

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLEB –BLIDA 1-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie



**Mémoire de Fin d'Etude**

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

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

**Domaine** : Sciences Agronomiques

**Spécialité** : Eau et Environnement

**Thème**

**Distribution des pluies extrêmes en régions semi arides  
Algériennes.**

**Présenté par :**

*Mouloudj Imène*

**Jury :**

**Président** : Zella L. Professeur (USDB)

**Promoteur** : Smadhi D. Maître de Recherche 'A' (INRAA)

**Examineur** : Bachir H. Attaché de recherche (INRAA)

Année Universitaire 2016/2017

## ***Remerciements***

Au terme de ce travail, Je remercie avant tout Allah, le bon Dieu miséricordieux de m'avoir aidé à réaliser ce travail tout puissant pour la volonté, la santé, et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces années d'études, afin je puisse en arriver là.

J'adresse mes plus vifs remerciements à mon promotrice, docteur Smadhi D Maitre de recherche "A" dans le laboratoire de bioclimatologie (INRAA) qui malgré les conditions de travail difficiles et la surcharge dans son travail et de ses multiples occupations pour avoir bien voulu m'encadrer, et m'a guidée pas à pas dans ce travail, pour ses précieux conseils, pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire. J'espère qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier très sincèrement toute l'équipe du laboratoire de bioclimatologie (INRAA) pour son accueil chaleureux et sa bonne humeur dans chaque visite, au sein d'une ambiance toutefois très studieuse.

J'adresse mes vifs remerciements aux membres du jury :

Monsieur Zella L, Président de jury (professeur dans l'université de Blida) qui a bien voulu m'honorer de leur présence à cette soutenance et pour toutes ses efforts qui m'a aidé pendant la période des études dans les trois années de licence à Master 2.

Monsieur Bachir H, attaché de recherche à l'INRAA.

Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et mes remerciements pour avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail.

Tous les enseignants de spécialité et surtout Melle Haddadi N qu'elle m'a donné des informations très remarquables au cours de leurs modules pendant les deux années d'étude.

Je tiens aussi à remercier mes parents qui m'ont toujours soutenu, aidé et conseillé à finir mes études et surtout ma très chère mère, qui m'a soutenue le long de mes années d'études avec amour et patience et qui a sacrifié de tout pour me voir heureuse et réussie.

Mon neveu Mohamed pour tous les aides et les informations dans le domaine d'informatique.

Mon amie Wafaa pour tous les encouragements et les aides morales ou physiques.

Finalement, J'adresse mes profonds remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

**Merci à tous**



## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail à

Tout particulièrement à celle qui m'a donné la vie et la illuminée jour après jour, celle qui a toujours été à mes cotés et m'a soutenu, celle qui m'a appris les principes de la vie, Bien sûr, c'est ma chère mère.

A Mon chère père qui m'a protégé et aider tout au long de ma vie et m'a soutenu durant mes études.

A mes très chères sœurs Sadika, Hakima, Bachira et Nabiha et leurs maris et mes chères frères Billel ,Rafik , Hassen et Hocine et leurs femmes.

A mes nièces Yasmina et leur mari et sa fille Gatr El Nada, à Meriem et leur mari, à Amina, Hadil, Chaima, Meriem, Rym et Niaama Rawaa.

Et neveux Mohamed Islam, Chakib, Noufel, Oussama, Abd elmounim Rassim, Souhaib et Mohamed.

A mes très chères amies surtout Wafaa, Nadjah, Nesrine, Kaouther et Amina.

**Imène**

# Sommaire

## Tables des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction

### Chapitre I : Synthèse bibliographique.

1. Climat.....	3
1.1. Climat méditerranéen.....	3
1.2. Délimitation des régions à climat méditerranéen.....	4
1.3. Climat de l'Algérie.....	4
1.4.Étages bioclimatiques de l'Algérie.....	5
2. Les précipitations.....	8
2.1. Mécanisme de formation de précipitation.....	9
2.2. Types de précipitation.....	9
2.2.1. Précipitations de convection.....	9
2.2.2. Précipitations orographiques.....	10
2.2.3. Précipitations cycloniques ou frontales.....	11
2.3. Appareils de mesure.....	11
2.4. Variabilité spatio-temporelle de précipitation.....	12
2.4.1. Répartition des précipitations dans l'espace.....	12
2.4.2. Répartition des précipitations dans le temps.....	13
2.5. Effet de l'altitude et de la latitude sur les hauteurs pluviométrique.....	14
3. Evènements extrêmes.....	14
3.1. Précipitation extrêmes.....	15
3.2. Principales causes des pluies extrêmes.....	15
3.3. Impacts des pluies extrêmes.....	16
3.4. Relation entre l'aléa, enjeux, vulnérabilité et risque.....	17
3.4.1. Aléa.....	17

3.4.2. Vulnérabilité.....	18
3.4.3. Enjeux.....	18
3.4.4. Risque.....	19
3.5. Principaux évènements extrêmes en Algérie.....	20
3.5.1. Inondations.....	20
3.5.2. Sécheresse.....	22
3.6. Etudes des pluies extrêmes en Algérie.....	22
4. Changement climatique.....	23
4.1. Définition .....	23
4.2. Variabilité climatique.....	23
4.3. Le changement climatique en Algérie.....	24
4.4. Effet de changements climatiques.....	24
4.5. Le changement climatique et les végétaux.....	26

## **Chapitre II : Matériel et méthodes.**

1. Région d'étude.....	28
1.2. Relief.....	29
1.2.1. Les plaines littorales.....	29
1.2.2. L'Atlas tellien.....	30
1.3. Le Climat.....	30
1.3.1. Les précipitations.....	31
1.3.2. Température.....	31
1.3.3. Vent.....	32
1.4. Pédologie.....	32
1.5. Secteur agricole.....	33
1.5.1. Répartition de terres agricoles.....	33
1.5.2. Végétation forestière.....	33
1.6. Réseau hydrologique.....	36
1.6.1. Ressources superficielles.....	36
1.6.2. Ressources souterraines.....	36

2. Présentation des données pluviométriques.....	37
2.1. Réseau météorologique.....	37
2.2. Données pluviométriques.....	38
3. Evaluation statistiques de l'évolution des pluies moyennes.....	38
4. Evaluation statistiques des pluies extrêmes.....	39
Conclusion	

### **Chapitre III. Résultats et Discussions**

1. Répartition des précipitations moyennes annuelles à l'échelle régionale.....	41
2. Répartition des précipitations annuelles à l'échelle temporelle.....	41
3. Répartition des précipitations annuelles à l'échelle locale.....	42
4. Répartition géo-temporelle des précipitations annuelles décennales.....	51
5. Répartition saisonnière des précipitations à l'échelle régionale.....	52
6. Répartition des précipitations mensuelles.....	56
6.1. A l'échelle régionale.....	56
6.2. A l'échelle locale.....	57
7. Répartition des précipitations mensuelles minimales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007).....	59
8. Répartition des précipitations mensuelles maximales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007).....	60
9. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007).....	61
10. Coefficient mensuel de précipitation (CMP) à l'échelle régionale.....	64
11. Indice standardisé des précipitations annuelles.....	65
11.1. A l'échelle régionale.....	65
11.2. A l'échelle locale.....	66
12. Indice standardisé des précipitations saisonnières.....	71
13. Indice standardisé des précipitations mensuelles.....	75
Conclusion générale.....	88
Références bibliographiques	

## Liste des abréviations

AEE : Agence Européenne pour l'Environnement.

ANADT : Agence National d'Aménagement du Territoire.

ANDI : Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

BBA : Bordj Bou Arreridj.

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

CMP : Coefficient Mensuelle de Précipitation.

DA : Dinars Algérien.

DGPC : Direction Générale de La Protection Civile.

FAO : Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture- Food and Agriculture Organisation-

GERES : Groupe Energies Renouvelables, Environnements et Solidarités.

GIEC : Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat.

ISP : Indice Standardisé de Précipitation.

MATE : Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement.

MINEPDED : Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et du Développement Durable.

OMM : Organisation Météorologique Mondiale.

ONM : Office National de Météorologie.

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement.

SAT : Surface Agricole Totale.

SAU : Surface Agricole Utile.

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Nature.

S : Septembre      O : Octobre      N : Novembre

D Décembre      J Janvier      F : Février

M : Mars      A : Avril      M : Mai

J : Juin      Jt : Juillet      Ao : Aout

A : Automne      H : Hiver      P : Printemps      E : Eté

P : Précipitation (mm)

$\sigma$  : Ecart type

$\sigma^2$  : variance

CV : coefficient de variation

X : moyenne

N : Nord

S : Sud

E : Est

O : Ouest

Mm<sub>b</sub> : Moyenne mensuelle de Bejaïa.

Mm<sub>J</sub> Moyenne mensuelle de Jijel.

Mm<sub>S</sub> Moyenne mensuelle de Skikda.

Mm<sub>A</sub> Moyenne mensuelle d'Annaba.

Mm<sub>E</sub> Moyenne mensuelle d'El Taref.



## Liste des tableaux

### Pages

Tableau 1. Les étages bioclimatiques en Algérie.....	6
Tableau 2. Impacts des évènements extrêmes.....	17
Tableau 3. Principales inondations en Algérie.....	20
Tableau 4. Statistiques des précipitations annuelles en années normales, Sèches et très sèches.....	22
Tableau 5. Paramètres géographiques des wilayas de la région d'étude.....	29
Tableau 6. Répartition des terres agricoles.....	33
Tableau 7. Superficie des espèces dominantes.....	34
Tableau 8. Description des stations météorologiques d'ONM.....	37
Tableau 9. Variabilité des précipitations annuelles des wilayas exprimées par les paramètres statistiques, période(1970-2007).....	51
Tableau 10. Evolution des précipitations moyennes annuelles en (mm) par décennie dans la région d'étude .....	52
Tableau 11. Régime saisonnier des précipitations (%) à l'échelle locale, période (1970-2007).....	53
Tableau 12. Variabilité des précipitations de wilayas exprimées par les paramètres statistiques saisonniers.....	55
Tableau 13. Précipitation moyenne mensuelle des wilayas, période (1970-2007).....	56
Tableau 14. Valeurs de l'indice SPI annuelle à Bejaïa, période (1970-2007).....	66
Tableau 15. Valeurs de l'indice SPI annuelle à Jijel, période (1970-2007).....	67
Tableau 16. Valeurs de l'indice SPI annuelle à Skikda, période (1970-2007).....	68
Tableau 17. Valeurs de l'indice SPI annuelle à Annaba, période (1970-2007).....	69
Tableau 18. Valeurs de l'indice SPI annuelle à El Taref, période (1970-2007).....	70
Tableau 19. Valeurs de l'indice SPI mensuelles dans la région d'étude, Période (1970-2007).....	76

## Liste des figures

Figure 1. Etages bioclimatiques de l'Algérie.....	6
Figure 2.Précipitation convective.....	10
Figure 3.Précipitation orographique.....	10
Figure 4.Précipitation cyclonique.....	11
Figure 5. Relation entre l'aléa, enjeux et risques.....	20
Figure 6. Principales régions affectées par les inondations.....	21
Figure 7. Situation géographique de la région d'étude.....	28
Figure 8. Zones naturelles en Algérie.....	30
Figure 9. Répartition des précipitations dans le nord de L'Algérie.....	31
Figure 10. Sols de la région d'étude.....	33
Figure 11. Zones écologiques de l'Algérie.....	34
Figure 12. Répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien.....	35
Figure 13. Réseau hydrographique de l'Est Algérien.....	37
Figure14.Répartition des précipitations moyennes annuelles à l'échelle régionale, période (1970-2007).....	41
Figure 15. Répartition des précipitations moyennes annuelles au niveau du littoral de l'Est Algérien, période (1970-2007).....	42
Figure16.Répartition des précipitations moyennes annuelles dans la wilaya de Bejaïa, période (1970-2007).....	43
Figure17. Répartition des précipitations annuelle dans la wilaya de Jijel, période (1970-2007).....	45
Figure18. Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya de Skikda, période (1970-2007).....	46
Figure19.Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya d'Annaba, période (1970-2007).....	48
Figure20.Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya d'El Taref, période (1970-2007).....	49
Figure21. Répartition des précipitations saisonnières au niveau du littoral de l'Est Algérien, période (1970-2007).....	52
Figure 22.Répartition en pourcentage (%) des quantités pluviométriques saisonnières moyennes des wilayas, période (1970-2007).....	54

Figure 23.Précipitations mensuelles moyennes de littoral, période (1970-2007).....	57
Figure 24. Répartition des précipitations moyennes mensuelles des wilayas, période (1970-2007).....	59
Figure 25. Répartition des précipitations mensuelles minimales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007).....	60
Figure 26. Répartition des précipitations mensuelles maximales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007).....	61
Figure 27. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007) dans la wilaya de Béjaia.....	62
Figure 28.Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007) dans la wilaya de Jijel.....	62
Figure 29.Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007) dans la wilaya de Skikda.....	63
Figure 30.Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007) dans la wilaya d'Annaba.....	63
Figure 31.Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007) dans la wilaya d'El Taref.....	64
Figure 32. Coefficient mensuel des précipitations à l'échelle régionale, période (1970-2007).....	65
Figure 33.Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de littorale, période (1970-2007).....	66
Figure34.Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya de Béjaia, période (1970-2007).....	67
Figure35.Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya de Jijel, Période (1970-2007).....	68
Figure36.Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya de Skikda, période (1970-2007) .....	69
Figure37.Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya d'Annaba, période (1970-2007).....	70
Figure 38.Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya d'El Taref, période (1970-2007).....	71
Figure 39.Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'automne dans la région d'étude période (1970-2007).....	72

Figure 40. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'hiver dans la région d'étude, période (1970-2007).....	73
Figure 41. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de printemps dans la région d'étude, période (1970-2007).....	74
Figure 42. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'été dans la région d'étude Période (1970-2007).....	75
Figure 43. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de septembre dans la région d'étude période (1970-2007).....	76
Figure 44. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'Octobre dans la région d'étude période (1970-2007).....	77
Figure 45. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Novembre à la région d'étude, période (1970-2007).....	78
Figure 46. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Décembre dans la région d'étude, période (1970-2007).....	79
Figure 47. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Janvier à la région d'étude période (1970-2007).....	80
Figure 48. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Février à la région d'étude, période (1970-2007).....	81
Figure 49. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Mars à la région d'étude période (1970-2007).....	82
Figure 50. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'Avril à la région d'étude période (1970-2007).....	83
Figure 51. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Mai à la région d'étude période (1970-2007).....	84
Figure 52. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Juin à la région d'étude période (1970-2007).....	85
Figure 53. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Juillet à la région d'étude période (1970-2007).....	86

Figure 54. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'Aout à la région d'étude  
période (1970-2007)..... 87

## Résumé

Les pluies extrêmes dans littoral-Est de l'Algérie provoquent des aléas et des impacts sur l'agriculture en générale et sur les céréalicultures en particulier.

La distribution des pluies extrêmes dans la région d'étude, est étudiée en utilisant les méthodes statistiques et arithmétiques, basées sur le calcul des indices de pluies extrêmes tels que le coefficient mensuel de précipitation et l'indice standardisé des précipitations. Les résultats ont montré que les pluies extrêmes dans la région est dans le mois de Décembre est à la hausse, et Juillet à la basse, et elles sont intensives par rapport l'importance des pluies dans cette région. Elles sont irrégulières dans l'espace et dans le temps. L'évolution et la variabilité des pluies extrêmes sont à la hausse dans notre région.

**Mots clés :** Région littorale, pluie extrême, méthodes statistiques, coefficient mensuel de précipitation, indice standardisé de précipitation.

## Abstract

Extreme rains in Algeria's eastern coastline cause uncertainties and impacts on agriculture in general and on rainfed agriculture in particular.

The distribution of extreme rains in the coastal region of northern Algeria is studied using statistical and arithmetic methods based on the calculation of extreme rainfall indices such as the monthly precipitation coefficient and the standardized precipitation index. The results shows that the extreme rains in the region is in the month of December and July, and are intensive in relation to the amount of rainfall in this region. They are irregular in space and time. The evolution and variability of extreme rains are on the rise in our region.

**Keywords:** Coastal region, extreme rain, statistical methods, monthly precipitation coefficient, standardized precipitation index.

## الملخص

وتتسبب الأمطار الشديدة في الساحل الشرقي للجزائر في عدم اليقين والتأثيرات على الزراعة عموما والزراعة البعلية (محاصيل الحبوب) على وجه الخصوص.

توزيع الأمطار الغزيرة في المنطقة الساحلية من شمال الجزائر درس باستخدام الأساليب الإحصائية والحسابية استنادا إلى حساب مؤشرات هطول الأمطار الشديدة مثل معامل هطول الأمطار الشهري ومؤشر الهطول الموحد.

وأظهرت النتائج أن الأمطار الشديدة في المنطقة تقع في شهر ديسمبر أخذ في الارتفاع، ويوليو في أدنى مستوى وهي مكثفة فيما يتعلق بكمية الأمطار في هذه المنطقة، فهي غير منتظمة في المكان والزمان. تطور وتقلب الأمطار الغزيرة أخذ في الارتفاع في منطقتنا.

**الكلمات المفتاحية** المنطقة الساحلية، المطر المتطرف، الأساليب الإحصائية، المعامل الشهري لهطول الأمطار، مؤشر هطول الأمطار الموحد

# *Introduction*



## INTRODUCTION

Les changements climatiques représentent la question environnementale majeure, qui domine notre époque. Ils constituent un défi auquel, doit répondre les organismes de contrôle environnementaux. Les changements climatiques sont caractérisés par la recrudescence des phénomènes extrêmes comme, les sécheresses, les inondations, la hausse des températures, la variabilité accrue de la pluviométrie en relation avec les caractéristiques des saisons agricoles **(GIEC, 2007)**, à l'échelle mondiale et surtout africaine.

L'Algérie est l'une des régions les plus vulnérables aux effets des changements climatiques. Au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, le Nord d'Algérie a connu une variabilité à la baisse de la pluviométrie annuelle, mais cette variabilité s'est accentuée à partir des années quatre-vingt et a eu des impacts importants sur l'environnement (les précipitations varient entre 10 et 20 %) **(El Maddahi et al., 2011)**.

Le Nord d'Algérie à 80% semi-aride à aride **(Smadhi, 2011)**, est de plus en plus confrontée à la recrudescence d'événements climatiques "extrêmes" qui accentuent sa vulnérabilité. L'Est algérien, est la région la plus variée du pays sur le plan climatique **(Hamenni et al, 2015)**.

La pluviométrie en Algérie, à l'échelle régionale et au pas de temps annuel, saisonnier et mensuel, a fait l'objet de plusieurs études tels que les travaux de (Seltzer pour la période (1913-1938) ; Gaussien pour la période allant de (1918-1947) ; Medinger (1913-1953) ; Chaumont et Paquin (1933-1963) et Smadhi (1940-2009).

Les précipitations extrêmes qui sont des phénomènes rares ayant un impact économique, surtout dans le domaine agricole, peu d'études ont été réalisées de ce sens, en raisons du manque d'informations sur les caractéristiques des pluies sur de longues séries d'années, et à l'échelle spatiale. L'étude proposée, tente une évaluation des pluies extrêmes à l'échelle de la région littorale de l'Est algérien, sur la période comprise entre (1970-2009).

La région d'étude est composée actuellement selon le découpage administratif par les wilayas de Béjaïa, Jijel, Skikda, Annaba et El Taref à climat humide à subhumide.

La méthodologie adoptée, tente de mettre en évidence l'évolution spatiale des pluies extrêmes aux pas de temps annuel, saisonnier et mensuel, à travers l'analyse des coefficients pluviométriques et le calcul des indices standardisés pluviométriques (ISP).

Objectifs d'étudier les pluies extrêmes est l'évaluation de la variabilité des pluies extrêmes à l'échelle pluriannuelle et mensuelle, dans un contexte d'évolution climatique en relation avec l'évolution des cultures, la planification de l'aménagement du territoire, et du dimensionnement des ouvrages (réseaux, ponts, digues, etc.).

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre synthétise les travaux réalisés sur le climat et l'évolution de la pluviométrie à l'échelle mondiale, régionale et locale.
- Le deuxième chapitre expose la méthodologie suivie pour analyser les pluies extrêmes.
- Enfin, le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussions, illustrés par des graphiques et des tableaux.

# *Chapitre I.*

## *Synthèse Bibliographique*

# 1. Climat

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point quelconque de la terre (**Arléry, 1973**). Il peut être défini comme la combinaison des états de l'atmosphère (précipitation, température, vent) en un lieu donné et sur une période définie (mois, année, décennie) (**Azizou et Madani, 2015**).

La caractérisation d'un climat est réalisée à l'aide des moyennes statistiques annuelles et mensuelles sur les principales données météorologiques tel que la température, les précipitations, l'humidité, le vent (**Zella, 2012**). Dans un sens plus large, le climat est la description statistique de l'état du système climatique (**Dumas et al., 2005**).

Le climat d'une région est soumis à l'influence de forçages à l'échelle locale et régionale tel que le relief, les modes d'utilisation des terres ou la présence de lacs ainsi qu'aux influences plus lointaines d'autres régions (**GIEC, 2007**). Toutes les régions de la Terre n'ont pas les mêmes conditions météorologiques. Cela peut se mesurer par des températures différentes, mais aussi par les précipitations, l'ensoleillement, les vents, ainsi, que d'autres paramètres atmosphériques. Les climats de la terre résultent de la combinaison de trois phénomènes

- La répartition sur le globe de l'énergie reçue du soleil ;
- La manière dont l'atmosphère et l'océan redistribuent l'énergie reçue ;
- L'intensité de l'absorption par l'atmosphère du rayonnement infra rouge émis vers le ciel par la surface de la terre (effet de serre) (**Labrousse, 2005**).

Il existe plusieurs systèmes de classification des climats. Certains se réfèrent au relief (montagne ou plaines), la proximité de la mer, aux latitudes, d'autres prennent en considération les vents dominants, la pluviosité ou l'altitude (**Educlever, 2017**), on répartit les climats en cinq grandes familles (tropicale, subtropicale, tempérée, steppique et polaire) aux quelles, il faut ajouter le climat de montagne qui dépend de l'altitude (Koppen, 1961).

## 1.1.Climat Méditerranéen

Le climat méditerranéen est caractérisé par trois paramètres qui sont les températures clémentes, la présence d'une saison estivale sèche plus ou moins longue mais, bien marquée et un volume annuel de précipitations extrêmement variable. Ces paramètres varient beaucoup d'une région à l'autre ou à l'intérieur d'une même région notamment, en fonction de l'orientation des vents dominants et de la configuration des reliefs, ce qui entraîne la

différenciation de plusieurs types de climats ou plutôt plusieurs zones bioclimatiques (**Skouri, 1993**).

Les conditions climatiques variables de la région méditerranéenne, influencent profondément la végétation ainsi, que la faune et la flore sauvages (**Union européenne, 2010**).

Cette région du globe se distingue par divers caractéristiques, dont nous citons ;

-Un climat de transition entre les climats tempérés et tropicaux secs. Ce climat méditerranéen est défini comme un climat extratropical à photopériodisme saisonnier et quotidien. Il se caractérise par des étés secs et chauds et des hivers humides et froids. A certaines périodes de l'année, le climat peut aussi, se montrer capricieux, marqué par des averses torrentielles soudaines ou des périodes de grands vents (tels que le sirocco et le mistral) (**Emberger, 1954 ; Union européenne, 2010**). La saison des pluies se situe entre la saison automnale et hivernale, avec des températures douces. En zone méditerranéenne, plus les précipitations sont faibles, plus elles sont variables (**Le Houerou, 1986 cité par FAO, 1990**).

-Un espace fragmenté et hétérogène qui est certainement, le plus complexe du monde (**Quézel et Médail, 2003**).

## **1.2. Délimitation des régions à climat méditerranéen**

Selon Emberger (1964), les territoires méditerranéens du globe sont les pays groupés autour de la Méditerranée mais, débordant, à l'ouest, sur l'Atlantique, et à l'est, sur l'Asie occidentale, englobant par ailleurs, l'Afrique septentrionale, le Sahara septentrional. La méditerranée est un territoire immense, allant de Madeire et les Canaries à l'Indus, et de l'Europe méridionale au Sahara septentrional, celui-ci incluse la Californie, en gros depuis l'Oregon jusqu'au nouveau Mexique, le Chili central, le Cap, le tiers méridional de l'Australie.

Le climat méditerranéen de ces régions géographiques, n'est pas monotypique, mais, tous ont des traits fondamentaux communs qui en font une profonde unité (**Emberger, 1964**).

## **1.3. Climat de l'Algérie**

L'Algérie est un pays de zone subtropicale du nord de l'Afrique. Il présente un climat de type méditerranéen, extra tropical tempéré (**Farah, 2014**). Le climat régional caractérisé par une grande superficie, diffère du nord au sud et de l'Est à l'Ouest. La partie nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien possède un climat méditerranéen selon la Classification de Köppen

(1936,1961) alors que le reste du pays possède en majorité, un climat désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'Atlas saharien. Le climat de l'Algérie, est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale allant de 3 à 4 mois sur le littoral, 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et plus de 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. Cette caractéristique est due essentiellement, à l'influence de trois paramètres conjuguée : la mer, le relief et l'altitude (Farah, 2014). D'une manière générale, le climat de l'Algérie est caractérisé par la fréquence des pluies durant la période froide de l'année, il y a coïncidence de la saison sèche et de la saison chaude (Kherief, 2006).

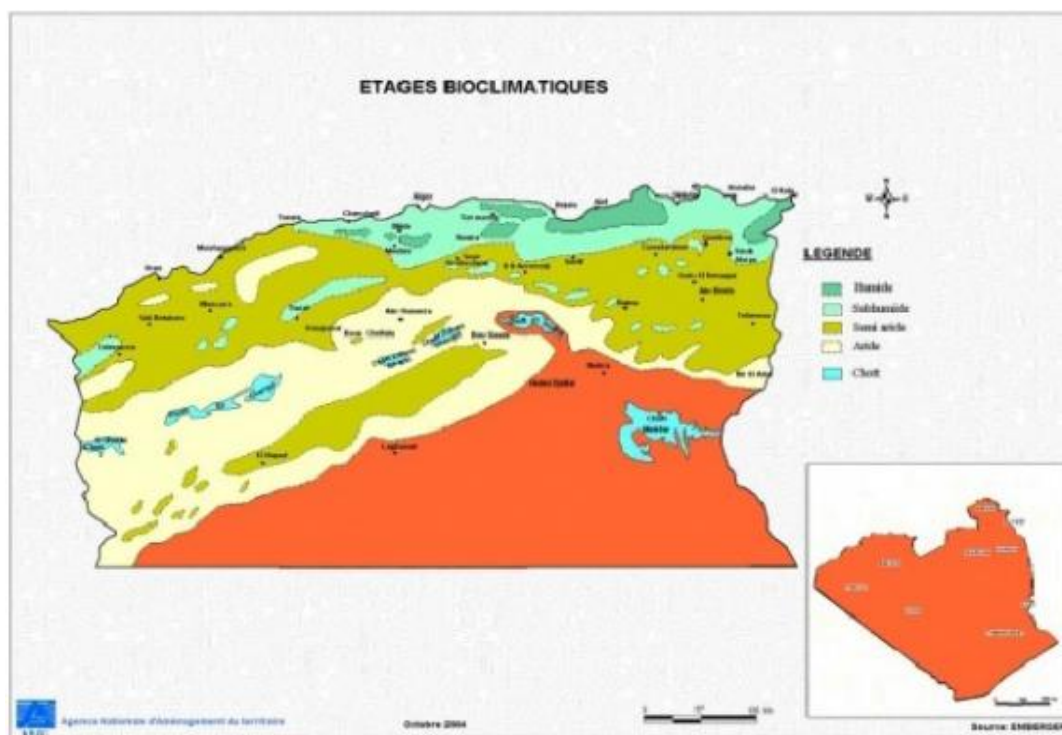
#### 1.4. Etages bioclimatiques de l'Algérie

L'Algérie est située au sud de la méditerranée entre 18° et 38° de latitude Nord et 9° et 12° de longitude Est (MATE, 2015). Les étages bioclimatiques de l'Algérie se distinguent par ;

- **Etages humide et subhumide** : ces étages caractérisent essentiellement, la côte et l'Atlas Tellien du pays. Ils sont définis par des hivers pluvieux et doux et des étés chauds et secs. Les précipitations diminuent d'Est en Ouest (1000 à 400 mm) et du Nord au Sud. Les températures moyennes minimales et maximales oscillent respectivement, entre 5 et 15°C en hiver et 25 à 35°C en été. Les vents humides venant de la mer apportent des pluies, de l'automne au printemps. Ces pluies sont plus abondantes à l'Est qu'à l'Ouest. Cependant, l'influence du désert se fait sentir à travers l'action du «sirocco», représentant des vents secs et chauds, soufflant du Sud au Nord).

- **Etage semi-aride** : est couverte les Hautes Plaines et l'Atlas Saharien, il est caractérisé par des précipitations faibles et irrégulières, entre 200 et 400 mm par an. Les pluies sont rares, surtout sur les Hautes Plaines Oranaise. En hiver la température peut descendre au-dessous de 0°C en revanche, en été elle dépasse 30, voire même 40°C.

- **Etage aride à Saharien** : est localisé dans la région saharienne, il est caractérisé par des pluies rares et très irrégulières provoquant souvent des inondations. Les précipitations sont inférieures à 150 mm par an. Le Sahara est l'une des régions les plus chaudes du monde : les températures de jour peuvent atteindre en été, 45 et même 50°C (MATE, 2015).



*Source* : MATE(2010)

**Figure 1. Etages bioclimatiques de l'Algérie.**

Les superficies territoriales, que couvrent les étages bioclimatiques d'Algérie, sont reflétées par le tableau 1.

**Tableau 1. Les étages bioclimatiques en Algérie.**

Etages bioclimatiques	Pluviométrie (mm)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Per-humide	1200-1800	185275	0,08
Humide	900-1200	773433	0,32
Subhumide	600-900	3401128	1,43
Semi-aride	300-600	9814985	4,12
Aride	100-300	11232270	4,72
Saharien	<100	212766944	89,3

*Source* : (Nedjraoui, 2001).

### **-Zones bioclimatiques de l'Est Algérien-littorale**

Le rythme climatique à dominance méditerranéenne régissant le climat de l'Algérie, qui est défini par le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q2). Cet indice qui combine les précipitations et les températures, est donné par la formule :

$$Q_2 = \frac{2000 * p}{(M + m + 546.4) * (M - m)}$$

Où

**P**: la pluviométrie annuelle en mm

**M**: la température maximale du mois le plus chaud en °C (Juillet)

**m** : la température minimale du mois le plus froid en °C (Janvier) (**Mokhtari et al., 2013**).

Ce quotient définit deux grands types de bioclimats méditerranéens dans le littoral de l'Est Algérien

- **Domaine humide** : ce domaine est caractérisé par une pluviométrie supérieure à 900 mm et une forte humidité de l'air, il est caractéristique de la région littorale, il est particulièrement développé dans toute la région de Jijel, l'Est de Béjaia, le Sud-Est de Skikda et le Nord-Est de Annaba; une poche est localisée à l'intérieur au niveau de la région de Souk Ahras épousant les monts de la Medjerda.

-**Domaine subhumide** ; il est caractérisé par une pluviométrie supérieure à 600 mm, il est aussi, caractéristique de la région littorale où il partage sa dominance avec le domaine humide bien qu'il soit plus développé que ce dernier (**Farah, 2014**).

---

**Région agricole** : c'est un espace où les conditions physiques (sol, climat) et la mise en valeur agricole (type de cultures et d'exploitations) sont semblables (Mohamedou, 2000).

**Zone** : c'est un périmètre qui est délimité dans une région en fonction des objectifs visés (Mohamedou, 2000).



## 2. Les précipitations

La pluviométrie est un élément fondamental du climat. Elle est considérée comme un facteur primordial par son impact direct sur l'hydrologie de surface, dont elle représente la seule source hydrique de la végétation naturelle des milieux terrestres (**Merzouk, 2010**). Du point de vue quantitatif, la pluviométrie est exprimée en général, par la moyenne annuelle. Son importance est telle que, les différentes classifications du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations, en combinaison avec les moyennes et/ou les extrêmes de température (**Brahmi, 2014**). Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres ; leur volume, leur intensité, les mois et aussi les années. Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. Cette variabilité est due à l'existence de gradients (**Djellouli, 1990 ; Nedjraoui, 2001**) ;

-Un gradient longitudinal où la pluviosité augmente d'Ouest en Est (450 mm/an à Oran plus de 1000 mm/an à Annaba). Ce gradient est dû à deux phénomènes : à l'Ouest, la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain agissent comme écran et éliminent ainsi l'influence atlantique, à l'Est, les fortes précipitations sont attribuées aux perturbations pluvieuses du Nord de la Tunisie.

-Un gradient latitudinal étant que les précipitations moyennes annuelles varient de 50 mm dans la région du M'Zab à 1 500mm à Jijel. Cette diminution du littoral vers les régions sahariennes est due à la grande distance traversée par les dépressions qui doivent affronter sur leur parcours les deux chaînes atlasiques.

-Un gradient altitudinal universel qui varie en fonction de l'éloignement de la mer.

Le climat de l'Algérie connu pour sa grande diversité spatiale et sa grande variabilité interannuelle se distingue par ;

- une variabilité spatiale et temporelle marquée. S'il pleut uniquement 350 mm en moyenne dans la région Ouest, cette moyenne peut dépasser les 1000 mm à l'Est et atteindre, certaines années, les 2000 mm sur les reliefs élevés.

-une pluviométrie qui décroît rapidement vers le Sud. A la lisière du Sahara, la moyenne devient inférieure à 100 mm.

-une concentration des précipitations en un nombre réduit de mois durant l'année, de décembre à avril représentant les 5 mois les plus productifs (PNUD, 2009).

### **2.1. Mécanisme de formation de précipitation**

La formation des précipitations, qu'elles soient sous forme de pluie, grêle ou neige, est dépendante de nombreuses propriétés microphysiques et thermodynamiques. Sa formation s'effectue de la manière suivante : Après évaporation, la vapeur d'eau s'élève, se condense (si les conditions thermodynamiques comme la pression ou la température le permettent) pour former des gouttelettes liquides nuageuses, la suspension dans l'air des particules nécessitant un support comme les aérosols.

La taille des gouttelettes nuageuses croît ensuite grâce à de nombreux processus microphysiques (coalescence, auto conversion, accrétion, effet Bergeron.etc.), jusqu'à que leur masse devienne suffisante pour précipiter (le poids des gouttes devient alors supérieur à leur flottabilité) (Armetta, 2006).

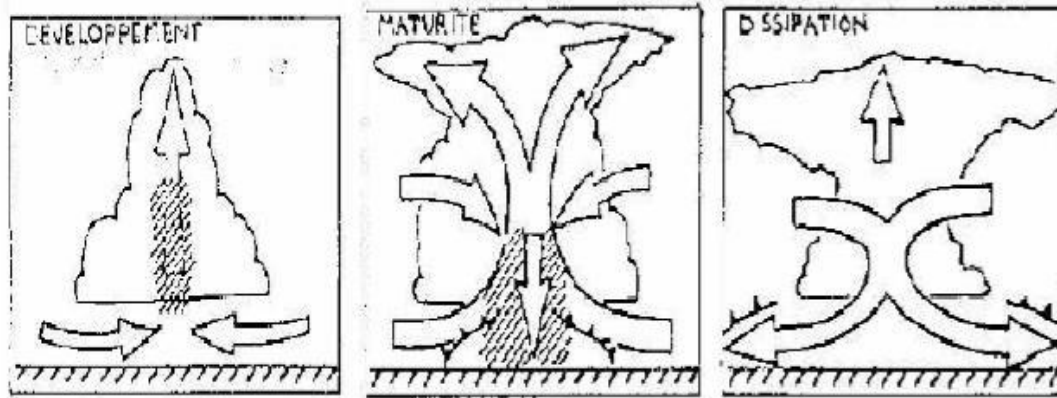
### **2.2. Types de précipitation**

Les types de précipitation sont le résultat de l'ascendance de masse d'air chaud et humide. En hydrologie, on ne s'intéresse pas particulièrement à la connaissance des phénomènes engendrant la formation des précipitations. Ce type de connaissance est du au domaine de la météorologie. Les précipitations constituent la donnée de base qui sert de point de départ pour le dimensionnement, la réhabilitation et la gestion en temps en réel d'un système hydrique aussi bien en milieu urbain que rural (Brahmi,2014). On peut classer les précipitations en trois types ;

- Les précipitations convectives
- Les précipitations orographiques
- Les précipitations frontales ou cycloniques

#### **2.2.1. Précipitation de convection**

La précipitation de convection est une ascension de l'air chauffé au niveau de sol causant sur refroidissement adiabatique et une condensation. Les précipitations résultantes sont habituellement de courtes durée et de forte intensité, comme des orages électriques (El Jabi et Rousselle, 1990). Ce système est décrit par trois (3) phases ; le développement, la maturité et la dissipation tel qu'il est représenté sur la figure 2 (Sanchez et al., 1970).



Phase 1

Phase 2

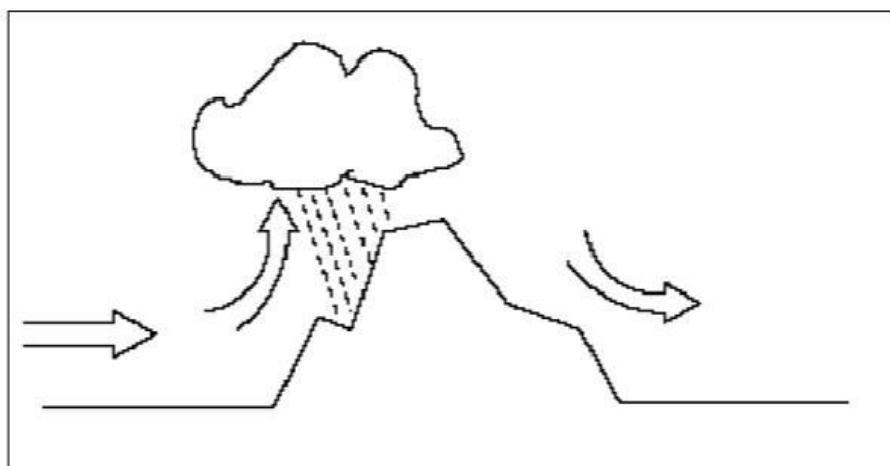
Phase 3

Source : Roche(1963).

**Figure2. Précipitation convective.**

### 2.2.2. Précipitation orographique

La précipitation de soulèvement orographique se produit lorsque, des masses d'air chaud poussées des mers vers les terres, rencontrent une zone montagneuse, elles s'élèvent alors, se refroidissent, adiabatiques et se condensent. Les caractéristiques des précipitations dépendent de l'élévation de la pente et de son orientation ainsi que de la distance qui sépare l'origine de la masse d'air chaud du milieu de soulèvement (**El Jabi et Rousselle, 1990**).

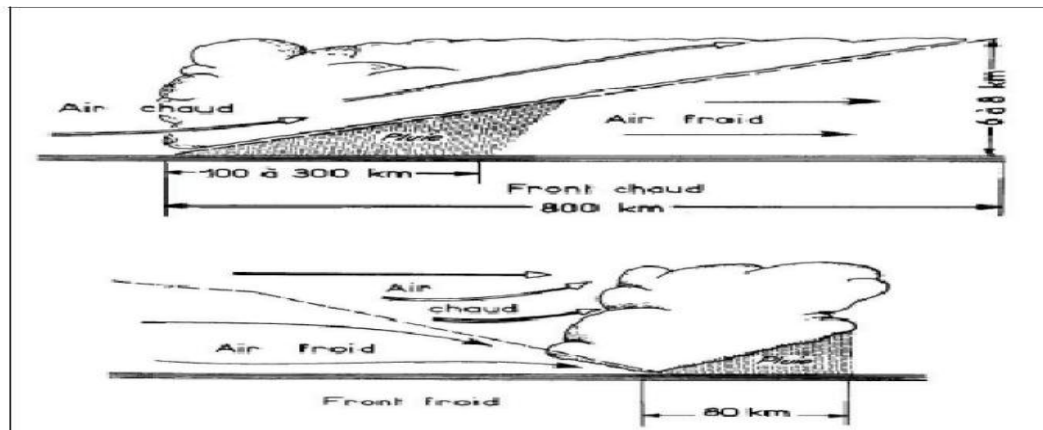


Source : Roche (1963)

**Figure 3.Précipitation orographique.**

### 2.2.3. Précipitation cyclonique ou frontale

La précipitation cyclonique au fond de température, se produit aux régions de convergence de masses d'air de température et d'humidité différente, ou' des tourbillons poussent les masses d'air chaud vers les hautes altitudes, provoquant un refroidissement adiabatique et une condensation. Les précipitations résultantes sont généralement importantes et prolongées (**El Jabi et Rousselle, 1990**).



Source : Berne (2002)

Figure 4. Précipitation cyclonique.

### 2.3. Appareils de mesure

Les précipitations sont mesurées par deux catégories d'appareils :

**Pluviomètres** : Les pluviomètres sont des instruments de bases de la mesure des liquides ou solides. Il indique la quantité d'eau totale précipitée et recueillie à l'intérieur d'une surface calibrée dans un intervalle de temps séparant deux relevés. Ils donnent la hauteur d'eau totale précipitée en mm, généralement, en 24 heures (**Krajewski, 2007**). Le modèle le plus utilisé est le pluviomètre association, qui est couramment utilisé en Algérie (**Marc, 1999**).

**Pluviographes** : C'est un instrument captant la précipitation de la même manière que le pluviomètre. Son dispositif permet de connaître, outre la hauteur d'eau totale, leur répartition dans le temps, autrement dit, les intensités. Ils indiquent le cumul de la hauteur de pluie précipitée au cours du temps, il détermine ainsi, l'intensité de la pluie (mm/h) (**Krajewski, 2007**). Le plus utilisé dans le réseau de l'Office Nationale de la Météorologie (ONM) est le pluviographe à auget basculeur. Il existe d'autres modèles de pluviographes tels que, les pluviographes à siphon et les pluviographes à pesée.

## 2.4. Variabilité spatio-temporelle de précipitations

Les précipitations sont un des processus hydrologiques les plus variables (aussi bien dans l'espace que dans le temps) (Chibane et al., 2015). Des régions sont plus arrosées que d'autres et des mois qui sont plus pluvieux que d'autres. L'étude de la variation spatio-temporelle de la pluviométrie s'est faite en utilisant les différentes données des stations pluviométriques qui couvrent la zone d'étude (Mahaman et al., 2015).

### 2.4.1. Répartition des précipitations dans l'espace

Parmi les échelles spatiales, on distingue le microclimat, le méso climat, et le macroclimat. Le microclimat est une structure climatique fine de la couche atmosphérique adjacente à une surface déterminée. Le méso climat est un climat de région naturelle, de petite étendue (Vallée, Forêt, etc.) (Smadhi, 2002).

L'inégale de la répartition des précipitations, s'observe quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte.

**Echelle du globe :** est la quantité moyenne de vapeur d'eau contenue sur l'ensemble de la planète correspond, à une lame d'eau de 25 mm. Cette valeur diminue régulièrement de l'équateur au pôle, et d'été en hiver, en relation avec la quantité de chaleur disponible pour l'évaporation. La répartition mondiale des précipitations est étroitement dépendante des conditions locales d'ascendance. À l'échelle du globe, les zones de précipitations maximales sont les zones équatoriales et les régions de mousson. A l'opposé, les zones de faibles précipitations sont les zones subtropicales et les régions polaires, pour des raisons toute fois complètement différentes, dans le premier cas l'absence de précipitations est due à la présence de celles de haute pression empêchant toute ascendance de l'air, alors que dans les régions polaires la faiblesse des précipitations résultent de la faible teneur en eau de l'atmosphère dont les températures sont très basses.

**Echelle régionale:** en Algérie, les influences orographiques apparaissent vite comme déterminantes. Les régions les plus arrosées sont représentées dans l'Est de l'Atlas Tellien. Elle exprime l'influence simultanée de l'orographie et de la circulation atmosphérique régionale durant toute l'année. La moyenne annuelle atteint 800 mm, le régime pluviométrique se caractérise par un maximum pendant la saison froide, et par des intensités pluviométriques relativement fortes (Medjerab et Henia, 2005).

**Echelle locale :** même pour de toutes petites surfaces, la variabilité des précipitations peut être considérable; elle est toute fois d'ampleur différente suivant les types de pluies, bien plus

importantes pour des pluies convectives que pour des pluies cycloniques. Or, il s'agit là, notamment en ce qui concerne la grève des crues, d'un phénomène d'autant plus fondamental qu'il est difficile à connaître avec précision (**Robinson, 2000**).

#### **2.4.2. Répartition des précipitations dans le temps**

La mesure des précipitations en un point donné montre de grandes différences d'une heure à l'autre, d'une semaine à l'autre, et même d'une année à l'autre. A un pas de temps fin, cette variabilité est bien plus importante pour la pluie que pour toute autre composante du cycle hydrologique tel que l'évaporation. La distribution des précipitations est déterministe, puisqu'elle dépend de la circulation atmosphérique et des propriétés des masses d'air.

La variabilité des précipitations est soumise à trois séries temporelles de variation : les variations journalières, aléatoires et cycliques, liées aux rythmes nyctéméral et saisonnier du soleil. Enfin des variations à long terme peuvent s'assimiler à des tendances ou à des modifications climatiques.

**Variation aléatoire :** est la grande variabilité interannuelle des pluies résulte du fait que, une part importante de la pluie annuelle se produit lors d'un petit nombre d'événements pluvieux, et que l'occurrence de ces événements est très aléatoire. Ceci apparaît immédiatement si l'on regarde les courbes annuelles des hauteurs de pluies classées pour deux stations de climats très différents.

Il est facile de comprendre que l'occurrence ou l'absence de ces événements pluvieux affecte sensiblement le total annuel, et l'irrégularité est d'autant plus grande que le nombre d'événements est petit. La variabilité interannuelle est la plus forte dans les régions de faible pluviosité où la pluie ne tombe qu'occasionnellement, que pour des régions où la pluie est fréquente, explique que la fiabilité de l'estimation des précipitations moyennes en climat aride et semi-aride est particulièrement sensible à la longueur des séries d'observations.

**Variation périodique :** des variations des minimums et des maximums pluviométriques se produisant à un rythme relativement régulier, et assimilables à des cycles. Les plus connus sont les cycles diurnes et les cycles annuels. Dans l'un comme dans l'autre cas, les précipitations se produisent dans les périodes les plus chaudes, quand la teneur en eau de l'atmosphère est la plus élevée, et la convection thermique la plus forte.

Les variations diurnes ne sont importantes que dans les régions où l'essentiel des précipitations est d'origine convective, résultat de la surchauffe de la surface du sol pendant la journée. Ce type de variation se rencontre essentiellement en climat tropical humide.

**Variation séculaire :** le climat ait changé au cours des temps passés, et pas de raison de penser que de tels changements ne peuvent pas se reproduire. La question de savoir si de telles modifications du climat à long terme ont un caractère cyclique ou non demeure un sujet de controverse. Pourtant, ce consensus actuel autour de l'idée selon laquelle le climat n'est pas forcément stable est un fait nouveau dans l'histoire des sciences. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle certains chercheurs pensaient qu'un enregistrement continu pendant 35 ans permettait de connaître la pluviométrie annuelle moyenne vraie à 2% près. Cet optimisme n'est plus de cours aujourd'hui (**Robinson, 2000**).

### **2.5. Effet de l'altitude et de la latitude sur les hauteurs pluviométriques**

La pluviométrie en Algérie est sous l'influence des facteurs géographiques, qui sont l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, et elle est plus abondante sur les reliefs qu'en plaine (répartition orographique ou hypsométrique), mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides (pluvieux) du NW, que sur les autres. Elle augmente d'ouest en Est et à l'inverse, elle diminue au fur et à mesure, du littoral vers le sud. L'Algérie, en effet, dresse sur son littoral les pentes de la chaîne tellienne, qui reçoit de plein fouet les flux perturbés et fait écran aux plaines et bassins intérieurs. Il y a une décroissance rapide des pluies à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers l'intérieur du pays (**Meddour, 2010**).

Par exemple, le massif montagneux du Djurdjura, est naturellement désigné par son altitude (2308m). Sa proximité relative à la mer (45 à 50 Km) et par son orientation Est-Ouest, à recevoir en hiver, la masse principale des pluies dont une partie tombera sous forme de neige (à partir de 700 - 800m d'altitude) ce qui constitue un atout hydrologique important pour l'alimentation de l'Oued et ses affluents.

Dans la région du Djurdjura la pluviométrie est la plus importante (altitude >1000 m). Les quantités de pluies reçues, accompagnées de neige varient de 1500 à 2000 mm/an, tandis que dans la zone littorale et les piémonts, présentent des précipitations moindres qui oscillent, entre 800 et 900 mm/an (**Haouchine, 2011**).

### **3. Evénements extrêmes**

Une grande partie de l'Algérie est extrêmement vulnérable aux variations et extrêmes climatiques, notamment la sécheresse et les inondations, l'élévation du niveau de la mer sont les principaux événements extrêmes liées aux pluies.

Les textes sur les changements climatiques emploient très fréquemment le terme d'

« Événement extrême » (*extreme event*, en anglais). Mais, curieusement, aucune analyse n'en est généralement fournie. Le 4<sup>ème</sup> rapport de synthèse du GIEC répare heureusement cette lacune en définissant l'événement météorologique (*weather event*) extrême comme « rare en un lieu et à un moment particulier de l'année» et en indiquant qu'il ne devient un événement climatologique extrême que s'il persiste un certain temps, particulièrement s'il se traduit par une moyenne elle-même rare.

Cette définition ne précise pas la nature des « événements» pris en compte. La gamme des paramètres climatiques est large et inclut les températures saisonnières, la vitesse du vent, les précipitations, les déficits hydriques, les pointes de pollution, par exemple. Il n'y a pas de seuil ou de limite dans la durée : ainsi, une pluie intense peut correspondre à une précipitation produite en quelques minutes, une heure, ou une journée ; une sécheresse à un déficit d'eaudurant un mois, une saison ou plusieurs années ; l'événement peut se produire abruptement, mais son déroulement peut englober des moments précurseurs et/ou des phases ultérieures longues. Par ailleurs, la même notion événementielle extrême s'applique aussi, aux effets résultant des aléas : victimes corporelles et dommages, pandémies, disparitions d'espèces, impacts sur les écosystèmes (**Bourrellet et Dunlas, 2009**).

### **3.1. Précipitations extrêmes**

Les précipitations extrêmes sont des Aléas hydroclimatiques et des événements pluviométriques des fortes intensités se produisant sur un pas de temps court, et de faible occurrence à la fois dans le temps et dans l'espace. Ces événements exceptionnels sont généralement à l'origine de catastrophes naturelles telles que les crues, inondations et mouvements de terrain, dont l'impact sur les zones urbanisées s'avère souvent non négligeable tant sur le plan économique qu'humain (**Berolo et Laborde, 2003**).

### **3.2. Principales causes des pluies extrêmes**

L'Algérie a connu ces dernières années des phénomènes météorologiques extrêmes .Le réchauffement climatique est la principale cause des pluies extrêmes (**Décamps, 2013**) puisqu'il provoque le changement climatique qui cause ces événements extrêmes. Ces dernières sont causés par des conditions biologiques, géologiques présenté par les éruptions volcaniques, sismiques comme les tremblements de terre, hydrologiques ou météorologiques comme tsunامي, inondations, ou des processus en milieu naturel (cyclones, éboulements) (**Srinivas, 2005**),des conditions socioéconomiques comme la croissance de la population et le



développement urbain des zones vulnérables(**Lopez, 2012**). L'augmentation de la sévérité des événements climatiques dus à El Niño et la Niña qui sont deux phénomènes qui causent aussi les évènements extrêmes (**Lopez, 2012**).

### **3.3. Impacts des pluies extrêmes**

Les effets néfastes des phénomènes climatiques extrêmes constituent un grand handicap pour le développement du pays en général, et pour les régions littorales de l'Algérie localisés dans le Nord-est du pays en particulier. Des impacts sur la santé et le bien-être des populations sont à redouter, en raison notamment des événements extrêmes tels que les canicules, les tempêtes et les inondations, qui sont des phénomènes s'accompagnant très souvent de décès prématurés.

Les impacts indésirables des évènements extrêmes touchent les différents domaines et activités, et chaque évènement a ses propres effets sur ces domaines. Globalement, les évènements extrêmes causent des effets dévastateurs et des dégâts sur l'agriculture et les ressources en eau. Ils provoquent ainsi la liquéfaction du sol, le glissement de terrain et les inondations.

Sur l'environnement, ils influencent des dégâts à l'intérieur et sur l'environnement côtier du pays tel que la pollution de l'environnement (air, sol, eau) ;

En économie, on compte des risques technologiques et détérioration de l'infrastructure (explosions, Éboulements, perturbation des réseaux tel que les Coupures d'électricité .Et concernant la coté sociale, il ya des pertes des télécommunications et d'habitation/habitation endommagée ainsi que une perturbation du niveau et mode de vie (**Srinivas, 2005 ; kuitsouc, 2011**).

Quelques évènements extrêmes liés aux pluies extrêmes et leurs impacts présentés dans le tableau

**Tableau 2. Impacts des pluies extrêmes.**

Evènements extrêmes	Impacts sur l'agriculture, sol et eau
Sécheresse	Assèchement et destruction des cultures Baisse productivité Pénurie d'eau potable Augmentation de l'aridité et perte des habitats des espèces Indisponibilité des produits forestiers non ligneux Réduction de l'accessibilité au bois énergie Perte de la biodiversité Forte évaporation des surfaces en eau, stress hydrique lessivage des sols Destruction des pâturages et du bétail Destruction des étangs Perte des habitats des espèces et des étangs productifs Diminution des ressources halieutiques
Inondations	Destruction des arbres Décès par noyade Expansion des maladies hydriques (choléra, amibiase, typhoïde, hépatite) Contamination et pollution des eaux souterraines et aquifères Ensablement et dysfonctionnement des systèmes d'assainissement Ensablement des barrages hydroélectrique

*Source* : (PNUD, 2015).

### 3.4. Relation entre aléa, enjeux et risque

#### 3.4.1. L'aléa

L'aléa semble le terme le plus adéquat pour définir le phénomène physique, naturel et non maîtrisable, d'occurrence et d'intensité donnée (définition du ministère de l'environnement et de développement durable français). Cette définition révèle le caractère hasardeux du risque et

le faire différencier de sa définition linguistique qui le présente comme un risque et non pas un de ses composantes. Dans notre cas où le risque est l'inondation l'aléa n'est que le phénomène naturel de crue non maîtrisable d'occurrence et d'intensité aléatoires, cette prévision est probabiliste et la détermination de l'intensité et la fréquence de crue est basé sur le traitement stochastique de l'historique des événements où la longueur de la série observée joue un rôle principal sur la validité des prévisions. Néanmoins la notion de période de retour est purement statistique et elle ne correspond qu'à l'appréciation de l'intensité du phénomène en comparaison à d'autres (**Chachoua, 2010**).

### **3.4.2. Vulnérabilité**

La vulnérabilité est une notion composite. Elle prend en compte divers paramètres géographique et socioéconomique. Plusieurs définitions existent dans la littérature, parmi lesquelles on choisit deux définitions officielles. La définition de MEDD (le Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable français) « la vulnérabilité est le niveau des conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux », et celle de NOAA (National Océanique and Atmosphérique Administration) « la susceptibilité des ressources à être affectées par des aléas ». Les enjeux sont les éléments à risque (personne, biens, activités, patrimoine...) attribuent à la vulnérabilité une dimension complexe quantitative et qualitative. La notion de vulnérabilité peut être résumée en quatre points :

- La perception sociale de l'aléa ;
- L'aléa et ses conséquences prévisibles sur les enjeux ;
- Les dispositions prises pour limiter l'effet de l'aléa ;
- Les enjeux.

Cette complexité de concepts d'aléa et de la vulnérabilité montre que la considération de risque sommairement comme un produit de deux facteurs est limitative et pour mettre en œuvre une politique de gestion précise et scientifique, on doit décomposer ces deux facteurs en plusieurs éléments afin de déterminer ceux susceptibles d'être maîtrisés pour minimiser le risque(**Chachoua, 2010**).

### **3.4.3. Enjeux**

Les enjeux peuvent en subir les conséquences sur l'ensemble des biens et des personnes qui peuvent être affectés par un ou plusieurs phénomènes naturels (aléas). Ces enjeux peuvent être classés selon leur type et leurs spécificités :

- La population et le patrimoine culturel ;

- Les habitations, dont les principaux éléments concernés sont les rez-de-chaussée et les sous-sols ;
- Les activités économiques, distinguées selon leur secteur : industrie, construction BTP, commerces, services, etc ;
- Les exploitations agricoles sont classées en quatre grandes catégories : les cultures pérennes (fruitiers, vignobles, etc.), le maraîchage hors sol et l'horticulture, les grandes cultures et le maraîchage de plein champ et l'élevage ;
- Les établissements publics : les établissements participant aux secours, ceux recevant des populations sensibles et ceux assurant des missions de service public.
- Les réseaux : transport, énergie, eau potable et assainissement, télécommunications, collecte et traitement des ordures ménagères ;
- L'environnement : sont concernés, entre autres, toutes les Installations classées pour l'environnement (ICPE), les stations d'épuration et les captages d'eau potable (MAAF, 2016).

#### **3.4.4. Risque**

Le risque est la probabilité pour les communautés et les populations d'être exposée aux aléas du subir des dommages humains, économiques et socio culturels des destructions et de leurs biens et de leurs environnements (Kuitsouc, 2011). Le risque est défini comme résultant de deux facteurs réputés indépendants que sont l'aléa et la vulnérabilité. Il doit être bien entendu que cette décomposition du risque est une première modélisation conceptuelle de l'objet étudié qui comporte dans sa part de simplification (Aissa Madaouiet Aissa Madaoui, 2016).

Les types de risques auxquels chacun de, nous peut être exposé sont regroupés en cinq familles :

**-Risques naturels:** avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique ;

**-Risques technologiques:** d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaire, biologique, rupture de barrage... ;

**-Risques de transports collectifs** (personnes, matières dangereuses) : sont des risques technologiques, on en fait un cas particulier car les enjeux varient en fonction de l'endroit où se développe l'accident ;

**-Risques de la vie quotidienne** (accidents domestiques, accidents de la route...)

**-Risques liés aux conflits** (Merabet, 2006).

L'un des meilleurs moyens de prévention contre les risques des événements extrêmes, est d'éviter d'urbaniser des zones exposées, à ce risque (Aissa Madaoui et Aissa Madaoui, 2016).



Source :(Ledoux, 2006).

**Figure 5. Relation entre l'aléa, enjeux et risque.**

### 3.5. Principaux évènements extrêmes

#### 3.5.1. Inondation

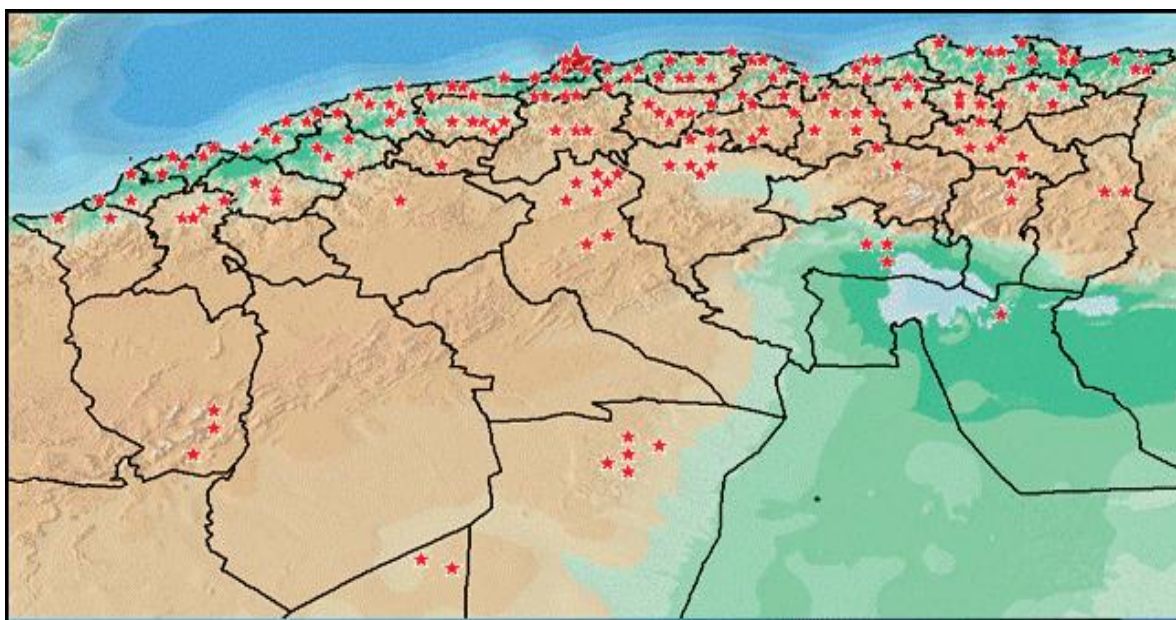
Les inondations sont aussi dévastatrices que les sécheresses. Les inondations sont les événements extrêmes les plus fréquents et elles sont liées à la pluie extrême. Parmi les plus importantes que le pays a subi, on peut citer ;

**Tableau 3.Principales inondations en Algérie.**

Types d'évènement extrême	Lieu	Date	Dégâts
Inondation	Tizi ousou	28/31.03.1974	52 morts 18000 sinistrés 27 millions de DA de dégâts
Inondation	Annaba	11.11.1982	26 morts 95 sinistrés
Inondation	Annaba	03.11.2011	Grosses pertes Matérielles

Inondation	Skikda	03.02.2011	500000 personnes touchées
Inondation	Skikda	23.03.2011	200 millions de DA de dégâts Dizaines de personnes évacuées
Inondation	Jijel	29.12.1984	29 morts 11000 sinistrés
Inondation	BBA	23.09.1994	16 morts 10 millions de DA de dégâts
Inondation	Bab E l oued (Alger)	01.09.2001	710 morts 115 disparus 30 millions de DA de dégâts

Source : (DGPC, 2007 ; MATE, 2010 ; Haridi, 2013)



Source : ANRH (2008)

Figure 6. Principales régions affectées par les inondations.

### 3.5.2. Sécheresse

La sécheresse pourrait être définie comme une période prolongée de précipitations insuffisantes sur une ou plusieurs saisons qui causent un déficit d'eau dans certains secteurs de l'économie d'un pays. Elle est aussi définie selon les différents secteurs qui interagissent avec ses effets. On définit donc une sécheresse du point de vue météorologique, hydrologique, agricole ou socio-économique (**Khaldi, 2005**).

**Tableau 4. Statistiques des précipitations annuelles en années normales, sèches et très sèches.**

Station	Période	Année normale (mm)	Année sèche (mm)	Année très sèche (mm)
<b>Oran</b>	1961-1990	372	288	239
	1927-1995			
<b>Alger</b>	1961-1990	686	511	436
	1936-1995			
<b>Annaba</b>	1961-1990	615	507	441
	1945-1995			
<b>Biskra</b>	1961-1990	135	54	12
	1968-1995			

*Source* : MATE (2010)

### 3.6. Etude des Pluies extrêmes

Les études menées sur les pluies extrêmes dans le bassin méditerranéen ne convergent pas toutes vers les mêmes résultats. **Kioutsioukis et al. (2010)** ont analysé les pluies extrêmes en Grèce sur la période 1955-2002 et ont trouvé une baisse de la fréquence des jours de pluie et de leur intensité. **Alpert et al. (2002)** ont montré une augmentation des pluies journalières extrêmes en Italie, en Espagne et Chypre durant la période 1951-1995 associée à une diminution des pluies totales annuelles. **Martinez et al. (2007)** ont analysé la variabilité des pluies journalières de la région catalane au Nord Est de l'Espagne sur la période 1950-2000 et ont montré une tendance à la baisse du nombre de jour de pluies extrêmes. **Norrant et**

**Douguédroit (2006)** ont analysé le nombre de jours pluvieux (>10 mm) de 52 stations du bassin méditerranéen et ont trouvé une tendance non significative à la baisse pour la plupart des régions pendant la période 1950-2000. **Brunetti et al. (2001)** ont trouvé une tendance à la baisse du nombre de jours pluvieux au Nord-est de l'Italie de 1921 à 1999 accompagnée par une augmentation de l'intensité des précipitations. **Brunetti et al. (2004)** ont aussi analysé la fréquence des pluies journalières de 45 stations réparties sur l'ensemble de l'Italie de 1880 à 2002 pour confirmer les résultats trouvés en 2001 (Brunetti et al, 2001) à savoir la baisse de la fréquence des jours pluvieux sur tout le territoire et l'augmentation significative de l'intensité des précipitations uniquement dans les régions du Nord. La baisse du nombre de jours pluvieux s'explique par une réduction significative des événements pluvieux de faible intensité. **Philandras et al. (2011)** ont analysé la tendance des pluies journalières de 40 stations de la Méditerranée et ont trouvé une réduction significative de 20% du nombre de jours de pluie à l'Est de la Méditerranée (**Taibi et al., 2015**).

En Algérie, il existe très peu d'études sur la variabilité temporelle des pluies journalières et extrêmes. Les travaux menés par certains auteurs (**Benabdesselam et Amarchi, 2013; Habibiet al, 2012; Benhattab et al, 2014; Meddi et Toumi, 2015**) se limitent à l'analyse des pluies maximales journalières annuelles. Ce type d'analyse ne permet pas de mettre en évidence les changements qui peuvent affecter l'intensité et la fréquence de tous les épisodes des pluies extrêmes (**Meddi et al., 2015**).

## **4. Changement climatique**

### **4.1. Définition**

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus) dans une région donnée (**GERES, 2005 ; Farah, 2014**). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres (**Farah, 2014**). Il se réfère à tout changement du climat, qu'il soit d'origine naturelle ou du aux activités humaines (**GIEC, 2001**).

### **4.2. Variabilité climatique**

La variabilité climatique désigne des variations de l'état moyen et d'autres statistiques (écarts standards, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus



internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe) (ONERC, 2007).

### **4.3. Changement climatique en Algérie**

Le Maghreb a été identifié comme une zone particulièrement vulnérable face aux risques liés au changement climatique. L'exode rural conjugué à l'urbanisation intense sur la côte méditerranéenne durant les dernières décennies ont augmenté la vulnérabilité des populations concernées tout en accentuant les facteurs qui contribuent aux changements climatiques.

En Algérie, pays dont la plus grande partie est désertique, les changements climatiques constituent une préoccupation majeure. En effet, de par sa position géographique, l'Algérie est exposée aux effets négatifs des changements climatiques et des émissions des gaz à effet de serre, notamment les inondations, la sécheresse et les températures élevées.

D'après des études réalisées par l'ONM sur l'évolution des températures, elles ont révélé que celles-ci sont en hausse depuis 1990, date du début des émissions des gaz à effet de serre.

Concernant la pluviométrie en Algérie, l'étude fait ressortir un recul de 12% pour la période 1990-2005 en comparaison avec 1961-1990, causant une sécheresse à grande échelle au moment même où d'autres régions enregistrent des inondations dont celle de Bab El Oued en 2001 et dans la ville d'El Taref en 2012.

L'évolution des températures en Algérie montre une hausse sur l'ensemble du territoire au cours des saisons d'hiver et d'automne et une hausse nette des températures minimales et maximales dans toutes les stations de l'Algérie du Nord et se prolonge jusqu'à nos jours. Durant ces 20 dernières années, les températures maximales ont augmenté plus que les minimales.

Quant aux précipitations, pour les mêmes périodes l'examen montre qu'en automne et en hiver, il y a diminution des pluies sur le Nord, et en printemps dans l'Est du pays.

On peut donc conclure qu'entre les périodes 1931-1960 et 1961-1990 ; la hausse de température a été de l'ordre de 0,5°C ; la pluviométrie a baissé en moyenne de 10% ; le déficit hydrique sera plus important à l'Ouest qu'au Centre et qu'à l'Est du pays (MATE, 2003).

### **4.4. Effet de changement climatique**

Selon la synthèse 2014 du GIEC, les effets du changement climatique très probables sont

-une hausse du niveau des mers plus importante que ce qui était prévu dans les analyses antérieures ;

-des événements climatiques extrêmes (sécheresses, pluies diluviennes, tempête.etc) plus violents et plus fréquents ;

-une hausse des températures moyennes supérieure à 2°C d'ici 2100 ; qui causent une élévation dans le niveau des océans lorsque les glaces continentales (glaciers, icebergs, etc.) fondent. Le volume d'eau fondue vient s'ajouter à celui de l'océan, ce qui entraîne une élévation du niveau des mers. En revanche, lorsque ce sont des glaces d'eau de mer qui fondent (banquise), cela n'a pas d'impact sur le niveau moyen des océans.

Entre 1870 et 2000, le niveau des océans s'est élevé de 18 cm en moyenne, dont 6 cm au cours des 20 dernières années. Les experts du GIEC estiment que le niveau des mers pourrait augmenter jusqu'à +82 cm d'ici 2100. Les océans deviennent de plus en plus acides ; l'océan absorbe naturellement du gaz carbonique. Ce gaz carbonique, en excès dans les océans, acidifie le milieu sous-marin (son pH est passé de 8,25 à 8,14 depuis le milieu du XVIIe siècle). Une acidification trop importante des eaux marines peut provoquer la disparition de certaines espèces notamment des végétaux et des animaux tels que les huîtres ou les coraux.

Le cycle de l'eau s'emballé, lorsque les températures augmentent, l'eau s'évapore davantage, ce qui modifie le régime des pluies dans certaines régions. Alors que, les précipitations ont augmenté, entre 1900 et 2005, dans les parties orientales d'Amérique du Nord et du Sud, en Europe du Nord et en Asie du Nord et Centrale, le volume de pluie a considérablement diminué dans d'autres régions. Dans ces zones, les épisodes de sécheresses sont plus importants et plus fréquents d'aujourd'hui.

En effet, lors de pluies violentes, les sols ne peuvent pas fixer l'eau. Elle s'écoule alors directement vers les cours d'eau plutôt que de s'infiltrer. Les nappes d'eau souterraines peinent alors à se reconstituer.

Les phénomènes météorologiques extrêmes, causent une amplification des tempêtes, ouragans, cyclones, inondations, canicules, sécheresse etc.

Les plantes, sauvages ou cultivées, connaîtront un chamboulement écologique ; beaucoup d'entre elles ne supporteront pas les nouvelles conditions climatiques et l'agriculture devra s'adapter en choisissant des espèces précoces. Les conditions de vie de certaines populations seront fortement bouleversées ; en raison de la montée des eaux, des famines ou encore des tempêtes, de nombreuses personnes seront contraintes de quitter leur maison ou leur pays !

Le changement climatique a aussi, des conséquences économiques telles que des tensions autour de l'accès à l'eau ou à la nourriture, des problèmes de santé publique, des risques de conflit (GIEC, 2014).

#### **4.5. Changement climatique et les végétaux**

Le changement climatique est l'un des déterminants qui vont conditionner l'évolution de l'agriculture au cours du 21<sup>ème</sup> siècle avec le type de couvert végétal, pratique de culture ou de conduite de couverts végétaux. Les cultures ont besoin d'un sol adapté, d'eau, de soleil et de chaleur pour se développer. La hausse des températures atmosphériques a d'ores et déjà contribué à allonger la durée de la période de croissance des végétaux dans de vastes parts de l'Europe. La floraison et la récolte des cultures céréalières interviennent désormais plus tôt dans la saison.

De manière générale, dans le nord de l'Europe, la productivité agricole pourrait s'accroître en raison de l'allongement de la période de croissance des végétaux et de l'allongement de la période sans gel. La hausse des températures et l'allongement de la période de végétation pourraient par ailleurs permettre de développer de nouvelles cultures. Toutefois, dans le sud de l'Europe, des phénomènes de chaleur extrême ainsi que la baisse des niveaux de précipitations et de la disponibilité en eau risquent de nuire à la productivité des cultures. Par ailleurs, le rendement des cultures va probablement varier de plus en plus d'une année à l'autre en raison de phénomènes climatologiques extrêmes et d'autres facteurs liés par exemple aux organismes nuisibles et aux maladies.

Dans certaines parties de la région méditerranéenne, certaines cultures estivales pourraient être réalisées en hiver pour éviter la chaleur extrême et le manque d'eau des mois d'été. Dans d'autres régions, telles que l'ouest de la France et le sud-est de l'Europe, il faudra s'attendre à une réduction des rendements agricoles étant donné que les étés seront chauds et secs et qu'il ne sera pas possible de déplacer la production de certaines cultures aux mois d'hiver.

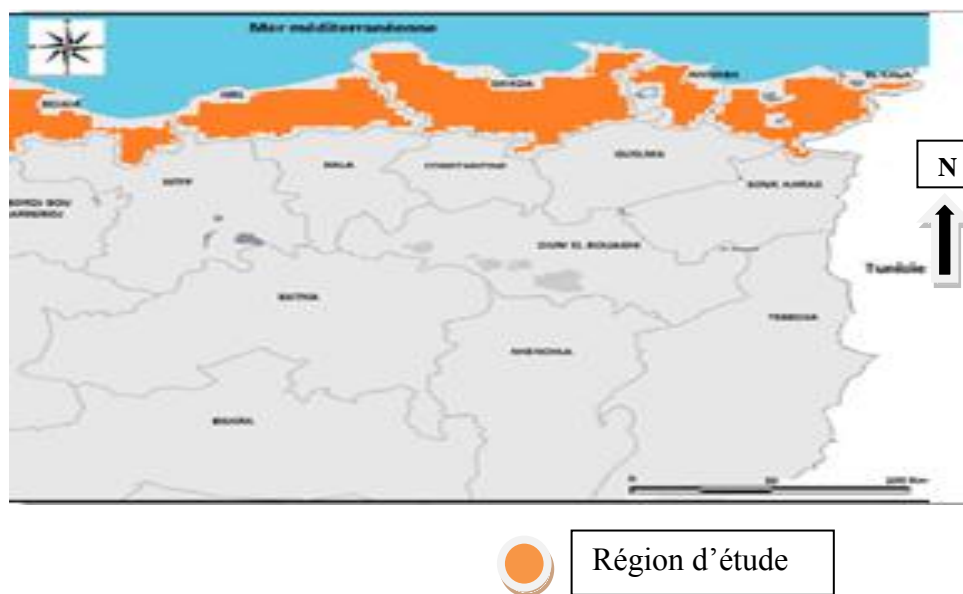
Les modifications escomptées en termes de températures et d'allongement de la période de végétation pourraient par ailleurs entraîner la prolifération et la propagation, entre autres, de certaines espèces d'insectes, de mauvaises herbes invasives ou de maladies, ce qui nuirait également au rendement des cultures. Une partie des pertes potentielles de rendement pourrait être compensée par une amélioration des pratiques agricoles, telles que la rotation des cultures en fonction de la disponibilité en eau, l'ajustement des dates de semis aux modèles de

température et de précipitations et l'utilisation de variétés de culture mieux adaptées aux nouvelles conditions climatiques (par exemple des cultures résistantes à la chaleur et à la sécheresse) (**AEE, 2015**).

***CHAPITRE II.***  
***Matériels et méthodes***

## 1.1. Région d'étude

La région d'étude se situe dans le Nord-est Algérien. Elle occupe une position stratégique sur le littoral septentrional de la méditerranée, avec une longue façade maritime, de l'ordre de 640 km. Elle s'étend de la wilaya de Bejaïa, en passant par Jijel, Annaba, Skikda jusqu'à la wilaya d'El Taref, située près des frontières Algéro-Tunisienne. Ces wilayas totalisent des superficies de 14555 km<sup>2</sup> dont 3261 km<sup>2</sup> pour Béjaïa, 2398 pour Jijel ,4 118 km<sup>2</sup> pour la wilaya de Skikda, 1 439 km<sup>2</sup> pour la wilaya d'Annaba et enfin 3339 km<sup>2</sup> pour la wilaya d'El-Taref (ANDI, 2013).



**Figure 7. Situation géographique de la région d'étude.**

La région d'étude est limitée par la mer méditerranée au nord ; par les wilayas de Tizi Ouzou et Bouira à l'ouest ; et les wilayas de Sétif, Bordj Bou Arreridj, Constantine, Mila, Guelma et Souk Ahras au Sud. Le territoire se situe entre les parallèles 36° 45' et 36° 54' de latitude Nord et entre 05° 06' et 08° 27' de longitude Est. Le tableau 5 présente les paramètres géographiques des wilayas de la région d'étude.

**Tableau5. Paramètres géographiques des wilayas de la région d'étude.**

<b>Wilaya</b>	<b>Latitude Nord</b>	<b>Longitude Est</b>
<b>Béjaia</b>	36°45'	05°06'
<b>Jijel</b>	36°49'	05°54'
<b>Skikda</b>	36°53'	06°54'
<b>Annaba</b>	36°50'	07°49'
<b>El Taref</b>	36°54'	08°27'

## **1.2. Relief**

La région d'étude se caractérise par un relief constitué de montagnes, de collines, de plaines et de piémonts des dunes littorales et des étendues lacustres et marécageuses. Le relief montagneux est représenté par les massifs de Djurdjura et Bouhatem au nord et les massifs des Babors et de Boussalem au sud dans la wilaya de Béjaia. Les monts de Tamsghida, Tababour, Bouazza et Seddat dans la wilaya de Jijel ; et Collo, Azzaba et la Marsa dans la wilaya de Skikda, et les monts de Bouzizi et l'Edough à Annaba (ANDI, 2013). Les monts de la Medjerda à l'Est avec des pics assez importants tels que, le Kef Rokba à 1202 m près de la commune de Bougous, Djebel Dir à 1041 et Djebel Driah à 996 m dans la wilaya d'El Taref (Dehaba et Belkacem, 2013).

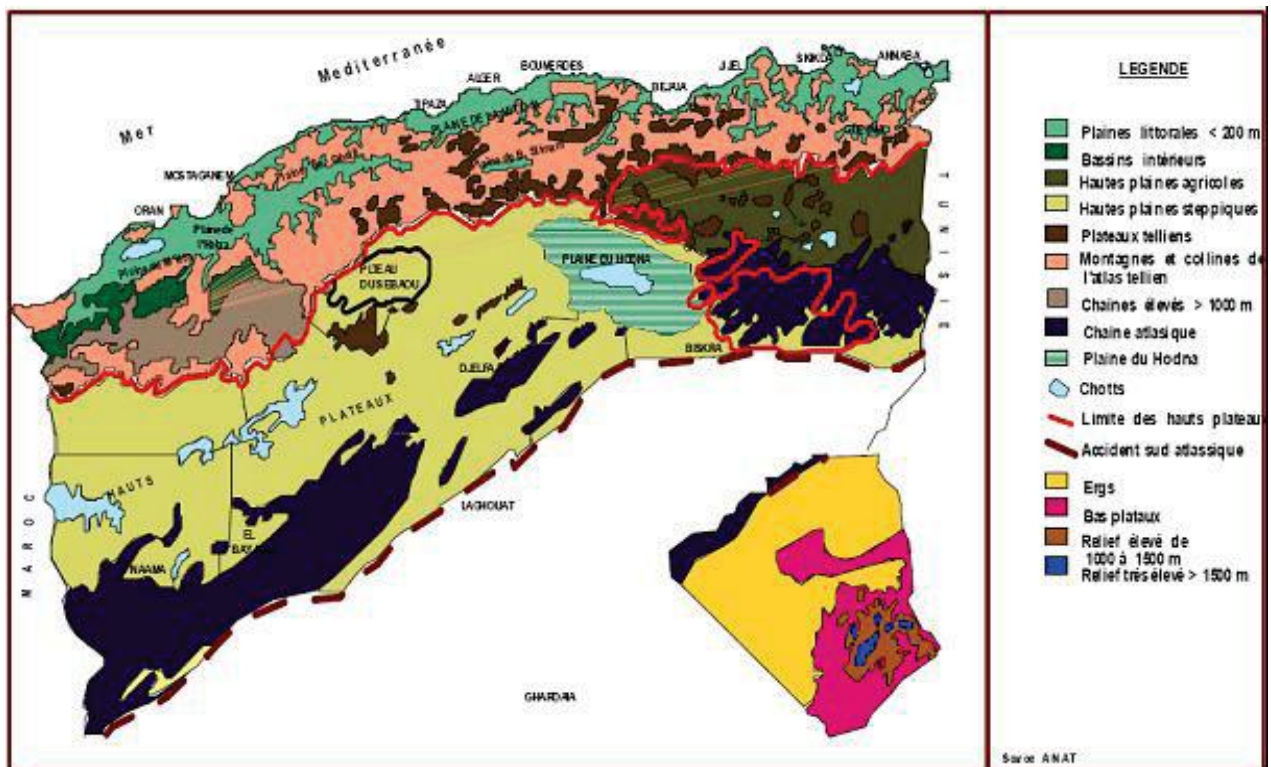
### **1.2.1. Les plaines littorales**

Elles se présentent sous forme épars le long de la mer méditerranéenne (au nord le long de bande littoral) entrecoupées par quelques monts, leurs présences à l'Ouest est plus discrète car peu nombreux et peu étendus. Elles correspondent aux basses vallées des Oueds et sont principalement représentées par les plaines de Collo (Oued Guebli) de Skikda (Oued Safsaf) et de petites plaines de Jijel (Oued Djendjen), les plaines d'El Zouana, plaine de Kherraza à l'Annaba. Par contre, elles ont une présence plus marquée dans la partie Est ou on peut distinguer une large plaine sous forme de croissant qui s'étale sur environ 100 km autour de Djebel Edough, et qui prend d'origine depuis, la foret de Guerbes jusqu'à la région de Bouteldja. Leur situation leur confère une exposition favorable aux vents souvent humide du nord et nord-ouest. Les vraies plaines sont toujours littorales et correspondent aux débouchés des oueds (Marre, 1987).

### 1.2.2. L'Atlas tellien

Cette chaîne dédoublée (Tell interne et tell externe) et légèrement parallèle, est orientée NE-SO. C'est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et Sublittoraux s'étendant sous forme de bourrelet de Béjaïa à l'Ouest jusqu'à la frontière tunisienne à l'Est, les chaînes telliennes littorales sont principalement constituées par les massifs de Collo, Skikda et l'Edough.

Plus au Sud on retrouve les chaînes telliennes externes constituées quant à elle par le massif de petite Kabylie (la chaîne des Babors), qui s'étend depuis l'Ouest à la vallée de la Soummam jusqu'à Djendjen et le massif d'El Ouana à l'Est. Les altitudes restent modestes, avec un point culminant à Djebel Babor (2004 m) (Farah, 2014).



Source : MATE (2010)

Figure 8. Zones naturelles en Algérie.

### 1.3. Climat

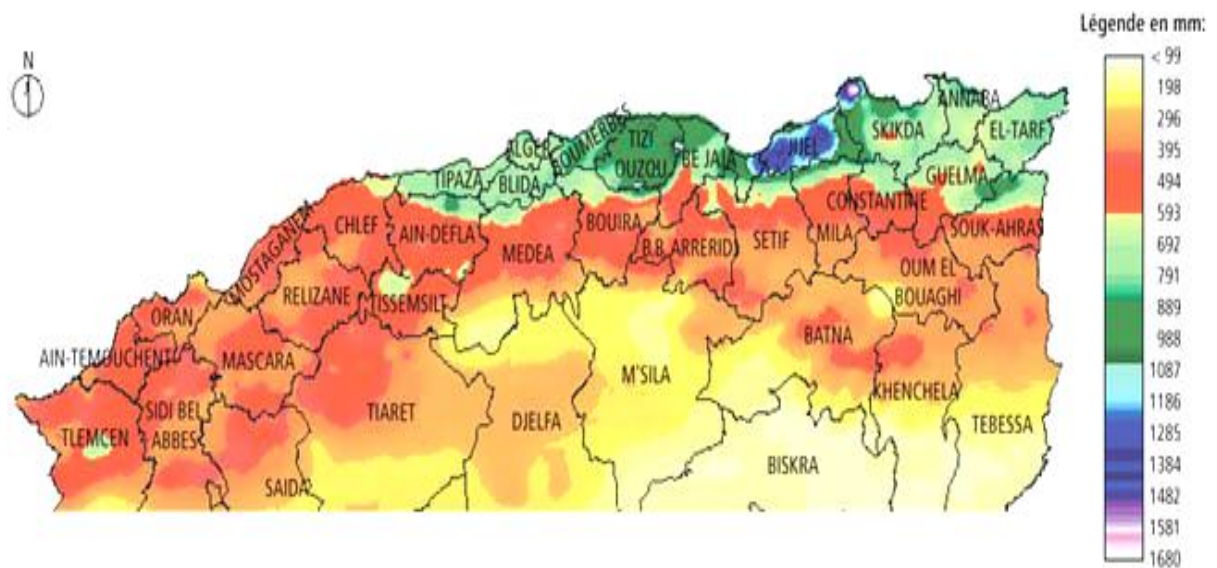
Le climat est un élément important dans l'étude du milieu, il est à la base de la distribution des végétaux et des animaux. C'est un facteur clé de valorisation des milieux naturels, ce qui nécessite une investigation analytique des ses composantes.



L'analyse du climat se fera en particulier sur la base des précipitations qui représentent les paramètres le plus importants, de part sa quantité annuelle, sa répartition dans l'espace et dans le temps (Boudjedjou, 2010).

### 1.3.1. Précipitations

Au niveau de la région d'étude, la pluie varie entre 650 à 1200 mm, la saison des pluies est d'environ 6 mois. La carte pluviométrique fait ressortir des zones de fortes précipitations, allant de Jijel à Collo où la pluie atteint jusqu'à 1400 mm au première et plus de 1800 mm sur la deuxième, ainsi que dans les tranches d'altitude les plus élevées comme le massif de l'Edough dans le Nord-Est (ANDI, 2013 ; Farah, 2014).



Source : FAO (2005)

Figure 9. Répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie.

### 1.3.2. Température

Les températures dans notre région sont douces en hiver et chaudes en été. Elles varient entre 20 et 35 °C en été à 5 à 15 °C en hiver. A **Béjaia**, les températures moyennes sont environ 15 °C en hiver et 35 °C en été. Les moyennes mensuelles sont entre 25 et 31°C en été et entre 6 et 11 °C en hiver à **Jijel**. A **Skikda**, les températures varient entre 9 et 11 °C en hiver, et

entre 24 à 27 °C en été. Les températures moyennes varient entre 14 en été et 34 °C en hiver à **Annaba (ANDI, 2013)** et à **El Taref** varient de 12°C en hiver et jusqu'à 28 °C en été (**Bouazouni, 2004**).

### **1.3.3. Vent**

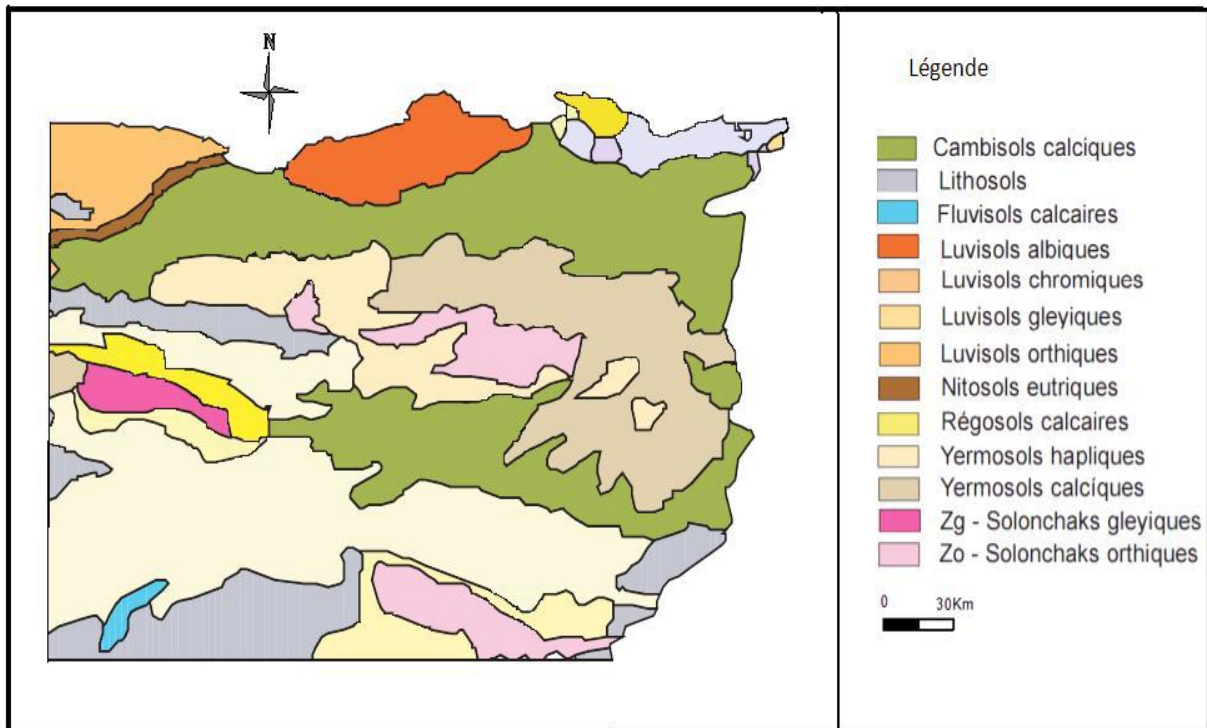
Les vents dominants dans la région d'étude sont ceux du Nord-Ouest et Nord-Est. Ils sont plus fréquents durant la période Novembre-Mai. Ils soufflent généralement de la mer vers le continent (**Tedjani, 2010 ; ANDI, 2013**).

### **1.4. Pédologie**

La répartition des sols au niveau de la région d'étude est due essentiellement au climat, la nature des roches mères, du relief, de l'eau, de la végétation et des facteurs biotiques et anthropogènes.

Les sols sont classés en deux grands groupes ;

- **Groupe calcaire**, comporte tous les sols formés à partir de roches calcaires. Deux types de sols : sols calcaires et sols décalcifiés.
- **Groupe non calcaire**, qui comporte les sols formés sur roche mère non calcaire. Deux types principaux ;
- sols insaturés sont caractérisés par un pH acide, ils s'agissent typiquement de sols désaturés et lessivés.
- Les sols podzoliques se forment dans des conditions d'humidité telles que les sels sont dissous et entraînés en profondeur de même que les colloïdes organiques et minéraux (argile, silice colloïdale) (**Nedjraoui, 2003**).



Source : FAO (2005).

Figure 10. Sols de la région d'étude.

## 1.5. Secteur agricole

### 1.5.1. Répartition des terres

Le tableau 6, donne la superficie des terres agricoles dans les wilayas de la région d'étude ;

Tableau 6. Répartition des terres agricoles.

Station	Béjaia	Jijel	Skikda	Annaba	El Taref
SAT (ha)	287 294	98 689	193 179	58 548	840 31
SAU (ha)	130 348	435 89	131 879	43 850	74 173

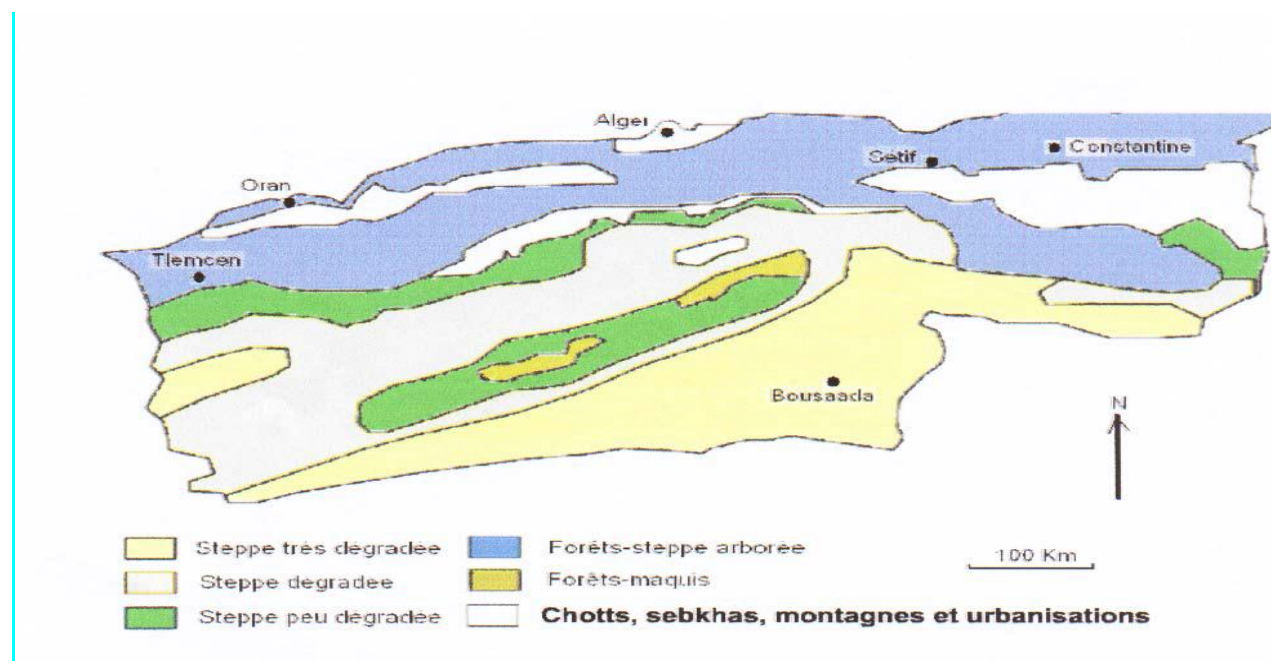
Source : ANDI (2013).

### 1.5.2. Végétation forestière

Le relief, la température et les précipitations régissent la distribution de la végétation dans l'Est algérien.

Dans la zone tellienne en particulier le telle maritime, les résineux : pin d'Alep (*Pinus*

*halepensis*), pin maritime (*Pinus maritima*), cèdre (*Cedrus atlantica*) et les feuillus : chêne liège (*Quercus suber*), chêne zeen (*Quercus faginea*), chêne afarès (*Quercus afares*), chêne kermès (*Quercus coccifera*), chêne vert (*Quercus ilex*), constituent les principales essences forestières (Farah, 2014).



Source :Salamani in Nedjraoui (2003).

**Figure 11. Zones écologiques de l'Algérie.**

Les superficies des principales espèces dominantes dans la région d'étude sont représentées par le tableau 7.

**Tableau 7. Superficie des espèces dominantes.**

wilaya	Superficie forestière (ha)	Espèces forestières	Végétations
Béjaia	122500	Olivier, figuier, caroubier, câprier, peuplier, chêne, cèdre, sapin de Numidie	Cultures maraichères, pêche (au large et hauturière), agrumes, pisciculture.
Jijel	115000	Olivier, chêne liège, chêne zeen,	Céréales, vignoble,

		chêne afarès, pin maritime	plasticulture, arboriculture.
Skikda	20590	chêne zeen, sylvo-pastorale, chêne liège, résineux	Cultures maraichères, industrielles, fruitières, fourragères.
Annaba	68824	chêne liège, chêne zeen, plantes de reboisement (Eucalyptus, pin maritime)	Cultures industrielles, maraichères (tomate de terre), céréales (blé dur).
El Taref	167311	Arbres de liège, herbes médicinales, chêne liège, feuillus	Cultures industrielles, tabac, Arachide, vignoble, arboriculture.

Source : ANDI (2013).

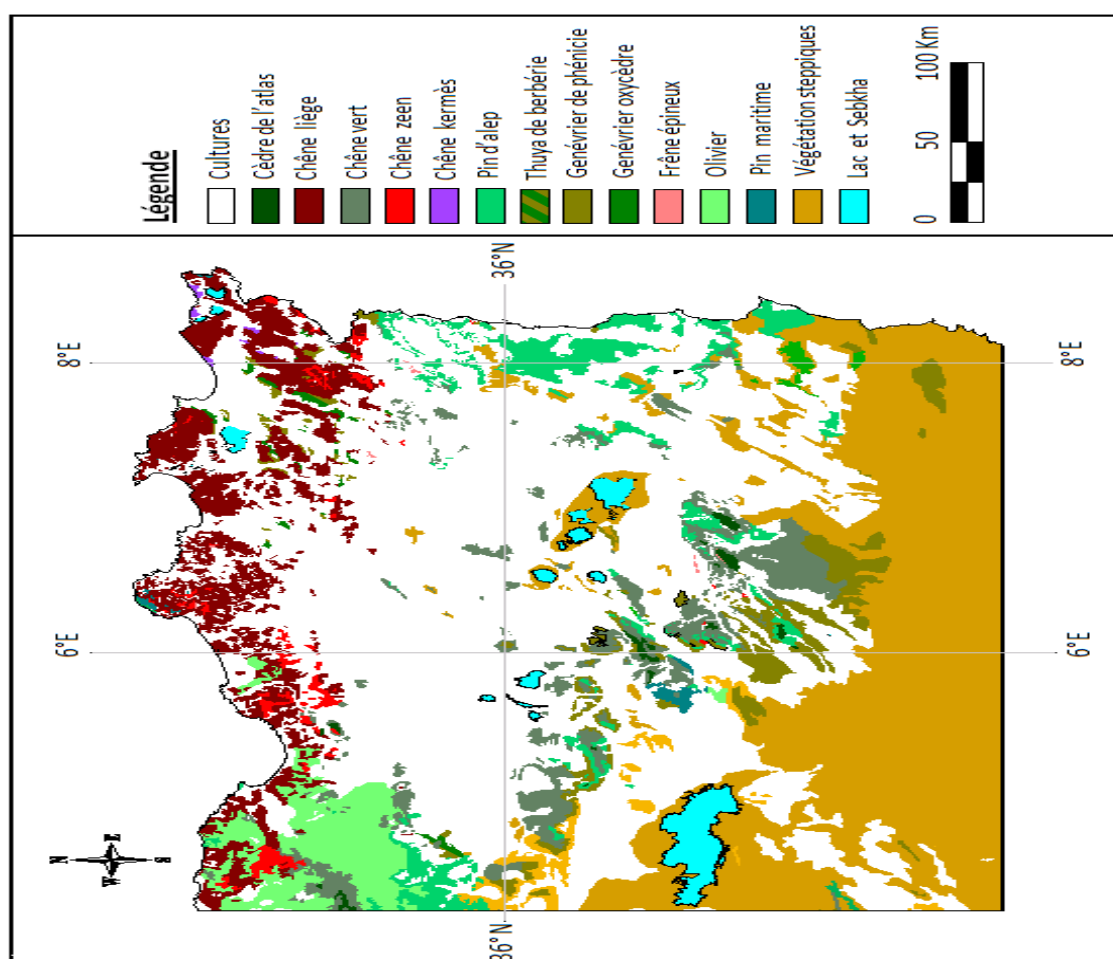


Figure 12. Répartition des principales espèces forestières à l'Est Algérien.

## **1.6. Réseau hydrologique**

Notre zone d'étude est considérée comme un réseau hydrographique assez dense, constitué de deux types des ressources en eau (superficielles et souterraines).

### **1.6.1. Ressources en eau superficielles**

La région d'étude est constituée par un ensemble de sous bassins versants. Ces derniers sont traversés par des réseaux hydrographiques très denses.

On distingue les oueds qui prennent naissance sur les hautes plaines pour rejoindre la mer méditerranéenne en traversant le tell par des gorges comme Oued Rhumel-El kebir Beni Haroun, Oued Safsaf à Zerdazas et Oued Seybous au Nador à Annaba et plus à l'Ouest l'Oued Djendjen à Jijel et l'Oued Soummam au Béjaia et l'oued El Kebir (Farah ,2014). Et Oued Seybouse et oued Bounamoussa à El Taref (Bouazouni,2004). Oued Saf-Saf et Zeremna à Skikda (Nemouchi, 2011).

On distingue aussi les eaux de barrages tels que le Barrage Cheffia et mexa entre Annaba et ElTarf. Les barrages de Zerdezas, Guenitra Zit, Emba et Beni Zid sont situés dans la wilaya de Skikda. Les barrages de Kherrata et Tichi-Haf à Béjaia (ANDI, 2013).

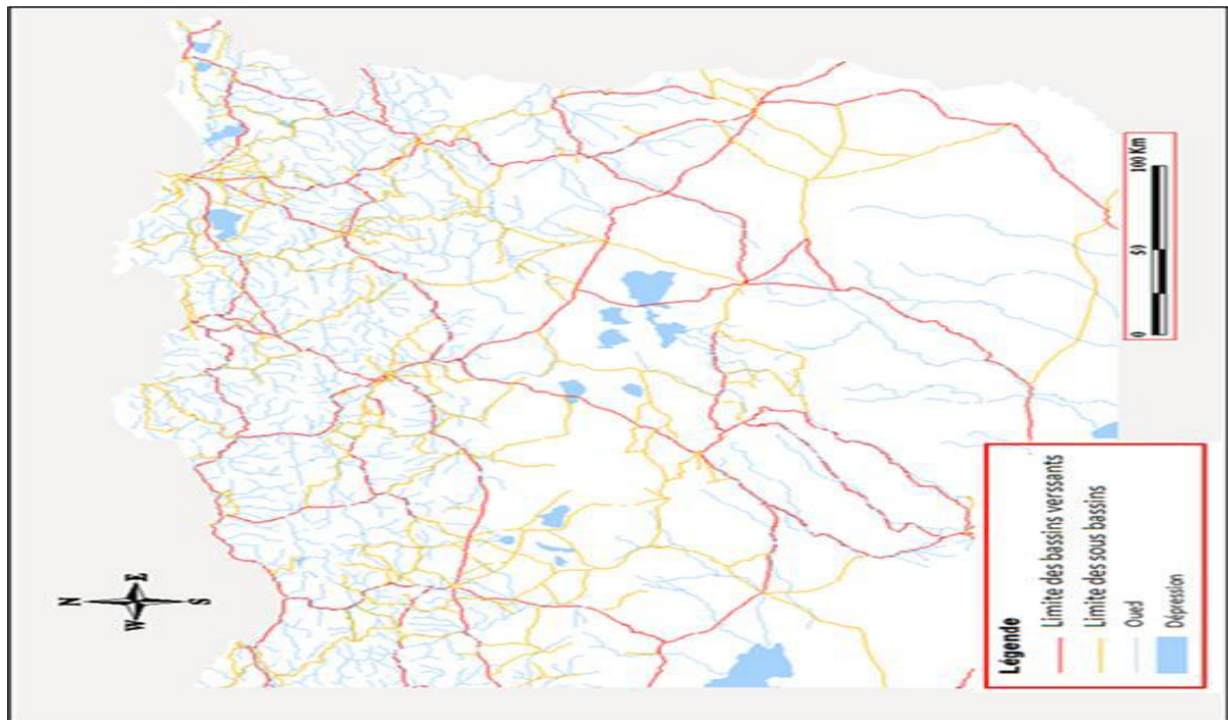
Et concernant les lacs dans la région, on distingue les principaux lacs, qui sont lac de Fetzara (eau douce) à Annaba, et les lacs des Oiseaux, Mellah, Oubeira et Tonga à El Taref (Bouazouni, 2004).

### **1.6.2. Ressources en eau souterraines**

Les ressources en eau souterraines sont représentées par les forages, puits et retenues collinaires. Ils existent des forages et des sources dans cette région avec des capacités importantes, il ya 62 forages à El taref et 2 246 forages à Jijel.

En outre, elle recèle plusieurs nappes phréatiques, dont les plus importantes sont la nappe d'Oued Nil, la nappe d'Oued El-Kebir, la nappe d'Oued Djen-Djen, la nappe d'Oued Kissir, et la nappe d'Oued Mencha à Jijel (ANDI, 2013).





Source : Tabet (2008).

**Figure 13. Réseau hydrographique de l'Est Algérien (Tabet, 2008).**

## 2. Présentation des données pluviométriques

### 2.1. Réseau météorologique

Pour assurer une surveillance continue de l'atmosphère, l'Office National de la Météorologie, (O.N.M) possède un réseau de stations d'Observations météorologiques couvrant les grandes régions climatiques du pays. Pour notre part, cinq stations météorologiques représentent la région d'étude.

**Tableau 8. Description des stations météorologiques d'ONM.**

(Pour toutes les stations prise en compte la précipitation moyenne mensuelle en mm).

Nom	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude (m)
<b>Béjaia</b>	36°45'	05°06'	03
<b>Jijel</b>	36° 38'	04°46'	11
<b>Skikda</b>	36°53'	06°54'	02
<b>Annaba</b>	36°50'	07°48'	03
<b>El Taref</b>	36°90'	08°45'	10

## 2.2. Données pluviométriques

Les données de pluies utilisées dans cette étude, portent sur la période allant entre (1970-2004) dont les traitements de bases ont été réalisés par Smadhi (2011). Cette période a été complétée par les séries de données pluviométriques allant jusqu'à 2007, récoltées à partir des bulletins de l'Office Nationale Météorologique (ONM).

## 3. Evaluation statistiques de l'évolution des pluies moyennes

L'évolution des précipitations à l'échelle temporelle (annuelle, mensuelle et saisonnière) et spatiale (régionale et locale), est analysée sur la base des paramètres statistiques tels que la moyenne (annuelle, saisonnière et mensuelle (où  $Mm_B$  est la moyenne mensuelle de Béjaia,  $Mm_J$  de Jijel,  $Mm_S$  de Skikda,  $Mm_A$  d'Annaba et  $Mm_E$  d'El Taref)), et le minimum et le maximum des précipitations.

Ces paramètres sont utilisés pour définir les années très humides, humides, sèches et très sèches par rapport aux normales, et des **paramètres de dispersion** qui renseignent sur la distribution de la série climatologique et qui précisent le degré de dispersion autour de la valeur centrale ou la moyenne, et ils sont

L'écart-type, la variance et le coefficient de variation qui permettent de mesurer et de préciser l'intensité des irrégularités pluviométriques. En effet, le coefficient de variation et l'écart type permettent de comparer la dispersion des données pluviométriques (**Bruno F, 1998 in Smadhi, 2002**).

**L'écart-type** de la distribution de la série de pluie, représente l'erreur type de la moyenne. C'est la racine carrée de la variance. Il est l'indicateur de la variabilité par excellence, et de ce fait, détermine la dispersion des différentes valeurs autour de la moyenne. Le calcul de l'écart-type permet de standardiser les données pour les transformer en anomalies centrées et réduites, donnant ainsi à chaque valeur le même poids.

$$\sigma = (\sigma^2)^{1/2}$$

**La variance** est basée sur la dispersion des observations autour des moyennes.

$$\sigma^2 = 1/N \sum (\bar{X}_i - \bar{X})^2$$



**Le coefficient de variation (CV)** qui est le rapport de l'écart-type à la moyenne s'exprime en %. Il permet d'apprécier le degré de variabilité des pluies dans chaque station, il est calculé par la formule

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100$$

Avec

$\bar{X}$  : Moyenne de séries (mm)

$\sigma$ : Ecart type (mm)

$\sigma^2$  : variance

CV : Coefficient de variation (%)

#### **4. Evaluation statistiques des pluies extrêmes**

La variabilité spatio-temporelle des pluies extrêmes, est analysée sur la base de l'évolution des pluies moyennes minimales et maximales, aux pas de temps annuel, mensuel et saisonnier. Pour mieux préciser la répartition des pluies extrêmes aux cours des années, nous avons appliqué aux séries de données, d'une part, la méthode basée sur le coefficient mensuel de la précipitation « CMP ». Ce dernier permet de faire un découpage pour déterminer la période hivernale (humide) et estivale (sèche) dans l'année, il permet de caractériser les mois sèches et humides de la région (El Ghachi et al., 2015). Il est le rapport des valeurs mensuelles sur la moyenne de la chronique et on calcul comme suit

$$CMP = \text{moyenne mensuelle} / \text{moyenne de la série}$$

D'autre part, l'indice standardisé de précipitations « SPI » (McKee et al., 1993, 1995) qui est une variable centrée réduite à la fois puissant, souple d'utilisation et simple à calculer. Il est calculé pour l'ensemble des séries pluviométriques à l'échelle temporelle et spatiale, sur la période choisie, et permet de définir les années très humides et très sèches. En outre, cet indice se révèle tout aussi efficace pour analyser les périodes ou cycles humides que les périodes ou cycles secs.

L'indice SPI est déterminé par une normalisation des précipitations pour une station donnée après qu'on y a ajusté une densité de probabilité suivant la description donnée par McKee et al (1993, 1995), Edwards et McKee (1997) et Guttman (1998).

Les valeurs de SPI varient entre - 2 et + 2. Ces valeurs obtenues, caractérisent des valeurs positives indiquant des précipitations supérieures à la médiane et celles qui représentent les valeurs négatives, définissent des précipitations inférieures à la médiane. Ainsi, les valeurs des indices indiquent qu'une sécheresse débute quand sa valeur est inférieure ou égale à -1,0 et qu'une sécheresse se termine quand sa valeur devient positive.

$$\text{SPI} = \frac{x_t - \bar{x}}{\sigma(x)}$$

Où  $x_t$  = valeur de la pluviométrie de l'année  $i$  ;

$\bar{x}$  = valeur annuelle moyenne de la pluviométrie ;

$\sigma(x)$  = valeur de l'écart-type d'une série.

### **Conclusion**

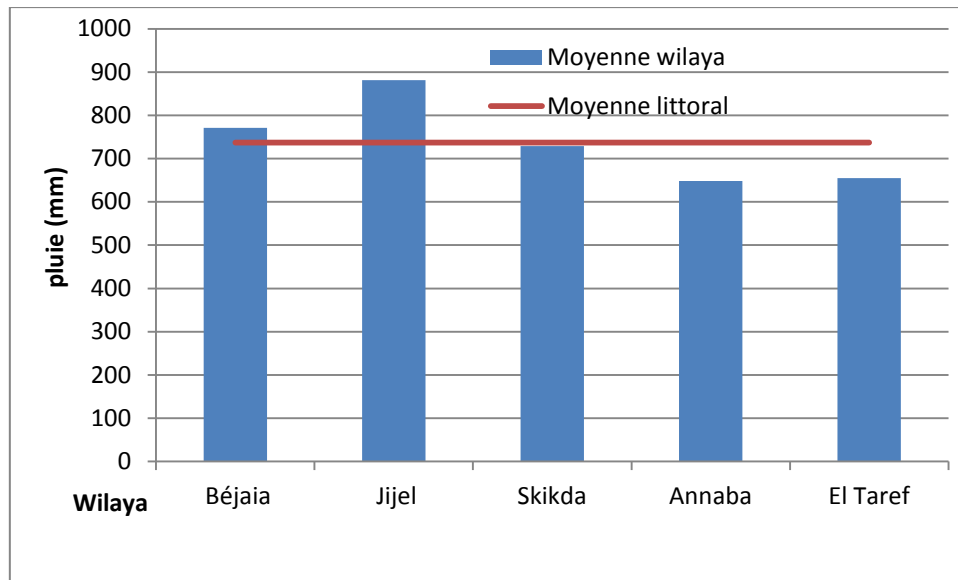
La méthodologie suivie, est basée sur l'analyse de répartition et distribution spatio-temporelles des pluies, en tentant de mettre en évidence la caractérisation des pluies extrêmes. Les analyses ont porté sur le calcul des coefficients mensuels des précipitations et le calcul de l'un indice standardisé de précipitation pour indiquer les périodes sèches et humides ainsi, que les années, les saisons et les mois secs.

# ***CHAPITRE III.***

## ***Résultats et discussions***

## 1. Répartition des précipitations moyennes annuelles à l'échelle régionale

L'évolution des précipitations annuelles moyennes dans la région d'étude, sur la période (1970-2007), est de l'ordre de 736,95 mm (fig. 14). Cette moyenne fluctue entre un minimum de 648,62mm (à Annaba) et un maximum qui atteint 881,31mm (à Jijel).

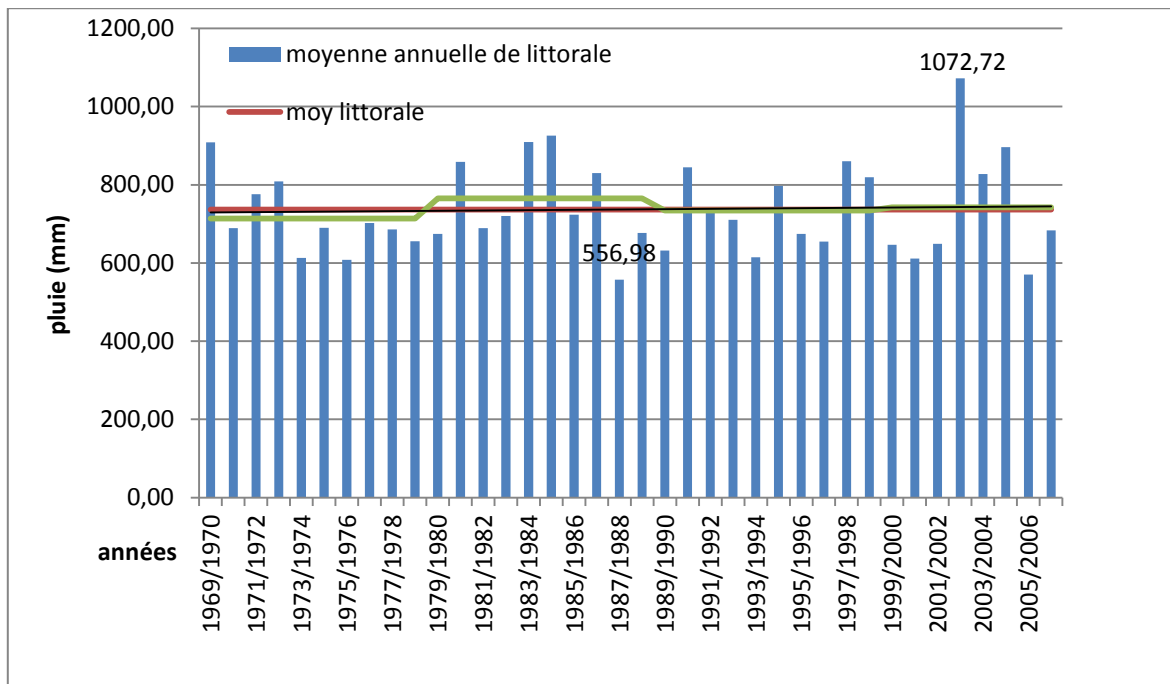


**Figure 14. Répartition des précipitations moyennes annuelles à l'échelle régionale, période (1970-2007).**

## 2. Répartition des précipitations annuelles à l'échelle temporelle

Le cumul pluviométrique d'une année est défini par la somme de la hauteur des précipitations mensuelles. Les valeurs moyennes annuelles au niveau de notre région d'étude varient d'une année à l'autre, il ya des années plus pluvieuse que l'autre et des années moins pluvieuses que l'autre par rapport à la moyenne générale des précipitations de littoral qui égale 736,95 mm. Dans notre zone d'étude la pluviométrie annuelle, varie entre 556,98 et 1072,72 mm où la quantité des pluies maximales reçues, est enregistrée dans l'année 2002/2003 et la valeur minimale, est dans l'année 1987/1988.

La deuxième décennie allant de 1980 à 1989 est la décennie qui reçoit la quantité des pluies la plus élevée (765,58 mm). Et la première décennie allant de 1970-1979 est la décennie qui reçoit la quantité minimale (713,77 mm).



**Figure 15. Répartition des précipitations annuelles au niveau du littoral de L'Est Algérien, période (1970- 2007).**

### 3. Répartition des précipitations annuelles à l'échelle locale

A Bejaia, les années 1969/1970 et 2002/2003 sont les années les plus pluvieuses, sur la période d'étude (1970-2007). Les quantités reçues évoluent entre 1273,4 mm et 435,8 mm par rapport à la moyenne annuelle. Les années 1995/1996, 1998/1999 et 2004/2005 sont des années pluvieuses dont les quantités sont proches de la moyenne.

Les années 1996/1997 et 2005/2006 avec des quantités qui ne dépassent pas 771,11 mm, restent inférieurs à la moyenne annuelle.

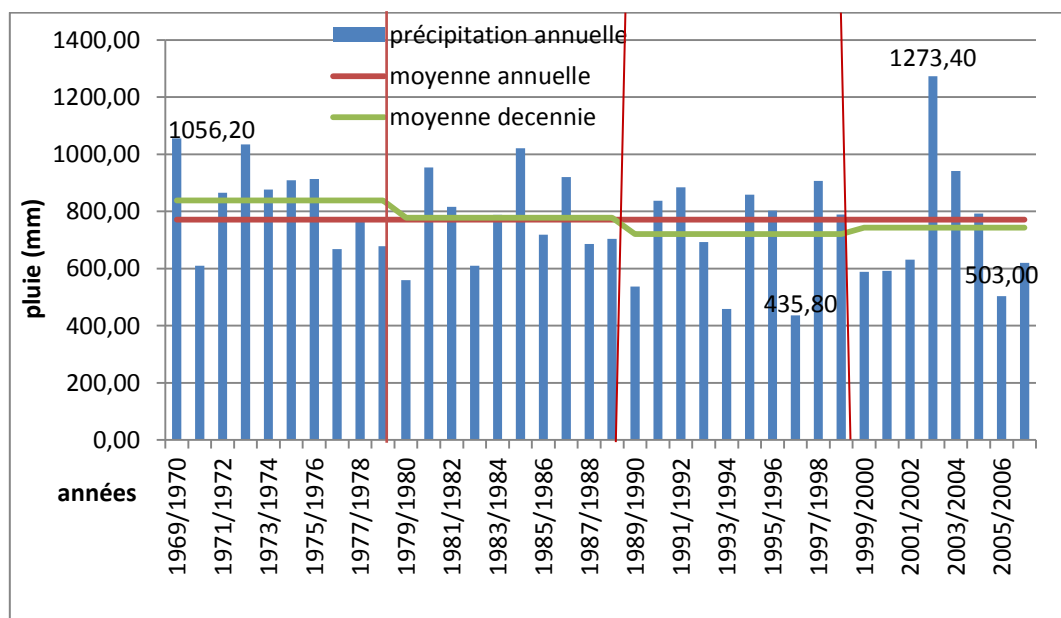
## Répartition des pluies par décennie

La première décennie de 1970 à 1979 est une décennie qui reçoit les quantités des pluies les plus élevées, car les pluies moyennes dans cette décennie sont supérieures à la moyenne annuelle. Cette décennie se caractérise par une valeur maximale atteignant les 1056,2 mm au cours de l'année 1969/1970, alors que la valeur minimale, ne dépasse pas les 609,5 mm dans l'année suivante (1970/1971).

La valeur maximale dans la décennie allant de 1980-1989, est dans l'année 1985 par une précipitation égale à 1020,5 mm et la valeur minimale est dans l'année 1980 avec une quantité de 559,4 mm.

La valeur maximale dans la décennie allant de 1990 à 1999 est dans l'année 1998 par une précipitation égale à 906,5 mm et la valeur minimale est dans l'année 1997 avec une quantité de 435,8 mm.

La valeur la plus élevée de précipitations dans la dernière période (2000-2007) est dans l'année 2002/2003 par une valeur égale à 1273,4 mm, et la valeur minimale est dans l'année 2005/2006 par une valeur égale à 503 mm.



**Figure 16. Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya de Béjaia, période (1970-2007).**

**A Jijel**, les années 1994/1995 et 2002/ 2003 sont les années les plus pluvieuses, durant la période d'étude (1970-2007) parce qu'elles reçoivent les quantités les plus élevées des précipitations par rapport à la moyenne annuelle et les années 1996/1997 et 1998/1999 sont des années qui reçoivent les quantités les proches à la moyenne.

Les années 1981/1982 et 1995/1996 sont les années les moins pluvieuses dans la wilaya parce qu'elles reçoivent des pluies inférieurs à la moyenne annuelle et l'année 1988/1989 est l'année qui reçoit la quantité la plus proche à la moyenne.

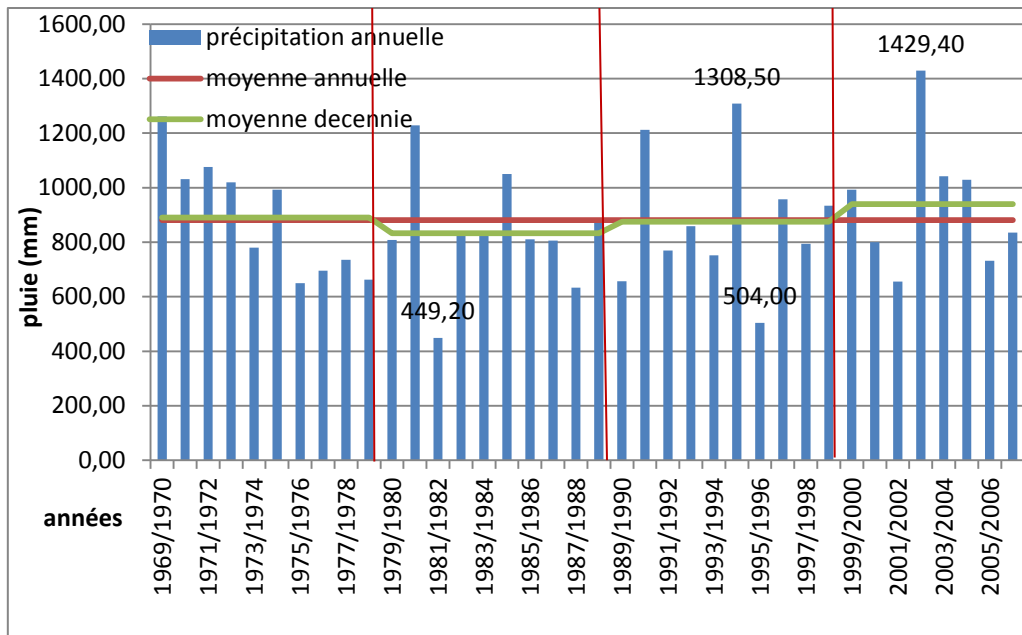
### **Répartition des pluies par décennie**

La première décennie allant de 1970 à 1979 est une décennie qui reçoit les quantités des pluies les plus élevées, car les pluies moyennes dans cette décennie sont supérieures à la moyenne annuelle de la wilaya. La valeur maximale de la décennie, est dans l'année 1969/1970 par une précipitation égale à 1261,9 mm et la valeur minimale, est l'année 1975/1976 avec une quantité de 649,9 mm.

La valeur maximale dans la deuxième décennie allant de 1980 à 1989, est dans l'année 1980/1981 par une précipitation égale à 1229,2 mm et la valeur minimale est dans l'année 1981/1982 avec une quantité de 449,2 mm.

La valeur maximale dans la troisième décennie allant de 1990 à 1999, est dans l'année 1994/1995 par une précipitation égale à 1308,5 mm et la valeur minimale dans cette décennie est dans l'année 1995/1996 avec une quantité de 504 mm.

La valeur la plus élevée de précipitations dans la dernière période allant de 2000 à 2007 est dans l'année 2002/ 2003 par une valeur égale à 1429,4 mm et maximale, et minimale est dans l'année 2001/2002 par une valeur égale à 655 mm.



**Figure 17. Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya de Jijel, période (1970-2007).**

**A Skikda**, les années 1996/1997 et 2001/ 2002 sont les années les plus pluvieuses dans la période d'étude (1970-2007) parce qu'elles reçoivent les quantités les plus élevées des précipitations par rapport à la moyenne annuelle et les années 1993/1994 et 2003/ 2004 sont des années qui reçoivent les quantités les proche à la moyenne.

Les années 1972/1973 et 1995/1996 sont des années les moins pluvieuses dans la wilaya parce qu'elles reçoivent des pluies inférieurs à la moyenne annuelle.

### **Répartition des pluies par décennie**

La première décennie de 1970 à 1979 est une décennie qui reçoit les quantités des précipitations minimales, car les pluies moyennes dans cette décennie sont inférieures à la moyenne annuelle. La valeur maximale dans cette décennie est dans l'année 1977/1978 par une précipitation égale à 830,4 mm et la valeur minimale est dans l'année 1972/1973 avec une quantité de 411.5 mm.

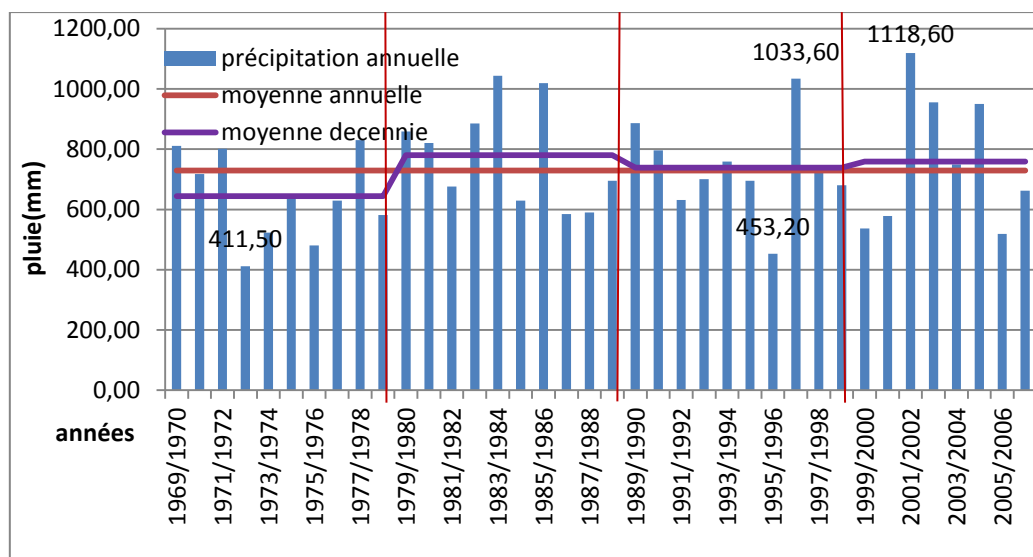
La deuxième décennie allant de 1980 à 1989 est une décennie qui reçoit des précipitations annuelles inférieures à la moyenne. La valeur maximale dans cette décennie est dans l'année



1983/1984 par une précipitation égale à 1043,3 mm et la valeur minimale est dans l'année 1986/1987 avec un seuil de 584,7 mm.

La troisième décennie allant de 1990 à 1999 est une décennie qui reçoit des pluies supérieures à la moyenne annuelle. La valeur maximale dans cette décennie est dans l'année 1996/1997 par une précipitation égale à 1033,6 mm et la valeur minimale dans cette décennie est dans l'année 1995/1996 avec une quantité de 453,2 mm.

La dernière période allant de 2000 à 2007 est une période qui reçoit des précipitations annuelles supérieures à la moyenne. La valeur la plus élevée de précipitations est dans l'année 2001/2002 par une valeur égale à 1118,6 mm et la plus maximale dans toute la wilaya et la valeur minimale est dans l'année 2005/2006 par une valeur égale à 518,74 mm.



**Figure 18. Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya de Skikda, période (1970-2007).**

**A Annaba**, les années 1983/1984, 1984/1985 et 1997/1998 sont les années les plus pluvieuses dans la période d'étude (1970-2007) parce qu'elles reçoivent les quantités les plus élevées des précipitations par rapport à la moyenne annuelle, et l'année 1980/1981, 1982/1983 et 1992/1993 sont les années qui reçoivent la quantité la plus proche à la moyenne.

Les années 1987/1988 et 2005/2006 sont des années les moins pluvieuses parce qu'elles reçoivent des pluies inférieurs à la moyenne.

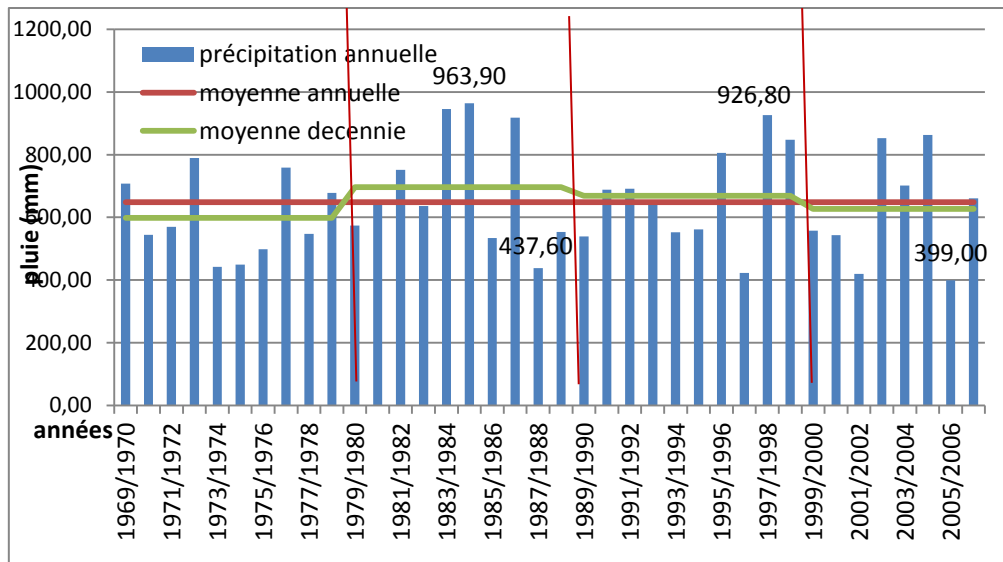
### **Répartition des pluies par décennie**

La première décennie allant de 1970 à 1979 est une décennie qui reçoit des quantités des pluies minimales, car les pluies moyennes dans cette décennie sont inférieures à la moyenne annuelle de la wilaya. La valeur maximale dans cette décennie est dans l'année 1972/1973 par une précipitation égale à 789,7 mm et la valeur minimale est dans l'année 1974 avec une quantité de 441,8 mm.

La deuxième décennie de 1980 à 1989 est une décennie qui reçoit des précipitations annuelles supérieures à la moyenne. La valeur maximale dans cette décennie est dans l'année 1984/1985 par une précipitation égale à 963,9 mm et la valeur minimale est dans l'année 1988 avec une quantité de 437,6 mm.

La troisième décennie allant de 1990 à 1999 est une décennie qui reçoit des pluies supérieures à la moyenne annuelle et leur moyenne est proche à la moyenne annuelle. La valeur maximale dans cette décennie est dans l'année 1998 par une précipitation égale à 926,8 mm et la valeur minimale dans cette décennie est dans l'année 1997 avec une quantité de 422,6 mm.

La dernière période allant de 2000 à 2007 est une période qui reçoit des précipitations annuelles inférieures à la moyenne. La valeur la plus élevée de précipitations est dans l'année 2005 par une valeur égale à 862,75 mm et la valeur minimale est dans l'année 2006 par une valeur égale à 399 mm.



**Figure 19. Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya d’Annaba, période (1970-2007).**

A El Taref, les années 1983/1984, 1984/1985 et 1997/1998 sont les années les plus pluvieuses dans la période d’étude (1970-2007) parce qu’elles reçoivent les quantités maximales des précipitations par rapport à la moyenne annuelle et les années 1978/1979 et 1992/1993 sont des années qui reçoivent les quantités les plus proches à la moyenne annuelle.

Les années 1987/1988, 1996/1997 et 2001/2002 sont les années les moins pluvieuses dans la wilaya parce qu’elles reçoivent des pluies inférieurs à la moyenne annuelle.

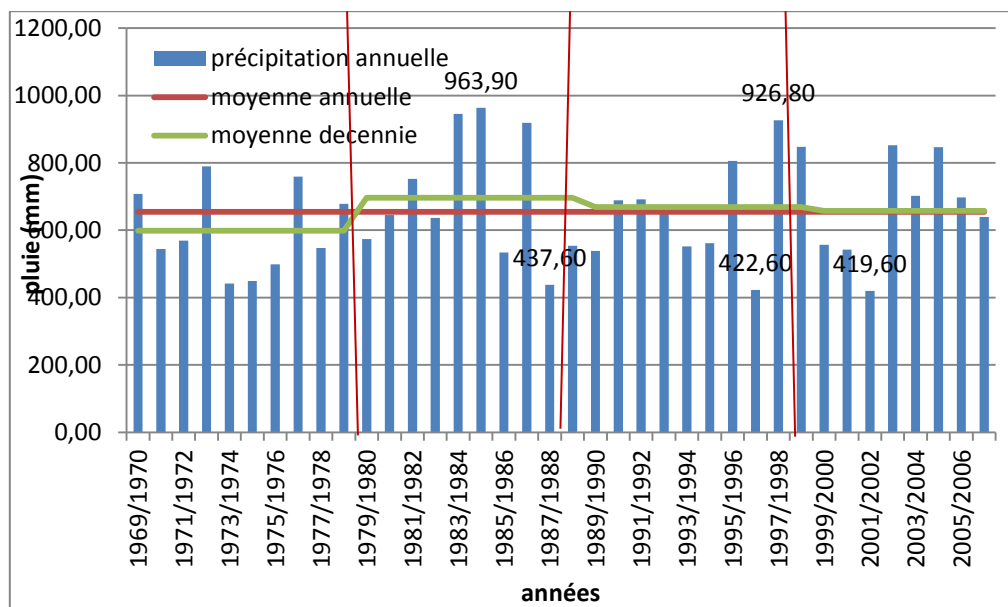
### Répartition des pluies par décennie

La première décennie allant de 1970 à 1979 est une décennie qui reçoit des quantités des pluies moins élevées dans la wilaya, car les pluies moyennes dans cette décennie sont inférieures à la moyenne annuelle de la wilaya. La valeur maximale dans cette décennie est dans l’année 1973 par une précipitation égale à 789,7 mm et la valeur la plus minimale est dans l’année 1974 avec un seuil de 441,8 mm.

La deuxième décennie de 1980 à 1989 est une décennie qui reçoit des précipitations annuelles supérieures à la moyenne. La valeur la plus maximale dans cette décennie est dans l’année

1985 par une précipitation égale à 963,9 mm et la valeur la plus minimale est dans l'année 1988 avec un seuil de 437,6 mm. La troisième décennie de 1990 à 1999 est une décennie qui reçoit des pluies supérieures à la moyenne annuelle. La valeur maximale dans cette décennie est dans l'année 1998 par une précipitation égale à 926,8 mm et la valeur minimale dans cette décennie est dans l'année 1997 avec un seuil de 422,6 mm.

La dernière période allant de 2000 à 2007 est une période qui reçoit des précipitations annuelles supérieures à la moyenne. La valeur la plus élevée de précipitations est dans l'année 2003 par une valeur égale à 852,6 mm et la valeur minimale est dans l'année 2002 par une valeur égale à 419,6 mm.



**Figure 20. Répartition des précipitations annuelles dans la wilaya d'El Taref, période (1970-2007).**

Dans notre zone d'étude, la pluviométrie annuelle varie entre 399 et 1429,4 mm. Nous constatons que la pluviométrie est répartie en trois groupes distincts, selon la pluviométrie moyenne annuelle, reçue. Le premier, représente les pluies de la wilaya de Jijel, dont les moyennes annuelles sont les plus élevées dans la période d'étude (1970-2007). Elles sont comprises entre 504 mm et 1429.4 mm. Le deuxième groupe, il comprend les pluies des wilayas de Béjaïa et Skikda avec des précipitations moyennes annuelles, comprises

respectivement, entre 411,5 et 1118,6 mm à Skikda et 435,8 et 1273,4 mm à Béjaia. Enfin, le troisième groupe est constitué des pluies des wilayas d'Annaba et El Taref où les valeurs des moyennes annuelles, sont comprises successivement, entre 399 à 963,9 et de 419,6 à 963,9 mm. Globalement, la wilaya d'Annaba est la wilaya, la moins arrosée du littoral Est algérien.

La valeur maximale est enregistrée dans la wilaya de Jijel, elle a atteint près de 1429,4 mm en 2003, et la valeur minimale a été enregistrée dans la wilaya d'Annaba, avec une quantité de 399 mm en 2006.

La période de 2000 à 2007 dans la wilaya de Jijel est la période qui reçoit la quantité la plus élevée dans tout littoral Est (Béjaia, Jijel, Skikda, Annaba et El Taref) par une moyenne égale 925,63 mm dans la wilaya de Jijel. Et la décennie de 1970-1979 est la décennie qui reçoit la quantité minimale dans notre zone d'étude par une quantité égale à 598,47 mm dans la wilaya d'Annaba et El Taref.

La wilaya d'Annaba et El Taref sont deux wilayas qui reçoivent les mêmes quantités de précipitations dans toutes les périodes sauf dans les trois dernières années (2005, 2006 et 2007) de période d'étude qui sont différentes, ceci explique la différence entre les deux stations dans la moyenne de période 2000 à 2007.

Les résultats donnés par le tableau 10, confirment les résultats illustrés dans les graphes précédents. Elles montrent qu'il ya une grande variabilité des précipitations, étant que les chiffres font ressortir que le plus grand coefficient de variation des précipitations annuelles, caractérise les précipitations de la wilaya de Jijel. Quant à la plus faible valeur, elle représente les précipitations de la d'El Taref. La variation observée, traduit une fluctuation des pluies d'une wilaya à l'autre.

On note également, une forte amplitude des précipitations maximales, mais la faible amplitude des précipitations minimales est dans la wilaya d'Annaba.

La variance est très importante dans toutes les wilayas d'étude, ce qui explique la grande variabilité des pluies et surtout à Skikda car la variance est à son maximum, et au minimum dans la wilaya d'El Taref.

**Tableau 9. Variabilité des précipitations annuelles des wilayas exprimées  
par les paramètres statistiques, période (1970-2007).**

<b>Paramètres</b>	<b>Béjaia</b>	<b>Jijel</b>	<b>Skikda</b>	<b>Annaba</b>	<b>El Taref</b>
<b>Moyennes (mm)</b>	771,11	881.31	728,75	647,3	654.97
<b>Max (mm)</b>	1273.4	1429.4	1118,6	963.9	963.9
<b>Min (mm)</b>	435.8	449.2	411.5	399	419.6
<b>Ecart type (mm)</b>	182,91	220,44	174,39	162,03	155,47
<b>Variance (mm)</b>	33455,29	48592,69	52267,43	26254,02	24170,01
<b>CV %</b>	23,72	25,01	23,93	24,98	23,74

#### **4. Répartition géo-temporelle des précipitations annuelles décennales**

A Béjaia, la décennie allant de 1970-1979 est la période qui reçoit la quantité maximale de pluies moyennes annuelles, et la décennie allant de 1990-1999 est la décennie qui reçoit la quantité minimale de pluies moyennes annuelles.

A Jijel, la période allant de 2000 à 2007 est la période qui reçoit la quantité maximale de pluies moyennes annuelles, et la décennie allant de 1980-1989 est la décennie qui reçoit la quantité minimale de pluies moyennes annuelles.

A Skikda, la décennie allant de 1980-1989 est la période qui reçoit la quantité maximale de pluies moyennes annuelles, et la décennie allant de 1970-1979 qui reçoit la quantité minimale de pluies moyennes annuelles.

A Annaba, la décennie allant de 1980-1989 est la décennie qui reçoit la quantité maximale de pluies moyennes annuelles, et la décennie allant de 1970-1979 qui reçoit la quantité minimale de pluies moyennes annuelles.

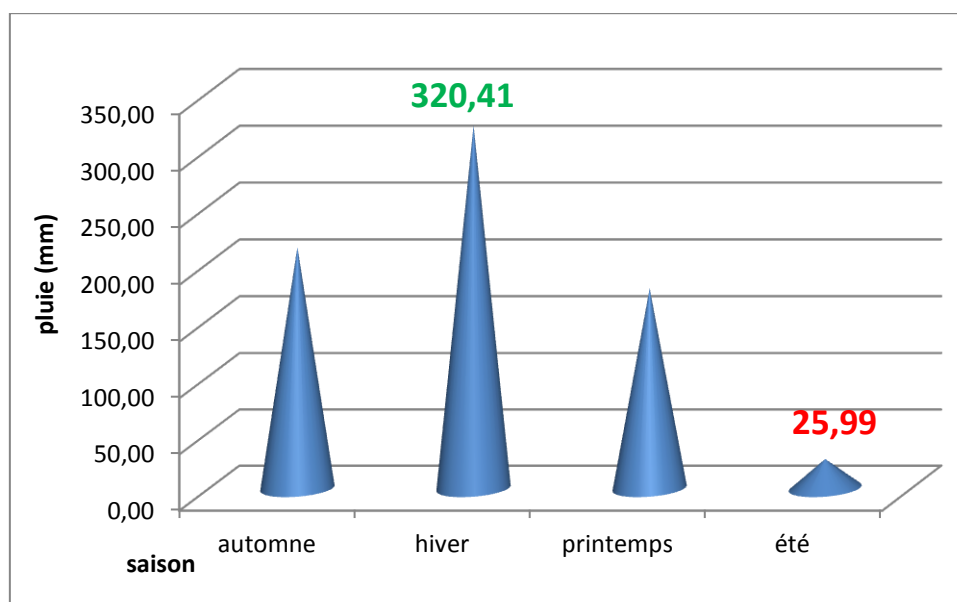
A El Taref, La décennie de 1980-1989 est la décennie qui reçoit la quantité maximale de pluies moyennes annuelles, et la décennie allant de 1970-1979 qui reçoit la quantité minimale de pluies moyennes annuelles.

**Tableau 10. Evolution des pluies moyennes annuelles (mm) par décennie dans la région d'étude.**

Station	Période			
	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2007
<b>Béjaia</b>	837,89	777,69	720,29	742,92
<b>Jijel</b>	890,32	832,39	874,62	939,57
<b>Skikda</b>	643,71	780,23	738,4	758,64
<b>Annaba</b>	598,47	696,04	668,56	627,1
<b>El Taref</b>	598,47	696,04	668,56	657,25

### 5. Répartition saisonnière des précipitations à l'échelle régionale

L'année pluviométrique est divisée en quatre saisons : automne (A), hiver(H), printemps (P) et été (E). L'hiver est la saison qui reçoit la quantité maximale des précipitations dans la région d'étude, avec une quantité égale à 320,41 mm. L'été est la saison qui reçoit la quantité minimale des précipitations, soit 25,99 mm.



**Figure 21. Répartition des précipitations saisonnières au niveau du littoral de l'Est Algérien, Période (1970-2007).**

Pour mieux caractériser les précipitations, des régimes saisonniers ont été définis pour chaque wilaya d'étude. Ces régimes sont de types HAPE pour l'ensemble des wilayas (tableau 11).

**Tableau 11. Régime saisonnier des précipitations (%) à l'échelle locale, période (1970-2007).**

Wilayas	Moyenne saisonnière								Type
	A	%	H	%	P	%	E	%	
<b>Béjaia</b>	217,44	28,20	329,46	42,73	193,83	28,20	30,37	3,94	HAPE
<b>Jijel</b>	266,94	30,29	391,55	44,43	197,04	30,29	25,78	2,93	HAPE
<b>Skikda</b>	200,04	27,45	339,34	46,57	166,13	27,45	22,64	3,11	HAPE
<b>Annaba</b>	190,07	29,30	267,39	41,22	164,91	29,30	26,25	4,05	HAPE
<b>El Taref</b>	192,79	29,44	274,28	41,88	163,59	29,44	24,31	3,71	HAPE

La variabilité saisonnière des précipitations, change sensiblement d'une wilaya à l'autre, Les figures 22, montrent la variabilité saisonnière des précipitations dans les cinq wilayas de la région d'étude.

Le tableau 11 montre que le régime saisonnier de notre région d'étude est de type HAPE. Ce régime est marqué par des pluies importantes en hiver avec des pourcentages de pluies qui fluctuent entre 41,22 et 46,57 %. Cette saison est suivie respectivement, par l'automne et le printemps et l'été. Le pourcentage maximal en hiver, est observé à Skikda avec un chiffre de 46,57%, il est le plus faible en été à Jijel, avec 2,93%.

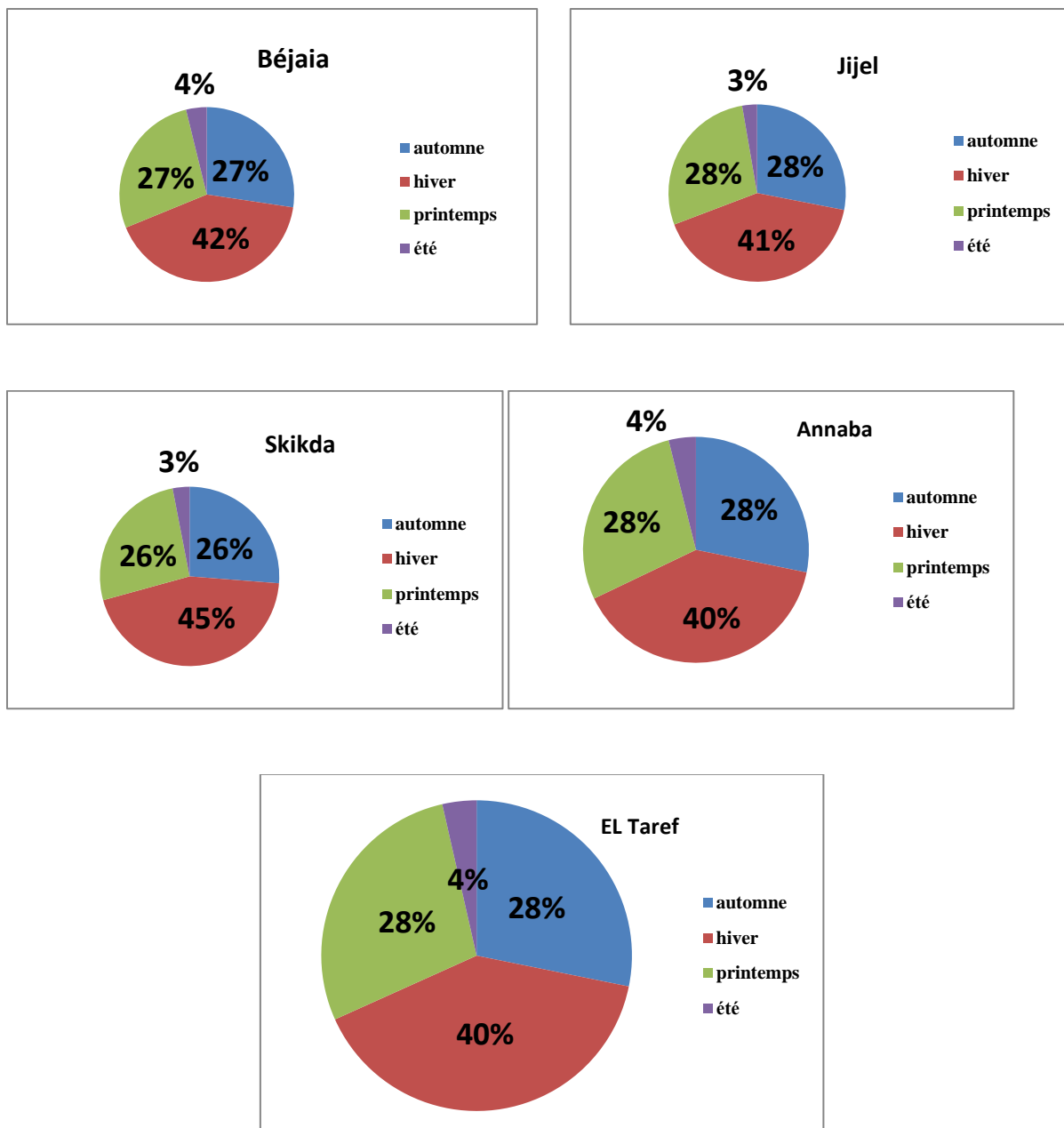
**En automne**, la wilaya de Jijel est la wilaya qui reçoit la quantité maximale des précipitations dans notre région d'étude pendant cette saison avec une précipitation moyenne saisonnière de 266,94 mm, et la quantité minimale est reçue dans la wilaya d'Annaba par 190,07 mm.

**En hivers**, la wilaya de Jijel est aussi la wilaya la plus arrosée avec une quantité de 391,55 mm, et la quantité minimale est reçue dans la wilaya d'Annaba par (267,39mm).

**En printemps**, la wilaya de Jijel (197,04 mm) est la wilaya qui reçoit la quantité maximale des précipitations, et la quantité minimale est reçue dans la wilaya El taref avec (163,59 mm).

**En été**, la wilaya de Skikda est la wilaya qui reçoit la quantité maximale des précipitations avec une quantité de 22,64 mm, et Béjaia est la wilaya qui reçoit la quantité minimale avec une quantité de 30,37 mm.





**Figure 22. Répartition en pourcentage (%) des quantités pluviométriques saisonnières moyennes des wilayas, période (1970-2007).**

Les résultats de tableau confirment les résultats obtenus par les graphes ci-dessus, où on constate qu'il ya une grande variabilité entre l'évolution des précipitations saisonnières dans les wilayas, et que l'hiver est la saison la plus variable dans toutes les wilayas. Et l'été est le moins variable.

Dans toutes les saisons, les valeurs maximales des précipitations sont enregistrées au Jijel, et la valeur maximale est à l'hiver, et l'été qui reçoit la quantité minimale des précipitations où la valeur minimale est enregistrée dans les wilayas de Jijel et Annaba.

**Tableau 12. Variabilité des précipitations des wilayas exprimées par les paramètres statistiques saisonnières.**

		Saisons			
		Automne	Hiver	Printemps	Eté
<b>Béjaia</b>	<b>Moy</b>	217,44	329,46	193,83	30,37
	<b>Ecart</b>	81,41	139,37	80,06	28,19
	<b>CV</b>	37,44	43,03	41,31	92,81
	<b>Max</b>	437,9	694	413,9	135
	<b>Min</b>	61	88,6	64,2	2
<b>Jijel</b>	<b>Moy</b>	266,94	391,55	197,04	25,78
	<b>Ecart</b>	87,04	172,23	76,81	25,46
	<b>CV</b>	32,61	43,99	38,98	98,73
	<b>Max</b>	520,2	855,4	421,5	106,8
	<b>Min</b>	128,1	135,2	98,4	0
<b>Skikda</b>	<b>Moy</b>	200,04	339,34	166,13	22,64
	<b>Ecart</b>	73,86	129,79	56,60	18,23
	<b>CV</b>	36,92	38,25	34,07	80,52
	<b>Max</b>	432,9	605,9	323,6	76,3
	<b>Min</b>	83,1	115,7	60,3	1,5
<b>Annaba</b>	<b>Moy</b>	190,07	267,39	164,91	26,25
	<b>Ecart</b>	95,02	96,82	57,39	17,01
	<b>CV</b>	49,99	36,21	34,80	64,81
	<b>Max</b>	424,7	473,9	299,9	59,7
	<b>Min</b>	70,1	112,3	82	0
<b>El Taref</b>	<b>Moy</b>	192,79	274,28	163,59	24,31
	<b>Ecart</b>	93,89	93,68	53,48	16,14
	<b>CV</b>	48,70	34,15	32,69	66,39
	<b>Max</b>	424,7	473,9	299,9	59,7
	<b>Min</b>	70,1	112,3	82	0

## 6. Répartition des précipitations mensuelles

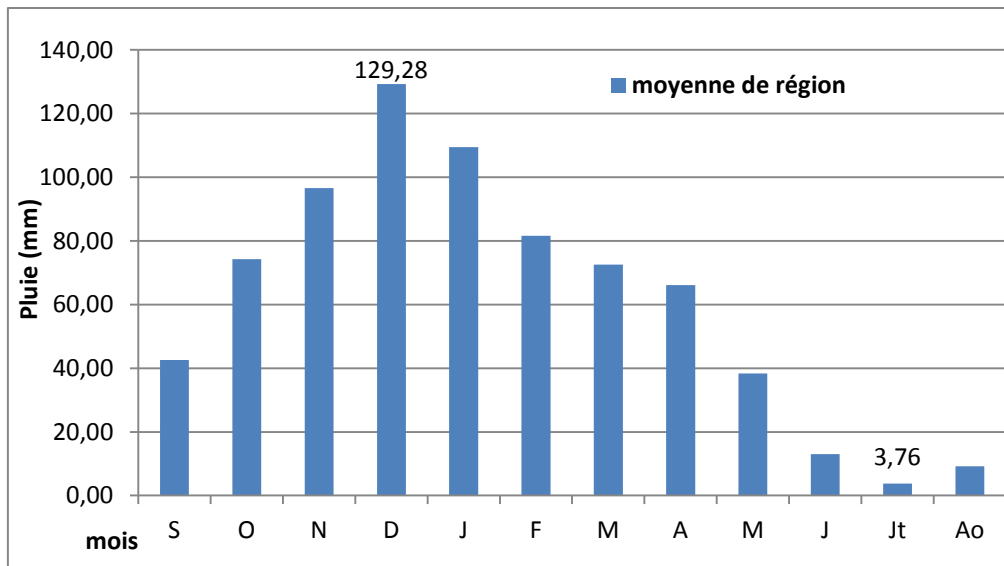
### 6.1. A l'échelle régionale

La quantité des précipitations tombées dans la région d'étude est illustrée dans le tableau suivant :

**Tableau 13. Précipitation moyenne mensuelle des wilayas, période (1970-2007).**

Mois												
Wilaya	S	O	N	D	J	F	M	A	Mai	J	Jt	Ao
<b>Béjaia</b>	44,9	81,0	91,4	134,0	112,3	83,1	81,3	69,8	42,6	13,0	7,1	10,1
<b>Max</b>	132	319,2	228,8	386,2	310	230	252,9	215,6	160,3	50,2	107	47
<b>Min</b>	1	0,9	2,8	10,1	11,2	0	0,8	15	0,3	0	0	0
<b>Jijel</b>	55,4	89,5	121,9	169,7	130,3	91,2	84,2	72,3	40,49	11,3	3,0	11,3
<b>Max</b>	203,1	227	355,9	407,3	333,1	293,9	259,5	170,6	105,5	56,4	16,2	103,5
<b>Min</b>	0,5	0	6,3	2,2	2,9	0	12	11,4	0,9	0	0	0
<b>Skikda</b>	39,4	69,1	91,6	132,2	117,1	90,1	68,8	63,6	33,7	12,2	2,8	8,3
<b>Max</b>	114,4	190,2	243	347,5	276,3	236,4	172,5	144,1	131,7	42,7	22,1	45,9
<b>Min</b>	0	1,8	5,7	21,5	20,6	0,6	0	9,1	1,8	0	0	0
<b>Annaba</b>	35,8	65,8	88,4	103,4	93,6	70,3	64,5	63,5	36,7	15	2,9	8,3
<b>Max</b>	116,1	271,2	242,7	230,9	226,7	208,4	223,5	204	114,8	52	18,5	32,5
<b>Min</b>	1,5	4,1	4,2	14,8	15,1	6,2	4,6	5,5	0	0	0	0
<b>El Taref</b>	37,4	65,8	89,4	107,0	93,8	73,3	63,9	61,2	38,3	13,5	2,8	7,8
<b>Max</b>	116,1	271,2	242,7	230,9	226,7	208,4	223,5	175,5	114,8	41,5	18,5	32,5
<b>Min</b>	1,5	4,1	4,2	14,8	15,1	6,2	4,6	5,5	0	0	0	0

On constate que la moyenne mensuelle de précipitations des wilayas de la région d'étude change sensiblement d'un mois à l'autre, il ya des mois plus pluvieux que l'autre. Les précipitations sont aux maximums dans le mois de décembre avec une quantité égale à 129,28 mm, et au minimum dans le mois de juillet avec une quantité égale à 3,76 mm.



**Figure 23. Répartition des précipitations mensuelles moyennes de littoral, période (1970-2007).**

## 6.2. A l'échelle locale

La pluviosité mensuelle est nettement variable, la distribution des précipitations mensuelles est irrégulière d'un mois à l'autre sur toute l'année dans la totalité des wilayas de la région d'étude pendant la période (1970-2007).

Les mois de Novembre, Décembre, Janvier et Février sont les mois les plus pluvieuses dans les cinq wilayas car ils reçoivent les pluies maximales par rapport à la moyenne qui est logique car elle appartient à la saison hivernale, par contre on note qu'il y a une moyenne pluviométrique pour les autres mois des saisons printanières (Mars et Avril) et automnale (Octobre) et des quantités des pluies minimales pendant (juin, juillet et août) en plus de mois de Mai qui est un mois printanière mais il est sec. La variation des précipitations durant ces mois est entre 2 à 28 mm par mois par rapport à la moyenne saisonnière, étant que la wilaya la moins pluvieuse dans ces mois est la wilaya de Jijel de 3 à 12 mm/mois et le plus arrosée est la wilaya de Skikda avec une quantité atteinte jusqu'à 28 mm/mois pendant le mois d'Aout mais la wilaya de Skikda représente le taux pluviométrique le plus sec dans la région d'étude avec une quantité de 2,80 mm dans le mois de Juillet.

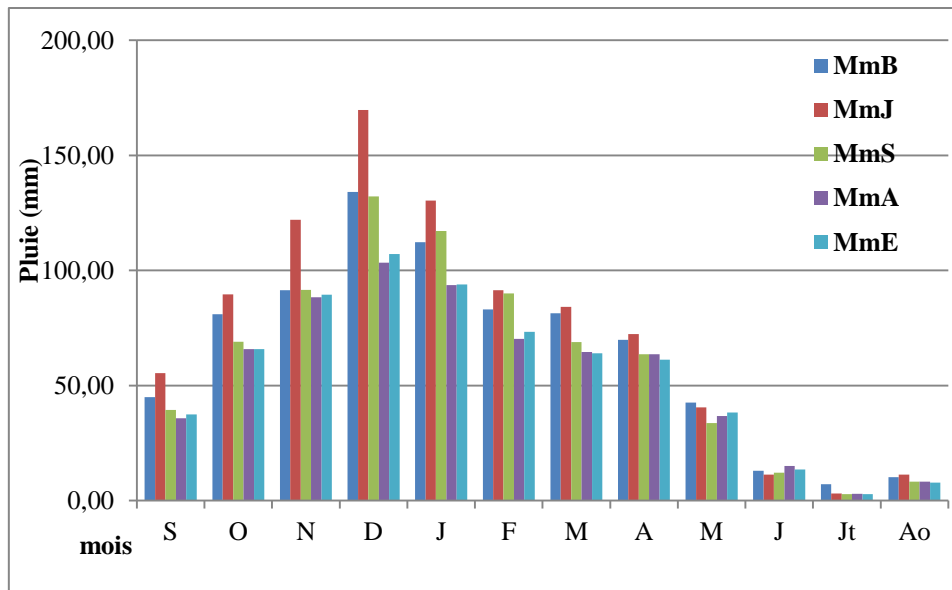
La wilaya de Jijel est la wilaya la plus pluvieuse pendant ces trois mois étant que la quantité moyenne des pluies mensuelles comprise entre 120 et 170 mm par mois, où le taux pluviométrique le plus élevé est de 169,75 mm au mois de Décembre, et la wilaya d'Annaba est la moins pluvieuse pendant ces mois dont la quantité moyenne des pluies mensuelles sont de 80 à 105 mm/mois. Les autres wilayas (Béjaia, Skikda et El Taref) sont caractérisées par des valeurs modérées entre 80 et 140 mm par mois.

Les wilayas d'Annaba et El Taref ont presque les mêmes quantités des pluies tombées pendant les trois mois (Novembre, Décembre et Janvier) qui comprise entre 80 à 110 mm/mois.

La wilaya de Jijel est la wilaya qui contient le mois le plus pluvieux dans tout littoral, qui est le mois de Décembre par une valeur moyenne de précipitation mensuelle égale à 169,75 mm, et la wilaya de Skikda est la wilaya qui contient le mois le plus sèche et le moins pluvieux, qui est le mois de juillet avec une précipitation mensuelle moyenne égale à 2,8 mm.

Dans l'ordre décroissant, les mois les plus pluvieux au niveau de notre région sont ; décembre, janvier, novembre, février, octobre, mars, avril, septembre, mai, juin, aout et juillet, en exception dans les wilayas d'Annaba et El Taref est le mois de Mai est le plus arrosé que Septembre. D'après ces résultats, on fait ressortir deux périodes en cours de l'année ;

- La première pluvieuse, elle s'étale d'Octobre à Avril.
- La deuxième sèche, elle coïncide avec la saison la plus chaude. Elle s'étale de Mai à Septembre.

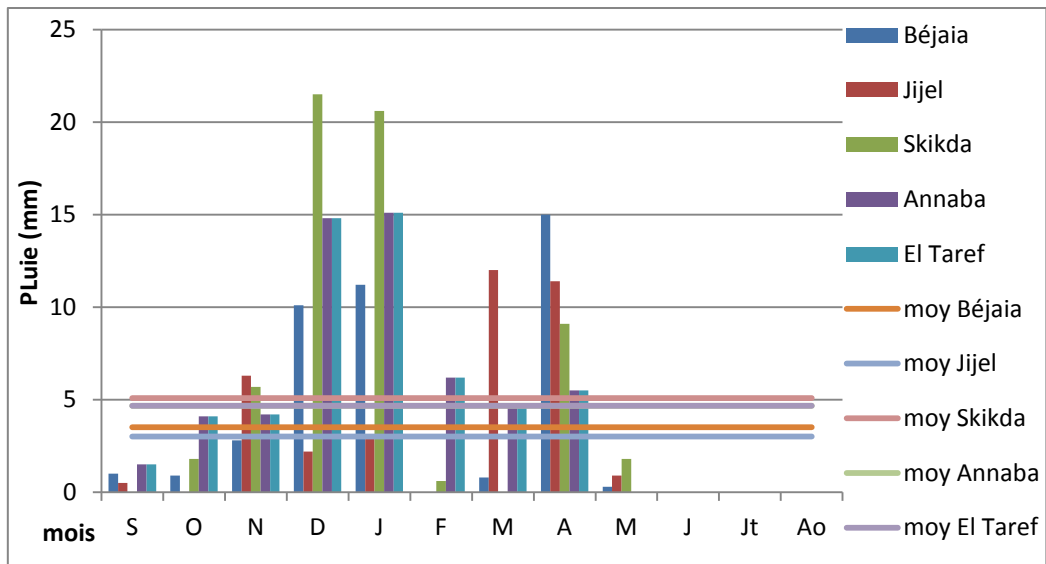


**Figure 24. Répartition des précipitations mensuelles moyennes des wilayas, période (1970-2007).**

### **7. Répartition des précipitations mensuelles minimales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007)**

D'après la figure 25, on constate que les valeurs minimales des précipitations sont enregistrées dans les mois de Juin, Juillet et Aout dans toutes les wilayas, où les valeurs minimales sont enregistrées dans la wilaya de Jijel dans les mois d'Octobre, Décembre et Janvier.

La wilaya de Béjaia est la wilaya qui appartient à la valeur minimale dans le mois de Novembre et dans le mois de Février au niveau des wilayas de Béjaia et Jijel, et dans Annaba et El Taref dans les mois d'Avril et Mai, et Skikda appartient à la valeur minimale dans le mois de Septembre et Mars.



**Figure 25. Répartition des précipitations mensuelles minimales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007)**

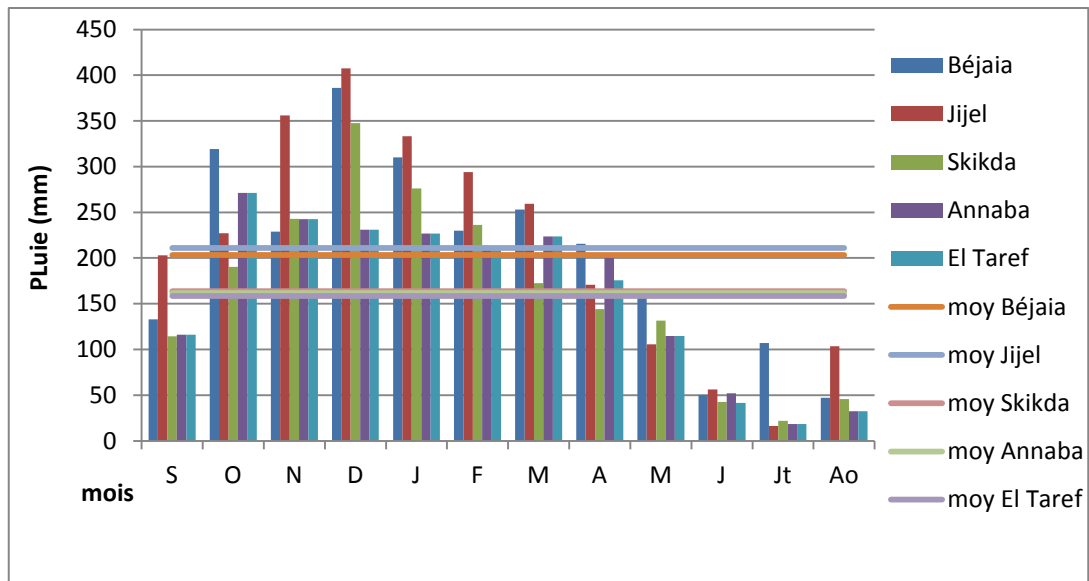
### **8. Répartition des précipitations mensuelles maximales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007)**

D'après la figure, on constate que les valeurs maximales des précipitations sont enregistrées dans le mois de décembre au niveau des wilayas de (Béjaia, Jijel et Skikda) où la valeur maximale est enregistrée dans la wilaya de Jijel par une quantité égale à 407,3 mm.

Dans les autres wilayas (Annaba et El Taref), sont enregistrées dans le mois d'octobre avec une quantité égale à 271,2 mm.

La wilaya de Jijel, est la wilaya qui appartient aux valeurs maximales des précipitations dans les mois de Septembre, Novembre, Décembre, Janvier. Février, Mars, Juin et Aout.

La wilaya de Béjaia, est la wilaya qui appartient aux valeurs maximales dans les mois d'Octobre, Avril, Mai et Juillet.



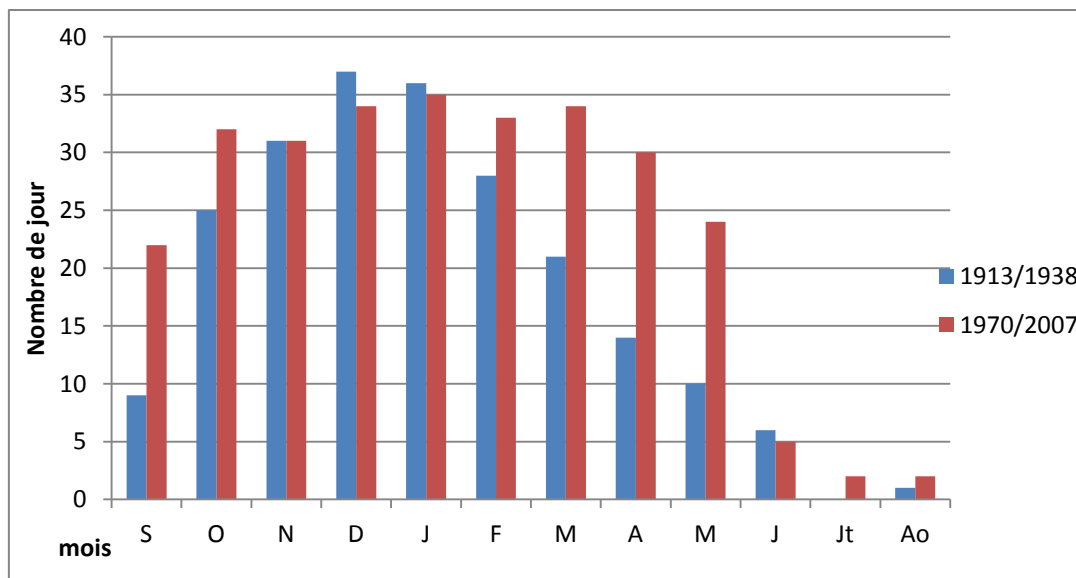
**Figure 26. Répartition des précipitations mensuelles maximales dans les wilayas de la région d'étude, période (1970-2007).**

### 9. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007)

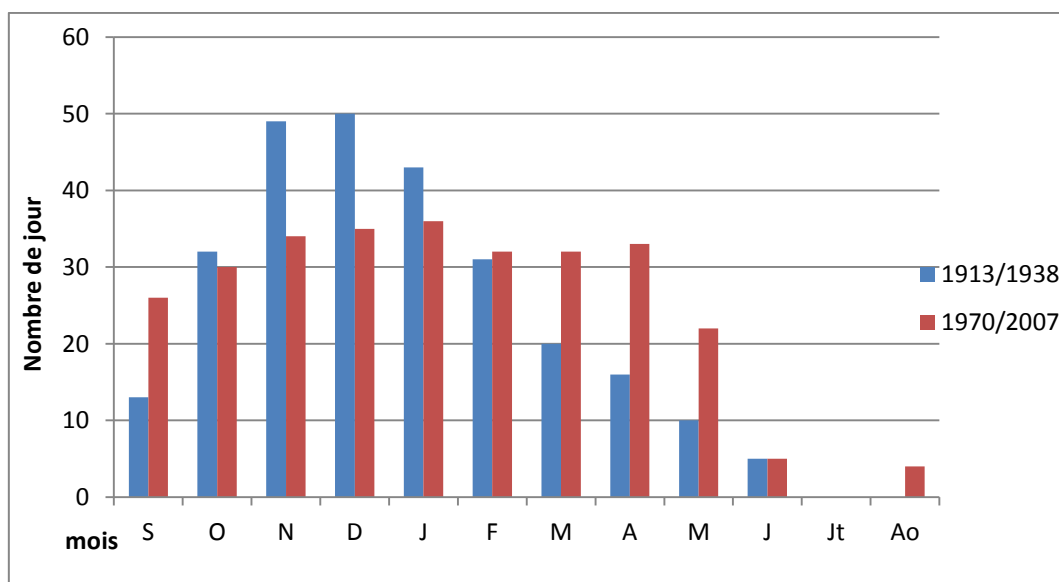
La répartition mensuelle de pluie dans notre région d'étude est caractérisée par une différence entre les deux séries de données de l'ONM (1970-2007) et de Seltzer (1913-1938).

Les données des pluies de l'ONM sont supérieures à celui de Seltzer, parce que les nombres de pluies maximales (torrentielles) de l'ONM sont supérieurs à celui de Seltzer, ceci explique l'augmentation des pluies dans la période allant de 1970 à 2007 par rapport la période allant de 1913 à 1938.

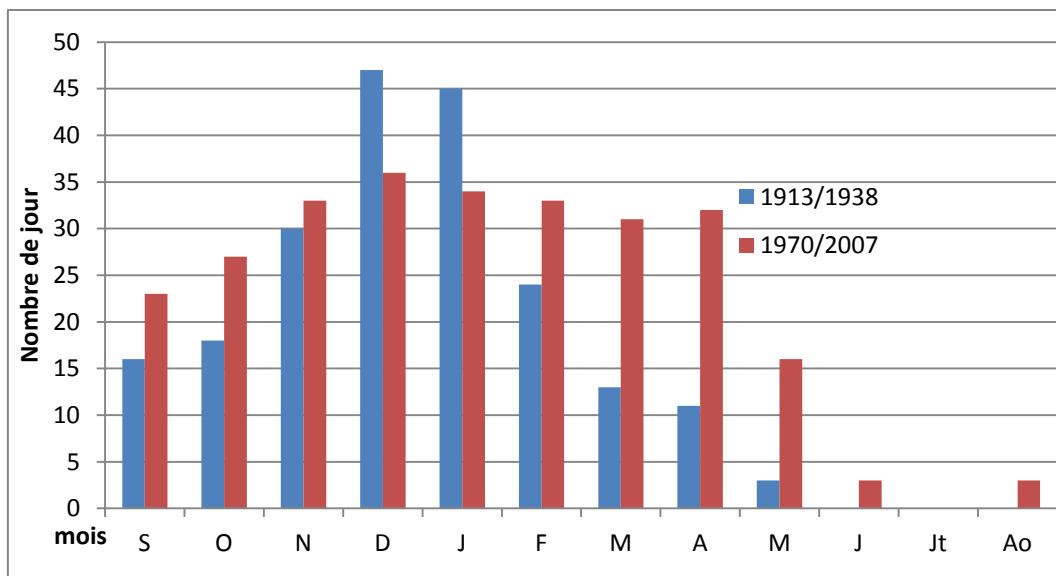




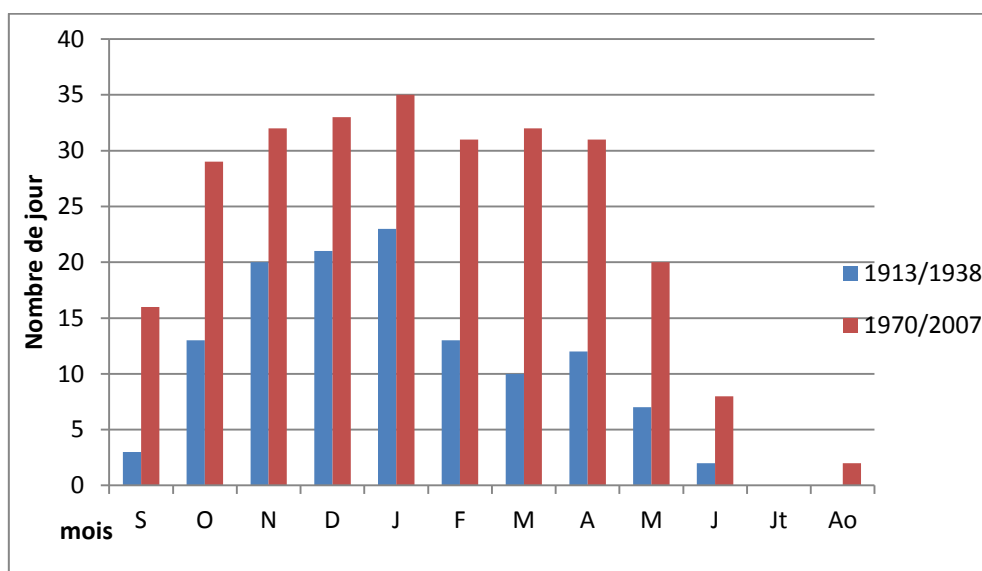
**Figure 27. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007) dans la wilaya de Béjaia.**



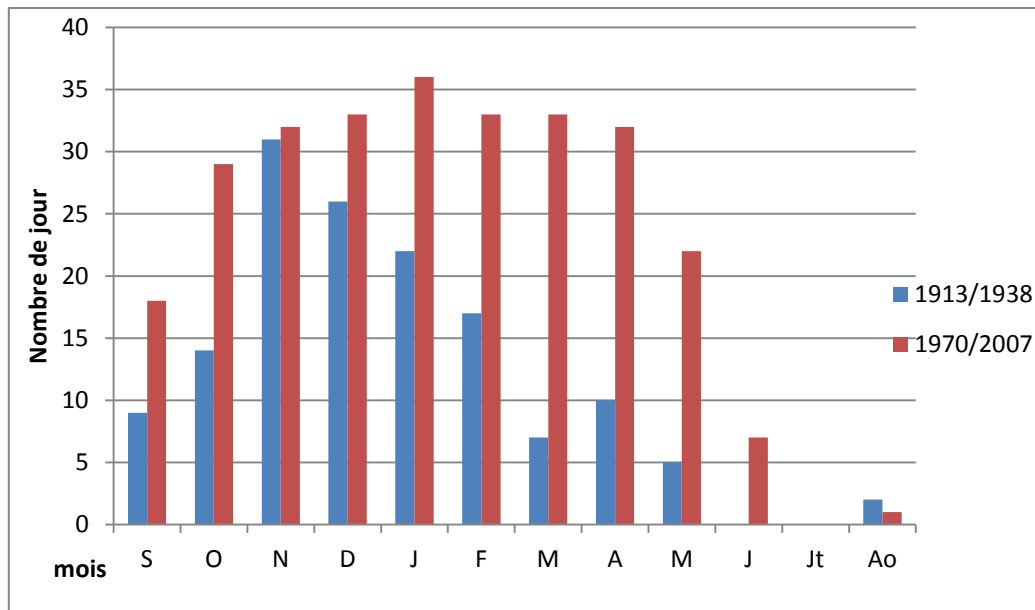
**Figure 28. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période (1913-1938) et (1970-2007) dans la wilaya de Jijel.**



**Figure 29. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période 1913-1938 et 1970-2007 dans la wilaya de Skikda.**



**Figure 30. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période 1913-1938 et 1970-2007 dans la wilaya d'Annaba.**



**Figure 31. Comparaison entre le nombre de jour de pluie, période 1913-1938 et 1970-2007 dans la wilaya d'El Taref.**

### 10. Coefficient mensuel de précipitation (CMP) à l'échelle régionale

Ce coefficient confirme les résultats illustrés dans l'étude des précipitations mensuelles.

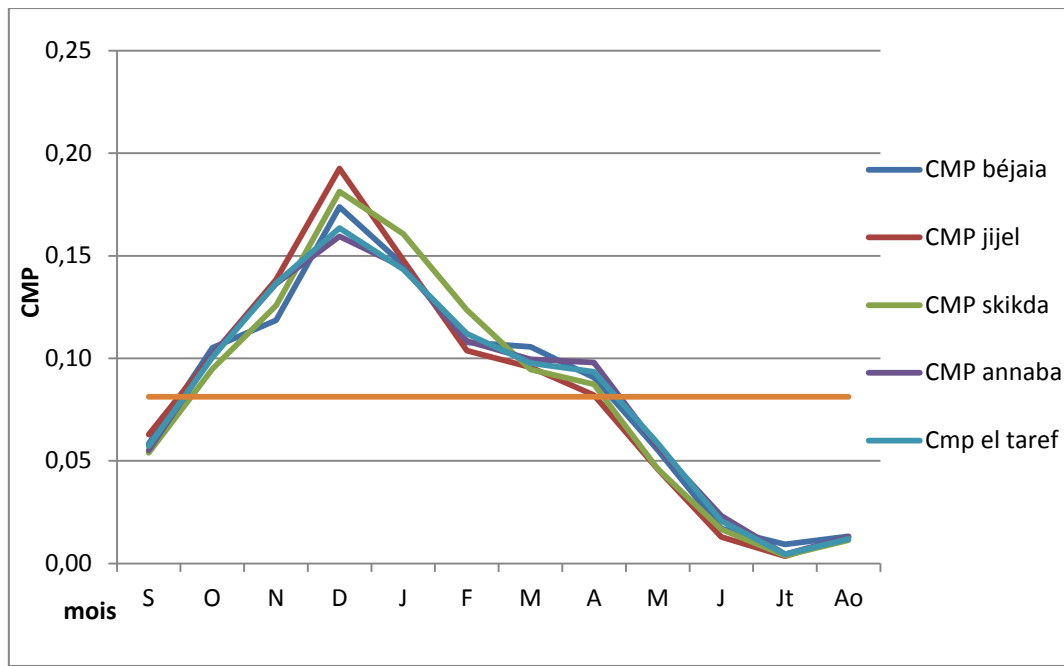
Les valeurs de coefficient de précipitations enregistrées dans littoral-est, ils montrent que le mois de décembre est le mois qui reçu la quantité maximale de précipitation dans la région d'étude, où le CMP est au maximum dans ce mois, et il comprise entre 0,16 et 0,19, et le mois de juillet est le mois le plus sèche et qui reçu la quantité minimale des dans la région où le CMP est au minimum, et il comprise entre 0 et 0,01.

Il ya une équivalence dans l'évolution des valeurs des CMP dans les wilayas de littoral-est, où on constate une faible différence entre les wilayas, mais la wilaya de Jijel est la wilaya qui contient les valeurs maximales de CMP par rapport les autres wilayas, et la wilaya d'Annaba est la wilaya qui enregistre les valeurs minimales de CMP.

L'analyse des figures des figures ci-dessous, des wilayas de la région d'étude montrent l'existence de deux périodes par rapport à la valeur de référence (0,08) dans toutes les wilayas.

- La période hivernale : elle est la plus arrosée qui démarre en Octobre jusqu'au mois d'Avril où les précipitations sont aux maximums pendant ces mois, et décembre est le mois le plus humide.

- La période des faibles précipitations où ces dernières sont aux minimums pendant ces mois, et qui se situe pendant la période estivale, elle commence en mai jusqu'au mois de Septembre, et le mois de juillet est le mois plus sèche.

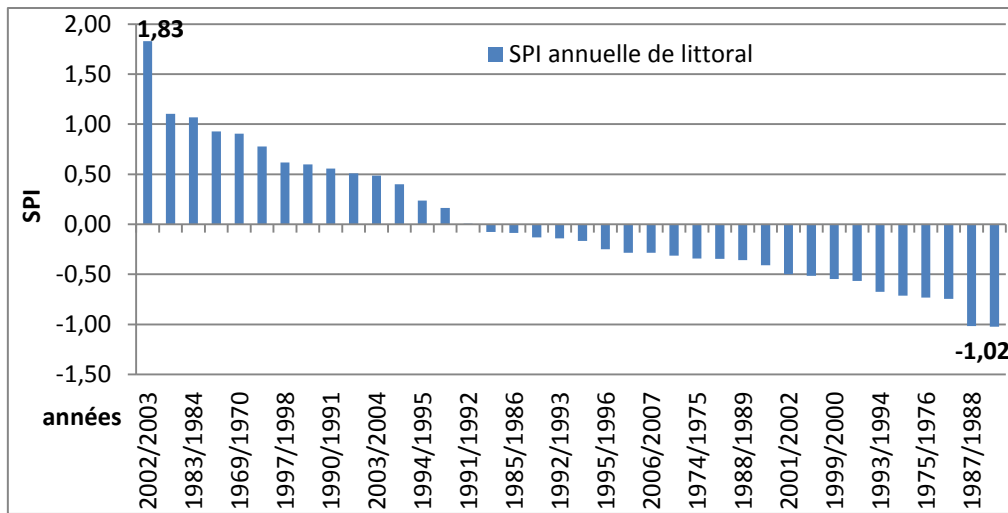


**Figure 32. Coefficient mensuel des précipitations à l'échelle régionale, Période (1970-2007).**

## 11. Indice standardisé des précipitations annuelles

### 11.1. A l'échelle régionale

La quantité des précipitations est différente d'une année à l'autre car les SPI sont différentes d'une année à l'autre, l'année 2002/2003 est l'année qui reçoit la quantité maximale des précipitations, car le SPI est égale à 1,83, qui est appartient au intervalle allant de 1,5 et 1,99 (très humide). Et les années 1987/1988 et 2005/2006 sont les années qui reçoivent les quantités minimales dans la région, avec une SPI égale à -1,02.



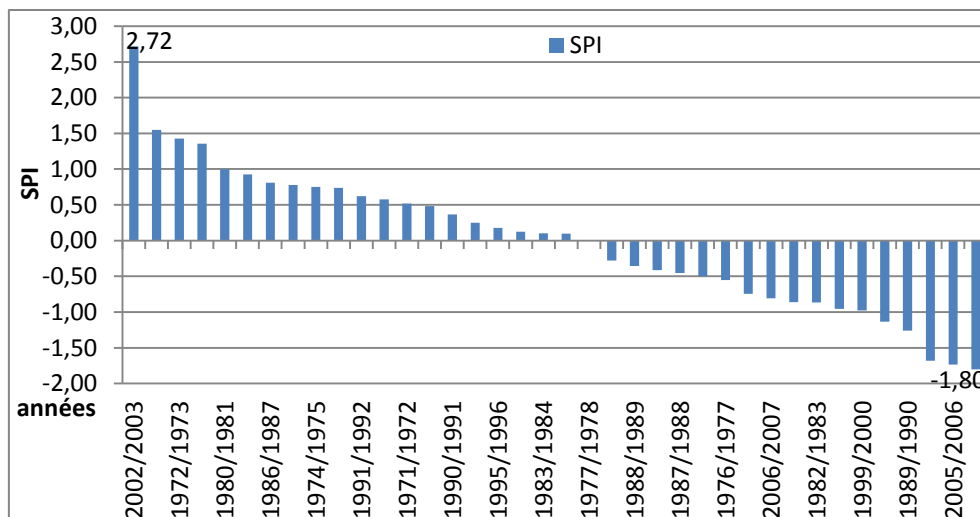
**Figure 33. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de littoral, période (1970-2007).**

### 11.2. A l'échelle locale

A **Béjaia**, l'analyse de la figure suivante indique que la quantité des précipitations est au maximum dans l'année 2002/2003, et appartient au SPI maximale qui égale à 2,72, et SPI minimale dans l'année 1996/1997 qui égale à -1,8.

**Tableau 14. Valeurs de l'indice 'SPI' annuelle à Béjaia, période (1970-2009).**

Années	Valeurs de SPI	Valeurs de références	catégories	Observation
93/94, 96/97	-1,71 - - 1,83	-1,5 - -1,99	Très sec	Déficitaire
79/80, 89/90, 99/2000, 05/06	-1 - - 1,47	-1 - - 1,49	Modérément sec	Déficitaire
70/71, 81/82, 95/96, 03/04	-0,98 - 0,93	-0,99 - 0,99	Proche de la normale	Normale
72/73, 80/81 ,84/85	1 -1,44	1 - 1,49	Modérément humide	Excédentaire
69/70	1,56	1,5 - 1,99	Très humide	Excédentaire
02/03	2,75	2 et plus	Extrêmement humide	Excédentaire

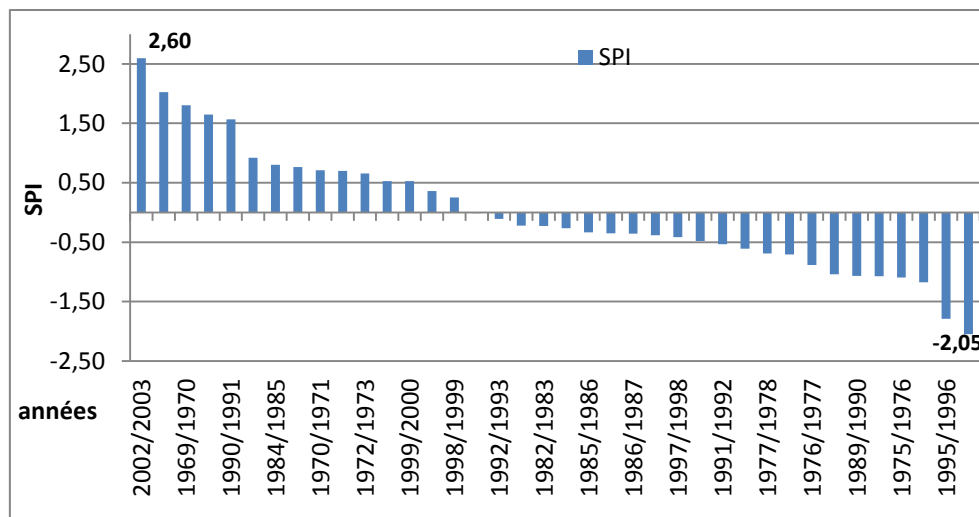


**Figure 34. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya de Béjaia, période (1970-2007).**

A **Jijel**, l'analyse de la figure suivante indique que la quantité des précipitations est au maximum dans l'année 2002/2003, et appartient au SPI maximale qui égale à 2,6, et SPI minimale dans l'année 1981/1982 qui égale à -2,05.

**Tableau 15. Valeurs de l'indice SPI annuelle à Jijel, période (1970-2007).**

années	Valeurs SPI	Valeurs de références	Catégories	Observation
95/96	-1,79	-1,5 - -1,99	Très sec	Déficitaire
75/76, 89/90, 01/02	-1,04 - -1,17	-1 - -1,49	Modérément sec	Déficitaire
72/73, 84/85, 05/06	-0,88 -0,92	-0,99 - 0,99	Proche de la normale	Normale
-	-	1- 1,49	Modérément humide	Excédentaire
69/70, 80/81, 90/91	1,57 - 1,8	1,5 - 1,99	Très humide	Excédentaire
94/95, 02/03	2,02 - 2,6	2 et plus	Extrêmement humide	Excédentaire

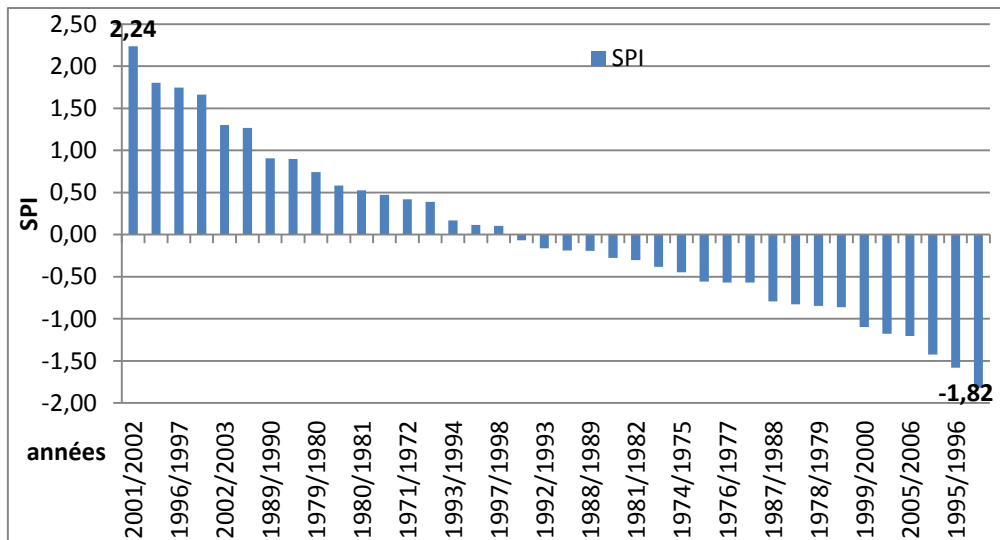


**Figure 35. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya de Jijel, Période (1970-2007).**

A Skikda, l'analyse de la figure suivante indique que la quantité des précipitations est au maximum dans l'année 2001/2002, et appartient au SPI maximale qui égale à 2,24, et SPI minimale dans l'année 1972/1973 qui égale à -1,82.

**Tableau 16. Valeurs de l'indice SPI annuelle à Skikda, période (1970-2007).**

Années	Valeurs SPI	Valeurs de références	catégories	Observation
72/73, 95/ 96	-1,58 - -1,82	-1,5 -1,99	Très sec	Déficitaire
73/74, 75/76, 05/06	-1,18 - -1,43	-1 -1,49	Modérément sec	Déficitaire
77/78, 82/83, 2000/01	-0,86 - 0,91	-0,99 -0,99	Proche de la normale	Normale
02/03, 04/05	1,27 - 1,3	1- 1,49	Modérément humide	Excédentaire
83/84, 85/86, 96/97	1,66 - 1,8	1,5- 1,99	Très humide	Excédentaire
01/02	2,24	2 et plus	Extrêmement humide	Excédentaire



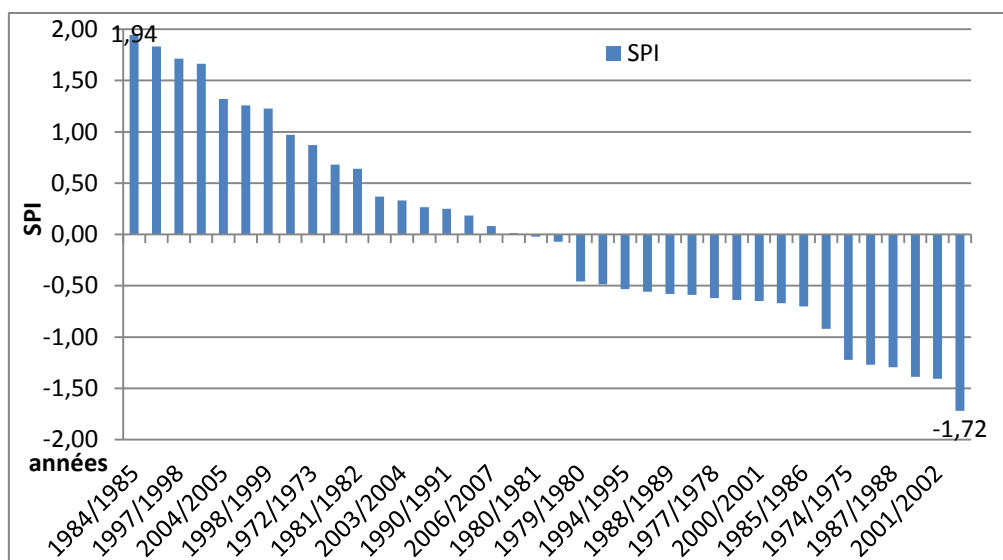
**Figure 36. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya de Skikda, période (1970-2007).**

**A Annaba**, l'analyse de la figure suivante indique que la quantité des précipitations est au maximum dans l'année 1984/1985, et appartient au SPI maximale qui égale à 1,94, et SPI minimale dans l'année 2005/ 2006 qui égale à -1,72.

**Tableau 17. Valeurs de l'indice SPI annuelle à Annaba, période (1970-2007).**

Années	Valeurs SPI	Valeurs de références	catégories	Observation
05/06	- 1,72	-1,5 -1,99	Très sec	Déficitaire
73/74, 87/88, 01/02	- 1,27 - -1,41	-1 - -1,49	Modérément sec	Déficitaire
75/76, 81/82, 95/96	- 0,92 - 0,97	-0,99- 0,99	Proche de la normale	Normale
98/99, 02/03, 04/05	1,23 -1,32	1-1,49	Modérément humide	Excédentaire
84/85, 86/87, 97/98	1,83 -1,94	1,5- 1,99	Très humide	Excédentaire
-	-	2 et plus	Extrêmement humide	Excédentaire



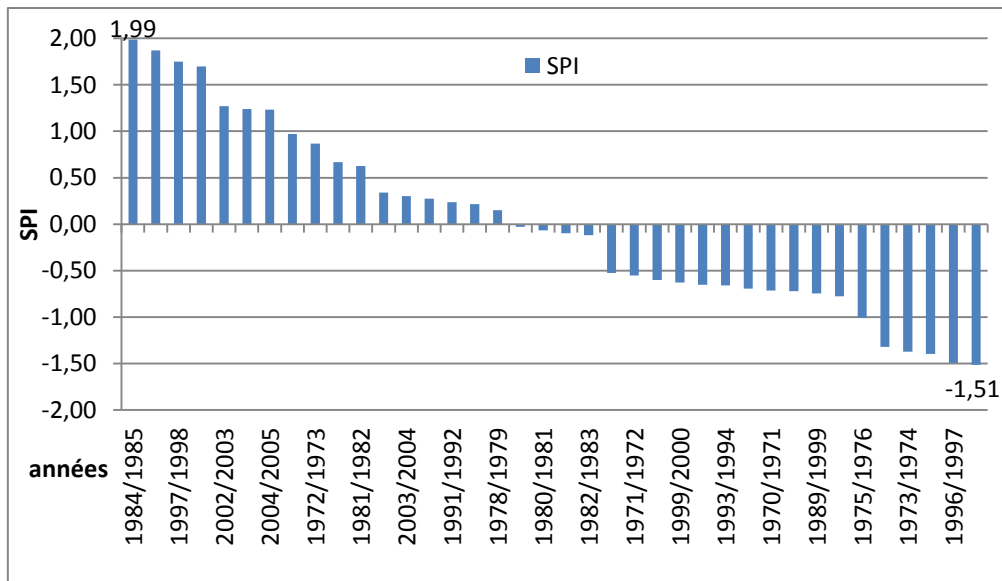


**Figure 37. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya d'Annaba, période (1970-2007).**

A El teref, l'analyse de la figure suivante indique que la quantité des précipitations est au maximum dans l'année 1984/1985, et appartient au SPI maximale qui égale à 1,99, et SPI minimale dans l'année 2001/ 2002 qui égale à -1,51.

**Tableau 18. Valeurs de l'indice SPI annuelle à El Teref, période (1970-2007).**

Années	Valeurs SPI	Valeurs de références	Catégories	Observation
01/02	- 1,51	-1,5 -1,99	Très sec	Déficitaire
75/76, 87/88, 96/97	- 1,01 à -1,49	-1 -1,49	Modérément sec	Déficitaire
70/71, 85/86, 95/96	- 0,78 à 0,97	-0,99 - 0,99	Proche de la normale	Normale
98/99, 02/03, 04/05	1,23 à 1,27	1 - 1,49	Modérément humide	Excédentaire
83/84, 84/85, 97/98	1,75 à 1,99	1,5 - 1,99	Très humide	Excédentaire
-	-	2 et plus	Extrêmement humide	Excédentaire



**Figure 38. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies annuelles de la wilaya d'El Taref, période (1970-2007).**

## 12. Indice standardisé des précipitations saisonnières

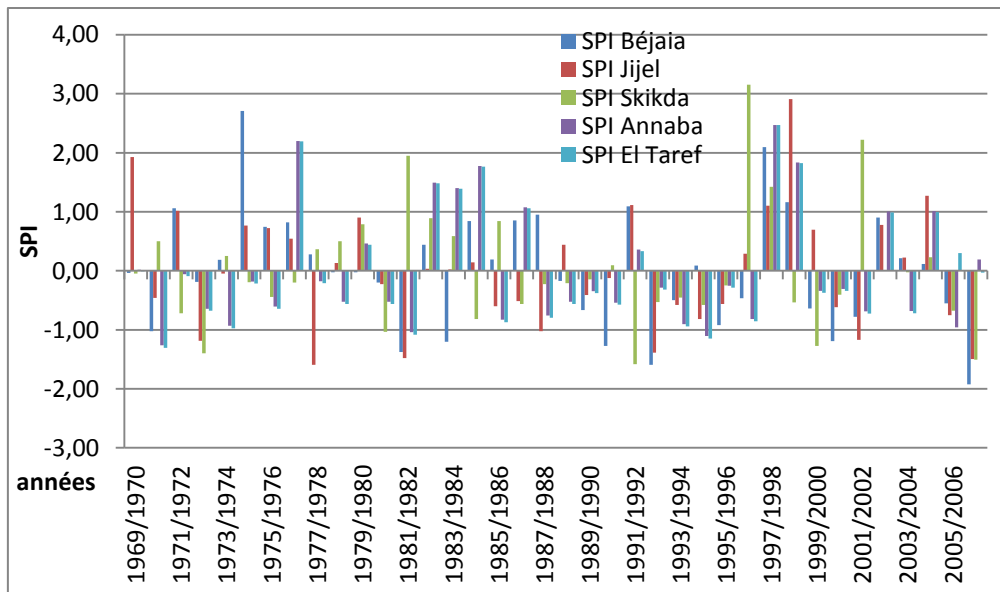
La répartition de SPI saisonnière est irrégulière dans la région d'étude et d'une wilaya à l'autre et même dans la même wilaya par rapport les différents saisons (automnale, hivernale, printanière et estivale).

Cet indice est pour objectif de différencier les saisons hivernales très humides, humides et estivales sèches et très sèches, et les saisons normales. Quand la précipitation augmente, le SPI augmente en parallèle, et quand la précipitation diminue, le SPI est aussi diminué.

**En automne**, le SPI varie entre -1,92 et 3,15, la valeur maximum est dans la wilaya de Skikda dans l'année 1996/1997 et la valeur minimale est dans la wilaya de Béjaia en 2006/2007. Et on diviser on deux de -1,92 à 0 des années automnales sèches (pluies minimales) et de 0 à 3.15 des années automnales humides (pluies maximales).

Les SPI sont distribuées comme suit ; de -1,92 à 2,71 à Béjaia, de -1,6 à 2,91 à Jijel , de -1,5 à 3,15 à Skikda , de -1,26 à 2,47 à Annaba et de -1,31 à 2,47 à El Taref.

Le SPI des wilayas d'Annaba et d'El Taref est presque le même parce que la précipitation dans ces wilayas est presque la même dans la période d'étude

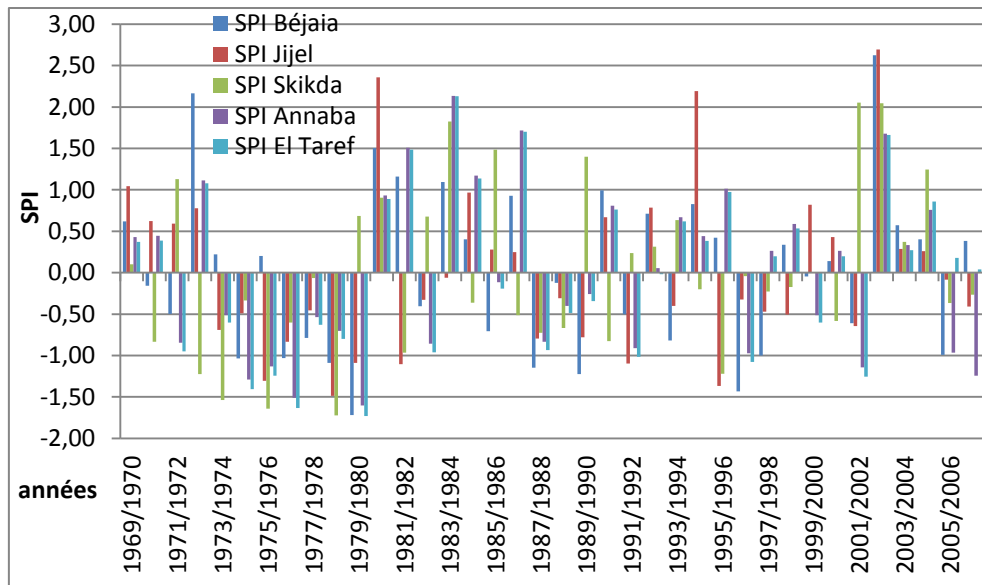


**Figure 39. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'automne dans la région d'étude, période (1970-2007).**

**En hiver**, le SPI atteint ces valeurs maximales parce que cette saison est la saison la plus pluvieuse mais d'après cet indice on distingue des années plus pluvieuses que d'autres par rapport les valeurs de SPI qui varie quand les précipitations varient soit diminué ou augmente. Les valeurs de SPI sont variées dans cette saison de - 1,73 à 2,69 et la valeur maximale est dans la wilaya de Jijel, et la valeur minimale est dans la wilaya d'El Taref.

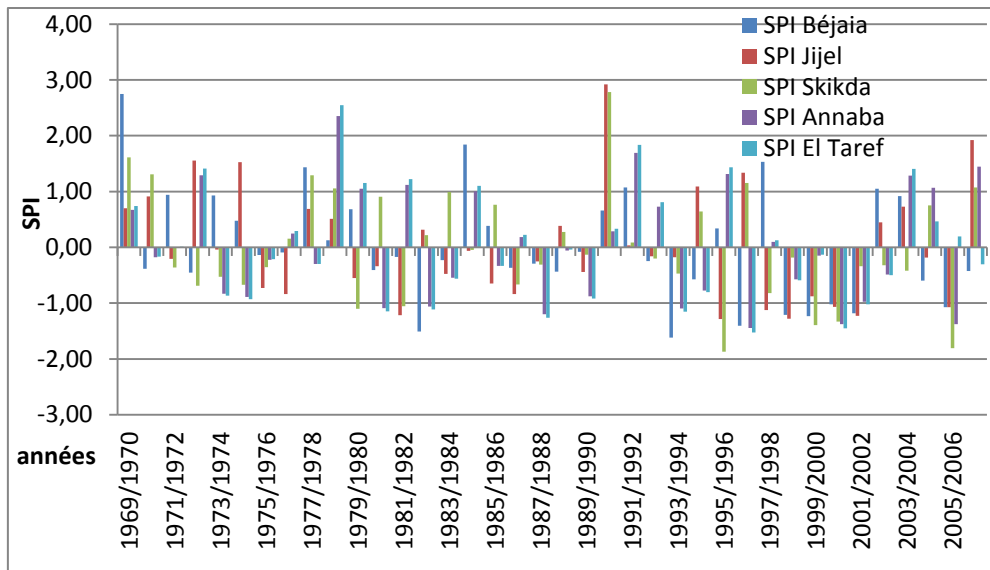
Les SPI varient dans les wilayas comme suit ; Béjaïa de -1,72 à 2,63, Jijel de -1,49 à 2,69, Skikda de -1,72 à 2,05, Annaba de -1,6 à 2,13 et El Taref de -1,73 à 2,13. Il ya une petite différence dans les valeurs de SPI entre les wilayas d'Annaba et El Taref pendant cette saison.

Jijel est la wilaya qui reçoit la quantité maximale dans cette saison parce qu'elle est la plus pluvieuse, et elle contient les SPI maximales, et Annaba est la wilaya qui reçoit les quantités minimales des précipitations.



**Figure 40. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'hiver dans la région d'étude, période (1970-2007).**

**En printemps**, le SPI dans les cinq wilayas varient entre -1,87 en 1995/1996 à Skikda, et 2,92 en 1990/1991 à Jijel, et les valeurs de SPI sont de -1,62 à 2,75 à Béjaia , A Jijel de -1,28 à 2,92 , de -1,87 à 2,87 à Skikda , de -1,44 à 2,35 à Annaba, et El Taref de -1,53 à 2,55. D'après les SPI et les valeurs de précipitations saisonnières dans les cinq wilayas, on distingue que Annaba est la wilaya qui appartient aux valeurs minimale, et Jijel est la wilaya qui appartient, aux valeurs maximales pendant cette saison.

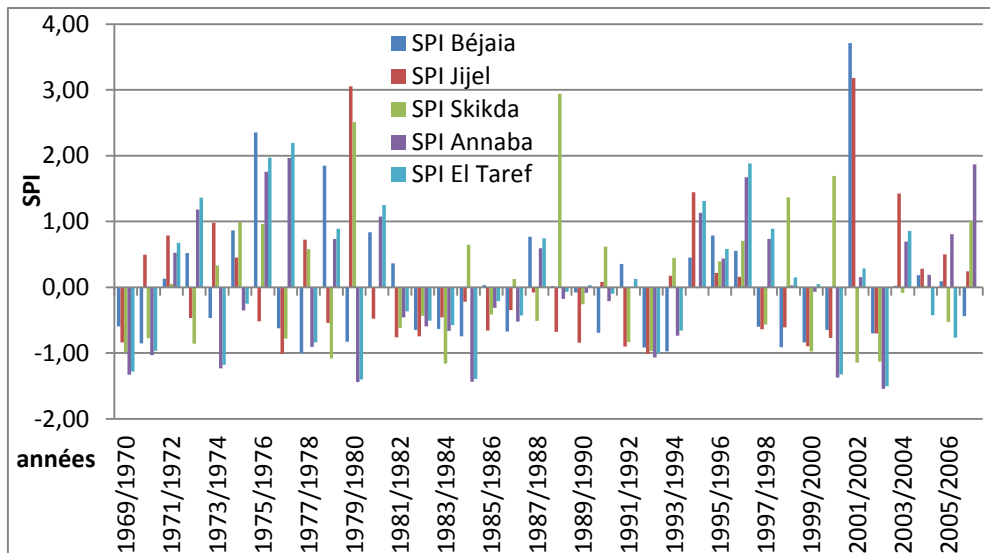


**Figure 41. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de printemps dans la région d'étude, période (1970-2007).**

**En été**, le SPI varie entre -1,54 à Annaba en 2002/2003 et 3.71 à Béjaia en 2001/2002 et les valeurs de SPI varient d'une wilaya à l'autre, et la wilaya qui reçoit la quantité maximale des précipitations, est Béjaia, et les précipitations minimales sont enregistrées à Skikda. Les valeurs varient de -1,01 à 3,71 à Béjaia, de -1,01 à 3,18 à Jijel, et de -1,16 à 2,94 à Skikda, et de -1,54 à 1,97 à Annaba et -1,51 à 2,19 à El Taref.

D'après les précipitations des différentes saisons et de valeurs de SPI des saisons dans toutes les wilayas, on note que la wilaya qui reçoit la quantité maximale, est Jijel dans presque toutes les saisons en exception l'été, et la quantité minimale est dans la wilaya d'Annaba.

La saison qui reçoit la quantité maximale des précipitations, est l'hiver, et l'été est la saison qui reçoit la quantité minimale des précipitations dans toutes les wilayas.



**Figure 42. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'été dans la région d'étude Période (1970-2007).**

### 13. Indice standardisé des précipitations mensuelles

Le SPI mensuel est différent d'un mois à l'autre dans la même wilaya et d'une wilaya à l'autre dans la région d'étude. Les mois automnal (Septembre, Octobre et Novembre) sont des mois qui reçoivent des pluies modérées moyennes par rapport les pluies d'été et d'hiver. Le mois de Septembre qui reçoit la quantité minimale, et Novembre qui reçoit la quantité minimale en comparaison avec les valeurs de SPI mensuelles.

Les hivernales qui appartiennent au mois de (Décembre, Janvier et Février) sont les mois qui reçoivent les quantités maximales par rapport les précipitations tombées et les valeurs de SPI, et Décembre qui enregistre la valeur maximale, et Février qui enregistre la valeur minimale.

Les trois mois de printemps (Mars, Avril et Mai) sont des mois modérés, et Mars qui reçoit la quantité maximale, et Mai reçoit la quantité minimale.

Il caractérise par une faiblesse dans les mois estivales qui contiennent les mois de Juin, Juillet et Aout, ces mois sont aussi différentes entre eux, on distingue que le mois de juillet est le mois qui reçoit la quantité minimale par rapport juin et aout dans toutes les wilayas et Juin le mois qui reçoit la quantité maximale.

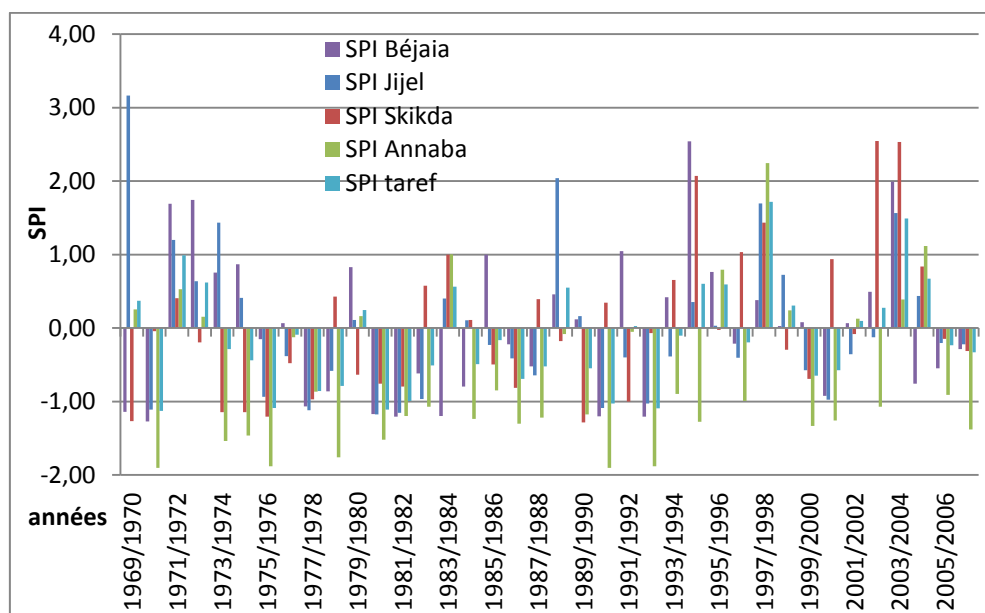
Le mois de Décembre est le mois qui reçoit la quantité maximale des précipitations dans la région, et le mois de juillet qui reçoit la quantité minimale des précipitations. Et la wilaya de Jijel est la wilaya qui reçoit la quantité maximale et Annaba est la wilaya qui reçoit la quantité minimale par rapport les autres wilayas.

L'évolution de SPI mensuel est reflétée par le tableau

**Tableau 19. Valeurs de SPI mensuelles dans la région d'étude, période (1970-2007).**

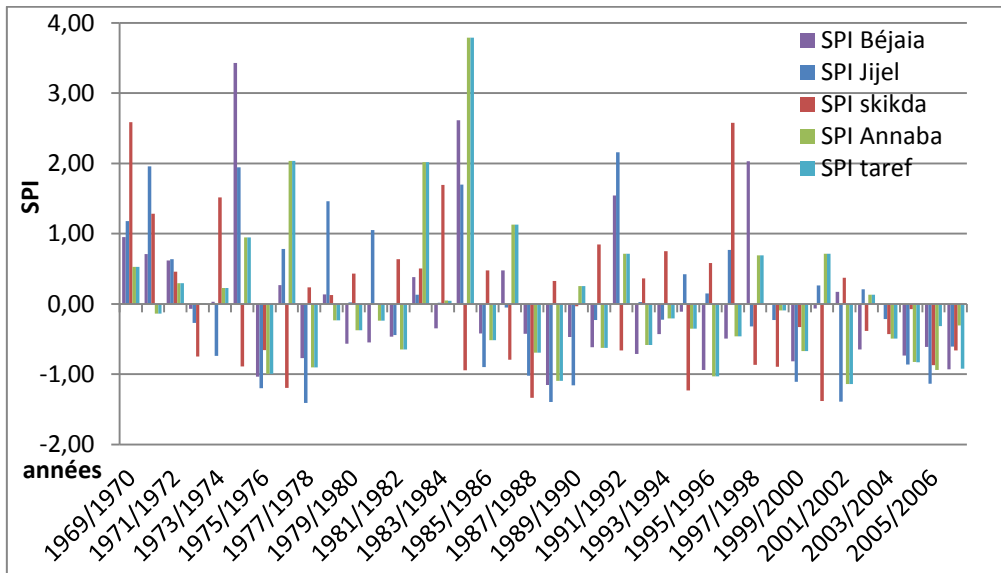
Mois	S	O	N	D	J	F
SPI	-1,9 - 3,17	-1,41 - 3,79	-1,45 - 2,93	-1,6 - 2,65	-1,68 - 2,84	-1,73 - 3,27
Mois	M	A	M	J	Jt	Ao
SPI	-1,66 - 4,02	-1,59 - 3,16	-1,56 - 3,72	-1,09 - 3,29	-0,68 - 5,36	-0,98 - 4,09

La figure 43 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1969/1970 avec une valeur égale à 3,17, et enregistrée dans la wilaya de Jijel. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1970/1971 et 1990/1991 avec une valeur égale à -1,9 dans la wilaya de Annaba.



**Figure 43. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Septembre dans la région d'étude période (1970-2007).**

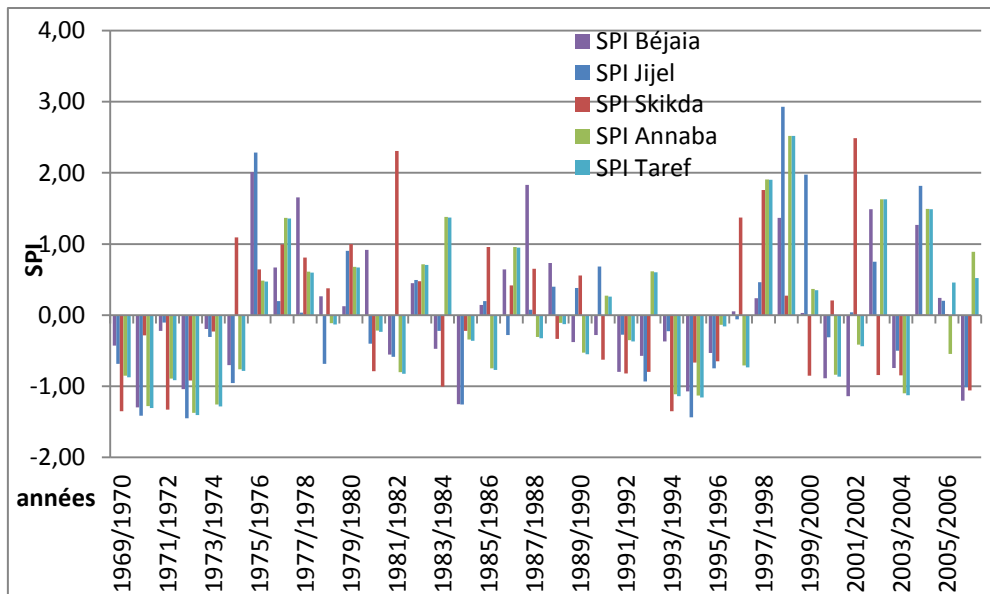
La figure 44 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1984/1985 avec une valeur égale à 3,79, et enregistrée dans la wilaya d'El Taref. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1977/1978 avec une valeur égale à -1,41 dans la wilaya de Jijel.



**Figure 44. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'Octobre dans la région d'étude période (1970-2007).**

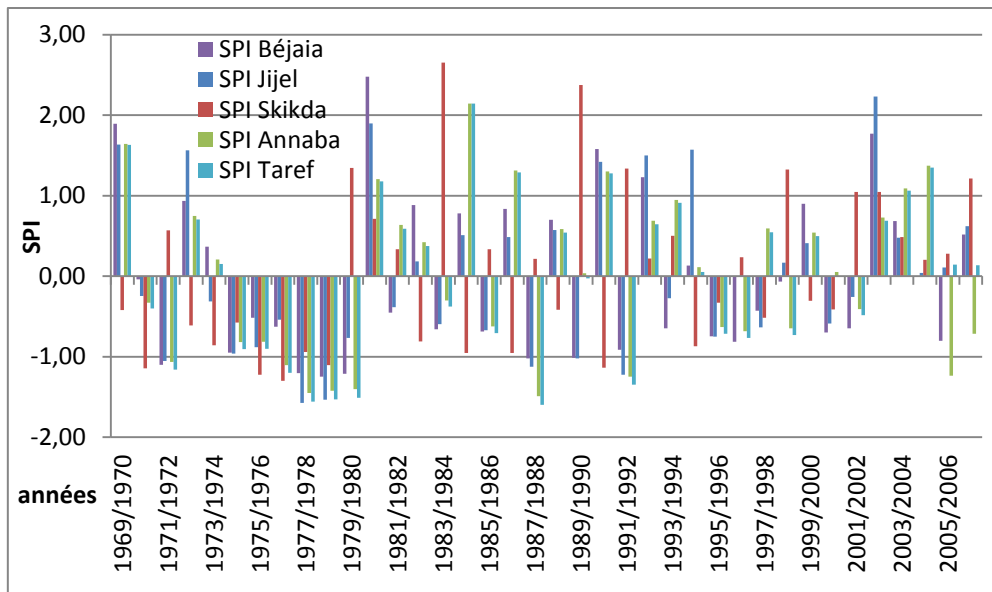
La figure 45 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1998/1999 avec une valeur égale à 2,93, et enregistrée dans la wilaya de Jijel. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1972/1973 avec une valeur égale à -1,45 dans la wilaya de Jijel.





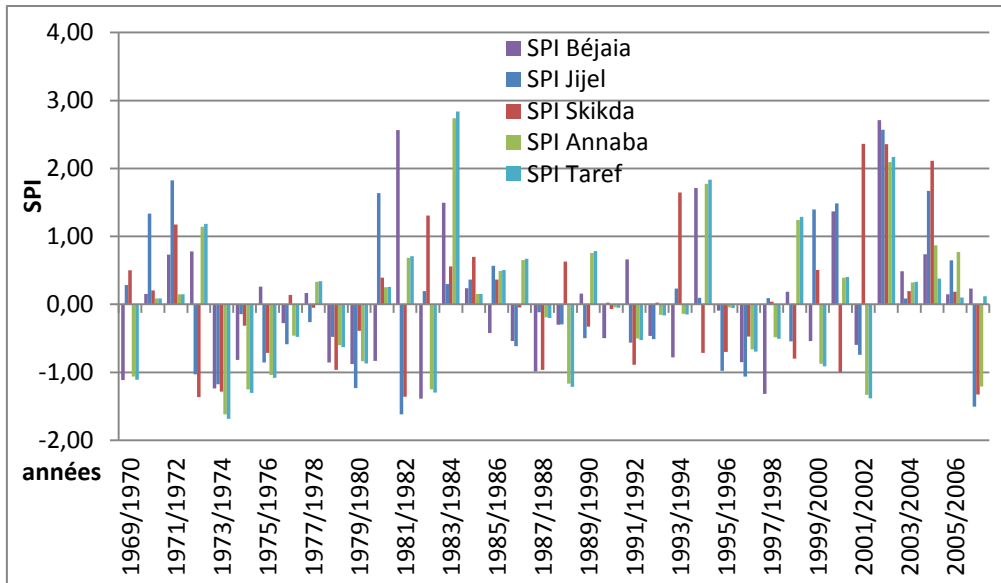
**Figure 45. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Novembre à la région d'étude, période (1970-2007).**

La figure 46, montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1983/1984 avec une valeur égale à 2,65, et enregistrée dans la wilaya de Skikda. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1987/1988 avec une valeur égale à -1,6 dans la wilaya d'El Taref.



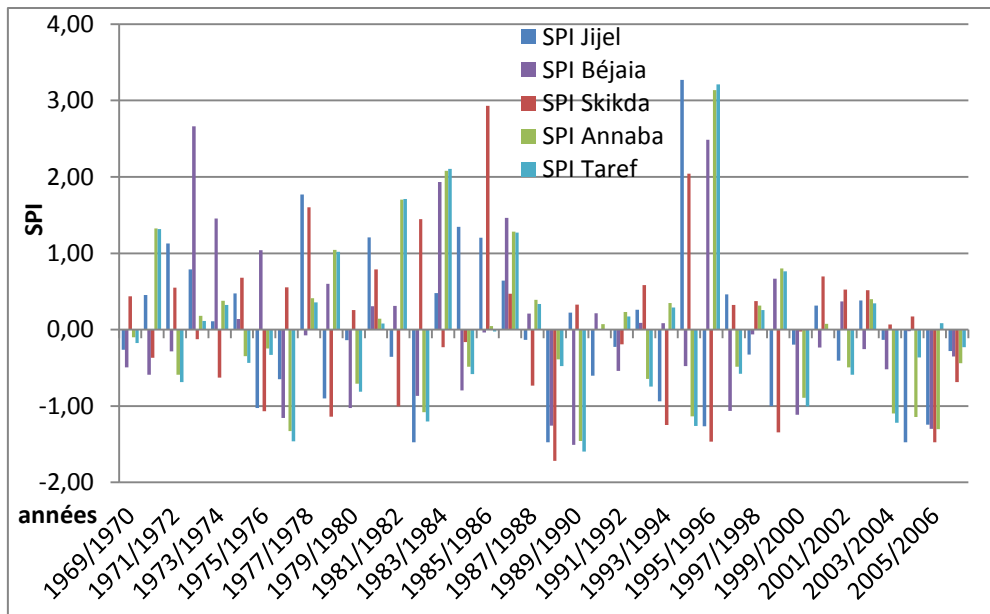
**Figure 46. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Décembre dans la région d'étude, période (1970-2007).**

La figure 47 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1983/1984 avec une valeur égale à 2,84, et enregistrée dans la wilaya d'El Taref. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1973/1974 avec une valeur égale à -1,68 dans la wilaya d'El Taref.



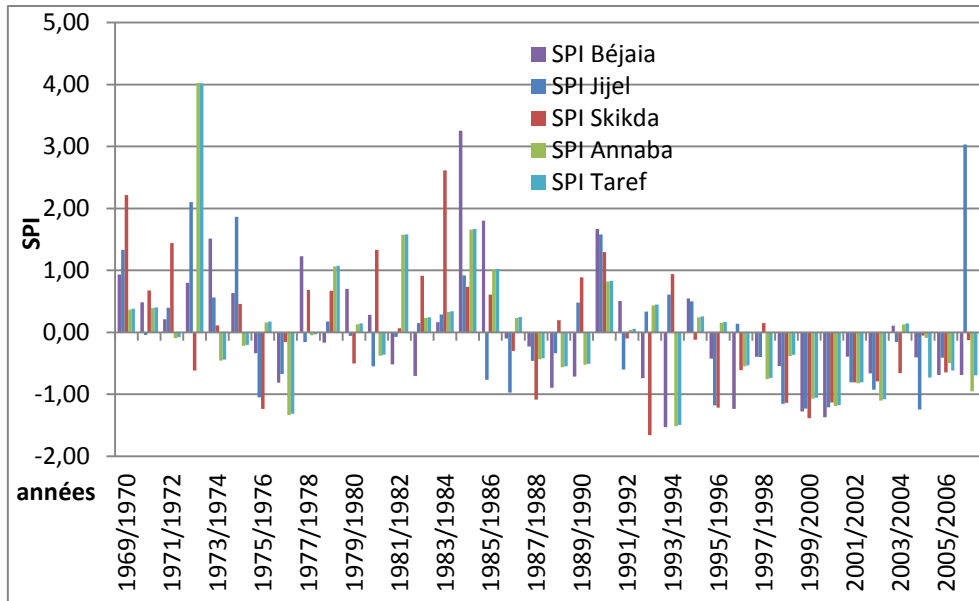
**Figure 47. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Janvier à la région d'étude période (1970-2007).**

La figure 48 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1994/1995 avec une valeur égale à 3,27, et enregistrée dans la wilaya de Jijel. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1988/1989 avec une valeur égale à -1,72 dans la wilaya de Skikda.



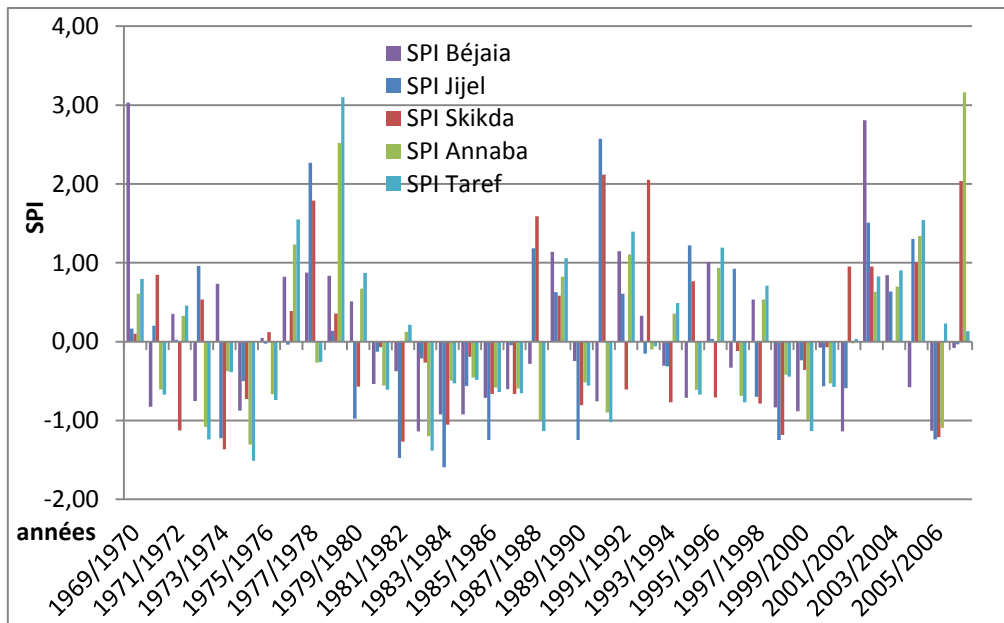
**Figure 48. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Février à la région d'étude période (1970-2007).**

La figure 49 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1972/1973 avec une valeur égale à 4,02, et enregistrée dans la wilaya d'El Taref. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1992/1993 avec une valeur égale à -1,66 dans la wilaya de Skikda.



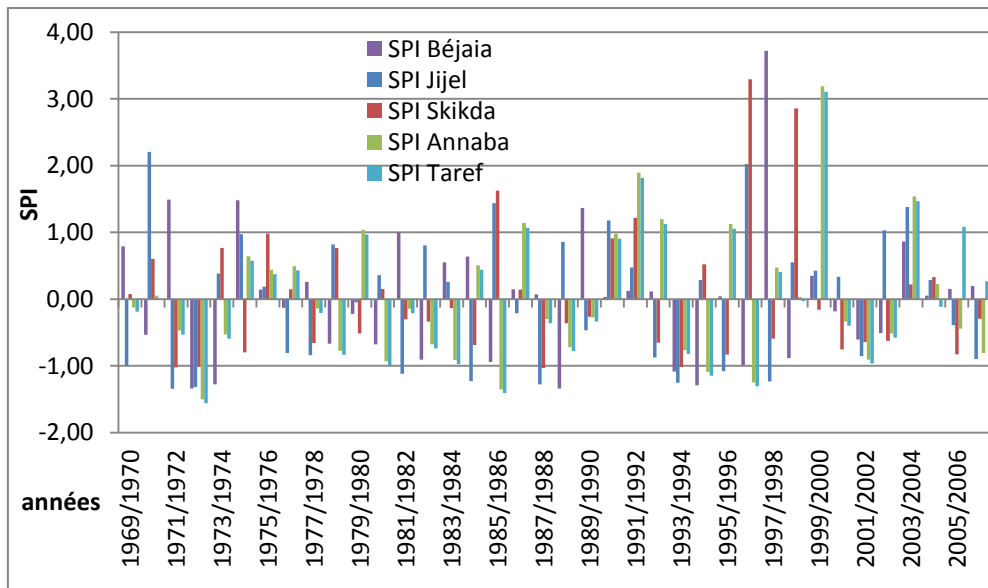
**Figure 49. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Mars à la région d'étude période (1970-2007).**

La figure 50 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 2006/2007 avec une valeur égale à 3,16, et enregistrée dans la wilaya d'Annaba. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1983/1984 avec une valeur égale à -1,59 dans la wilaya de Jijel.



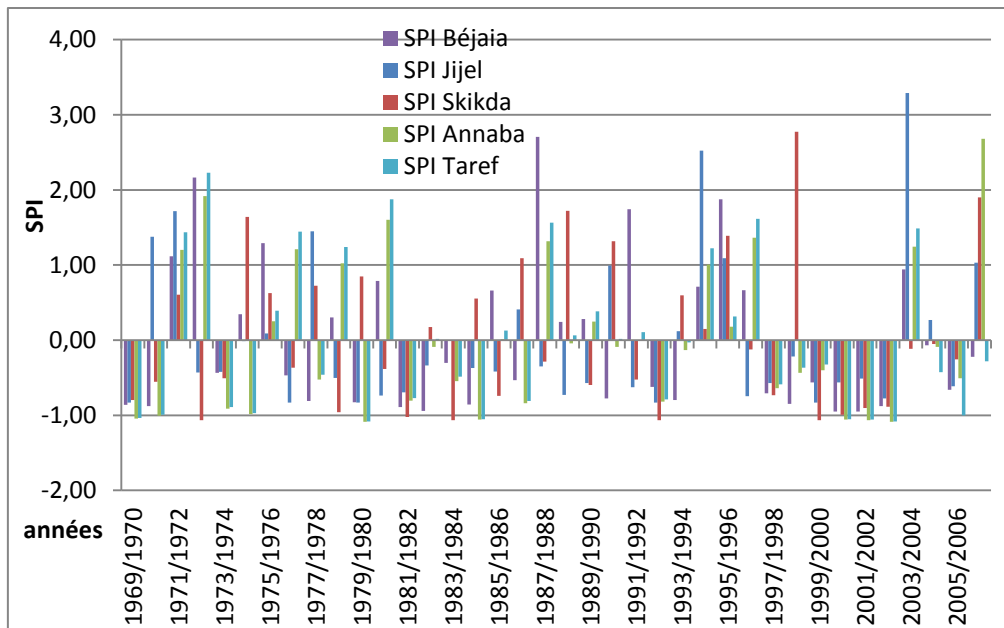
**Figure 50. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'Avril à la région d'étude période (1970-2007).**

La figure 51 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1997/1998 avec une valeur égale à 3,72, et enregistrée dans la wilaya de Béjaia. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1972/1973 avec une valeur égale à -1,56 dans la wilaya d'El Taref.



**Figure 51. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Mai à la région d'étude période (1970-2007).**

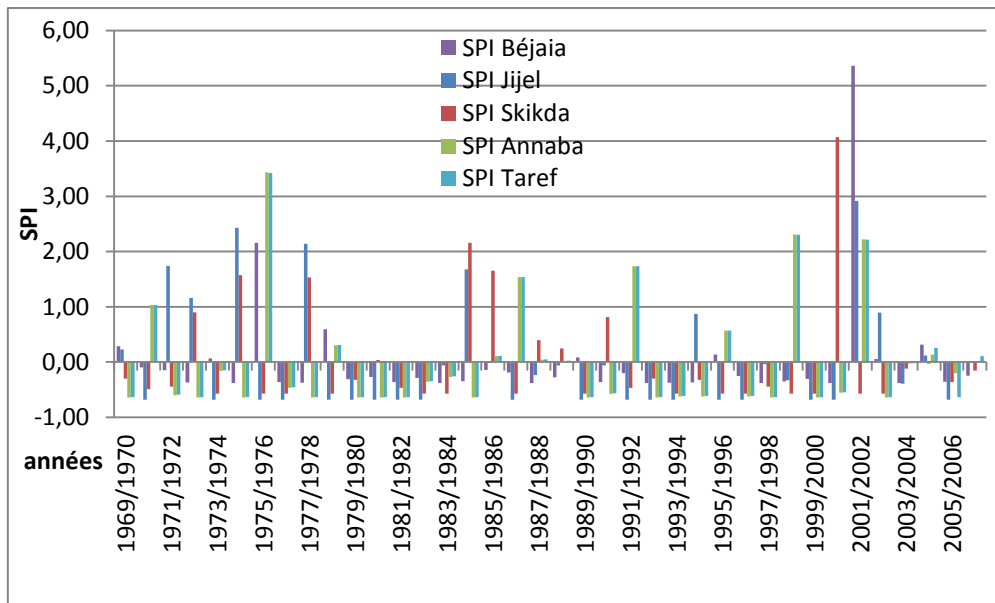
La figure 52 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 2003/2004 avec une valeur égale à 3,29, et enregistrée dans la wilaya de Jijel. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1979/1980 et 2002/2003 avec une valeur égale à -1,08 dans la wilaya d'El Taref.



**Figure 52. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Juin à la région d'étude, période (1970-2007).**

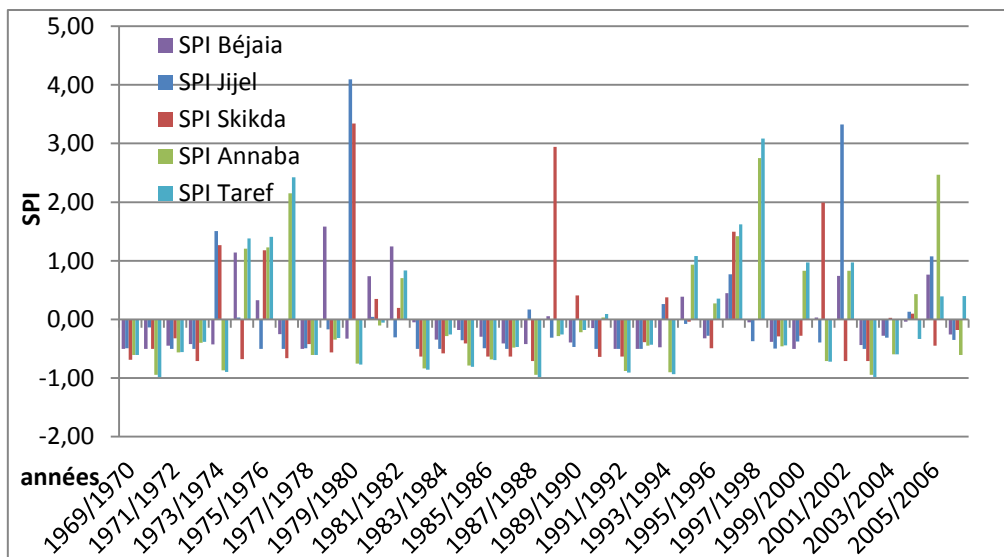
La figure 53 montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 2001/2002 avec une valeur égale à 5,36, et enregistrée dans la wilaya de Béjaia. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1970/1971, 1991/1992, 1993/1994 avec une valeur égale à -0,68 dans la wilaya de Jijel.





**Figure 53. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies de Juillet à la région d'étude période (1970-2007).**

La figure 54, montre que la valeur maximale de SPI est enregistrée dans l'année 1994/1995 avec une valeur égale à 4,03, et enregistrée dans la wilaya de Jijel. Et la valeur minimale est enregistrée dans l'année 1970/1971, 1987/1988, 2002/2003 avec une valeur égale à -0,98 dans la wilaya d'El Taref.



**Figure 54. Caractérisation de l'indice standardisé des pluies d'Aout à la région d'étude période (1970-2007).**

# CONCLUSION

## CONCLUSION GENERALE

La distribution des pluies extrêmes au niveau de la région du littoral Est algérien (Béjaia, Jijel, Skikda Annaba et El Taref) a été analysée dans le temps et dans l'espace sur la période de 37 ans (1970-2007).

L'analyse des précipitations annuelles, présentent une grande variabilité et une grande irrégularité dans l'espace et dans le temps. Les précipitations varient entre 1429.4 mm et 399 mm. La valeur maximale est à Jijel et minimale est dans la wilaya d'Annaba.

L'indice standardisé de précipitation appliqué aux pluies extrêmes, aux pas de temps annuel, saisonnier et mensuel, indique qu'il ya des valeurs qui fluctuent entre - 2 et 2, qui caractérisent les années qui reçoivent des précipitations maximales et minimales, et l'hiver est la saison qui reçoit des précipitations maximales, et l'été qui reçoit des précipitations minimales, et le mois de décembre qui reçoit des précipitations maximales, et juillet qui reçoit des précipitations minimales dans la région littoral Est d'Algérie.

En somme, nous retenons également, que la méthode SPI a permis de bien mettre en évidence les contrastes pluviométriques qui existent au niveau de la région du littoral de l'Est algérien.

Globalement, cet indice montre des précipitations à la hausse au cours de la période d'étude, à l'échelle régionale.

*Références  
bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

**AEE., 2015.** Agriculture et changement climatique. Agriculture, Danemark, pp 1- 5.  
<http://www.eea.europa.eu/fr/help/contact-info>

**Aissa Madaoui O et Aissa Madaoui R., 2016.** Protection des villes contre les inondations Cas du centre d'Ain Fezza-Tlemcen-, Mém de Master en Hydraulique, Univ du Tlemcen, 149 p.

**Alpert P., Ben-gai T., Baharad A., Benjamini Y., Yekutieli D., Colacino M., Diodato L., Ramis C., Homar V., Romero R., Michaelides S and Manes A., 2002.**The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values, Geophys. Res. Lett., 29, 31-1–31-4, doi:10.1029/2001GL013554.

**ANDI., 2013.** Rapport Invest in Algeria, guichet unique décentralisé, wilayas d'Algérie, 28 p.

**ANRH., 2008.** Rapport sur les Crues et inondations en Algérie, 43 p.

**Armetta A., 2006.** Etude bibliographique des appareils de mesures de précipitations installés au col de porte, LTHE, pp 2 - 9, 39 p.

**Arléry R., Grisollet et Guilement B., 1973.** La Climatologie (Méthodes et pratiques), Ed Gauthier Villars paris France, 2<sup>e</sup> edition revue et augmentée, 434 p.

**Azizou A et Madani H., 2015.** Contribution à l'étude climatique et bioclimatique du barrage Ghrib dans la wilaya d'Ain defla, thèse de master, SNV, univ Khemiss Meliana, 66 p.

**Benhattab K., Bouvier C and Meddi M., 2014.** Regional analysis for the estimation of low frequency daily rainfalls in Chélif catchment, Algeria, Revue des sciences de l'eau, J. Water Sci., 27,189–203.

**Benabdesselam T. et Amarchi H., 2013.** Approche régionale pour l'estimation des précipitations journalières extrêmes du Nord Est Algérien, Courrier du Savoir, 17, 175–184.

**Berne A., 2002.** Précipitations méditerranéennes intenses en milieu urbain, interaction physique et analyse statistique de mesures à fines échelles spatio-temporelles, impact de la variabilité spatiale sur la réponse de bassin versant, thèse en science, univ de Grenoble. 215 p.

**Berolo W et Laborde J.P., 2003.** Statistiques des précipitations journalières extrêmes sur les Alpes-Maritimes - Notice explicative de la carte au 1/200 000 et de ses annexes -Equipe "Gestion et Valorisation de l'Environnement" de l'UMR 6012 "ESPACE" du CNRS, pp 1-8.

**Bouazouni O., 2004.** Parc National d'El KALA -Etude socio-économique du PNEK- Projet Régional pour le Développement d'Aires marines et côtières Protégées dans la région de la Méditerranée (MedMPA), 52 p.

**Bourelrier P.H et Dunglas J., 2009.** Des événements naturels extrêmes aux figures de la catastrophe. Responsabilité et Environnement n° 56, pp 41-47.

**Boudjedjou L., 2010.** Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel, mém, de MAGISTER en Biologie et Physiologie Végétale, univ de Sétif, 155 p.

**Brahmi D., 2014.** Analyse spatio-temporelle des pluies en Algérie, Thèse de master en Hydraulique, Université de Tlemcen ; 63 p.

**Brunetti M., Maugeri M and Nanni T., 2001.** Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy, Int. J.Climatol., 21, 861–871.

**Brunetti M., Maugeri M., Monti, F and Nanni T., 2004.** Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years, J. Geophys. Res., 109, D05102, doi:10.1029/2003JD004296.

**Chachoua A., 2010.** Gestion de crue dans un bassin versant. Etude hydrologique, hydraulique et aménagement, Mémoire de Magister, Université de Tlemcen., 180 p.

**Chibane B., Bentchakal M., Medjerab A., Benfares B., 2015.** Etude de la variabilité de la structure de pluie annuelle dans une région semi-aride : cas du bassin versant de la MACTA (nord-ouest Algérien), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°23, pp 213-229.

**Décamps H., 2013.** Evénements météorologiques extrêmes et changement climatique : Qu'elles relations et quelles conséquences ? Evénements climatiques extrêmes. Rapport sur la science et la technologie n ° 29, <http://www.academiesciences.fr/activite/rapport/rst29.htm>. 44 p.

**DGPC., 2007.** Les inondations en Algérie, Rapport sur les ampleurs des inondations en Algérie, bureau des risques naturels, 21 p.

**Djellouli Y., 1990.** Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doct. Sciences, USTHB., Alger, 210 p.

**Dumas P, Riboli Sasco L, Spyrtos V et Kurita F., 2005.** Rapport sur Fonctionnement du système climatique, perturbations humaines, dérèglements dangereux, 44 p.

**El Ghachi M et Morchid F.Z., 2015.** Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Khénifra dans un contexte de variabilité climatique. J. Mater. Environ. Sci. 6 (11), ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESCN, pp 3346-3358. 13 p.

**El Jabi N et Rousselle J., 1990.** Hydrologie fondamentale 2<sup>e</sup> édition revue et corrigée – cours CIV 3403, n° 2219. Département de génie civil, 234 p.

**El Meddahi Y, Issaadi A, Habbar A, Tahar abbes M. Remaoun M., 2011.** Changement climatique : cas du bassin du moyen cheliff occidental , *SNHYC11*, UHB Chlef 23/24 Novembre, pp 1-12. 12 p.

**EMBERGER L., 1964.** La position phytogéographique du Maroc dans l'ensemble méditerranéen. Al Awamia, 12, pp 1-15.

**FAO., 1990.** Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-aride. Bulletin pédologique n°57; 182 p.



**FAO., 2005.**Utilisation des engrais par culture en Algérie, FAO Rome, pp 4-56, 56 p.

**Farah A K., 2014.** Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est Algérien, mémoire de Magister en Ecologie et environnement, Univ de Constantine, 127 p.

**GIEC., 2001.** Bilan des changements climatiques 2001. Rapport de synthèse d'OMM et PNUE. Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse, 97 p.

**GIEC., 2007.** Bilan des Changements climatiques 2007, Rapport de synthèse d'OMM et PNUE, Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse, Annexe2, 114p.

**GIEC., 2014.** Bilan des Changements climatiques 2014, Rapport de synthèse d'OMM et PNUE, Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse, 180p.

**Habibi B., Meddi M et Boucefiane A., 2012.** Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales Cas du Bassin Chott-Chergui, Revue Nature &Technologie, C- Sciences de l'Environnement, 8, 41-48.

**Hamenni N, Mesbah M, Semar A., 2015.**Etude des ressources en eau dans le bassin versant de la Soummam, Recherche agronomique N° 27, INRAA, pp 102-117.

**Haouchine S., 2011.**Recherches sur la faunistiques et l'écologie des macros invertébrées des cours d'eau de Kabylie.Précipitation : 8.

**Haridi F.,2013.** Article sur l'Évaluation de l'impact social, économique et environnemental des risques majeurs d'inondation : cas des villes algériennes, Guelma, Algérie.14 p.

**Khaldi A., 2005.** Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida", mémoire Doctorat, Hydrogéologie, Univ d'Oran. 239 p.

**Kherief N.S., 2006.** Etude de la variabilité des températures des arbres urbains dans la région de Constantine, thèse de Magister, Ecologie et Environnement, Univ de Constantine, 180 p.

**Kioutsoukis I., Melas D and Zerefos C., 2010.** Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955–2002), *Int. J.Climatol.*, 30, 1723–1737.

**krajewski B., 2007.** La pluie, Hydrologie urbaine, INSA de Lyon OSHU3 02- URGC - ; 38 p.

**kuitsouc D., 2011.** Concepts d'aléa, de vulnérabilité, de risque et de catastrophes 15eme Ecole d'été en évaluation environnementale, Expert Gestion Risques de catastrophes et adaptation aux changements climatiques, Douala, Cameroun, 14 p.

**Labrousse J., 2005.** Comment le climat est-il influencé, FAQ sur le climat, Le club des Argonautes ; pp 1-22, 22 p. <http://www.climat-en-questions.fr/>.

**Ledoux B., 2006.** La gestion du risque d'inondation, Edition TEC et DOC 11, rue la vorisier-Paris, 770 p.

**Lopez C., 2012.** La modélisation de catastrophes naturelles. Les innovations face au développement des catastrophes non-vie. Journées d'études IARD. [www.eqecat.com/gchavezlopez@eqecat.com](http://www.eqecat.com/gchavezlopez@eqecat.com). 57 p.

**MAAF., 2016.** Guide Issu des travaux du GT activité agricole et espaces naturels, Prise en compte de l'activité agricole et des espaces naturels dans le cadre de la gestion des risques d'inondation. Guide destiné aux acteurs locaux volet activité agricole –version 1-, 135 p.

**Mahaman B et al., 2015.** Variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas du district d'Abidjan (Sud de la cote d'Ivoire) pp7-25.

**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. 411 p.

**Martinez M. D., Lana X., Burguenoc A and Serra C., 2007.** Spatial and temporal daily rainfall regime in Catalonia (NE-Spain) derived from four precipitation indices, years 1950–2000, *Int. J. Climatol.*, 27, 123–138.

**MATE., 2003.** Les principales espèces arborées de l'Algérie. Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, 465 p.

**MATE., 2010.** Communication Nationale de l'Algérie sur les changements à la CCNUCC (Alger), géographie, climat, pp 23-32, 211 p.

**MATE-PNUD-FEM., 2015.** Changements climatiques attendus sur l'Algérie, Etude diagnostique sur la biodiversité et les changements climatiques en Algérie – Rapport final- ; pp 12-20, 135 p.

**MCKee T.B, Doesken N.J, Kleist J., 1993.** The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 17-22January 1993, Anaheim, California, pp 179 - 184.

**Meddi M, Taibi S et Mahé G., 2015.** Evolution des pluies extrêmes dans le bassin du Chéouli (Algérie) au cours des 40 dernières années 1971-2010 ; *PIAHS*, pp 175-180, 369 p.

**Meddi M and Toumi S., 2015.** Spatial variability and cartography of maximum annual daily rainfall under different return periods in the North of Algeria, *J. Mountain Sci.*, doi:10.1007/s11629-014-3084-3.

**Medjerab A et Henia L., 2005.** Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale. Thés de PFE. *Revue géographique de l'Est*, vol 45/2. 394 p.

**Meddour R., 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie exemple des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie djurdjurenne , 44 p.

**Merabet A., 2006.** Etude de la protection de la ville de Sidi Bel Abbés contre les inondations, Mémoire de Magister, Université de Djilali Liabes-Sidi Bel Abbés, 258 p.

**Merzouk A., 2010.** Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des Peuplements halophiles dans la région occidentale de l'Oranie (Algérie). Thèse Doct. Univ. Sci. Tlemcen, pp 84-92 et annexes.

**Mokhtari N, Mrabet R, Lebailly P, Bock L., 2013.** Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc, *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2014) 2 (1)*, pp 50-66.

**Mohamedou M., 2000.** Evaluation des facteurs Agroclimatiques. Cas de la Céréaliculture Pluviale en Zones Semi-arides (BBA, SETIF, MILA), Mém d'Ingénieur en Agronomie, ENSA El Harrach, Alger, 59 p.

**Nedjraoui D., 2001** - Profil fourrager. – Algérie- 28 p.

<http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/Algeria/Algerie.htm>

**Nedjraoui D., 2003.** Notes de réflexions sur la politique de lutte contre la désertification en Algérie: Profil fourrager. Rapport O.S.S. 34 p.

<http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/Algeria/Algerie.htm>

**Nemouchi H., 2011.** Pratiques sociales et problèmes fonciers en Algérie, Montpellier : CIHEAM, Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 66, pp 127- 143, 19 p.

**Norrant C. and Douguédroit A.,2006.** Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950–2000), *Theor. Appl. Climatol.*, 83, 89–106.

**ONERC., 2007.** Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, Paris, ISBN : 978-2-11-00-6618-0.

**PNUD., 2009.** Rapport sur Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. Données de base sur les ressources en eau, 19 p.

**QUÉZEL P et MÉDAIL F., 2003.** Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Éd. Elsevier (Collection Environnement), Paris, 571 p.

**Robinson M., 2000.** Hydrologie continentale, Armand colin, 265 p.

**Roche M., 1963.** Hydrologie de surface, Edition Gauthier-Villars, Paris, 429 p.

**Sanchez-Diesma R, Zawadski I et Semper–Torres D., 1970.** Identification of the bright band through the analysis of volumetric radar data, Journal of the Atmospheric Sciences 27, pp 299-307.

**Skouri M., 1993.** La désertification dans le bassin Méditerranéen : Etat actuel et tendance. Etat de l'Agriculture en Méditerranée. Les sols dans la région méditerranéenne : utilisation, gestion et perspectives d'évolution. Zaragoza : CIHEAM ; (Cahiers Options Méditerranéennes ; n°1, pp 23-37,16 p.

**Smadhi D., 2002.** Etude agro climatique des grandes cultures pluviales en région semi-arides, cas des hauts plateaux telliens de l'est d'Algérie. Thèse Mag. Sci. Agro., ENSA, El Harrach, Alger, 112 p

**Smadhi D., 2011.** Régionalisation et modélisation agroclimatique en céréaliculture Pluviale. Cas du Nord de l'Algérie. Thèse Doct. Sci. Agro., ENSA, El-Harrach, Alger, 180 p.

**Srinivas H., 2005.** Introduction à la gestion des catastrophes. Aperçu de la Gestion des Catastrophes. *Disasters: a quick FAQ.* Accessed on 24/01/08at: HU[http://www.gdrc.org/uem/disasters/1-what\\_is.html](http://www.gdrc.org/uem/disasters/1-what_is.html). pp 13-21, 204 p.

**Taibi S, Meddi M et Mahé G., 2015.** Evolution des pluies extrêmes dans le bassin du Chélif (Algérie) au cours des 40 dernières années 1971-2010 ; PIAHS, pp 175-180, 369 p.

**Tabet S., 2008.** Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la Végétation forestière, thèse de Magistère en Ecologie végétale, Constantine, 132 p.

**Tedjani K., 2010.** Le littoral de Jijel, Ecologie, environnement, nature, économie verte et développement durable en Algérie (revue de Web écologique, articles éditoriaux, publications scientifiques), <http://www.nouara-algerie.com/>, pp 1-16.

**Philandras C. M., Nastos P. T., Kapsomenakis J., Douvis K.C., Tselioudis G and Zerefos C. S., 2011.** Long term precipitation trends and variability within the Mediterranean region, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 3235–3250, doi:10.5194/nhess-11-3235-2011.

**Union européenne., 2010.** Natura 2000 dans la région méditerranéenne, KKH-78-09-610-FR-CH, (<http://ec.europa.eu/environment/ecolabel>), 12 p.

**Zella L., 2012.** Les bases de l'irrigation, climats du globe, pp 91-100, 484 p.