskra qui se trouve au Sud reçoit des quantités inférieures à 40mm.

En automne, les quantités pluviométriques moyennes baissent d'une manière sensible, sauf dans les stations qui se trouvent dans l'Atlas Saharien où on enregistre une augmentation des hauteurs moyennes saisonnières. Cependant le littoral reste l'espace le plus arrosé, il reçoit en moyenne 220mm. Dans les bassins intérieurs et l'Atlas Tellien, la pluviométrie moyenne automnale oscille entre 130 et 150mm, les hautes plaines, reçoivent des moyennes qui avoisinent 100mm et le Sud reçoit moins de 50mm.

Au printemps, les moyennes saisonnières varient entre 150 et 200mm sur le littoral. Les hautes plaines et l'Atlas Saharien reçoivent des quantités qui dépassent légèrement la moyenne de 100mm, alors que les stations des bassins intérieurs et de l'Atlas Tellien reçoivent plus de 150mm.

En été, les moyennes pluviométriques baissent nettement. L'Atlas Saharien est le plus arrosé. Il reçoit à la moyenne 50mm, alors qu'inversement aux autres stations, le littoral est l'espace où on enregistre les moyennes les plus faibles (25mm). Les hautes plaines reçoivent des quantités qui avoisinent 40mm. Au Sud, à la station de Biskra, la moyenne pluviométrique tourne autour de 10mm.

**Tableau 20** : Le régime saisonnier des précipitations. Période (1978 – 2004).

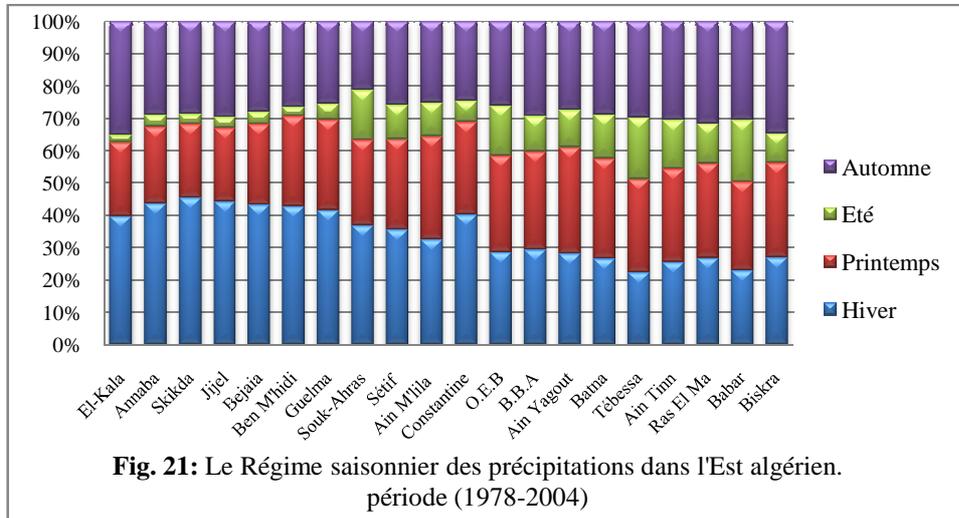
Stations	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Régime
El-Kala	277,41	159,52	16,12	245,45	<b>HAPE</b>
Annaba	298,60	161,65	25,22	197,59	<b>HAPE</b>
Skikda	344,76	172,57	23,90	217,37	<b>HAPE</b>
Jijel	388,89	199,61	29,35	260,39	<b>HAPE</b>
Bejaia	326,82	188,44	28,93	211,30	<b>HAPE</b>
Ben M'hidi	227,36	147,53	15,01	140,77	<b>HPAE</b>
Guelma	250,20	167,51	29,96	153,11	<b>HPAE</b>
Souk-Ahras	261,91	187,46	110,75	150,79	<b>HPAE</b>
Sétif	146,37	115,20	43,38	106,62	<b>HPAE</b>
Ain M'lila	114,81	112,63	36,38	88,97	<b>HPAE</b>
Constantine	216,42	153,76	35,40	132,22	<b>HPAE</b>
O.E.B	101,97	106,46	55,60	93,09	<b>PHAE</b>
B.B.A	101,84	105,08	37,93	101,61	<b>PHAE</b>
Ain Yagout	88,11	102,83	36,00	85,80	<b>PHAE</b>
Batna	87,49	101,41	44,97	94,78	<b>PAHE</b>
Tébessa	82,92	106,74	70,59	110,31	<b>APHE</b>
Ain Tinn	119,33	135,03	70,86	143,06	<b>APHE</b>
Ras El Ma	66,91	72,88	30,70	78,91	<b>APHE</b>
Babar	68,07	81,05	56,71	90,65	<b>APHE</b>
Biskra	34,77	37,52	11,76	44,55	<b>APHE</b>

### III-1-5-2. L'indicatif saisonnier des stations de l'Est algérien

Le classement décroissant du total des précipitations saisonnières (Tableau 20 et figure 21) permet de montrer que spatialement le régime saisonnier de type **HAPE** caractérise le littoral, alors qu'au sein des zones sublittorales (Ben M'hidi), bassins intérieurs (Guelma), stations telliennes (Souk-Ahras) et certaines des hauts plateaux (Constantine, Sétif, Ain M'lila) s'individualisent le régime **HPAE**. Selon Anser 1998, dans cet espace où les pluies moyennes d'hiver occupent le premier rang, les moyennes automnales viennent en seconde position au Nord, tandis que celles du printemps, elles sont au Sud de l'Atlas Tellien. La proximité de la mer méditerranéenne favorise les pluies d'automne aux dépens de celles du printemps. La première saison, l'automne coïncide avec le début de la prédominance des courants du Nord sur la méditerranée. Quant au printemps, il marque la fin de l'influence de ceux-ci.

Les hautes plaines (B.B.A, O.E.B, Bordj El Ghedir) et le Nord de l'Atlas sont caractérisés par les types **PHAE** et **PAHE**.

Le type APHE se localise dans l'Atlas Saharien (Ain Tinn, Ras El Ma) et son piémont Sud (Biskra), ainsi que les stations de Tébessa et Babar.



### III-1-6. La répartition spatiale et temporelle des précipitations

#### III-1-6-1. Le gradient altimétrique des précipitations

Il existe manifestement un rapport étroit entre le relief et la répartition spatiale des précipitations (TRABOULSSI, 1991). Nous avons supposé que la pluie moyenne annuelle  $P(x)$  en un endroit  $X$  quelconque du territoire était la somme d'une composante régionale  $P_0(x)$  (pluie ramenée au niveau de la mer) et d'un effet d'altitude  $Z(x) \cdot \text{grad}(x)$ , où  $\text{grad}(x)$  est un gradient altimétrique des précipitations variant lui aussi avec la position du point (en latitude et longitude) :

$$P(x) = P_0(x) + Z(x)\text{grad}(x)$$

Vu la grandeur de notre zone d'étude, nous avons dans un premier temps estimé les gradients locaux. Quelques stations représentatives dont les altitudes sont différentes ont été choisies (Tableau 21).

**Tableau 21** : Les gradients locaux de la zone d'étude.

	Stations	Altitude	Précipitations	<b>Gradient/100m</b>
Sublittoral	Ben M'hidi	7m	530mm	<b>26mm</b>
Bassins intérieurs	Guelma	227m	600mm	
Sud Atlas Tellien	Souk-Ahras	680m	711mm	<b>21mm</b>
	Ain Yagout	912m	312mm	
Nord Atlas Saharien	Ain Tinn	1640m	468mm	
Sud Atlas Saharien	Biskra	86m	128,5mm	<b>14,6mm</b>
	Ras El Ma	912m	249,5mm	
L'extrême Nord-Est				<b>32mm</b>
L'Est algérien				<b>38,5mm</b>

Nous constatons du tableau précédent, que les gradients décroissent du Nord vers le Sud. On passe d'un gradient de 32mm pour 100m de dénivellation dans l'extrême Nord-Est à un gradient très faible (14,6mm) dans le versant Sud de l'Atlas Saharien, en passant par la frange Sud de l'Atlas Tellien avec 26mm et 21mm pour le Nord de l'Atlas Saharien.

Le gradient pour l'ensemble de la région d'étude est de 38,5mm. Ce gradient comparé à celui calculé par SELTZER 50mm, est moins élevé.

### III-1-6-2. La répartition spatiale et le rôle prépondérant du relief

La disposition du relief oppose des régions « au vents », bien arrosées, recevant plus de 700mm par an (880mm à Jijel, 760mm à Skikda) et des régions « sous le vent » abritées par les chaînes montagneuses dressés parallèlement au littoral et contre les quelles viennent buter les masses d'air humides.

La pluviosité diminue aussi rapidement à mesure que l'on va vers le Sud ; en franchissant la barrière montagneuse (Atlas Tellien), les vents perdent une grande partie de leur humidité, l'air se comprime dans son mouvement de descente et se réchauffe, donc il se dessèche (effet de foehn) : on enregistre 537mm à Constantine alors qu'à cent kilomètre à l'Ouest, Sétif située à plus de 1000m d'altitude, est déjà dans le domaine semi-aride, (411mm/an). L'effet d'abris est particulièrement accentué à l'Ouest de la zone d'étude, malgré l'altitude.

Une nette diminution de la pluviométrie est aussi signalée à mesure que l'on va vers le Sud. Ici, la topographie s'abaisse et le rôle de la continentalité se fait d'avantage sentir ; où la pluviométrie n'atteint que 130mm/an au piedmont de l'Atlas Saharien (Biskra).

D'après la carte 04, les stations littorales et sublittorales reçoivent en moyenne une tranche pluviométrique de 700 à 900mm/an. Nous constatons que la zone la plus arrosée se situe entre Bejaia et Skikda avec des isohyètes de 800 à 900mm/an.

Les précipitations baissent du Nord au Sud. Les zones intérieures et les hauts plateaux présentent des valeurs moyennes annuelles variant de 400 à 600mm/an. Ainsi nous pouvons remarquer que les précipitations diminuent d'Est en Ouest, où nous relevons une lame d'eau de 200 à 300mm/an dans la région de B.B.A.

La tranche pluviométrique, la plus faible, est enregistrée au Sud de l'Atlas Saharien (Biskra).

**CARTE 04 : LES PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES DANS L'EST ALGERIEN. PERIODE (1978 – 2004).**

### III-1-6-3. La variabilité interannuelle

Pour montrer la variabilité annuelle spatiale, nous avons utilisé les coefficients de variabilité qui nous donne une idée globale sur ce phénomène (Tableau 18). Il apparaît que la variabilité interannuelle est très prononcée ; aucune station n'a un coefficient de variation inférieur à 20%. Elle peut atteindre 45%.

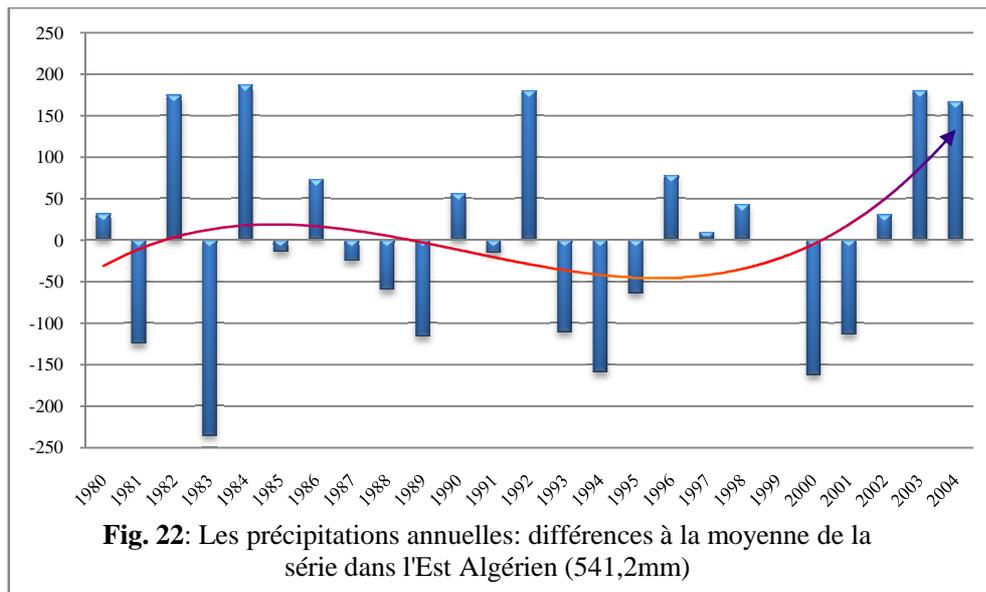
Spatialement, les stations situées dans le littoral ou non loin de celui-ci ont des coefficients de variations inférieures à 27% ; c'est le cas notamment de Skikda (21,3%), Ben-M'hidi (21,9%), El-Kala (24,6%) et Annaba (25,4%). L'espace ayant un coefficient de variation inférieure à 27% est coincé entre la mer méditerranéenne au Nord et la limite méridionale de l'Atlas Tellien.

Sur les hauts plateaux, et dans la partie septentrionale de l'Atlas Saharien, les coefficients de variations oscillent entre 27% et 35%. Le Sud s'individualise par des valeurs supérieures à 35% ; cas de Babar (38,5%) et Biskra (44,6%).

Nous remarquons que les valeurs de la variabilité interannuelle augmentent du Nord au Sud d'une manière très claire. Ce constat est semblable à celui trouvé par Anser (1998).

Nous constatons aussi qu'aux quantités pluviométriques relativement élevées correspondent des coefficients de variabilité relativement faibles ; inversement, les coefficients de variation relativement forts correspondent aux quantités pluviométriques relativement faibles.

La connaissance des oscillations pluviométriques d'une année à une autre permet d'avoir une idée plus claire sur la variabilité interannuelle. La comparaison entre la moyenne relative à chaque année pour les vingt et une (21) stations avec la moyenne pluviométrique annuelle de toutes les années le long de la période étudiée (541,2mm), montre que les années dont la moyenne est supérieure à 541,2mm sont considérées comme pluvieuses, contrairement à celles dont la moyenne est inférieure à 541,2mm qui sont considérées comme non pluvieuses (Fig. 22).



D'après cette dernière figure, nous remarquons l'existence de cycles pluviométriques parfois pluvieux et parfois non pluvieux.

Les cycles pluvieux sont temporellement courts. Ils au nombre de trois ; un cycle de quatre années (1996 à 1999) et deux autres de deux années (1979 à 1980 et 2003 à 2004).

De même pour les cycles non pluvieux, ils sont au nombre de trois d'égale durée (03 années) : une période allant de 1987 à 1989, une deuxième qui oscille de 1993 à 1995 et la troisième de 2000 à 2002.

Le maximum pluviométrique moyen annuel est enregistré en 2004 avec 665,8mm. Cependant, le minimum pluviométrique moyen annuel est observé en 1983 avec 273,3mm. Le rapport entre ces deux extrêmes est de 2,4 ; ce qui nous donne un aperçu global sur la variabilité interannuelle du point de vue temporel.

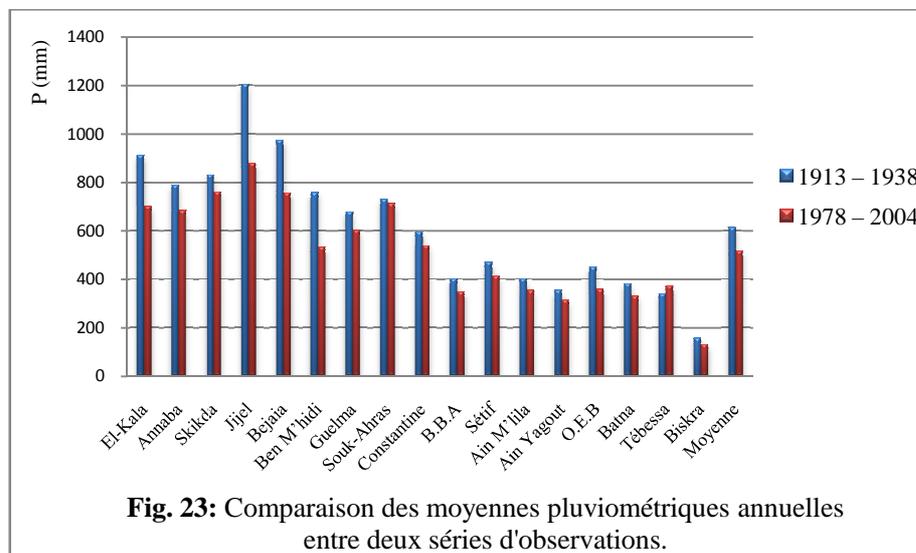
La comparaison de la période étudiée (1978-2004) et celle de SELTZER (1913-1938) est appuyé sur les stations communes des deux périodes (Tableau 22).

**Tableau 22 :** Comparaison des moyennes pluviométriques annuelles (en mm) entre la série de SELTZER (1913-1938) et la période de (1978-2004).

Stations	1913 – 1938	1978 – 2004
El-Kala	910	699
Annaba	787	683
Skikda	830	759
Jijel	1204	878
Bejaia	972	755
Ben M'hidi	756	531
Guelma	677	601
Souk-Ahras	729	711
Constantine	594	538
B.B.A	400	346
Sétif	469	412
Ain M'lila	400	353
Ain Yagout	353	313
O.E.B	449	357
Batna	381	329
Tébessa	338	371
Biskra	156	129
Moyenne	612,1	515,6

Le tableau 22 et la figure 23, montrent que les moyennes pluviométriques annuelles ont diminué de l'ancienne période (1913-1938) à la nouvelle (1978-2004), au niveau de toutes les stations à l'exception de la station de Tébessa où la moyenne pluviométrique annuelle a augmenté.

Nous notons aussi que la moyenne pluviométrique annuelle pour l'ensemble des stations, est de 612.1mm pour la période 1913-1938 et de 515.6mm pour la période 1978-2004. La différence est de 96.5mm ; ce qui se traduit par un taux de diminution de l'ordre de 15.7%.



**Fig. 23:** Comparaison des moyennes pluviométriques annuelles entre deux séries d'observations.

### III-2. L'humidité relative

L'humidité relative est un facteur important pour caractériser un climat. Sa variation dépend en partie de la température de l'air et des caractéristiques hygrométriques des masses d'air.

Le manque d'instruments de mesure de l'humidité relative dans les postes pluviométriques, nous a obligés à utiliser uniquement les données disponibles au niveau des stations professionnelles (Tableau 23).

**Tableau 23** : Les moyennes mensuelles de l'humidité relative (en %). Période (1978-2004)

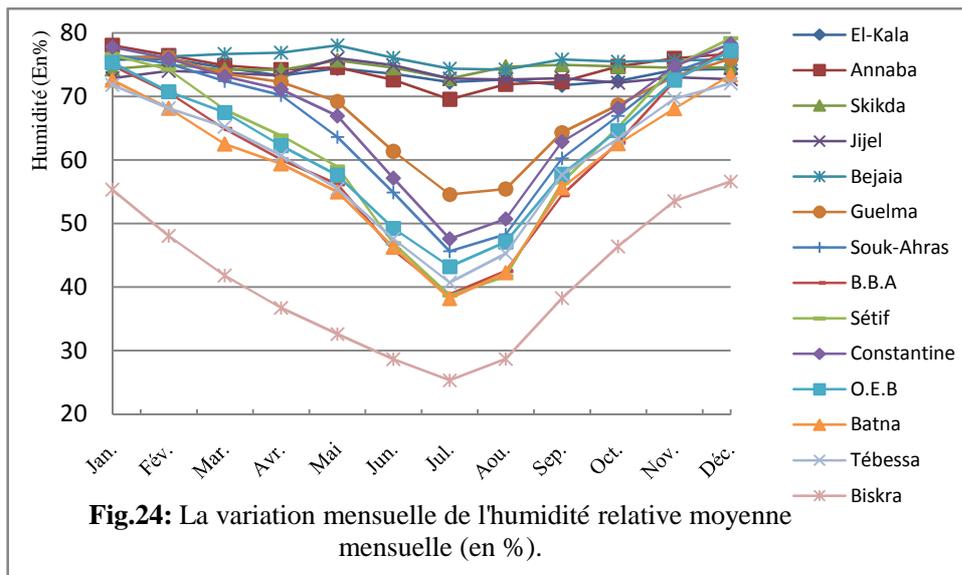
Stations	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
El-Kala	75,78	75,94	74,50	73,28	74,44	73,56	72,28	72,67	71,78	72,39	74,17	74,33	<b>73,76</b>
Annaba	78,04	76,50	74,85	74,23	74,58	72,62	69,54	71,92	72,31	74,73	75,96	76,73	<b>74,33</b>
Skikda	74,31	75,04	74,23	74,19	75,69	74,50	72,81	74,69	75,00	74,73	74,54	74,58	<b>74,53</b>
Jijel	72,86	74,00	73,71	73,29	76,05	74,90	72,82	72,67	72,86	72,14	73,00	72,73	<b>73,42</b>
Bejaia	76,19	76,27	76,69	76,88	78,04	76,08	74,36	74,23	75,81	75,46	75,62	75,88	<b>75,96</b>
Guelma	76,12	76,12	73,59	72,24	69,18	61,35	54,59	55,41	64,35	68,65	73,18	75,94	<b>68,39</b>
Souk-Ahras	76,56	75,16	72,40	70,20	63,64	54,88	45,64	48,32	60,24	66,92	73,88	76,96	<b>65,40</b>
B.B.A	74,88	70,58	64,88	60,04	56,17	45,83	38,83	42,54	54,50	62,71	72,42	77,79	<b>60,10</b>
Sétif	76,52	74,22	67,96	63,83	58,96	46,91	38,70	41,65	56,48	65,13	74,78	79,17	<b>62,03</b>
Constantine	77,77	75,96	73,15	71,12	66,92	57,15	47,62	50,73	62,88	68,15	74,77	78,27	<b>67,04</b>
O.E.B	75,32	70,77	67,50	62,27	57,59	49,27	43,24	47,09	57,73	64,64	72,55	77,18	<b>62,10</b>
Batna	72,54	68,12	62,50	59,38	54,96	46,27	38,19	42,27	55,62	62,54	68,08	73,38	<b>58,65</b>
Tébessa	71,81	68,15	65,23	60,73	55,46	47,58	40,69	45,27	57,69	63,35	69,65	72,08	<b>59,81</b>
Biskra	55,31	48,04	41,81	36,77	32,65	28,65	25,35	28,73	38,23	46,38	53,50	56,65	<b>41,01</b>

D'après le tableau 23, nous constatons que l'humidité moyenne annuelle décroît du littoral à l'intérieur à cause de l'influence maritime. En effet, dans les stations côtières (El-Kala, Annaba, Skikda, Jijel et Bejaia), les moyennes annuelles se situent autour de 74%, alors qu'au niveau des autres stations de l'intérieur (Atlas Tellien, hauts plateaux et versant méridional de l'Atlas Saharien), elles varient entre 58 et 68%. Au Sud, dans la station de Biskra, la moyenne annuelle de l'humidité relative est de 41%.

La figure 24, montre que les moyennes mensuelles de l'humidité relative sont élevées en hiver qu'en été dans toutes les stations étudiées. Ce qui est dû à l'effet des températures plus élevée en été qu'en hiver.

Les moyennes mensuelles dans les stations littorales sont supérieures à celles de l'intérieur, grâce à l'apport de l'humidité provenant de la mer méditerranéenne. Pour tous les mois de l'année ; les moyennes mensuelles ne descendent guère au dessous de 70% au niveau des stations côtières. Par contre dans les stations de l'Atlas Tellien, les hauts plateaux et le versant Sud de l'Atlas Saharien, l'humidité diminue en été, elle baisse au dessous de 40% et atteint son minimum en mois de juillet (38,2% à Batna, 38,7% à Sétif et 38,8% à B.B.A). Plus au Sud, dans la station de Biskra, l'humidité relative moyenne mensuelle descend jusqu'à 25,3% au mois de juillet.

Les valeurs les plus élevées de l'humidité relative moyenne mensuelles coïncident avec la saison des pluies (hiver), avec un maximum de 79,17% au mois de décembre à Sétif (haut plateaux).



En générale, nous pouvons constater que la variation de l'humidité moyenne mensuelle est plus importante à l'intérieur que sur le littoral (Fig.24). Ceci est dû probablement à l'influence de la méditerranée aux variations des températures : les températures sont plus basses en hivers dans les régions de l'intérieur que sur le littoral.

## Chapitre IV : La synthèse climatique

### IV -1. Le Diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOLS et GUAUSSEN (1953) permet de définir pour chaque station la durée de la période sèche, en mettant en regard précipitations et températures.

La saison sèche est la suite successive des mois secs. En effet un mois sec est défini comme un mois où le total des précipitations  $P$  exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne  $T$  du mois exprimé en degrés centigrades :

$$P \leq 2T$$

Nous avons établi les diagrammes Ombrothermiques pour toutes les stations principales pour deux séries ; (1913-1938) et (1978-2004) (Fig.25). Les courbes de ces diagrammes montrent que toutes les stations sont caractérisées par une saison sèche qui s'étend sur 5 à 10 mois, voir 12 mois dans le cas de la station de Biskra. Les graphes de la fig. 25 permettent de distinguer une aire dont la surface est proportionnelle à l'ampleur de la sécheresse estivale.

Dans la zone littorale, la saison sèche varie entre 5 mois (Jijel) et 6 mois (du mois d'avril à septembre) pour les stations d'Annaba, El-Kala et Bejaia. Pour la station de Skikda, la période s'étend du mi mars à septembre.

Au niveau de l'Atlas Tellien, la saison sèche varie entre 6 mois, alors que plus au Sud, sur les hauts plateaux, celle-ci s'étend du mi mars jusqu'à mi octobre (7 mois secs).

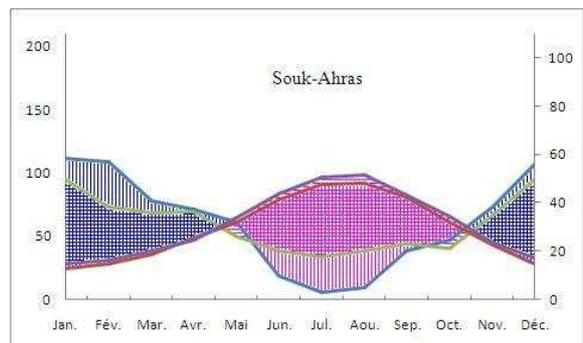
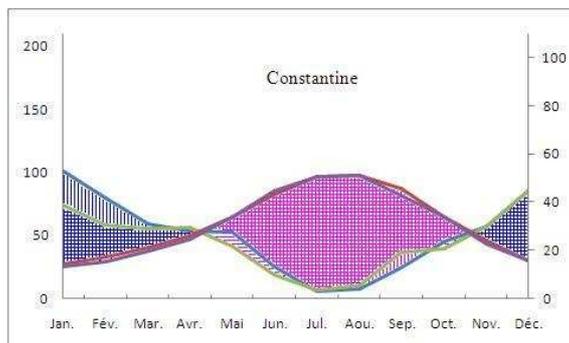
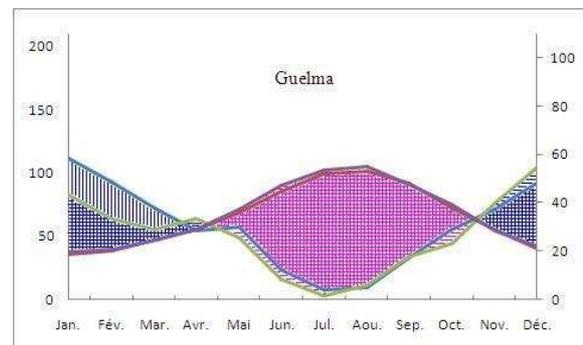
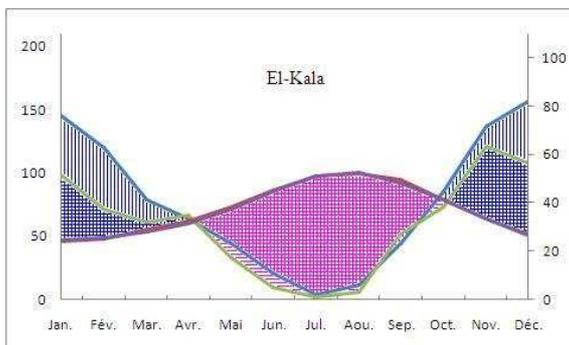
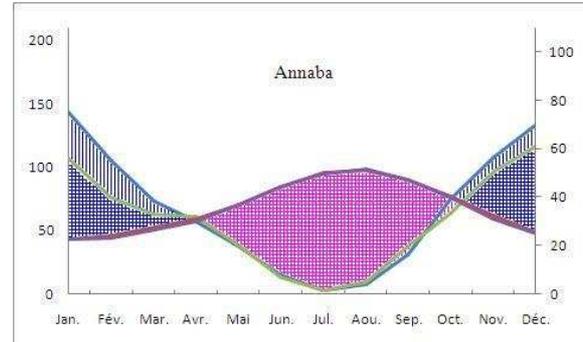
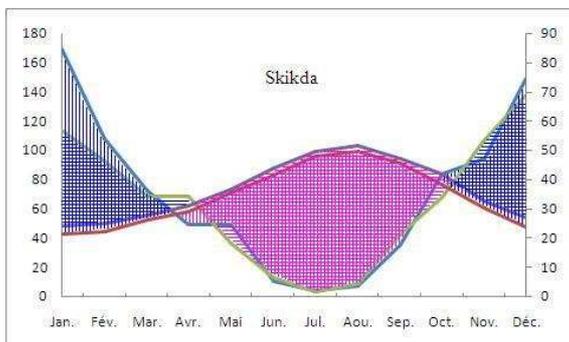
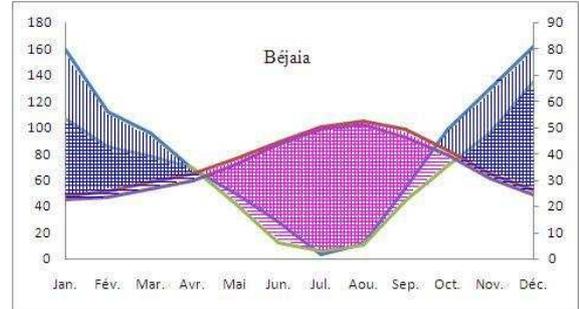
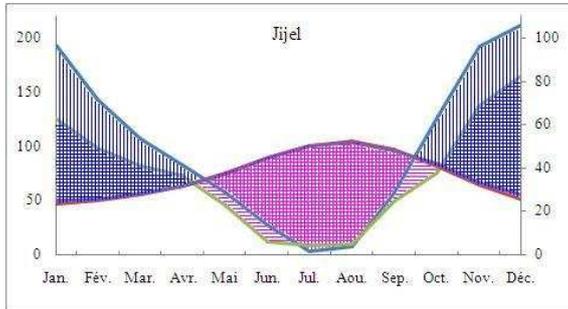
Pour l'Atlas Saharien, la période sèche oscille entre 8 et 11 mois secs (Station de Tébessa du mois de février au mois de décembre).

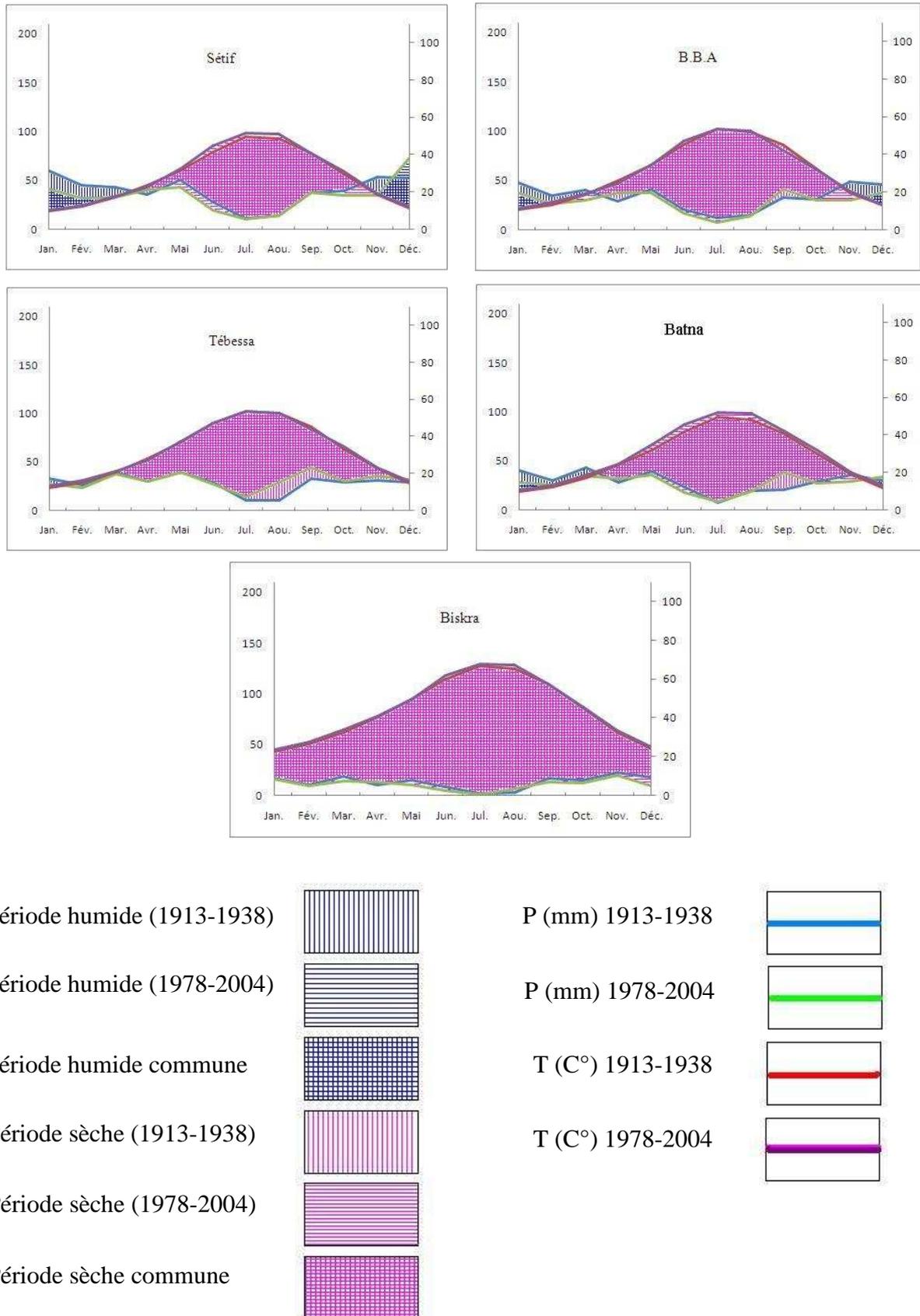
Dans la station de Biskra qui se trouve dans le piedmont méridional de l'Atlas Saharien, l'année comporte 12 mois secs.

L'analyse des tracés montre que la période sèche est centrée aux mois de mai, juin, juillet, août et septembre pour toutes les stations étudiées.

La variation de la saison sèche entre les deux séries (1913-1938) et (1978-2004) est plus remarquable dans le littoral. En effet pour la période récente, l'amplitude de cette période s'étale de 15 jours (Annaba et Skikda) à un mois (Jijel et Bejaia) par rapport à l'ancienne période.

Ainsi nous constatons que la période sèche actuelle est plus longue que l'ancienne. Elle chevauche soit sur le printemps, soit sur l'automne ; il y a donc une accentuation de la sécheresse.





**Fig.25** : Le Diagramme Ombrothermique.

## IV -2. Le Quotient d'EMBERGER

A la suite de DE MARTONE (1927), de nombreux indices climatiques sont proposés. Les plus courants sont basés essentiellement sur la pluie et la température. C'est le cas du quotient pluvio-thermique d'EMBERGER (EMBERGER, 1930, 1955 ; Sauvage, 1963) et de l'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) qui sont les plus utilisés.

Dés l'origine de ces travaux, EMBERGER (1930a) a cherché une expression synthétique du climat méditerranéen capable de rendre compte de la sécheresse. Il est le mieux placé pour présenter un aperçu de la genèse de son coefficient (EMBERGER 1971b P.293 et 294).

On ne peut utiliser, dans ce système de caractérisation, que les données de la pluviosité et des températures, car ce sont les seules qui soient disponibles, mesurées dans tous les postes et stations météorologiques.

La vie végétale se déroule entre deux pôles thermiques, la moyenne des minima du mois le plus froid (m) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) : il en résulte qu'en première approximation, une station méditerranéenne est d'autant plus sèche que le rapport  $P/1/2 (M + m)$  est plus petit.

Cette moyenne des extrêmes ne fait pas figurer, dans le quotient, de quelle amplitude résulte la moyenne thermique. Pour y remédier, EMBERGER a introduit l'amplitude thermique extrême (M - m). Le tableau 10 en montre l'intérêt.

L'introduction de (M - m) a aussi l'avantage de faire intervenir dans le quotient, le degré de continentalité et l'humidité atmosphérique ; donc l'évaporation. Ce qui corrige sa signification indicatrice.

Le quotient pluvio-thermique devient ainsi :

$$\frac{P}{\frac{M + m}{2} (M - m)}$$

On exprime les températures en degré absolu ( $0, 0^{\circ}\text{C} = 273,2 \text{ K}$ ), ce qui conduit à l'expression suivante :

$$Q2 = \frac{P}{\frac{M + m}{2} (M - m)} \times 1000, \text{ ou } \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

D'une manière générale, un climat méditerranéen est d'autant moins sec que le quotient est plus grand.

Notons que si l'on préfère utiliser les températures en degrés Celsius, d'un maniement plus aisé, l'expression de Q2 devient :

$$Q2 = \frac{2000 P}{(M + m + 546,4) (M - m)}$$

Le quotient d'EMBERGER permet empiriquement de faire ressortir des paramètres bioclimatiques comme la sécheresse et l'amplitude thermique. La présentation du quotient en fonction de « m » (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) est la base du climagramme qui est une tentative de synthèse climatique, permettant de situer une localité, une essence, une formation végétale ou un groupement (Fig.26). La délimitation de la zone méditerranéenne varie selon les conceptions :

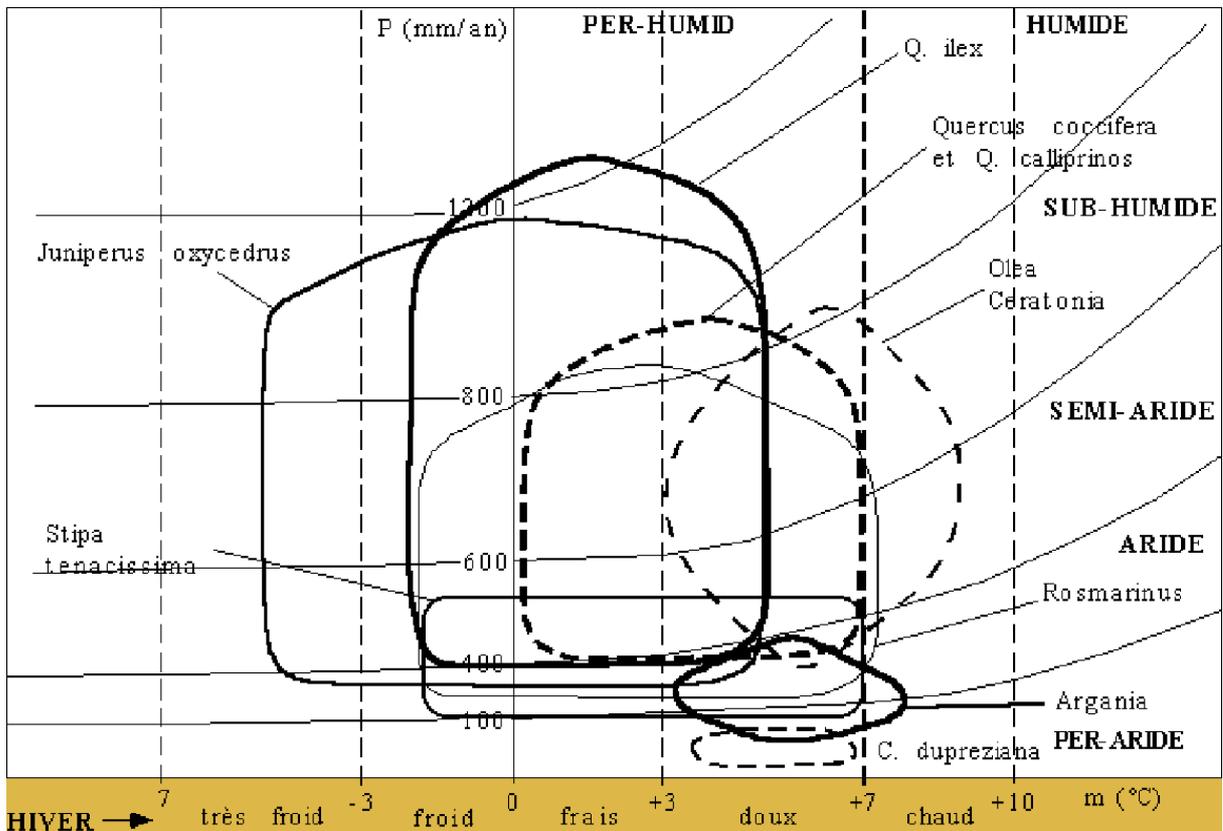


Fig. 26 : La répartition de quelques espèces végétales dans le climagramme d'EMBERGER (D'après Le HOUEROU, 1977)

- Elle peut être restrictive comme celle de ASCHMANN (1973) qui réduit cette zone à une étroite frange côtière qui ne concerne que les milieux pour lesquels 65%, au moins, des précipitations sont concentrés « en hiver » (P est, en moyenne, compris entre 275 et 900mm). Pour la température moyenne mensuelle en hiver, elle est inférieure à 15°C.
- Elle peut être plus large, comme pour DAGET (1977), qui partant du système d'EMBERGER, intègre dans la « zone isoclimatique méditerranéenne », une grande partie du Moyen-Orient à l'Ouest et une grande partie du Sahara vers le Sud. Il est vrai, qu'EMBERGER, définit un étage bioclimatique aride. L'intégration, dans le cadre du climat méditerranéen, de l'étage bioclimatique hyper-aride demeure cependant discutable.

### IV-3. Le Climagramme d'EMBERGER

Considéré comme le père fondateur de la bioclimatologie méditerranéenne, Louis EMBERGER vers 1930 préconise pour l'étude du climat méditerranéen l'emploi du climagramme qui porte son nom.

Dans un plan défini par deux axes de coordonnées rectangulaires, sont portées les données des stations météorologiques. Le climat de ces stations est alors défini par deux valeurs :

- L'une portée sur l'axe des ordonnées est le quotient pluviothermique (Q2).
- Sur l'axe des abscisses est portée l'autre valeur choisie : m pris isolément, valeur à laquelle l'auteur attache une grande importance biologique.

Les stations sont alors figurées sur ce graphique, chacune, par un point. Les points représentatifs de ces stations sont groupés selon leurs affinités bioclimatiques.

Grace au contact permanent qu'il avait avec la réalité sur terrain, EMBERGER s'est très tôt (1930) rendu compte que les indications données par un quotient pluviothermique, quel qu'il soit, n'étaient pas suffisantes. Il a été le premier à percevoir cette difficulté et à proposer une solution originale.

Selon EMBERGER (1971) à ce que le quotient pluviothermique (appeler également indice bioclimatique d'EMBERGER) a une valeur écologique différente, suivant les valeurs des températures qui y interviennent. La valeur de  $m$  est une différentielle très importante. D'une manière générale, elle exprime des gelées, car plus  $m$  est bas plus celles-ci sont sévères. Pour en tenir compte, il est indispensable de combiner Q2 avec  $m$ .

La confrontation des résultats climatologiques avec les observations qu'il a pu faire sur la végétation méditerranéenne et plus particulièrement au Maroc, ont conduit EMBERGER à subdiviser l'aire du climagramme en zones caractéristiques par des aridités croissantes de haut en bas, ce sont les étages bioclimatiques de végétation.

**Tableau 24** : Les étages bioclimatiques de végétation retenus sont les suivants :

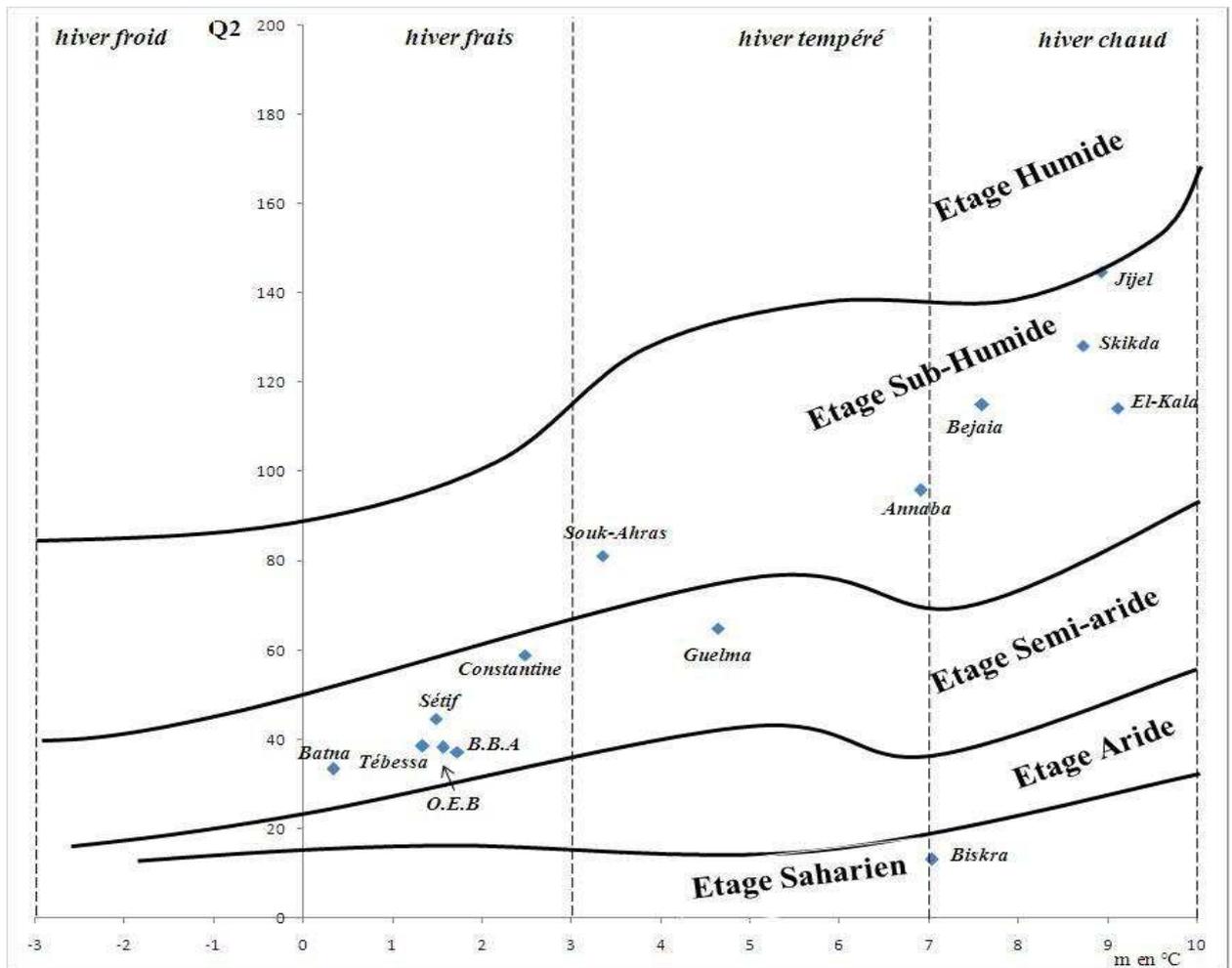
<b>Étage</b>	<b>Sous-étage</b>
Per-humide	Humide supérieur
Humide	Humide inférieur
Sub-humide	Sub-humide supérieur
	Sub-humide moyen
	Sub-humide inférieur
Semi-aride	Semi-aride supérieur
	Semi-aride inférieur
Aride	Aride supérieur
	Aride inférieur
Saharien	Saharien supérieur (Per-aride supérieur)
	Saharien inférieur (Per-aride moyen)
	Eu-saharien (Per-aride inférieur)

Si la prise en considération de la moyenne des minima du mois le plus froid  $m$  permet, sur le climagramme, de bien séparer des bioclimats différents malgré la valeur égale de leur quotient pluvio-thermique, rapidement s'est fait sentir le besoin d'une expression synthétique des résultats obtenus.

EMBERGER (1955) a donc progressivement proposé la notion de variante climatique thermique, en distinguant, dans un premier stade, trois situations caractérisées par un  $m$  nettement positif, un  $m$  nettement négatif et un  $m$  voisin de zéro. Puis, sous l'influence de ses élèves, il adopte (1966) des valeurs discriminantes précises auxquelles correspondent les variantes thermiques suivantes :

- Variante à hivers chauds  $7 < m$
- Variante à hivers tempérés  $3 < m < 7$
- Variante à hivers frais  $0 < m < 3$
- Variante à hivers froids  $-10 < m < 0$
- Variante à hivers très froids  $m < -10$

L'examen du détail des températures mensuelles observées permet de constater que dans la première variante ( $m > 7$ ), il n'y a pas de gel au cours de l'hiver, que dans la troisième ( $3 < m < 7$ ), les gelées sont faibles mais régulières, quelles sont fréquentes lorsque  $m$  est compris entre 0 et 3 ; enfin, elles sont très fréquentes lorsque  $m$  est inférieur à zéro (LE HOUEROU 1960, EMBERGER 1971).



**Figure 27 :** Le Climagramme du quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q2).  
Période (1978-2004)

Deux grands ensembles peuvent être tirés de la figure 27: Le premier sur la partie supérieure du climagramme qui comprend les sites des stations littorales dans l'étage bioclimatique sub-humide avec les sous-étages ; supérieur pour la station de Jijel, moyenne pour la station de Skikda, Bejaia et El-Kala, et inférieur pour la station d'Annaba. Le deuxième ensemble comprend les stations de l'intérieur qui s'étalent sur le sub-humide moyen au semi-aride inférieur avec des variantes allant d'un hiver tempéré à hivers frais. Seule la station de Biskra est située dans l'étage saharien supérieur (hyperaride supérieur) à hiver chaud.

L'analyse comparative (Fig. 28) du Q2 de l'ancienne et de la nouvelle période permet de cerner l'état bioclimatique actuel et d'apprécier les modifications intervenues.

L'observation du climagramme d'EMBERGER montre des décrochements significatifs. Toutes les stations météorologiques se décrochent verticalement et latéralement. Les glissements verticaux s'observent soit dans le même étage bioclimatique, en passant d'une subdivision vers une autre, c'est le cas d'El-Kala qui glisse du sub-humide supérieur au sub-humide moyen et de la station de Batna qui glisse de l'étage semi-aride supérieur au semi-aride inférieur ; ou d'un étage vers un autre c'est le cas des stations de Jijel et Bejaia qui glissent de l'humide vers le sub-humide supérieur, ainsi Guelma et Constantine qui glissent du sub-humide inférieur au semi-aride supérieur. Un décrochement d'une variante à une autre est constaté dans la station d'Annaba, qui glisse dans le même étage sub-humide d'une variante « hiver chaud » à hiver tempéré. Les décrochements latéraux s'observent également soit dans le même étage, c'est le cas des stations des hauts plateaux (Sétif et B.B.A) qui glissent du semi-aride supérieur au semi-aride inférieur, soit d'une variante à une autre, le cas de la station de Souk-Ahras (hivers frais à hivers tempéré) et la station de Biskra (hiver tempéré à hiver chaud).

Les décrochements verticaux sont plus fréquents dans la majeure partie des zones littorales, telliennes et le piémont Sud de l'Atlas Saharien. Le décrochement latéral est observé principalement sur les hauts plateaux et les bassins intérieurs.

Le glissement d'un étage à un autre est constaté uniquement dans le décrochement latéral.

Sur un tel climagramme, les images des stations sont d'autant plus proches avec le temps et convergent vers le même sens ; les stations littorales se dégradent dans le sens

horizontale (vers l'aridité) et les stations de l'intérieur se déplacent vers la droite (de plus en plus chaudes). On assiste à un climat méditerranéen qui tend vers un état de sécheresse accru.

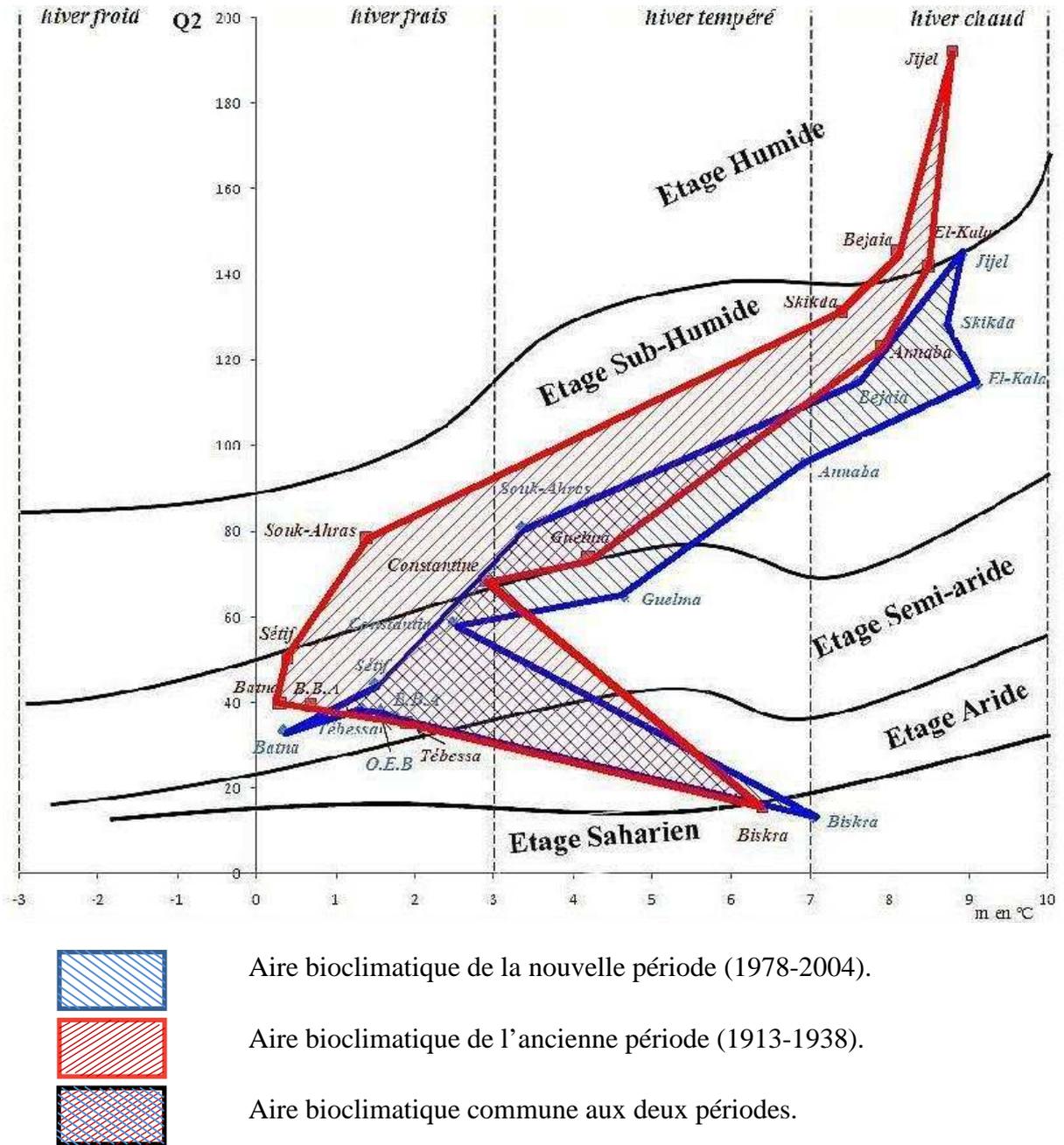


Figure 28 : Comparaison du Q2 entre deux période ; (1913-1938) et (1978-2004).

#### IV-4. Les conséquences phytoécologiques

L'emploi du diagramme d'EMBERGER, nous permet de comprendre l'état de dégradation de la végétation spontanée ainsi la dynamique du couvert végétal dans le temps et dans l'espace. Ainsi, l'accentuation de la période sèche se traduit, sur le terrain, par une modification de la composition floristique de la région, notamment la physionomie des paysages écologiques.

L'inquiétude est posée, principalement, sur les espèces dites non plastiques dont l'aire de répartition est conditionné par les facteurs climatiques.

Cette dégradation due au changement climatique est accentuée par l'homme qui continu a exercer son action. Il intervient d'une manière brutale dans les systèmes écologiques dynamiques formés par tous les types des milieux naturels qui auraient évolué plus lentement et souvent d'une manière différente. Ainsi, on remarque la progression des surfaces cultivées au détriment des surfaces boisées et des terres de pâturage.

L'emploi du climagramme d'EMBERGER ; tel qu'il vient d'être décrit, a permis de comprendre la distribution de divers types de végétation spontanée (figure26), c'est ainsi que les associations du climax Thuya sont cantonnées dans l'étage semi-aride, variante fraîche tempérée et chaude. Celles du chêne-vert (*Quercus ilex*) s'étendent des confins de l'aride à ceux hyper-humide. L'extension climatique du Chêne-vert et du Lentisque (*Pistacia lentiscus*) est limitée approximativement par  $m = 5$ , qui constitue une limite supérieure pour le Chêne-vert et inférieure pour le Lentisque.

## Chapitre V : L'Analyse en Composantes Principales (ACP)

### V-1. Introduction

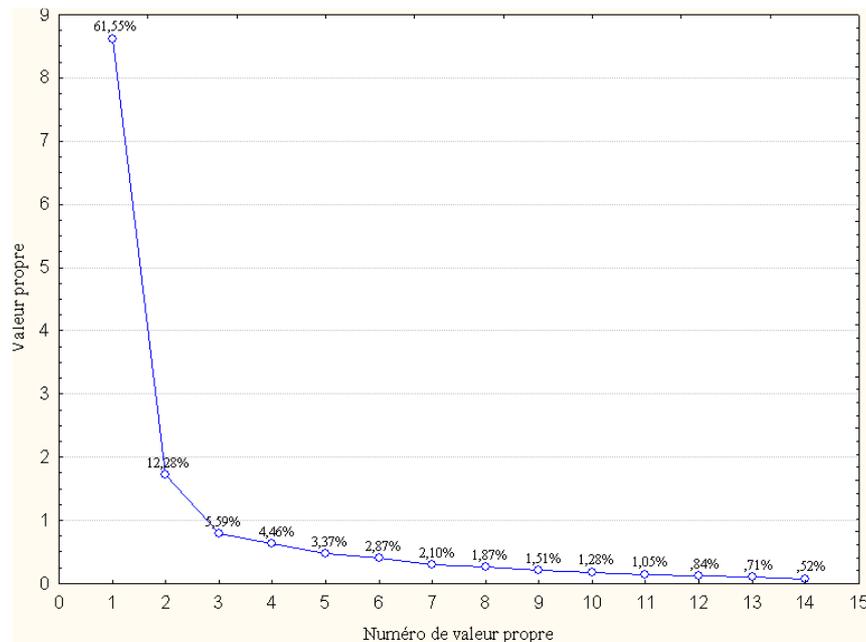
Après avoir utilisé la méthode dite séparative pour l'analyse des paramètres et indices climatiques, d'autres analyses, dites aussi climatographiques, ont été appliquées. Elles font appel aux techniques d'analyse des données et aux statistiques multivariées.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode d'analyse des données. Elle cherche à synthétiser l'information dans un tableau croisant des individus et des variables quantitatives (ALI KOUANI, S. et al. 2007).

Dans un premier temps, nous avons pris 14 séries pour les températures moyennes mensuelles et les précipitations mensuelles sur la période 1980-2004, ce qui donne une matrice (300, 14) par paramètre étudié. Les 12 mois x les 24 années formant les observations et les 14 stations formant les variables. La matrice de corrélation (14,14) est calculée pour chaque paramètre.

### V-2. ACP des précipitations

L'ACP va permettre de décrire les principales structures de cette matrice, dont les éléments sont tous supérieurs à 0,50.



**Figure 29** : Les valeurs propres (V.P) des 14 composantes. Précipitations mensuelles.

La première composante principale (C.P.) explique près de 62% de la variance totale et la deuxième près de 13%. Ensuite, il y a une brusque chute (cassure) à moins de 6%. Seules donc les deux premières vont être étudiées (soit 73,83% de variance totale).

**Tableau 25** : Corrélations facteur-variable. (Poids factoriels.), basées sur corrélations (Station x Précipitation mensuelle)

	<b>Fact. 1</b>	<b>Fact. 2</b>	<b>Fact. 3</b>	<b>Fact. 4</b>	<b>Fact. 5</b>
Annaba	-0,857661	0,337655	-0,002443	0,130908	-0,024385
Batna	-0,711363	-0,529301	0,002269	0,032594	0,023221
BBA	-0,742620	-0,337740	-0,189579	-0,418858	-0,107276
Bejaia	-0,837262	0,262743	-0,194945	-0,159003	0,238307
Jijel	-0,823794	0,346112	-0,172625	-0,020622	0,230551
Biskra	-0,475303	-0,459811	-0,604291	0,369510	-0,192054
Constantine	-0,910365	0,099876	0,178985	0,008772	-0,184625
Souk-Ahras	-0,769512	0,108682	0,324912	0,086238	-0,323929
Guelma	-0,904724	0,120192	0,164588	0,123123	-0,135695
El-Kala	-0,782802	0,369611	-0,107711	0,178658	0,022343
OEB	-0,783471	-0,389366	0,234824	-0,008127	0,068615
Tébessa	-0,560109	-0,583041	0,278318	0,233893	0,360789
Sétif	-0,822694	-0,207028	-0,043898	-0,398184	-0,064660
Skikda	-0,873099	0,321269	-0,054279	0,031417	0,121257

Le tableau ci-dessous permet de constater que la plupart des stations entrent de façon significative dans la première composante principale. Cette dernière peut être vue comme un indice général obtenu à partir des pluies mensuelles pour les 25 années à l'étude.

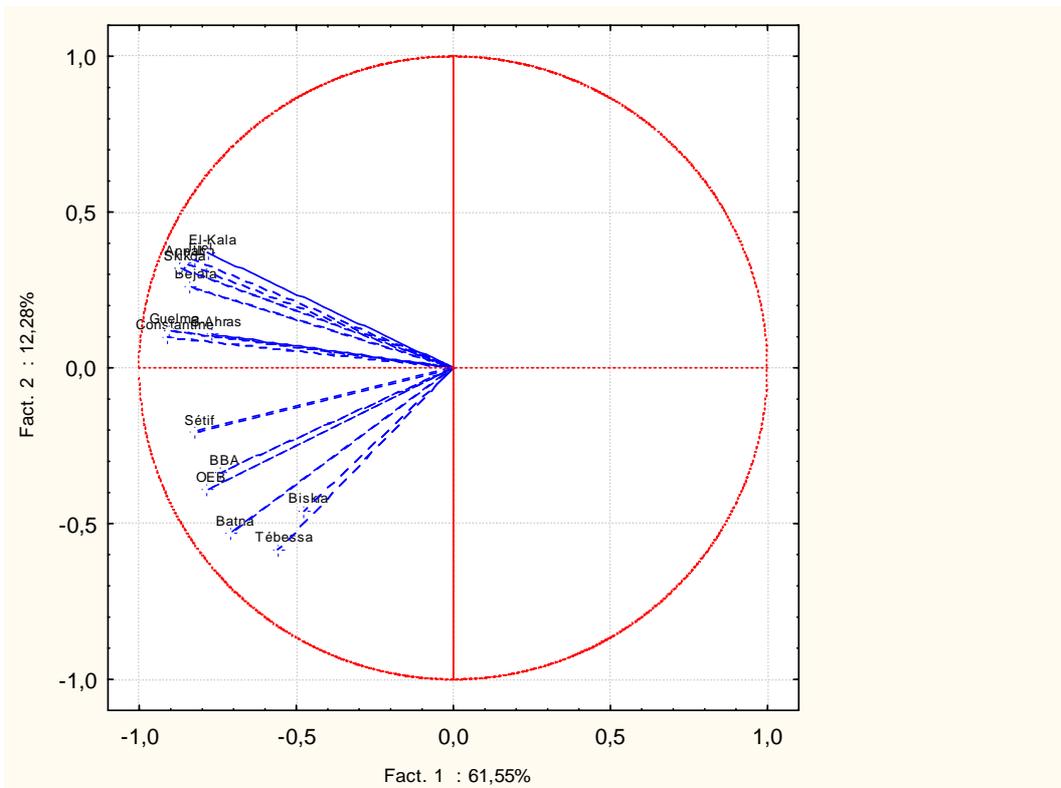
En ce qui concerne la seconde composante principale, le tableau 25 permet de constater que cette composante est anti-corrélée, au seuil de 5,59%, avec une seule station (Tébessa). Toute fois nous observons des valeurs propres pour la station de Biskra, qui est confondue avec l'axe3 (fact.03).

La figure 30, permet de voir qu'à l'égard de la station de Biskra, les autres stations sont présentées par le plan factoriel. Ces stations sont bien anti-corrélées (proche le la direction négative de l'axe) avec les deux facteurs constituant ce plan. Toutes les stations (variables) occupent une zone assez restreinte à l'intérieur du cercle des corrélations. L'angle maximum entre deux variables est inférieur à 90°. Ceci suggère que toutes les stations sont corrélées positivement entre elles (cf. Tableau 26).

**Tableau 26:** Matrice de corrélation des stations (précipitations mensuelles)

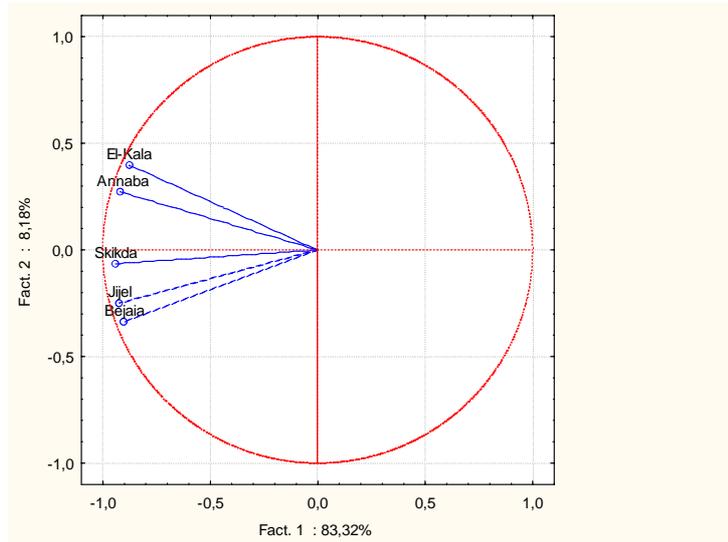
	Annaba	Batna	BBA	Bejaia	Jijel	Biskra	Const.	S-Ahras	Guelma	El-Kala	OEB	Tébessa	Sétif	Skikda
Annaba	1,000													
Batna	0,448	1,000												
BBA	0,487	0,649	1,000											
Bejaïa	0,739	0,466	0,578	1,000										
Jijel	0,762	0,424	0,499	0,871	1,000									
Biskra	0,287	0,538	0,473	0,310	0,297	1,000								
Const.	0,803	0,564	0,605	0,710	0,700	0,329	1,000							
S-Ahras	0,654	0,490	0,483	0,579	0,616	0,233	0,765	1,000						
Guelma	0,821	0,571	0,561	0,715	0,703	0,346	0,911	0,747	1,000					
El-Kala	0,844	0,371	0,442	0,683	0,733	0,288	0,703	0,555	0,737	1,000				
OEB	0,546	0,735	0,636	0,514	0,493	0,404	0,699	0,568	0,677	0,459	1,000			
Tébessa	0,304	0,642	0,468	0,304	0,274	0,395	0,444	0,387	0,462	0,254	0,675	1,000		
Sétif	0,605	0,646	0,795	0,668	0,581	0,390	0,740	0,547	0,674	0,531	0,700	0,475	1,000	
Skikda	0,845	0,450	0,534	0,828	0,847	0,297	0,803	0,655	0,799	0,758	0,547	0,338	0,618	1,000

Les stations littorales sont très corrélées entre elles. Cette affirmation se vérifie en se rapportant de la matrice de corrélation (Tableau 26).



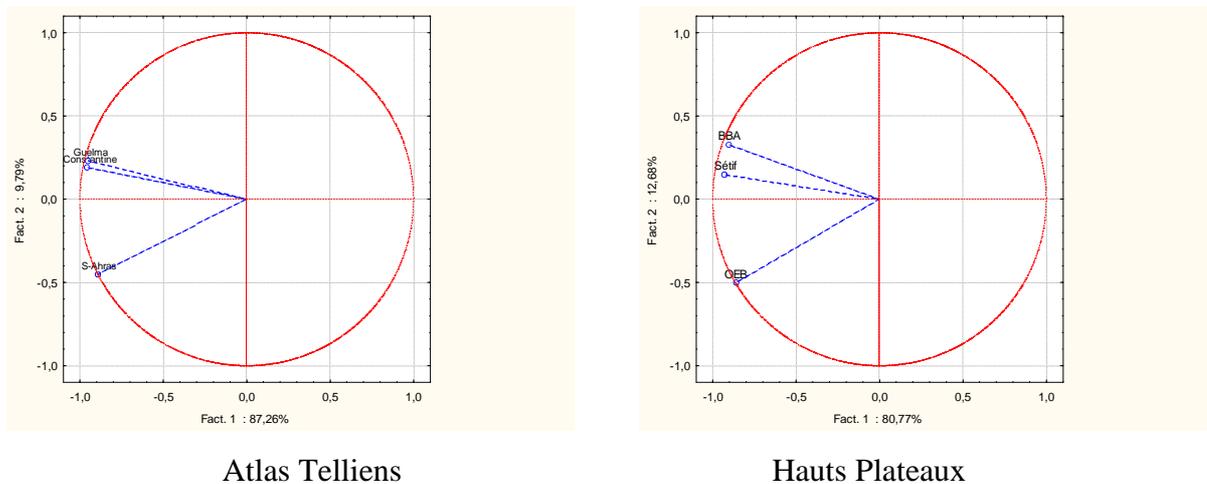
**Fig. 30 :** La Projection des variables (stations) sur le plan factoriel (1x2). Les Précipitations mensuelles.

Selon le plan factoriel des deux premières composantes principales (fig. 30) et suivant la corrélation, plusieurs groupes peuvent être distingués. Le premier constitue les stations littorales. Une analyse basée uniquement sur ces cinq stations (Fig.31), nous montre que la deuxième composante principale peut être vue comme un facteur longitudinal. En effet, les précipitations augmentent de l'Est à l'Ouest.



**Fig. 31 :** La projection des variables (stations) sur le plan factoriel (1x2).

Ensuite, nous avons un second groupe de station très corrélés présentant les stations de l'Atlas Tellien (Constantine, Guelma et Souk-Ahras). Ici, la deuxième composante principale peut être vue comme un facteur latitudinal ; ce qui traduit une augmentation des précipitations du Nord au Sud (Fig. 32). Le phénomène est remarqué également pour les autres groupes de stations (Hauts plateau, Atlas Saharien). Ceci explique la variabilité des précipitations dans l'espace.



**Figure 32 :** La Projection des stations de l'intérieur sur le plan factoriel (1x2)

L'analyse des individus (Fig.33), nous montre deux grands groupes ; l'un situé à l'Est du premier axe présentant une période sèche très concentré, plus longues que celle humide, située à l'Ouest de la première composante, moins concentré avec des fortes valeurs de pluviosité. Le cas des mois de décembre 1984 pour les station littorale, de janvier 2003 pour les stations des hauts plateaux, février 1996 pour l'Atlas Tellien, mai 1990 et mai 2004 pour la station du piémont Sud de l'Atlas Saharien.

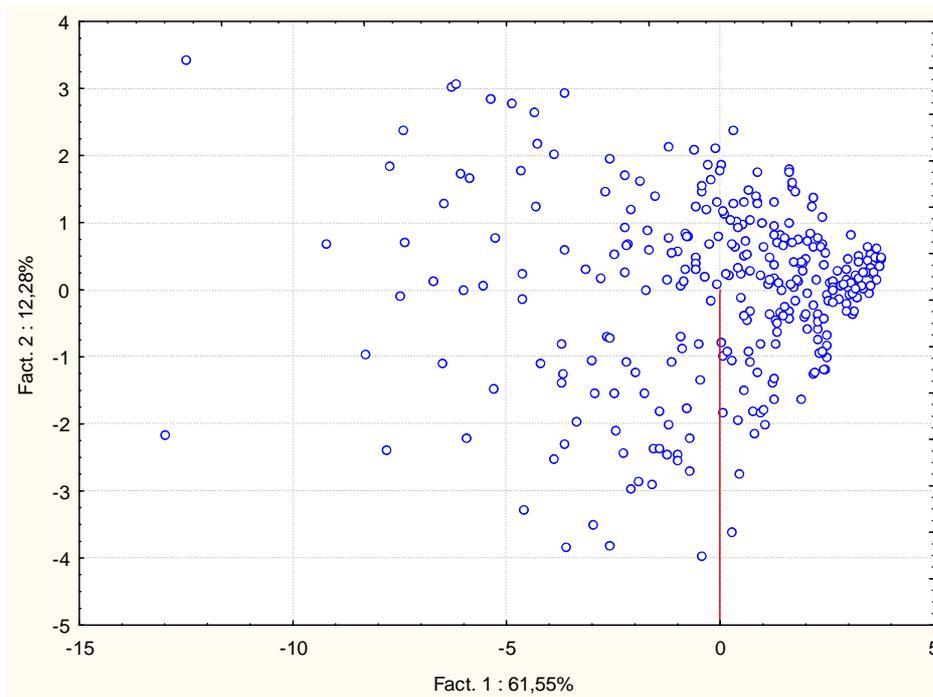


Figure 33 : La projection des individus (mois) sur le plan factoriel (1x2)

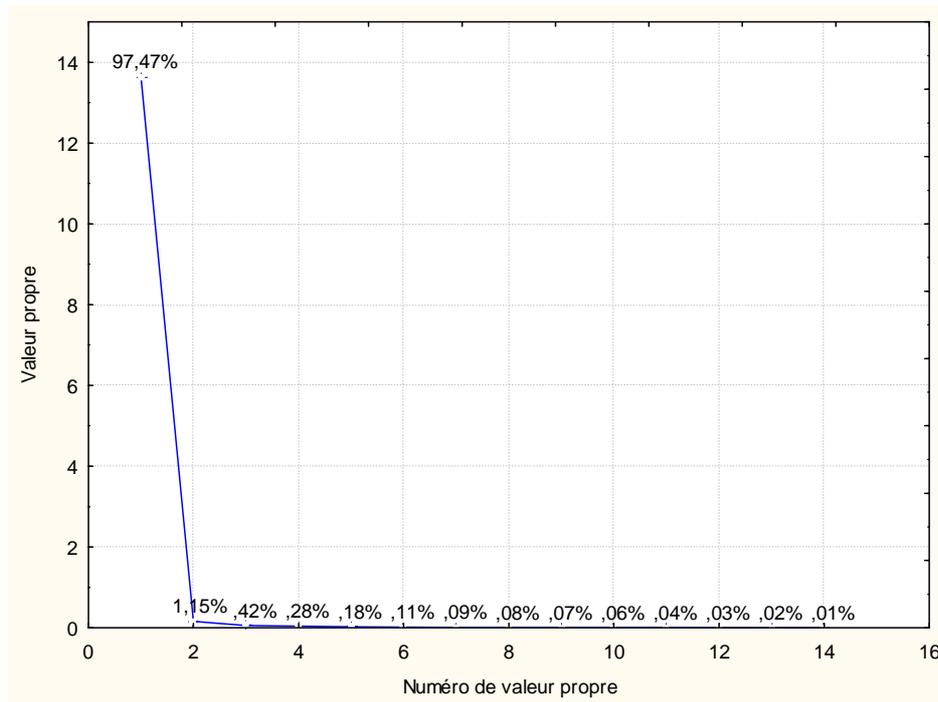
### V-3. ACP des températures

Pour ce paramètre, nous avons pris la même matrice que celle des précipitations ; c'est-à-dire, 14 stations (variables) et 300 individus (12mois X 25ans).

Les résultats de l'ACP montrent que la première composante principale explique 97,5% de la variance totale et 1.2% pour la deuxième. (Tableau 27 & Fig. 34).

**Tableau 27 :** Les valeurs propres : matrice de corrélation et statistiques associées des moyennes mensuelles des températures dans les 14 stations.

Valeur	Val. Propres	% total variance	Cumul Val. Propres	Cumul %
1	13,64528	97,46629	13,64528	97,4663
2	0,16117	1,15124	13,80645	98,6175
3	0,05899	0,42137	13,86545	99,0389
4	0,03906	0,27902	13,90451	99,3179
5	0,02485	0,17747	13,92935	99,4954
6	0,01551	0,11076	13,94486	99,6061
7	0,01272	0,09088	13,95758	99,6970
8	0,01118	0,07987	13,96876	99,7769
9	0,00913	0,06521	13,97789	99,8421
10	0,00790	0,05644	13,98580	99,8985
11	0,00521	0,03724	13,99101	99,9358
12	0,00476	0,03402	13,99577	99,9698
13	0,00333	0,02381	13,99911	99,9936
14	0,00089	0,00638	14,00000	100,0000

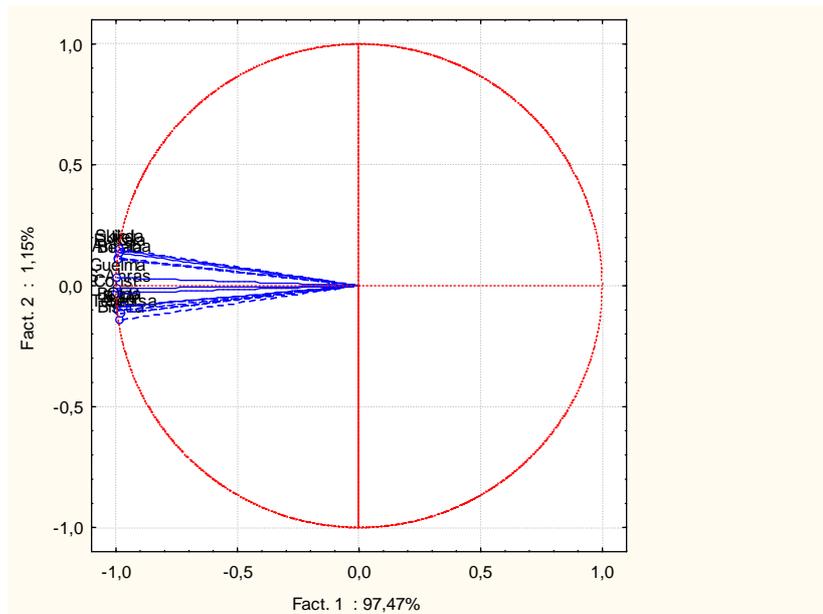


**Fig. 34 :** Eboulis des valeurs propres des 14 composantes.  
Température moyennes mensuelles

Toutes les stations sont positivement très corrélées entre elles (cf. Tableau 28 & Fig. 35). Cette corrélation est plus forte que celle des précipitations mensuelles.

**Tableau 28:** Matrice de corrélation des stations (températures mensuelles)

	Annaba	Batna	BBA	Jijel	Bejaia	Biskra	Const.	S-Ahras	Guelma	OEB	El-Kala	Sétif	Skikda	Tébessa
Annaba	1,000													
Batna	0,974	1,000												
BBA	0,967	0,993	1,000											
Jijel	0,991	0,966	0,961	1,000										
Bejaia	0,989	0,973	0,968	0,991	1,000									
Biskra	0,961	0,993	0,988	0,951	0,960	1,000								
Const.	0,981	0,993	0,989	0,976	0,980	0,986	1,000							
S-Ahras	0,986	0,993	0,988	0,981	0,984	0,984	0,994	1,000						
Guelma	0,989	0,987	0,981	0,985	0,986	0,976	0,997	0,994	1,000					
OEB	0,949	0,966	0,960	0,945	0,950	0,963	0,965	0,969	0,960	1,000				
El-Kala	0,988	0,968	0,962	0,990	0,986	0,951	0,976	0,981	0,984	0,943	1,000			
Sétif	0,958	0,981	0,986	0,952	0,958	0,977	0,978	0,979	0,971	0,952	0,952	1,000		
Skikda	0,991	0,966	0,960	0,994	0,990	0,948	0,975	0,980	0,984	0,944	0,990	0,948	1,000	
Tébessa	0,954	0,980	0,973	0,947	0,955	0,975	0,975	0,974	0,969	0,948	0,949	0,964	0,948	1,000



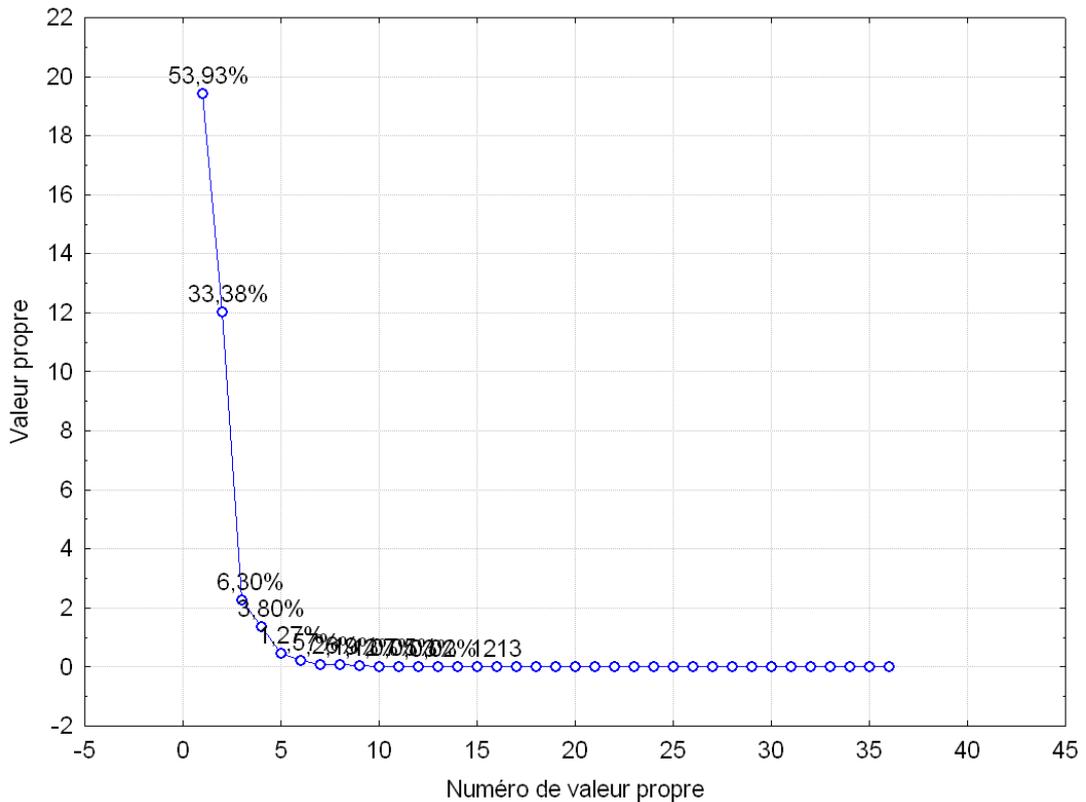
**Fig. 35 :** La projection des variables (stations) sur le plan factoriel (1x2).  
Températures moyennes mensuelles

Comme pour les précipitations, la deuxième composante peut être vue également comme facteur longitudinal de l'Est à l'Ouest pour les stations du littoral et latitudinal du Nord au Sud pour ceux de l'intérieur (TOUAIBIA, B and all. 2006).

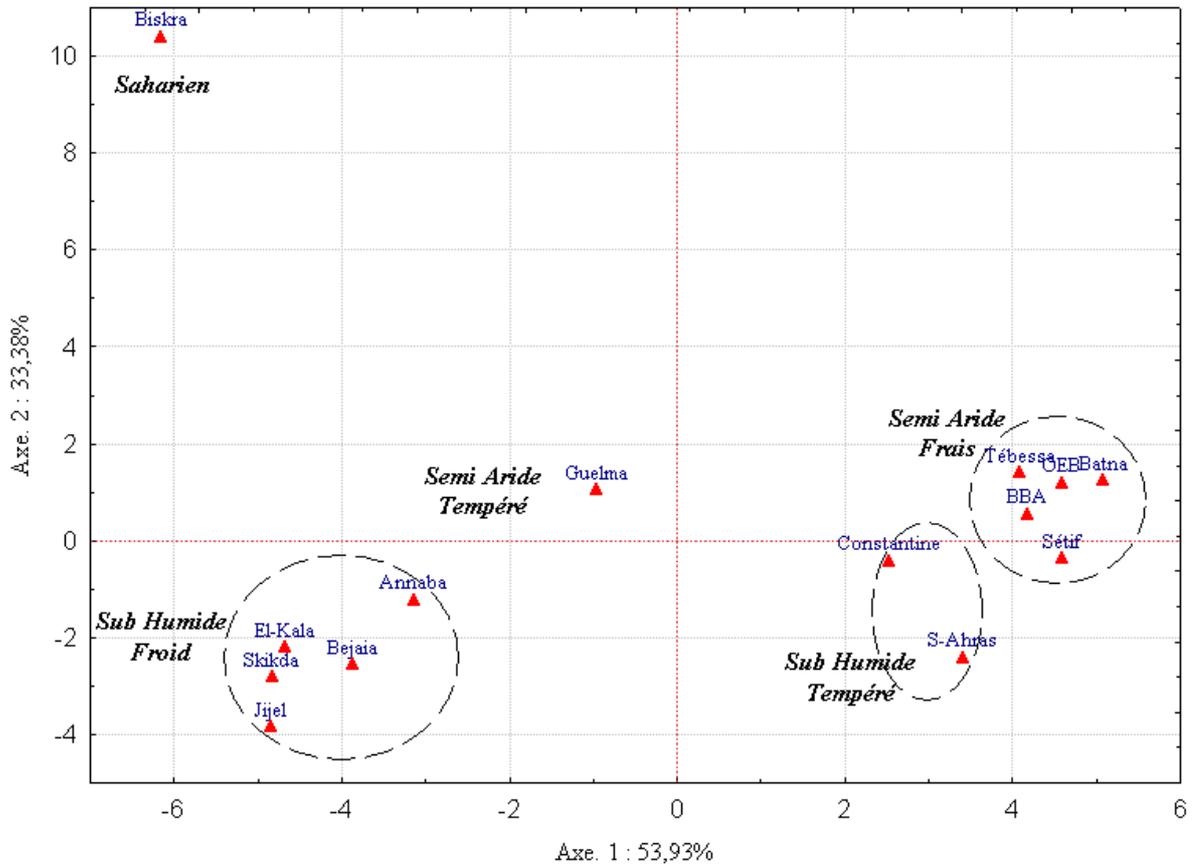
#### V-4. ACP des précipitations et des températures

Pour cette étude, nous avons combiné les deux paramètres ; les précipitations mensuelles et les températures moyennes mensuelle (moyennes maximales (M) et moyennes minimales (m)) comme variables et les 14 stations précitées comme individus. Le but est de voir la variabilité des individus (stations) sur le plan factoriel. Ce qui nous donne la matrice (36 ; 14) ; 36 variables ((12 mois x m) + (12 mois x M) + (12mois x P) et 14 stations.

Les résultats de cette ACP révèlent que les deux premières composantes expliquent 87.31% de la variance totale, avec 53.93% pour le premier axe et 33.38% pour le second. Seul ces deux axe sont pris en considération, parceque le troisième axe (6.3%) explique moins de 10% de l'inertie générale (fig. 36).



**Fig. 36 :** Eboulis des valeurs propres des 36 composantes. Précipitation et températures (maximales & minimales moyennes).



**Fig. 37 :** La projection des individus (stations) sur le plan factoriel (1x2).

Variable : les Températures et les Précipitations

L'analyse des individus (Fig. 37), fait sortir plusieurs groupes des stations, le premier est celui des stations littorales situé à gauche du premier axe. Le second est représenté à droite et qui regroupe les stations des hauts plateaux et du piedmont Sud de l'Atlas Saharien. Cependant le troisième, regroupe la station de Souk-Ahras et la station de Constantine. La remarque faite sur la station de Biskra isolée et la station de Guelma située entre les stations littorales et celles de l'Atlas Tellien. Du point de vue latitudinal, Guelma est la station la plus proche des stations littoral (appelée Sahel).

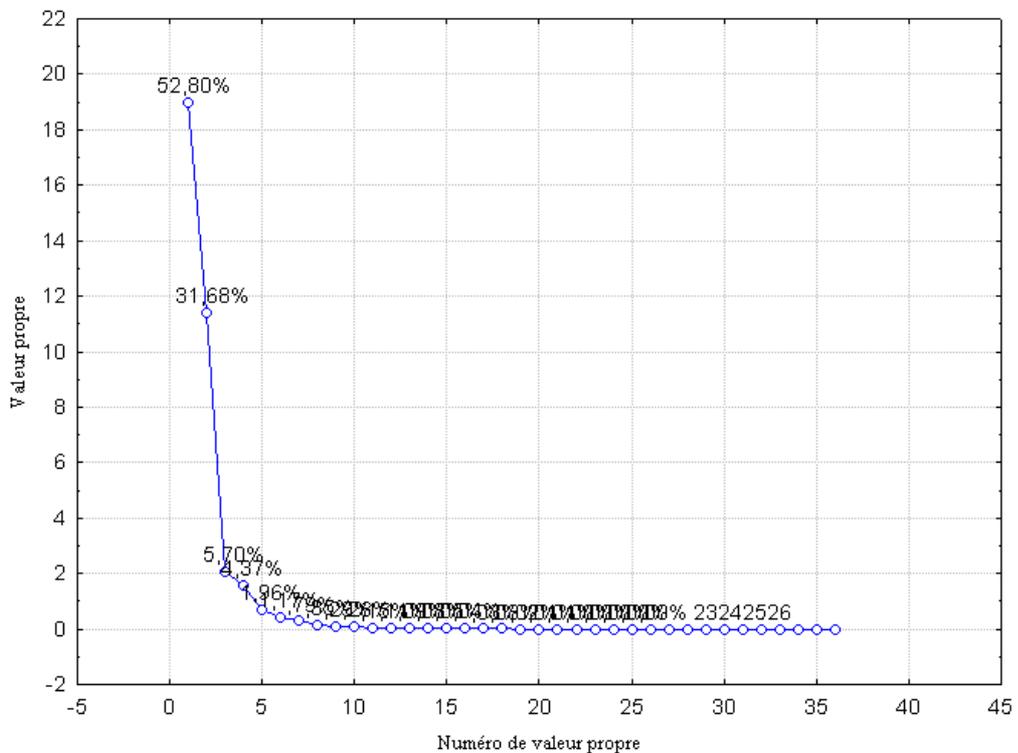
Une comparaison du plan factoriel avec le climagramme d'Emberger (fig. 27) fait sortir la même répartition spatiale des stations étudiées. La première composante principale peut s'interpréter comme axe de l'humidité ; en effet les stations humide situées à gauche, cependant l'aridité se fait remarqué en allant vers la droite. L'éloignement selon l'axe 2 (transversal) note la variante température ; d'une part les stations littorales à variante froide et les stations de l'intérieur à variante chaude. D'autre part la station de Biskra est à variante très chaude (saharienne).

**V-5. La Synthèse des données climatiques (thermométrie et pluviométrie) pour les deux périodes (1913-1938) et (1978-2004) par l'Analyse en Composantes Principales**

Ici, des renseignements sont apportés par l'ACP sur un ensemble des données météorologiques à savoir ; températures moyennes minimales, les températures moyennes maximales et les précipitations mensuelles des 13 stations de l'Est algérien pour deux périodes (1913-1938) et (1978-2004).

La matrice élaborée avec les mêmes variables utilisées dans l'analyse précédente (chapitre V-4) et 27 individus (13 + 1 stations pour la nouvelle période et 13 stations pour la période de SELTZER).

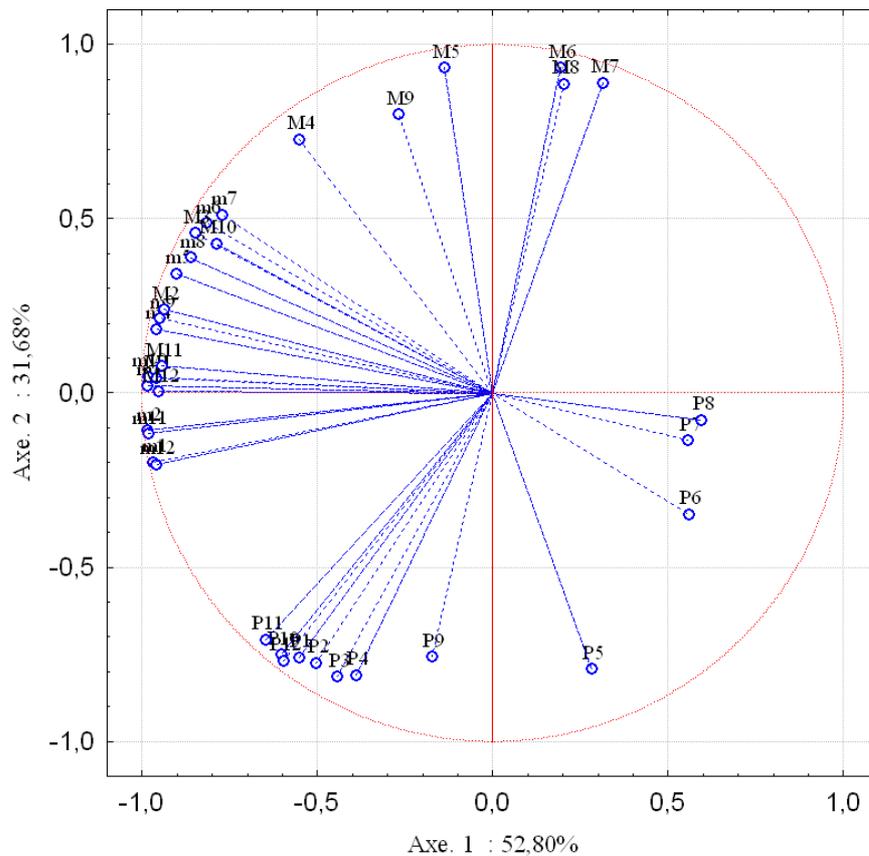
L'analyse est limitée sur les deux premiers facteurs dont les valeurs propres sont supérieures à l'unité (Fig.38), et qui expliquent près de 85% de la variance initiale. La simplification des 27 variables initiales en deux nouvelles variables, appelées composantes principales, n'aboutit qu'à une perte de 15% de l'information contenu dans la totalité des données (températures moyennes minimales, températures moyennes maximales et les précipitations moyennes mensuelles).



**Fig. 38 :** Eboulis des valeurs propres. Les Précipitations et les températures (maximales & minimales moyennes). Période (1913-1938) et (1978-2004).

**V-5-1. Espace des variables (mois)**

On remarque dans la figure 39 que l'axe 01 est fortement corrélé avec tous les mois des températures moyennes minimales (m1, m2, m3, ... m12). Cette première composante principale est également corrélée avec les mois d'octobre (M10), novembre (M11), décembre (M12), janvier (M1), février (M2) et mars (M3) des températures moyennes maximales. Les précipitations estivales (P6, P7 et P8) sont moins significatives. Ces observations soulignent que l'axe 1 exprime la variation thermique.

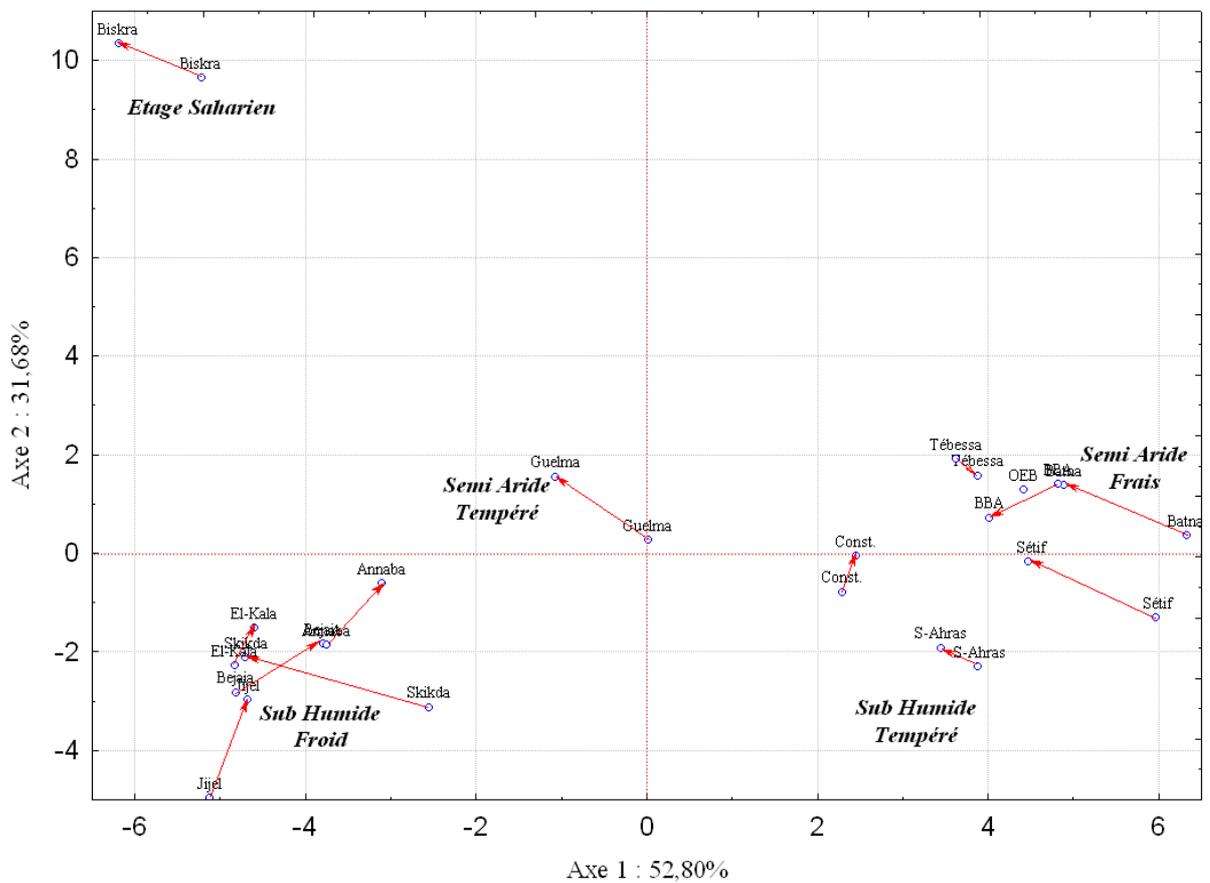


**Fig. 39 :** La projection des variables (stations) sur le plan factoriel (1x2). Les précipitations mensuelles et les températures (maximales & minimales moyennes mensuelles). Période (1913-1938) et (1978-2004).

La deuxième composante principale est corrélée avec le reste des mois de l'année des précipitations.

**V-5-2. Espace des individus (stations)**

Selon les deux axes dans la figure 40 (axe1 : thermométrie ; axe2 : pluviométrie croissante), nous trouvons les stations littorales et celle de Guelma à gauche du graphique. A l'opposé, nous trouvons les stations de l'intérieur. De part et autre cet axe, les stations se regroupent à causes de l'effet de la mer, la pluviométrie pour les stations littorale et les facteurs climatiques en particulier les températures pour les stations de l'intérieur. Au centre du graphique se localise la station de moyenne altitude (Guelma), qui est la plus proche des stations littorales.



**Fig. 40** : La projection des individus (stations) sur le plan factoriel (1x2).

Variables : Les précipitations mensuelles et les températures (maximales & minimales moyennes mensuelles). Période (1913-1938) et (1978-2004).

Le facteur pluviométrie (axe2) est responsable de l'homogénéité ou non des nuages des stations. Le regroupement des stations de l'intérieur d'une part et ceux du littorale d'autre part est dû à des pluies abondantes et irrégulières d'une station littorale à une autre.

Cependant les stations des hautes plaines, Atlas Tellien et du piedmont Sud de l'Atlas Saharien se caractérisent par des pluies peut abondantes voir rare pour la station de Biskra.

Selon la figure 40, les stations présentent des décrochements verticaux pour les stations du littorale, et horizontaux pour les autres de l'intérieur. Toutefois les stations tendent à ce regrouper. Cette évidence est également distinguée dans le climagramme d'EMBERGER (Fig. 28) qui montre la même configuration quantitative.

### V-6. ACP et la classification hiérarchique

Nous avons considéré les totaux pluviométriques annuels et les températures moyennes mensuelles de la série (1978-2004) pour les 14 stations.

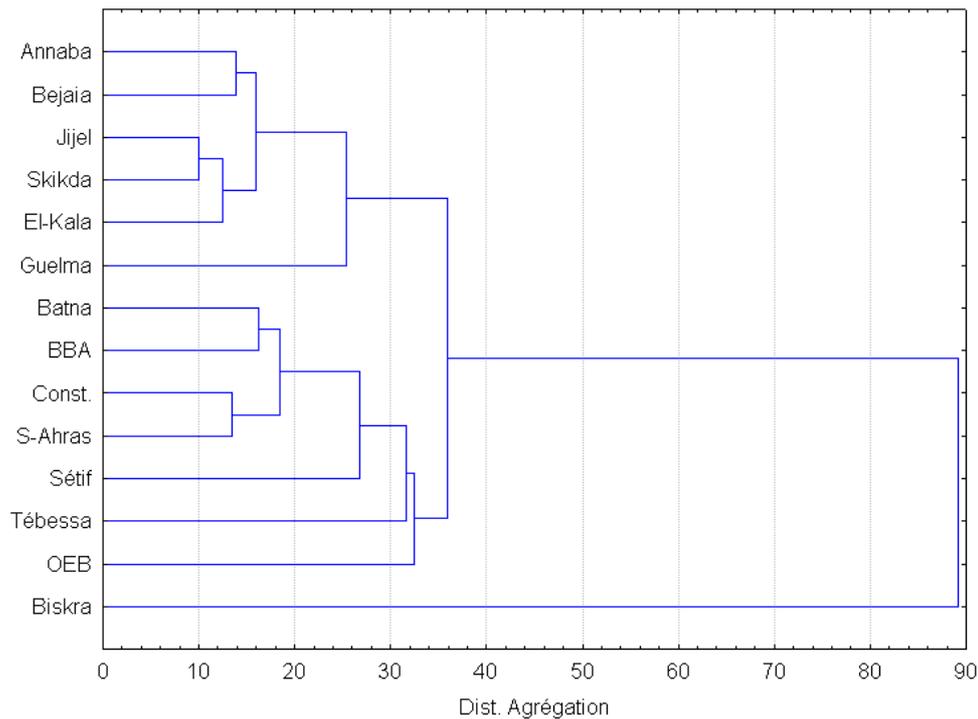


Figure 41 : Le Dendrogramme des 14 stations.

La figure 41, montre l'arbre de classification des stations de l'Est algérien. Les stations sont regroupées en trois partitions : la première correspond aux zones relativement humides situées sur le littoral. Pour cette zone côtière, nous avons deux sous-groupes ; le

premier correspond aux stations situées sur le versant oriental du relief côtier (Annaba et Bejaia) et le second comprend ceux situées sur le versant occidental de ce même relief (Jijel, Skikda et El-Kala). La station de Guelma, plus proche de la zone littorale, rejoint cette première partition.

Le second correspond aux zones subhumides et semi-arides situées à l'intérieur avec plusieurs sous-groupes bien distincts. Le dernier correspond à la zone désertique Sud (station de Biskra).

## Conclusion

L'Est algérien est caractérisé par un climat diversifié allant de l'humide sur le littoral à l'aride au pied mont Sud de l'Atlas Saharien qui s'explique par sa position dans la rive Sud de la méditerranée et son aspect orographique.

La variation spatiale des températures reflète l'effet de trois facteurs, à savoir la latitude, l'altitude et la position par rapport à la mer. La latitude détermine une décroissance de la température du Sud vers le Nord, qui est plus rapide à l'Ouest (Sétif et BBA) qu'à l'Est (Souk-Ahras). Cette décroissance est accélérée à l'Ouest de la zone d'étude plus élevée par rapport aux autres stations voisinant la même latitude. Sur les côtes l'effet de la latitude est amorti par celui du troisième facteur, à savoir la proximité de la mer.

Dans le temps, le climat de l'Est algérien tend à se réchauffer depuis 1983 jusqu'à 2003. Ce réchauffement est plus accentué dans la dernière décennie (1993-2003) avec une augmentation comparable des températures diurnes et nocturnes principalement pour la zone littorale.

Le mois le plus humide est le mois de décembre dans la plupart des stations étudiées, le mois de juillet est le mois le plus sec dans l'Est algérien. Les précipitations augmentent du Sud au Nord, d'Ouest en Est et en altitude. Les versants Nord reçoivent plus de précipitations que ceux du Sud.

Cette contribution fait ressortir également, que même s'il est prévu que l'intensité des précipitations augmente, la moyenne de celles-ci diminuerait. Cette diminution serait due à de plus longues périodes de sécheresse alternant avec des périodes humides. La période sèche peut s'étendre de 5 mois sur le littoral et atteint 12 mois pour le Sud de l'Atlas Saharien. Cette période sèche prend de l'ampleur avec le temps (Diagrammes Ombrothermique).

La méthode d'EMBERGER tient compte des extrêmes thermiques (M) et (m) entre lesquels se déroulent la vie végétale. A ce niveau (M) et (m) peuvent être considérés comme des seuils écologiques pour telle ou telle espèce végétale.

La distribution de la végétation dans la région d'étude est fonction de son climat. L'analyse de la situation bioclimatique avec le moyen du climagramme d'EMBERGER, entre la période ancienne (1913-1938) et la période récente (1978-2004), montre une variation et

des décrochements climatiques très significatifs ; verticaux sur le littoral et latéraux à l'intérieur.

L'utilisation de l'ACP dans l'étude des températures et des précipitations nous donne une classification plus pertinente pour les stations étudiées. Cette analyse (ACP) nous a permis de mettre en valeur les résultats obtenus par l'utilisation du climagramme d'EMBERGER.

Avec les mêmes ingrédients (moyenne minimale des températures (m), moyenne maximale des températures (M) et la pluviométrie moyenne annuelle) le nouveau modèle statistique (l'Analyse en Composantes Principales) est plus banal et plus riche du fait que les moyennes mensuelles sont toutes utilisées pour ces trois paramètres, alors que dans son graphique cartésien, EMBERGER utilise uniquement la moyenne des minima du mois le plus froid.

Cette analyse tendrait à faire penser qu'on aurait dû abandonner le climagramme d'EMBERGER. Mais une raison essentielle de son succès tient dans ce qu'il n'existe pas de proposition de remplacement. Le succès d'EMBERGER tient sans doute au fait que sa formule est « validée » dans nos régions. Elle correspond à des limites botaniques en milieu méditerranéen.

## ***Références Bibliographiques***

**ABDESSEMED, K., 1981.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Menetti*) dans les massifs de l'Aurès et du Bélezma : Etude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. Thèse Doc. Ing. Univ. Aix-Marseille, 200p.

**ALI KOUANI, S., et al. 2007.** Analyse en composantes principale : une méthode factorielle pour traiter les données didactiques. Fac. Sci. Ben M'Sik, Univ. Hassane II. Radisma, N° 2. pp 1-18.

**ANRH :** Carte pluviométrique de l'Algérie au b1/500.00 + notice explicative, Alger, 1993.

**ANCER, A., 1998.** La pluviométrie en Algérie du Nord. Evolution et variabilité (1931-1995). Thèse de Doctorat, université de Constantine, 260pp.

**ASCHMANN, H., 1973.** Distribution and peculiarity of mediterranean ecosystem. In : di castri, F & Mooney, H.A. (eds), Mediterranean Type Ecosystems, Origin and Structure, pp. 11-19. Springer-Verlag, Berlin.

**BAGNOLS, F., GUAUSSEN, H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Carte production vég. Univ. Toulouse. Vol.1.p 47.

**BAZRI, K., 1999.** Les milieux naturels et leur aménagement dans l'extrême Nord Est algérien : cas de Guerbes et Cap Rosa. Thèse de magistère. Univ. Constantine, 269p.

**CAMBERLIN, P., 1994.** Les précipitations dans la Corne orientale de l'Afrique. Climatologie, variabilité et connexions avec quelques indicateurs océano-atmosphériques. Th.3<sup>ème</sup> cycle. Dijon, 379p.

**CARBONNEL, J.P., 1991.** Caractérisation fractale de la succession des jours pluvieux au Bukina-Faso. Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride. Ed. AUPLEF6UREF. John Libbey Eurotext. Paris pp 43-49.

**CHAUMONT, C., PAQUIN, A. 1971.** Carte de pluviosité de l'Algérie 1/500.00. Alger : Soc. His. Afr. Nord : 4 feuilles.

**CONRAD, V., 1946.** Usual formulas of continentality and their limits of validity. Ann. Géophys. 664p.

- COTE, M., 1998.** Les régions bioclimatiques de l'Est algérien, Rhumel n°6.
- DAGET, PH., 1997.** Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio* 34 (1) : pp1-20.
- DAGET, PH., 1997.** Le bioclimat méditerranéen : analyses des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio* 34 (2) : pp87-104.
- DE MARTONE, E., 1927.** Traité de géographie physique. Vol. 1. A. Colin, Paris. Di Castri, F., 1981.
- DJELLOULI, Y., 1990.** Etude de la population de *Cedrus atlantica Manetti* en Algérie. Thèse de Doct. Univ. Toulouse. 258p.
- EMBERGER, L., 1930.** La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, 43 : 641-662 et 705-729.
- EMBERGER, L., 1931.** Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. *Compt. Rend. Séances Acad. Sci.* 191 : 389-390
- EMBERGER, L., 1936.** Remarque critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. Bot. Suisse*, vol. jub. Inst. Rubel 46. Pp 614-631.
- EMBERGER, L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier* ; 7 : 3-43.
- ESCOUROU, G., 1981.** Climat et environnement : les facteurs locaux du climat. *Géographie*, Masson, Paris 167p.
- GHAZOULI, R., 1989.** Contribution à l'étude de la végétation de la chaîne des Babors. (Analyse phytosociologique des Djebels Babor et Tababort). Thèse de magistère. Univ. Ferhat Abbas, Sétif. 235p.
- GLACON, J., 1967.** Recherche sur la géologie et les gîtes métallifères du tell Sétifien (Algérie). *Bull. de géol.* N° 32.T. I.
- GORCZINSKI, W., 1920.** Sur le calcul du degré de continentalisme et son application dans la climatologie. *Géogr. Ann.*, 124p.

**GROUPE CHADULE, 1974.** Initiation aux méthodes statistiques en géographie, Masson, Paris.

**HALIMI, A., 1980.** L'Atlas Blideen : climat et étages végétaux. O.P.U, Alger, 623p.

**HUFTY, A., 2005.** Introduction à la climatologie : le rayonnement et la température. L'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. Ed. De Boeck, Bruxelles. 542p.

**LE HOUEROU, H.N., 1995.** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides au Nord de l'Afrique. Diversité biologiques, développement durable et désertification, Options méditerranéennes, sér. B : recherche et études : 396p.

**MARRE, A., 1987.** Etude géomorphologique du tell oriental algérien : de Collo à la frontière Tunisienne. O.P.U, Tome 1, Thèse Doct. Univ. Aix Marseille II. 411p.

**NOTRE-PLANETE.INFO., 2005.** L'été 2003 le plus chaud depuis 500 ans.  
<http://www.notre-planete.info/actualites/lireactus.php>

**OZENDA, P., 1975.** Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. Documents de cartographies écologiques, Vol. XVI, pp1-32.

**QUEZEL, P., 2000.** Réflexion sur l'évolution de la végétation au Maghreb méditerranéen. IBIS PRESS. Paris. 116p.

**QUEZEL, P., 1976. a.** Les forêts du pourtour méditerranéen, forêt et maquis méditerranéens.

**QUEZEL, P., 1976. b.** Le dynamisme de la végétation en région méditerranéenne. Collana. Verde. Min. Agrc. Forete, 39 : pp375-391.

**QUEZEL, P., 1976.** Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Ed. Le Chevalier. Paris. 463p.

**QUEZEL, P., 1956.** Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques de l'Algérie. Mem. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, Nouvelle thèse (1). Alger. P57.

**RAMADE, F., 1984.** Elément d'écologie fondamentale. Ed. Mc. GRAW-HILL. Paris. 397p.

**SAUVAGE, CH., 1963.** Etages bioclimatiques. Notice et carte au 1/2.000.000. Atlas du Maroc. Sect. II, pl. 6b. Comité Géographie Maroc.

**SELTZER, P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Alger. Carbonel. 1946 ; 219p.

**THEBAULT, H., 1973.** Climatologie, généralités et classification. Ecole nationale de la météorologie. Paris, 223p.

**TIR, K., 1997.** Expression cartographique de quelques paramètres climatiques et bioclimatiques à partir d'analyse de données. Cas de l'Extrême Nord-Est Algérien. Mémoire d'ingénieur d'état. Univ. De Constantine. 147p.

**TOUAIBIA, B et al., 2006.** Couplage d'une analyse en composantes principales et d'une approche géostatistique pour l'élaboration de cartes pluviométriques du Centre de l'Algérie du Nord. Rev. Sci. De l'eau, vol. 19, n° 3, p.213-219.

**TOTH, J., 1987.** Effet des facteurs d »environnement sur l'accroissement du cèdre de l'Atlas. Bull. Soc. et Nat. Vaucluse. Pp.13-49.

**TOUBAL – BOUMAAZA, O., 1983.** Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough. (Algérie Nord oriental). Univ.Sci.Tchnologie et médical de Grenoble. Thèse Doc. Ecologie appliquée. 108p.

**TRABOULSSI, M., 1991.** La variabilité des précipitations dans le désert syrien. Rev. Médit. N°4. pp.47-54.

**YVES, R. et al., 2005.** Précipitations en Afrique du Sud : changements climatiques simulés par le modèle de circulation générale ARPEGE/OPA et désagrégation régionale. Art. de recherche, sécheresse ; 16 (2). pp 97-106.

