

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الجبلاي بونعامة

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

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

Département de : Sciences biologiques



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Bioclimatologie

**Contribution à l'étude de la variabilité  
climatique dans la steppe algérienne :**

**Cas de la région d'El Bayadh**

Présenté par :

Nom : BELAHCEN

Prénom : Imene

Nom : CHOUIREB

Prénom : Fatima zohra

Soutenu le : Juillet 2018, Devant le jury composés de :

Président : M<sup>me</sup> NABTI .D M.C. B UDBKM

Promoteur : M<sup>r</sup> HAMMOUDA .R.F M.A.A UDBKM

Examinatrice : M<sup>me</sup> MEUSTFAOUI. H M.A.A UDBKM

Examineur: M<sup>r</sup> AROUS.A M.A.A UDBKM

Année universitaire : 2017 / 2018

## *Remerciements*

*Nous tenons à remercier en premier lieu « ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage ainsi que la volonté pour achever ce modeste travail.*

*Nous tenons à témoigner notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à Mr **Hammouda Rachid** notre promoteur de mémoire qui nous a accordé de son temps, son savoir, ses conseils, et ses dirigés du début à la fin de ce travail.*

*Nos sincères remerciements à Mr **Rata** pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.*

*Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement :*

*Mme **NABTI** pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de cette mémoire.*

*Mr **AROUS** et Mme **MESTFAOUI** qui ont accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.*

*Nous remercions infiniment toute l'équipe et les intervenants professionnels responsables de notre formation au sein de l'**ONM** d'Ain Defla.*

*En fin, Nous remercions tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin, que ce soit par leur amitié, leurs conseils et leur soutien moral spécialement Mr **SAIB Hamza** et*

*Mlle **MOHAMMED KERIATI** Noura, trouveront dans ces quelques lignes l'expression de nos remerciements les plus vifs.*

## *Dédicaces*

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail à :*

*L'homme de ma vie, mon exemple éternel ce qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père.*

*La lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur ma mère que j'adore.*

*Ma chère sœur : Farah*

*La mémoire de mon grand-père*

*Ma grand-mère qu'ALLAH me la garde.*

*Tous les membres de ma grande famille « Chouireb et Hadj Alim »*

*Tous les membres de la famille Saib*

*Toutes mes amies*

*A Tous mes camarades de la promotion spécialement à mon Binôme :Imene*

*J'adresse aussi mes remerciements à mon cher fiancé : Hamza*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail, je vous dis merci.*

*Fatima zohra*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*La mémoire de ma chère mère*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et*

*Soutenu dans ma vie*

*Mes très chères sœurs et leurs chères enfants*

*Mon très cher frère et ma très chère grand-mère*

*Toute la famille Belahcene et Sahnoun*

*Mes très chères amies*

*Mon binôme zola*

*A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à son élaboration sans oublier*

*ceux qui m'ont donnée leurs avis et leurs orientations*

*A mes collègues de spécialité Bioclimatologie promotion 2018.*

*Imene*

## Résumé

L'objectif de notre travail est de contribuer à l'étude de la variabilité climatique dans la steppe algérienne : cas de la région d'El Bayadh.

En effet, l'analyse d'une gamme de tests statistiques sur la pluviométrie ainsi que les indices climatiques aux niveaux des cinq stations météorologiques dans la région de d'El bayadh (Aflou, Sebgage , Brida, Sidi Bouzid et El bayadh) sur une période de 30 ans (1985-2015) à différents échelles : annuels, saisonniers et mensuels, ont permis de détecter des ruptures annuelles à la hausse pour toutes les stations. Le calcul des indices climatiques montrent que la région d'El bayadh se caractérise par un climat semi aride avec des caractéristiques méditerranéennes. L'étude fait apparaître l'existence d'une période sèche moyenne pendant la période (1985-20115) au niveau de la station d'El bayadh, elle s'étale sur 6 mois d'Avril à Septembre, la période printanière et estivale. Le bilan climatique de la région d'étude est déficitaire sur toute la période d'observation durant 7 mois (d'avril à octobre) ce qui correspond à une évapotranspiration potentielle supérieure à la pluviométrie.

**Mots clés :** EL Bayadh, indices climatiques, variabilité climatiques, tests Statistiques, climat, pluviométrie.

### الملخص :

الهدف من عملنا هو المساهمة في دراسة التقلبات المناخية في السهوب الجزائرية: لمنطقة البيض. وبالفعل ، تم تحليل مجموعة من الاختبارات الإحصائية على مؤشرات هطول الأمطار والمناخ في محطات الأرصاد الجوية الخمس في (البيض، أفلو، سبقات، بريدة، وسيدي بوزيد) على فترة 30 سنة (1985-2015) على مستويات مختلفة: سنوية، موسمية وشهرية، سمحت بالكشف عن اكتشافات سنوية في جميع المحطات. يبين حساب المؤشرات المناخية أن منطقة البيض تتميز بمناخ شبه جاف مع خصائص البحر الأبيض المتوسط. توضح الدراسة وجود متوسط فترة جفاف خلال الفترة (1985 - 20115) في منطقة البيض، وهي موزعة على 6 أشهر من أبريل إلى سبتمبر. قل فترة الربيع والصيف.

إن التوازن المناخي في منطقة الدراسة ناقص خلال فترة المراقبة بأكملها خلال 7 أشهر (من أبريل إلى أكتوبر)، والتي تقابل التبخر المحتمل أكبر من هطول الأمطار.

**لكلمات المفتاحية:** البيض، المؤشرات المناخية، التغير المناخي، الاختبارات الإحصائية، المناخ، هطول الأمطار

## Liste des abréviations :

---

**ONM** : l'Office Nationale de la Météorologie

**OMM** : Organisation Météorologique Mondiale

**ANRH** : l'Agence Nationale des Ressources Hydrique

**SPI** : Indice standardisé de précipitation

**IDP** : Indice de déficit pluviométrique

**EDI** : l'Effective Drought Index

**IS** : Indice de saisonnalité

**PCI** : Indices de concentration des précipitations

**IFM** : Indice modifié de Fournier

**Q2** : Le quotient pluviométrique d'Emberger

**I** : Indice d'aridité de De Martonne

**BC** : Bilan climatique

**Dm** : l'écart quadratique entre la série et la segmentation considérée

**X<sup>2</sup>** : Degré de liberté

**ET** : Evapotranspiration

**ETP** : Evapotranspiration potentielle.

## Liste des figures :

---

**Figure 01** : carte étage bioclimatique en Algérie (ANADT,2004).

**Figure 02** : Situation géographique de la wilaya d'EL Bayadh (**Source** : ANIRF 2013).

**Figure 03** : Répartition des terres non Affectées a l'agriculture (**source** : Boussemgoun.2010).

**Figure 04** : Position des (05) stations pluviométriques reparties dans la région de Nord d'Algérie.

**Figure 05** : Variation des précipitations annuelles de la région d'El-Bayadh (1985-2015). (Source : ONM ,2017)

**Figure 06** : Variabilité des précipitations saisonnières de la région d'El-Bayadh (1985-2015). (Source : ONM ,2017)

**Figure 07**: Histogramme des précipitations mensuelles de la région d'El-Bayadh (1985-2015).(Source :ONM,2017)

**Figure 08** : Graphe de températures annuelles de la région d'El Bayadh. (1985-2015).(Source :ONM,2017)

**Figure 09** : Histogramme des températures moyennes mensuelles de la région d'El-Bayadh.(1985-2015).(Source :ONM,2017).

**Figure 10** : Histogramme des températures moyennes saisonnier de la région d'El-Bayadh. (1985-2015).(Source :ONM,2017)

**Figure 11**: Graphe vitesse du vent de la région d'El Bayadh. (Source : ONM)

**Figure 12** : Histogramme d'humidité relative (%) de la région d'El Bayadh. (1986-2015).(Source :ONM,2017)

**Figure 13** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique d'EL Bayadh.

**Figure 14** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique d'Aflou.

**Figure 15** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique de Brida.

**Figure 16** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique de Sebgag.

**Figure 17** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique

**Figure 18** : Pourcentages des fréquences de l'indice de SPI annuel dans les stations (El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi bouzid) de (1986-2015).

**Figure 19**: Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'Automne) dans les cinq stations sur la période d'étude (1985-2015).

**Figure 20** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Hiver) dans les cinq stations sur la période (1985-2015).

**Figure 21 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Printemps) dans les cinq stations sur la période (1985-2015).

**Figure 22 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'été) dans les cinq stations sur la période (1985-2015).

**Figure 23 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations mensuelle

**Figure 24 :** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015

**Figure 25 :** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

**Figure 26:** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

**Figure 27 :** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

**Figure 28 :** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

**Figure 29 :** Evolution annuel de l'Effective Drought Index(EDI) sur une période (1985-2015)

**Figure 30 :** Variation de l'indice de saisonnalité dans les stations (EL bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid) sur une période (1985-2015).

**Figure 31 :** Variation de l'indice de concentration de précipitation (PCI) sur une période (1985-2015)

**Figure 32:** Variation de l'indice de Fournier modifié (IFM) sur une période (1985-2015)

**Figure 33 :** Variation de l'indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe de la station d'El Bayadhsur une période (1985-2015).

**Figure 34 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnauls et Gaussens (2015-1985).

**Figure 35:** Situation de la station d'El baydhsur l'Abaque de l'indice d'aridité de Martonne.

**Figure 36 :** Variation mensuelle du bilan climatique moyen à partir de deux paramètres climatiques tels que précipitation et l'évapotranspiration potentielle de 1985 à 2015 dans la station d'El byadh.

**Figure 37 :** Situation de la station d'El Bayadhsur Climagramme d'Emberger.



## Liste des tableaux :

---

**Tableau 01** : Terres utilisées par l'agriculture Wilaya d'El Bayadh .

**Tableau 02** : Inventaire des stations pluviométriques.

**Tableau 03**: Sévérité du SPI (Selon McKee et al ,1993).

**Tableau 04** : Classes associées à l'EDI.

**Tableau 05** : Echelle d'appréciation de la saisonnalité.

**Tableau 06** : Echelle d'appréciation de la concentration des pluies selon l'indice PCI (Précipitation Concentration Index).

**Tableau 07**:Echelles d'appréciation de l'agressivité des pluies selon l'indice IFM (Indice de FournierModifié).

**Tableau 08** : Classes associées à l'EDI

**Tableau 09** : Valeurs de l'indice d'aridité de De Martonne et bioclimats correspondants.

**Tableau 10** : Précipitations moyennes annuelles de la zone d'étude (1985-2015)

**Tableau 11** : Test de détection de rupture sur les pluies annuelles

**Tableau 12**: Ampleur de la sécheresse durant une période de 1985 à 2015.

**Tableau 13** :Résultats des indices durant (1985-2015) au niveau de la station d'El Bayadh et

**Tableau 14**:Résultats des indices durant (1985-2015) aux niveaux des stationsd'El Bayadh, Aflou,Brida,Sebgage et Sidi Bouzid.

**Tableau 15**: Résultats des indices durant (1984-2009) aux niveaux des stations (Ain Maabed, Mergueb Ben Haffaf et Djelfa)et l'indice de fournier modifié (IFM) sur une période (1985-2015).

**Tableau 16** : Résultats et interprétations des indices IFM et IPC.



**INTRODUCTION  
GÉNÉRALE**

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

En raison de leurs répercussions immédiates et durables sur le milieu naturel et sur l'homme, les questions de changement et de variabilité climatiques sont placées depuis quelques temps au centre des préoccupations des scientifiques et des décideurs politiques dans le monde (REGAGBA.Z.2012).

Les régions méditerranéennes semi-arides et arides sont particulièrement touchées par les sécheresses récurrentes et prolongées et la question de l'eau représente un véritable enjeu au cours de ce siècle. (Taibi et al, 2013).

La variabilité climatique, en tant que phénomène a longtemps été étudiée et caractérisée dans les zones semis aride en Algérie. La variabilité des conditions climatiques en Algérie en général et dans la région steppique n'est plus à démontrer. La région steppique d'El Bayadhest connue, depuis longtemps, par son froid hivernal rigoureux et caractérisée par l'abondance de gel, à un point d'être connue, depuis longtemps, par le nom de pays de froid. En outre, son écosystème fragile, sensible et vulnérable, jugé être l'exemple type qui peut représenter la steppe algérienne (Pouget, 1980). Néanmoins des anomalies pluviométriques ont été constatées depuis des plusieurs années dans cette région, et elles ont connues une résonance exceptionnelle dans tout le pays et dans toute la région méditerranéenne. (Meddi *et al.*, 2003).

Le cycle de l'eau étant l'une des composantes majeures du climat, les implications de ces changements sur les régimes pluviométriques sont importantes. Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat tant pour les populations que pour les écosystèmes. Elles sont faciles à mesurer. Autant de raisons qui font que la plupart des études et analyses portent sur les précipitations bien plus que sur d'autres paramètres du climat. Caractériser l'impact de la variabilité climatique sur les régimes pluviométriques saisonniers devient alors indispensable pour proposer des solutions adaptées aux projets de développement (Khattou.A 2014).

La plupart des études climatiques réalisées se sont limitées à l'analyse des données pluviométriques annuelles ou mensuelles. Aussi, des variables afférentes aux pluies telles que les fréquences de jours de pluies et les durées des saisons pluvieuses, ont été généralement très peu étudiées. Cela pourrait se justifier par la difficulté à acquérir des données de mesures quotidiennes, fiables et comportant peu de lacunes.

Notre étude s'inscrit dans le contexte contemporain de la recherche scientifique au domaine des changements climatiques, où l'étude de l'évolution des climats à l'échelle régionale est devenue une préoccupation croissante tant pour la communauté scientifique que pour les acteurs territoriaux (Eve, 2012).

Ainsi au cours de cette étude, nous tenterons d'analyser les paramètres climatiques tels que la température de l'air, l'humidité relative de l'air et la fréquence pluvieuse et étudier leur impact sur la variabilité du régime des précipitations.

Nous nous intéressons d'abord à l'étude de variabilité climatique de la région d'El Bayadh, A la suite de cela, on calculera des indices climatiques qui donneront certaines évaluations des analyses de la variabilité climatique dans la région d'Al Bayadh.

En fait, les outils utilisés dans ces analyses sont plusieurs indices : Indices calculés au pas du temps annuel, saisonnière et mensuel, le calcul du Bilan climatique à l'échelle mensuelle et aussi d'autres indices seront utilisés à l'échelle annuelle.

Les axes articulatoires de la réalisation de ce mémoire commencent par une introduction générale présentant la problématique du sujet, suivie par 4 parties :

- Un premier axe constitue un aperçu bibliographique et problématique de la variabilité climatique.
- Un deuxième représente le notre naturel de la zone d'étude.
- Un troisième donne une présentation du matériel et des méthodes déployées dans la réalisation de travail.
- Le dernier a permis une visualisation des résultats obtenus et leurs discussions.

En dernier, une conclusion générale qui regroupe les résultats obtenus.

**CHAPITRE I**

**ETUDE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I.1 Introduction :**

Dans ce chapitre nous nous intéressons à la définition des concepts importants du climat, Plus spécifiquement, les principaux éléments d'intérêt en lien avec le problématique de changement climatique y sont traités dans le but d'établir l'état des connaissances sur ce processus de dégradation environnementale par suite de divers facteurs, permis lesquels les variations climatiques et les activités humaines.

## **I.2 Le Climat :**

C'est l'ensemble des paramètres météorologiques (température, humidité, vent, ensoleillement, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

Au sens étroit du terme, le climat désigne généralement le "temps moyen" ; il s'agit plus précisément d'une description statistique en fonction de la moyenne et de la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes allant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période classique, définie par l'Organisation météorologique mondiale, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Dans un sens plus large, le climat est la description statistique (khalissa, 2014).

### **I.2.1 Les éléments des climats :**

#### **I.2.1.1 Précipitation :**

Les précipitations constituent la principale « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. Ce sont l'ensemble des eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Les précipitations peuvent être classées en trois principaux types : les précipitations convectives, les précipitations orographiques et les précipitations frontales. Elles correspondent à différents mécanismes d'ascendance (formation des nuages) et présentent des caractéristiques d'intensité et de durée diverses. (Azizou.Aet Madani.H) A l'échelle mondiale, on peut classer les précipitations en plusieurs régimes pluviométriques. Ces régimes sont définis à partir des précipitations moyennes annuelles ou moyennes mensuelles (André Musy,2005).

# CHAPITRE I : Aperçu bibliographique

---

## I.2.1.2 Température :

La température est une grandeur intensive, qui peut être mesurée de deux façons différentes.

- A l'échelle atomique, elle est liée à l'énergie cinétique moyenne des constituants de la matière.
- Au niveau macroscopique, certaines propriétés des corps dépendant de la température (volume massique, résistivité électrique, etc...) peuvent être choisies pour construire des échelles de température (CIRA.2007).

## I.2.1.3 Vent :

Le vent correspond au déplacement d'une masse d'air consécutif à des différences locales de température et de pression. D'une légère brise à une forte tempête, la vitesse et l'amplitude géographique des vents peuvent être très variables dans l'espace et dans le temps. Parfois destructeur, le vent participe à de nombreux processus sur Terre, comme l'oxygénation des océans et des rivières, ou l'érosion des sols et le déplacement de minéraux. L'Homme l'utilise aujourd'hui comme source d'énergie : l'éolien (Janlou Chaput, Futura.2017).

## I.2.1.4 Humidité :

Lorsqu'on parle d'humidité, on a recours à la notion d'humidité relative (**HR**), que l'on définit comme la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air donné par rapport au maximum qu'il pourrait contenir à une température et une pression données.

L'humidité relative va de 0 à 100%. L'air est sec quand l'humidité relative est inférieure à 35%. L'air est moyennement humide entre 35 et 65%, et l'air est humide à plus de 65% d'humidité relative. À l'intérieur d'un même espace, l'HR varie en fonction des changements de température: elle augmente si la température baisse et diminue si elle s'élève (André.B,Colette.N2011).

## I.3 Climatologie :

Climatologie est l'étude du climat, de ses variations et de son impact sur diverses activités dont (sans exhaustivité) celles qui affectent la santé humaine, la sécurité et le bien-être. En un sens restreint, le climat peut être défini comme le temps qu'il fait en moyenne. En un sens plus large, c'est l'état du système climatique. Le climat peut être décrit en termes de description statistique de la tendance centrale et de la variabilité d'éléments pertinents comme la température, les précipitations, les vents ou au travers d'une combinaison d'éléments comme

# CHAPITRE I : Aperçu bibliographique

---

les types de temps caractéristiques d'un lieu, d'une région ou du monde pour une période de temps déterminée (OMM.1990).

## **I.4 Changement climatique :**

Le global water partnership, la dialogue sur l'eau et changement climatique, l'union mondiale pour la nature (LUNCN), ont uni leurs forces pour faciliter l'échange d'opinions sur les défis communs que confrontent les sociétés méditerranéennes pour s'adapter au changement climatique.

Le Consensus scientifique annonce que le changement aura une influence persuasive sur la future demande, l'approvisionnement et la qualité des ressources en eau dans la méditerranée, et qu'il augmentera la pression sur l'eau et les ressources environnementales ainsi que sur le système côtier dans la région qui est actuellement sous stress. Tous les secteurs de l'économie, L'environnement et la société peuvent être vulnérables a un degré ou un autre, a la variation hydrologique, aux inondation et aux fréquentes et extrêmes sécheresses et aux effets a plus long terme des variations des températures moyennes et la levée du niveau de la mer (Alibou.J,2002)

Les études portant sur la variabilité et les changements climatique (CC) ont intéressé la communauté mondiale suite à plusieurs manifestations climatique de grande ampleur : séchasse et inondation ; à celles-ci s'ajoutent les constations de l'organisation mondial de la métrologie(OMM), sur le réchauffement de la planète supérieur a 0,7°C, depuis le début du siècle dernier et les récents phénomènes d'EL Nino (Cantal. O : 1995 in Soro. T ET al. ;

La variabilité climatique se manifeste par une dynamique spatio-temporelle régressive des pluies annuelles, une récession des fréquences de jour pluvieux en général et en particulier celles de hauteurs pluviométrique supérieures a 10 mm et une diminution de la durée des saisons pluvieuses ( de 30 a 35 Jours ) a partir de 1970. (AMEURE.L,2017).

### **I.3.1 Changement climatique problématique mondial :**

En 2007 le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et l'ancien vice-président américain de Etats-Unis, Al Gore, se sont partage le prix Nobel de la prix pour leur travail visant a fournir aux décideurs et au grand public du monde entier les meilleurs éléments scientifique possibles pour comprendre et combattre la menace croissante du changement climatique (PNUE,2009).



## CHAPITRE I : Aperçu bibliographique

---

Cette menace du changement climatique, comme décrite par le programme des nations unies pour l'environnement (PNUE ,2009), doit être bien définie et bien décrite aussi bien que son mécanisme, ses cause, ainsi que ses répercussions et ses impacts tant sur la nature que l'homme et son avenir sur cette planète terrestre.

L'organisation météorologique mondial OMM (2013) et le national Research Council (2012) ont déclaré que la grande majorité de la communauté scientifique s'accorde adir que notre climat est en train de changer et que les activités humaines y contribuent pour une large part. Ce consensus est attesté par une déclaration commune signée en 2005par 11 des plus grandes académies nationales des sciences, à savoir celles de l'Allemagne. Du Brésil, de la canada. De la chine, des Etats-Unis d'Amérique, de la fédération de Russie. De la France de l'inde. Du Japon et du Royaume-Uni. Des déclarations similaires ont été publiee par bien d'autres organismes scientifiques.

On parle de changement climatique lorsque le climat globale de la terre ou l'ensemble des climats régionaux subissent une modification durable ( au minimum sur une durée de dix ans ) . Un climat étant défini par de nombreuses variables, un changement climatique ne pas être réduit, a priori, a un simple changement de la température moyenne.car ce dernier se répercutera, forcément comme déjà decrit, sur la valeur moyenne ou la varibilité des précipitations , les vents , l'humidité de l'atmosphere et de sol, .....etc .( M.BoubkeurGuesmi, 2016) .

### **I.3.2 Changement climatique problématique de la steppe algérienne :**

L'Algérie figure parmi les pays à forts risques de changement climatiques. C'est ce que révèle le rapport de l'université des Nations unies pour l'environnement et la sécurité humaine, l'Alliance Development Works de 2014. La position géographique de l'Algérie, en zone de transition, et son climat aride et semi-aride, en fait un espace très vulnérable.

A l'instar des autres pays, l'Algérieest également touchée par le changement climatique. Selon l'Institut international de développement durable (IISD,2009), les données climatiques relevées dans le Maghreb durant le XXe siècle indiquent un réchauffement estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée au cours des 30 dernières années. Selon l'IISD : «Ainsi, on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle à cinq à six années en dix ans actuellement ». Les températures avaient augmenté de 6/10 depuis 1990 et la pluviométrie a reculé de 12% pour la période 1990/2005. (ONM,2005).

## CHAPITRE I : Aperçu bibliographique

---

Des prévisions approximatives à cause de la faiblesse des modèles de circulation générale dans la région (Algérie, Maroc, Tunisie) font état d'une probable augmentation de la température de l'ordre de 2° à 4°C durant le XXI<sup>e</sup> siècle dans des pays très peu émetteurs de gaz à effet de serre (entre 1,5 et 3,5 TE Co<sub>2</sub>/hab/an). (IISD,2009).

Pour l'agriculture, l'érosion des sols entraîne une dégradation des terres, les déficits en pluviométrie pouvant atteindre 50% durant la période 2000/2020 provoqueront un déficit des rendements des cultures pluviales et l'activité agricole côtière se réduira à cause de la salinisation des nappes. (Imène.A.1015).

- **Les étages bioclimatiques en Algérie :**

Les quatre étages bioclimatiques qui constituent le climat méditerranéen de l'Algérie sont représentés (AZIZOU.A et Madani.H dans 2015) la figure 01. Elles se distinguent par :

- **L'étage bioclimatique humide (l'atlas tellien en altitude) :**

C'est l'étage que l'on trouve dans les régions Nord-est, domine en altitude par les forêts, caractérisé par des hivers pluvieux et doux, et des étés chauds et secs, tempéré par des brises de mer ; la précipitation diminue d'Est en Ouest (1000-400mm) et du nord au sud (1000 à moins de 130mm). Dans cette zone, les températures moyennes minimales respectivement oscillent entre 5 et 15°C en hiver et de 25 à 35°C en été.

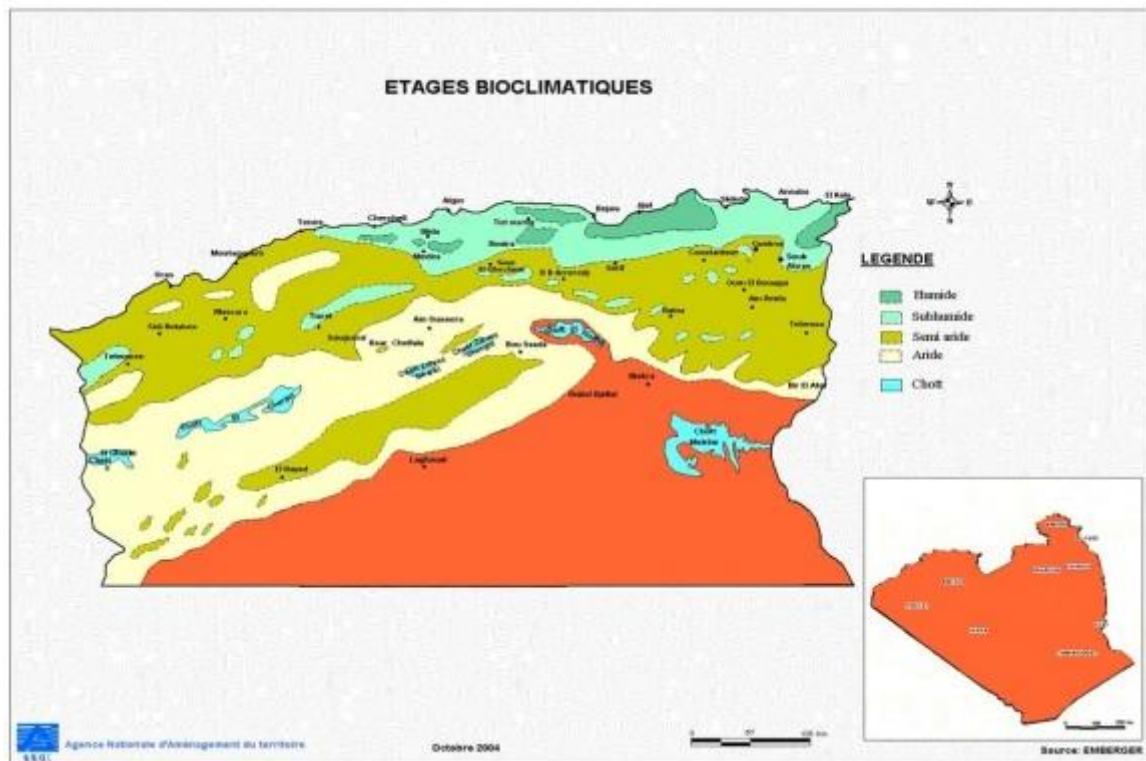
Les vents humides venant de la mer. Cependant, l'influence du désert se fait jusque sur la côte par l'action du (sirocco). Vent sec et chaud. Soufflant du sud au Nord.

- **L'étage bioclimatique semi-aride sur les hautes plaines et dans l'atlas saharien :**

Les précipitations sont faibles et irrégulières, de 200 à 400mm par an ; les pluies sont rares, la température descend souvent au-dessous de 0°C en hiver. En été elle dépasse 30°C et voir même 40°C.

- **Un étage bioclimatique désertique (hyperaride) dans la région saharienne :**

Les précipitations sont exceptionnelles et très irrégulières provoquent souvent des inondations, elles sont inférieures à 100mm par an ; le Sahara est une des régions les plus chaudes du monde, Les températures de jour atteignent en été 45°C et même 50°C, la température moyenne saisonnière est de 15 à 28°C en hiver et atteint 40 à 45°C en été. Le sirocco est un vent du sud chaud et sec. (Anonyme, 2010).



**Figure 01** : carte étage bioclimatique en Algérie (ANADT,2004)

Le secteur de l'eau sera l'un des plus déstabilisés. Diminution de l'écoulement des eaux, modification du régime hydrologique saisonnier avec des impacts sur certains aménagements hydrauliques et agricoles, augmentation de la salinité des eaux, baisse du niveau des nappes souterraines sont les conséquences énumérées par l'IISD (M Djamel Boucharef.2009). Pour l'agriculture, l'érosion des sols entraîne une dégradation des terres, les déficits en pluviométrie pouvant atteindre 50% durant la période 2000/2020 provoqueront un déficit des rendements des cultures pluviales et l'activité agricole côtière se réduira à cause de la salification des nappes. (Imène.A.1015).

**CHAPITRE II**

**PRESENTATION**

**LA ZONE D'ETUDE**

### I.1 Introduction

Nous abordons dans ce chapitre le contexte géographique, géologique et climatique de la région d'El Bayadh.

### I.2 Cadre général de la zone d'étude

#### I.2.1 Situation géographique

la Wilaya d'EL Bayadh est comprise entre les parallèles 30° 42'et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. (figure 01)

Elle s'étend sur une superficie de 71 697 km<sup>2</sup>, soit 3 % du territoire national. Elle s'étend du Chott Echergui à l'Erg Occidental et est dominée par les trois monts du djebel Amour de la chaîne Atlas Saharien, le Boudergua 1873 mètres, majestueux par sa masse avec ses vestiges du poste optique, El Ouastani 1878 mètres et le grand Ksel avec 2008 mètres (Boussemgoun.2010).

- au nord, par les wilayas de **Saïda et de Tiaret** ;
- à l'est, par les wilayas **de Laghouat et de Ghardaïa** ;
- au sud-est, par la wilaya d'**Adrar** ;
- au sud-ouest, par la wilaya de **Béchar** ;
- à l'ouest, par la wilaya de **Naâma** ;
- au nord-ouest, par la wilaya de **Sidi Bel Abbès**.



## CHAPITRE II :Présentation de la zone d'étude

---

### I.2.3.1 Le Trias

Il est localisé généralement au coeur des anticlinaux en contact anormal, sous forme de diapirs ou des éjections le long des accidents tectoniques. Il est présent au flanc nord de Dj.Aïssa et à l'extrémité NE de Dj. Gantara.

### I.2.3.2 Le Jurassique

- **Lias:** les dépôts sont observés dans la partie occidentale de la Wilaya, au niveau du Djebel Souiga et Melah. Les terrains sont représentés par des dolomies et des calcaires (300 m, d'épaisseur).
- **Doger:** il affleure dans la même région, constitué de dolomies cristallines très dures ayant une épaisseur de 300 m.
- **MaIm:** Callovo-oxfordien: formé principalement par des grès de teinte grise très durs, à intercalations d'argile et de calcaire, la épaisseur varie de 800 à 1500 m.
- **Kirméridgien :** il est composé de deux faisceaux :
  - Un faisceau inférieur constitué par des argiles gréseuses verdâtres à petits bancs de calcaire, la épaisseur varie de 125 à 200 m.
  - Un faisceau supérieur constitué d'une alternance de bancs de grès avec des argiles gris verdâtre de 600 à 650 m d'épaisseur.

### I.2.3.3 Infra Crétacé

H s'agit de 500 à 600m de grés compris entre les calcaires kimméridgiens et les premiers bancs marneux attribués aux Crétacé inférieur.

### I.2.4 Relief

Le relief de la Wilaya est constitué en grande partie de :

- **Montagnes:** 6.111 km<sup>2</sup>
- **Collines et piémonts:**10.422 km<sup>2</sup>
- **Plaines:**47.254 km<sup>2</sup>
- **Autres:** 7.910 km<sup>2</sup>

La Wilaya d'El Bayadh est constituée aussi de (03) zones distinctes qui sont (Larbi.A.2014) :

#### I.2.4.1 La zone des Hautes Plaines(8778 Km2) :

Composées de 06 communes. Cette zone se caractérise par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, la gelée (40 à 60 jour) et la présence de vents chauds (sirocco) avec des périodes sèches. Sur le plan bioclimatique, cette zone fait partie de l'étage aride frais.

#### I.2.4.2 La Zone de l'Atlas Saharien (11846 Km2) :

Composé de 13 communes. Elle présente une situation bioclimatique (semi aride froid) et bénéficie de l'apport en eau et alluvions provenant des sommets et versants des reliefs montagneux. Les précipitations sont relativement plus importantes par rapport aux autres zones.

## CHAPITRE II :Présentation de la zone d'étude

---

### I.2.4.3 La Zone Pré- Saharienne (51073 Km2) :

Constituée 03 communes, est la partie la plus désavantagée. Elle représente la superficie la plus importante de la Wilaya (71 % de la superficie totale).

Les altitudes décroissent du Nord au Sud de 1 000 à 500 m environ à la partie extrême Sud de la Wilaya où en note la présence de l'Erg Occidental qui renforce l'aspect désertique de cette zone avec une période estivale plus longue et plus chaude.

Faisant partie de la zone Saharienne avec 129 mm de précipitations par an, elle présente une activité agricole limitée aux Ksour, caractéristique de l'agriculture Saharienne. La végétation prédominante est celle de la steppe, les forêts composées essentiellement de maquis et garrigues n'est présente que sur les sommets des montagnes de l'Atlas Saharien. Cette végétation steppique est l'élément fondamental de la pratique de l'élevage et du pastoralisme.

### I.2.5 Pédologie :

#### I.2.5.1 Les sols :

Les sols de la région sont le plus souvent peu profonds. Ils contiennent de faibles teneurs en matières organiques. Ils sont peu évolués, désignés par sols steppiques isohumiques et sierozem. Ces caractères sont l'expression d'une grande vulnérabilité vis-à-vis des changements naturels ou induits par l'homme ce qui explique les difficultés à réparer les dommages causés dans ces milieux. (Oulbachir.K.2010).

D'une manière générale les principaux types de sols rencontrés au niveau des espaces steppiques sont les sols évolués, calcimagnésiques et les sols peu évolués.

Les sols peu évolués regroupent :

- Les sols d'origine *colluviale* ou *alluviale*, localisés sur les piedmonts des djebels et les glacis de couverture colluviale. Ces sols portent une végétation steppique à base d'alfa (*Stipa tenacissima*).
- Les sols d'origine alluviale situés dans les lits d'oueds, les zones d'épandage et les dayas. Une partie de ces sols est cultivée en céréales, l'autre partie présente un faciès post-cultural à armoise champêtre et *Peganumharmala*.
- Les sols d'origine éolienne récente, se localisent au niveau des formations éoliennes fixées par la végétation : *nebkhas*, *micronebkhas*, champ de sable, placage de sable, dunes. Ces sols sont colonisés par des *psammophytes* telles que *Tamarix africana* et *Aristidapungens*.

De leur part les sols évolués, calcimagnésiques regroupent :

- les rendzines : ce sont des sols bruns calcaires à accumulation calcaire. Ils représentent le type le plus répandu dans l'écosystème steppique. Ils couvrent les glacis polygéniques du



## CHAPITRE II :Présentation de la zone d'étude

---

quaternaire ancien et moyen. Ils portent une végétation steppique très variée : *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba* et *Helianthemumhirtum*.

- Les sols calcimorphes à encroûtement gypseux, ils occupent des zones où les grès alternent avec les marnes et les argiles versicolores. La surface du sol présente un réseau polygonal blanc grisâtre. La végétation est composée de gypsophytes : *Frankeniathymifolia* ; *Herniariafontanesi* etc.
- Les sols halomorphes sont localisés dans les grandes dépressions (chotts), dans les sebkhas et certains mekmènes. Ils sont colonisés par une végétation halophile (Oulbachir.K.2010).

### I.2.6 Géomorphologie

Trois formes physiographiques importantes se dégagent en liaison avec la structure géologique et la nature des roches qui constituent le substratum géologique :

1. Les djebels, collines et sommets.
2. Les surfaces plus ou moins planes.
3. Les dépressions.

- **Les djebels, collines et sommets** qui constituent essentiellement l'Atlas saharien sont issus de l'évolution d'un relief plissé, formé par la succession spatiale plus ou moins régulière de bombements convexes (anticlinaux) et de creux concaves (synclinaux).

L'érosion Quaternaire a mis à jour toutes les zones résistantes en déblayant les couches tendres (marnes).

Les monts des Ksour font partie de l'Atlas saharien dont ils constituent la partie occidentale extrême, ils sont situés entre le Djebel Amour à l'est et la plaine du Tamlelt à l'ouest, le massif culmine 2 336 m au djebel Aïssa.

La chaîne présente une topographie accidentée faite de longs alignements sud-ouest/nord-est. La présence de sources a permis l'existence de vergers et d'une population villageoise sédentaire. La pluviométrie ne dépasse pas 300 mm par ans.

Les monts des Ksour abritent le parc national de Djebel Aïssa

En général, les zones anticlinales correspondent aux sommets actuels et les synclinaux aux parties déprimées. Cependant, il existe des reliefs dit "inversés", par suite d'une érosion intense, et qui correspondent à des zones hautes appelées "synclinaux perchés".

L'altitude de ces reliefs est comprise entre 1022 m (Sidi Slimane) et 2008 m (Djebel Ksel).

Ces formes de relief sont parfois occupées par une végétation forestière très dégradée (Djebel Ksel, Djebel Bou Derga).

- **Les surfaces plus ou moins planes.**

Ces surfaces correspondent aux glacis, qu'ils soient d'accumulation ou de dénudation, qui entourent les montagnes. Cette forme de relief résulte de plusieurs conditions de formation telle la pente raide des djebels, l'évacuation des déblais sur le glacis et l'absence d'une érosion linéaire bien marquée.

- **Les dépressions**

On distingue deux formes de dépressions: les dayates et les chotts.

Les dayates sont des dépressions circulaires de faibles dimensions (quelques dizaines de mètres). Elles se forment surtout au niveau des hauts glacis (surface Moulouyenne) par un phénomène de dissolution de l'épaisse croûte calcaire.

Les chotts (chott Chergui), d'altitude moyenne (1000 m), vaste système endoréique du Quaternaire moyen, couvre plusieurs dizaines de Km<sup>2</sup> où s'accumulent les eaux de ruissellement salées. La zone centrale, la plus basse, est sans végétation à cause de la salure trop élevée (Regagba.Z 2012).

### **I.2.6.1 La végétation :**

#### **I.2.6.1.1 Formation végétale**

Les écosystèmes steppiques ont une vocation essentiellement pastorale. Ils connaissent aujourd'hui une forte tendance à la dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques. Pour contribuer à la compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes, des travaux ont été entrepris au niveau de l'interface steppe – Sahara dans la région sud ouest algérienne.

Ainsi, ces travaux ont permis de caractériser le milieu, tant sur le plan hytoécologique (flore,végétation, bioclimat) que édaphique (sol); plus particulièrement, les résultats préliminaires obtenus montrent un milieu caractérisé par une pluviométrie annuelle de 200 à 400 mm/an et un bioclimat semi aride froid (*sensu Emberger*).

Durant deux campagnes de terrain (printemps et automne de l'année 2009), l'étude d'une dizaine de stations, réparties selon un transect nord - sud dans l'axe El Bayadh - Brezina, a permis de montrer la prédominance des sols calcaires à pH basique ou neutre, la présence des sols à gypse avec un niveau de salinisation modéré et la prédominance de texture sablolimoneuse.

Sur le plan floristique, 100 espèces d'angiospermes ont été identifiées et du point de vue communautés végétales, les principales unités sont dominées par les parcours à *Stipa tenacissima* dégradé, les parcours à *Lygeumspartum*, les plantations à *Atriplexcanescens* et les groupements à *Arthrophytumscoparium*.

Par ailleurs, pour des fins de diagnostic du milieu dédié à des actions d'aménagement ou de valorisation des ressources naturelles, une fiche d'observation simple a été initiée pour collecter, sur les terrain, les données les plus pertinentes concernant les aspects géologiques / morphopédologiques et sur la flore / végétation.

Globalement, les résultats réalisés sont d'ordre méthodologique, avec la mise au point d'une méthode de diagnostic rapide du milieu destinée aux praticiens du terrain, et la proposition d'actions concrètes à travers la mise en place de protocoles expérimentales pour des fins d'essais de mesure sur la croissance et le potentiel reproductif de quelques espèces végétales ; les espèces, retenues pour cette expérimentation, présentent un intérêt pastoral / écologique et

## CHAPITRE II :Présentation de la zone d'étude

---

elles sont susceptibles de contribuer à la proposition d'un modèle de gestion des écosystèmes steppiques et pré-Sahariens (Mederbal 2010).

### **Forêts :**

**Zone alfatière** d'une superficie de 240 251 hectares, soit 3,35 % superficie totale de la Wilaya. **Zone forestière** se situant dans l'Atlas Saharien pour une superficie de 122 111 hectares soit 1,70 % de la superficie totale de la Wilaya. (Diassa2008).

### **Agriculture :**

La wilaya d'El-Bayadh a un potentiel agricole non négligeable qui peut être accompagné par le développement de petite industrie dans le domaine de l'agroalimentaire (huilerie, transformation de fruits et légumes...) et les entreposages frigorifiques. La S.A.U de la wilaya d'El-Bayadh est estimée à 71.702 ha dont 5.720 ha irrigués.

D'autre part la culture de plantes aromatiques et médicinales (excellente qualité) pourra se développé en raison des facteurs naturelles favorables à savoir (Altitude, Pauvreté des sols, Bon drainage, Sécheresse, Ensoleillement).

Selon Bousseghoun.2010, la répartition de la surface agricole se fait comme suit terres labourables, cultures permanentes et en pacages et parcours :

**Terres labourables** d'une superficie de 60 117 hectares, soit 1,06 % de la S.A.T, .(*Superficie Agricole Totale*) les jachères de 52 186 hectares, soit 72,78 % de la S.A.U.(*Superficie Agricole Utile*) Ces terres entrent généralement dans un assolement qu'il s'agisse de terres portant des cultures ayant un cycle végétatif saisonnier (cultures maraîchages), des terres portant des cultures annuelles (céréales, légumes secs et cultures industrielles) ou cultures pluriannuelles (cultures fourragères).

**Cultures permanentes** d'une superficie de 11 585 hectares, soit 0,20 % de la S.A.T, comprennent les plantations fruitières de 11 534 hectares, soit 16,09 % de la S.A.U, les vignes et les prairies naturelles de 51 hectares, soit 0,07 % de la S.A.U.

**Pacages et parcours** pour une superficie de 5.693.498 hectares, soit 98,76% de la SAT comprennent toutes les terres sur lesquelles ne s'effectue aucune façon culturelle, ces terres portent en générale une végétation raturgée qui sert au pacages des animaux et situées sur les piémonts et dans les zones semi arides.

## CHAPITRE II :Présentation de la zone d'étude

**Tableau 01** : Terres utilisées par l'agriculture Wilaya d'El Bayadh .

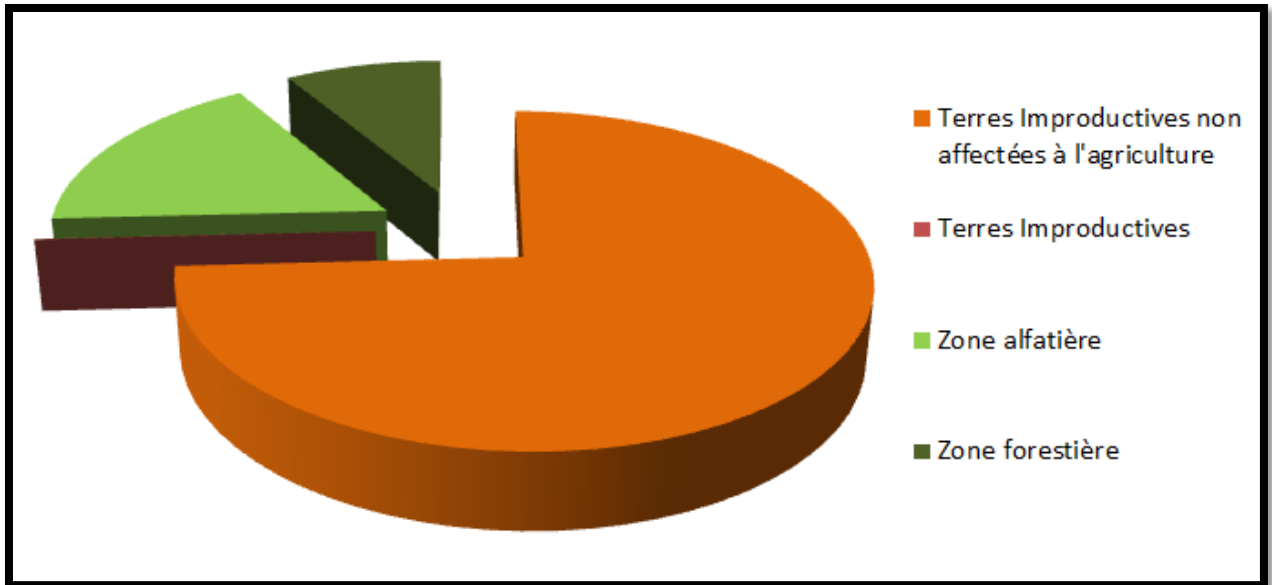
Spécifications			Superficie	
Superficie Agricole Totale (S.A.T)	Superficie Agricole Utile S.A.U	Terres Labourable	Cultures Herbacées	7 931
			Jachères	52 186
	Cultures Permanentes	Prairies Naturelles	00	
		Vignbles	51	
		Plantation Fruitères	11 534	
	<b>Total de Superficie agricole utiles (S.A.U)</b>			<b>71 702</b>
<b>Total des terres utilisées par l'agriculture (S.A.T)</b>			<b>5 765 200</b>	
Autre Terres	Terres ou zones alfatières		240 251	
	Terres ou zones forestières		122 111	
	Terres improductives non affectées à l'agriculture		1 041 558	
	Terres improductives		550	
<b>Total de la superficie de la wilaya</b>			<b>7 169 670</b>	

- **Autres terres :**

Se répartissent en 04 rubriques ou catégories :

**Terres improductives non affectées à l'agriculture** d'une superficie de 1 041 558 ha, soit 14,53 % de la superficie totale de la Wilaya, comprend les terres improductifs susceptibles d'être cultivés ou pacages (dunes terrains rocheux marneux) et les superficies couvertes par les agglomérations, bâtiments, dîners, parcs, voies de communications, rivières lacs etc.

**Terres improductives** d'une superficie de 550 ha, soit 0,01 % de la superficie totale de la Wilaya, comprend les terres improductives(Bousseghoun.2010).



**Figure 04 :** Répartition des terres non Affectées a l'agriculture de wilaya de Bayadh  
(source :

Bousseghoun.2010).

### **I.3 Conclusion**

On peut conclure d'après avoir étudié le contexte géographique, géologique et climatique de la région d'El Bayada , que notre zone d'étudecorrespondent à des territoires marqués par la présence d'un couvert végétal ténu mais régulièrement dispersé dans l'espace et par un déséquilibre marqué entre la quantité d'eau disponible et le pouvoir évaporant du climat.

**CHAPITRE III**  
**MATERAILS ET**  
**METHODES**

## I.1 Introduction

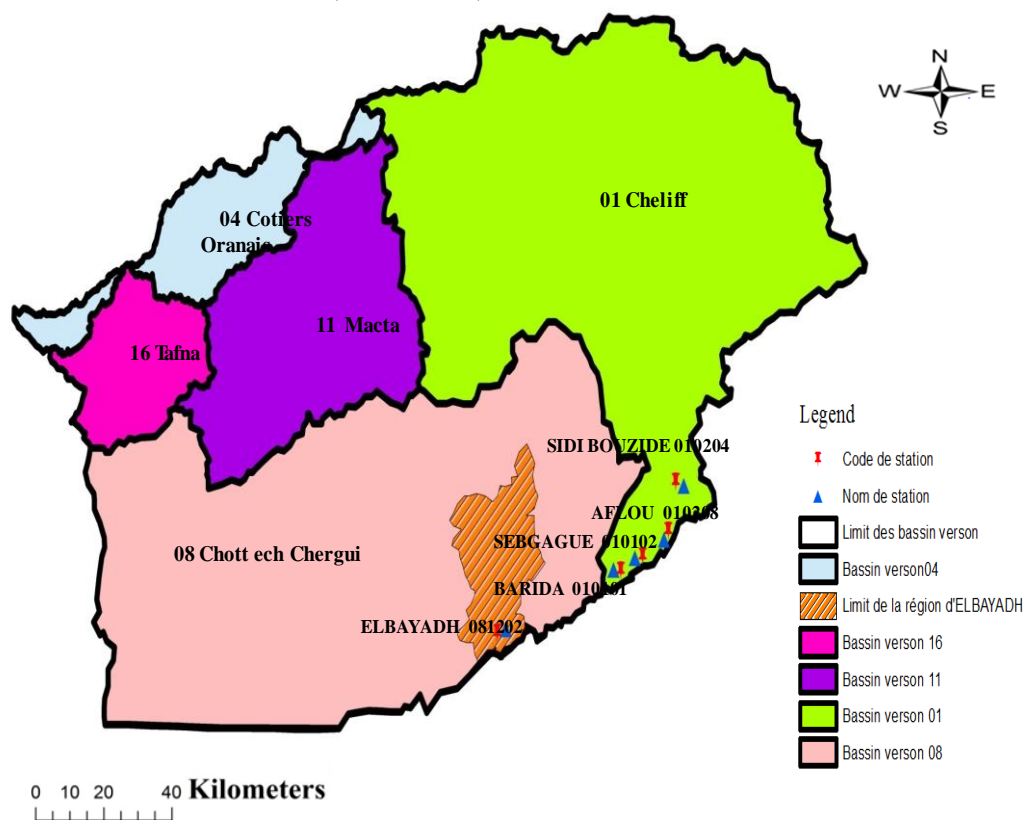
Dans ce chapitre on va exposer les différentes méthodes utilisées afin de faire ressortir les caractéristiques climatiques et la comparaison diachronique depuis 30 ans dans les stations d'étude.

Les méthodes présentées dans ce chapitre sont les plus utilisées dans le cadre de l'analyse de la variabilité climatique et que nous avons adoptées pour notre étude.

Débutant par la collecte des données puis définir la méthodologie de travail nous commençons par le calcul des indices climatiques pour testé la viabilité de cette variation par l'analyse de ces indices.

## I.2 II. Origine des données

Les données pluviométriques proviennent de l'Office Nationale de la Météorologie (ONM) et de l'Agence Nationale des Ressources Hydrique (ANRH). Elles sont enregistrées à partir de station météorologique d'Elbayadh et d'autres 04 stations auxiliaires (Aflou, Brida, Sebgague et Sidi Bouzid). Les Données sont reparties dans la région d'ElBayadh sur une période de 30 dernière années (1985-2015).



**Figure 05** : Position des (05) stations pluviométriques reparties dans la région d'étude.

## CHAPITRE III : Matériels et Méthode

Tableau 02 : Inventaire des stations pluviométriques.

Caractéristiques géographiques Station	Période d'observation	Code de la station	X (degree decimal )	Y ( degree decimal)	Altitude (m)	Type de donnée	source
Bayadh	1985-2015	081202	1.103	33.574	1310	Precipitation. Temperatures. Humidité vent	ONM
Aflou	1985-2015	10208	2.165	34.008	1410	Precipitation	NRH
sebgague	1985-2015	10102	1.975	33.895	1420	Precipitation	NRH
Brida	1985-2015	10101	1.828	33.838	1400	Precipitation	NRH
Sidibouزيد	1985-2015	10204	2.312	34.23	1250	Precipitation	NRH

### I.3 III. Logiciels utilisés

Dans notre étude, nous avons utilisé les outils statistiques et les logiciels suivants :

- **Excel** : celui-ci nous a permis d'établir, de mieux gérer notre base de données et de réaliser toutes les courbes qui figurent dans la présente étude et pour les calculs des moyennes annuelles à partir des moyennes mensuelles données par les stations météorologiques, pour la période d'étude (1985-2015) ainsi que pour le calcul de l'écart type et les calculs des indices climatiques.

- **HYDROLAB 2010** : le logiciel HYDROLAB est un programme développé, pour la première fois, par Laborde en 1998, écrit en basic et présenté sous forme de macros sur Excel (Hamenni, 2015).

- **Khronostat** : c'est un logiciel d'analyse statistique de séries chronologique développé par Jean-François Boyer à l'IRD-Maison des Sciences de l'eau, 1998. Il est employé pour de nombreuses études (Djamaladine et Mahamat, 2014).

### I.4 Critique des données

#### I.4.1 Méthode de comblement des données par l'HYDROLAB

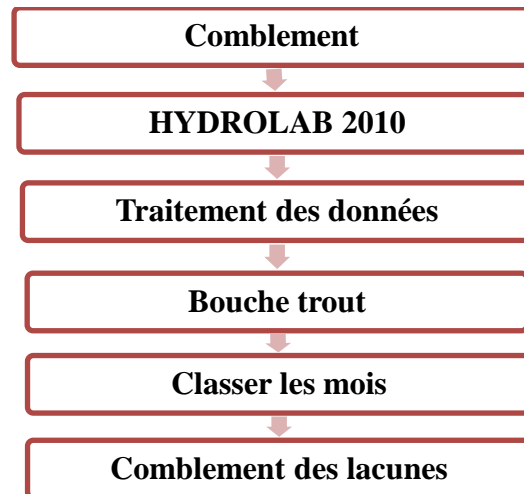
Le comblement de données de pluie au pas de temps mensuelle a été réalisé le plus correctement possible en fonction du temps disponible et du nombre de stations.

Pour les besoins de l'étude et pour une bonne répartition spatiale, nous avons procédé au comblement des lacunes en utilisant le logiciel HYDROLAB par la technique de Bouche trou en utilisant les étapes suivantes à partir des données pluviométriques des cinq stations ( ELBayadh ,Aflou, Brida, Sebgague et Sidi Bouzid) :

1 /Lancer le programme HYDROLAB 2010.

2/Choisie de la table de comblement.xls sous Excel et ouvrir le fichier, suivi par les étapes suivantes :





3/Après cette dernière étape, on change les valeurs manquantes dans la série des données pluviométriques par les résultats de Comblement des lacunes.

### I.4.2 Traitement statistique des données :

Pour le traitement statistique des données climatologiques nous utilisons les méthodes issues du calcul d'un certain nombre de tests statistiques et d'indices climatiques. Pour les besoins de l'étude et selon la disponibilité des données climatologiques, nous avons divisé notre travail en deux parties complémentaires :

- 1) Le calcul des indices de sécheresse pour les cinq stations via les indices suivants :
  - ❖ Indice standardisé de précipitation « SPI ».
  - ❖ Indice de déficit pluviométrique « IDP ».
  - ❖ Calcul de l'Effective Drought Index « EDI ».
  - ❖ Indice de saisonnalité « IS ».
  - ❖ Indices de concentration des précipitations « PCI ».
  - ❖ Indice modifié de Fournier « IMF ».
  - ❖ Indice Ombrothermique de Bangouls et Gaussens.

2) Pour le calcul d'autres indicateurs climatiques, nous utiliserons, uniquement, les données climatologiques (Précipitation et Température,) de la station d'El Bayadh sur une période de 30 années (1985-2015), étant donné le manque de données climatologiques sur les 4 autres stations (de Aflou, Brida, Sebgague, et Sidi bouzid), les indicateurs à calculer sont comme suit :

- ❖ Le quotient pluviométrique d'Emberger «  $Q_2$  »
- ❖ Indice d'aridité de De Martonne « I »
- ❖ Bilan climatique « BC »

### I.4.3 .Méthode de calcul des pluies classées

Après avoir comblé les lacunes dans les données, on peut passer à une nouvelle phase qui est celle de l'inférence statistique : il s'agit de voir quels tests statistiques s'applique le mieux à nos valeurs.

Nous disposons de 30 années de données ce qui permet pour les calculs d'utiliser directement les moyennes annuelles. Mais avant de tester les différentes distributions possibles, il faut vérifier si le jeu de données qui va être employé a bien un caractère aléatoire et simple, ce qui n'est pas forcément le cas. Pour vérifier cela, on dispose de divers tests.

#### I.4.3.1 . Tests statistiques de détection de rupture

Une approche statistique a été réalisée par Khronostat pour nous aider à mieux analyser les précipitations annuelles : les tests de détection des ruptures. Tout d'abord, une rupture dans une série chronologique peut être assimilée à un changement dans la loi de probabilité de la série à un instant donné, le plus souvent inconnu (Djamaladine et Mahamat, 2014).

On a soumis les chroniques de pluies annuelles aux différents tests disponibles dans le logiciel Khronostat.

#### I.4.3.2 . Test statistiques

Le traitement statistique des séries pluviométriques a porté essentiellement sur l'analyse d'éventuelles modifications statistiques au sein des séries chronologiques.

Parmi les procédures statistiques souvent utilisées dans des études des séries météorologiques, trois sont mis en œuvre. Elles ont été largement utilisées pour l'étude de la stationnarité de séries chronologiques (Hallouz, 2013).

Ces tests ont été réalisés via le logiciel Khronostats (utilisé par IRD en 2002) et qui sont :

- ❖ La procédure Bayésienne de Lee et Heghinian.
- ❖ La procédure de segmentation d'Hubert.
- ❖ Le test de normalité.

##### A) Procédure Bayésienne de Lee et Heghinian

La méthode fournit la probabilité que le changement se produise à un moment  $t$ , dans une série chronologique où on suppose à priori qu'il y a effectivement un changement à un moment indéterminé. De même, cette procédure donne une estimation de la probabilité que l'amplitude du changement ait la valeur du changement éventuel de la moyenne (Hallouz, 2013).

### B) Procédure de segmentation d'Hubert

Une procédure de segmentation des séries hydrométéorologiques a été proposée par Hubert et al en 1989. Le principe de cette procédure est de « découper » la série en  $m$  segments ( $m > 1$ ) de telle sorte que la moyenne calculée sur tout segment soit significativement différente de la moyenne du (ou des) segment(s) voisin(s).

Une telle méthode est appropriée à la recherche de multiples changements de la moyenne.

La segmentation est définie de la façon suivante :

Toute série  $x_i$ ,  $i = i_1, i_2$  avec  $i_1 \geq 1$  et  $i_2 \leq N$  où ( $i_1 < i_2$ ) constitue un segment de la série initiale des ( $x_i$ ),  $i = 1, \dots, N$ .

Toute partition de la série initiale en  $m$  segments est une segmentation d'ordre  $m$  de cette série. A partir d'une segmentation particulière d'ordre  $m$  pratiquée sur la série initiale, on définit :

$i_k$ ,  $k = 1, 2, \dots, m$  ;  
 $n_k = i_k - i_{k-1}$ , la longueur du  $k^{\text{ème}}$  segment ;  
 $\bar{x}_k$  la moyenne du  $k^{\text{ème}}$  segment;

$$\bar{X}_k = \frac{\sum_{i=j_{k-1}+1}^{i=i_k} x_i}{n_k} \dots \dots \dots \text{(III.4)}$$

$D_m$ , l'écart quadratique entre la série et la segmentation considérée,

$$D_m = \sum_{k=1}^{k=m} d_k \dots \dots \dots \text{(III.5)}$$

$$\text{Avec : } d_k = \sum_{i=j_{k-1}+1}^{i=i_k} (x_i - \bar{x}_k)^2 \dots \dots \dots \text{(III.6)}$$

Cet écart permet d'apprécier la proximité de la série et de la segmentation qui lui est appliquée. La segmentation retenue doit être telle que pour un ordre  $m$  de segmentation donné, l'écart quadratique  $D_m$  soit minimum. Cette condition est nécessaire mais non suffisante pour la détermination de la segmentation optimale. Il faut lui adjoindre la contrainte selon laquelle les moyennes de deux segments contigus doivent être significativement différentes. Cette contrainte est satisfaite par application du test de Scheffé qui repose sur le concept de contraste. Par conséquent si lors du processus de segmentation d'ordre  $m+1$ , aucune segmentation produite n'est valide au sens du test de Scheffé, la segmentation de la série qui est retenue en tant que meilleure segmentation est la segmentation optimale d'ordre  $m$  (Hallouz, 2013).

D'après les auteurs (Hubert et Carbonnel, 1989), cette procédure de segmentation peut être interprétée comme un test de stationnarité, "la série étudiée est stationnaire" constituant l'hypothèse nulle de ce test. Si la procédure ne produit pas de segmentation acceptable d'ordre supérieur ou égal à 2, l'hypothèse nulle est acceptée. Aucun niveau de signification n'est attribué à ce test.

### C) Test de Normalité

Comme les moments de la loi normal existent pour n'importe quel ordre, on peut admettre que cette loi appartient à une famille de lois de probabilité à une infinité de paramètres fonctionnellement indépendants et que, dans cette famille, toute loi normale est elle-même définie par des valeurs particulières de ces paramètres.

Dans ces conditions, pour vérifier l'adéquation de la loi normale à une série de  $n$  observations indépendantes, estimations que l'on peut supposer corrigée pour le biais, et procéder à un test de compatibilité des estimations obtenues avec les valeurs données de ces  $n$  paramètres sous l'hypothèse nulle d'une loi normale déterminée. En théorie, le choix des  $n$  paramètres importe peu puisque  $n$  observations conduisent tout au plus à  $n$  estimations fonctionnellement indépendantes.

Si  $\|v_{ij}\|$  désigne alors la matrice des covariances des estimations des paramètres sous l'hypothèse nulle et si  $\beta_i, \hat{\beta}_i, i=1, 2, \dots, n$  Désignent respectivement les valeurs données de ces paramètres et leurs estimations, la compatibilité des estimations avec les valeurs données ou encore, l'adéquation de la loi normale considérée pourra, en application du principe des moindres carrés généralisé, être vérifiée au moyen de la statistique :

$$X^2_n = \sum (\hat{\beta}_i - \beta_i) v_{ij}^{-1} (\hat{\beta}_i - \beta_i), i, j = 1, 2 \dots \dots, n, \quad (\text{III. 7})$$

Où  $\|v_{ij}^{-1}\|$  est la matrice inverse de la matrice  $\|v_{ij}\|$ .

Sous certaines conditions, cette statistique sera approximativement distribuée suivant une loi  $X^2$  à  $n$  degrés de liberté et, de toutes manières, les grandes valeurs seront significatives d'un désaccord avec l'hypothèse nulle.

Si la valeur de la statistique  $X_n^2$  n'est pas significative au niveau adopté l'hypothèse nulle d'une répartition suivant la loi normale de paramétrés  $\beta_i, i=1, 2, \dots, n$  pourra être acceptée.

Dans le cas contraire, il conviendra de distinguer entre l'éventualité où le désaccord peut être levé simplement par un meilleur choix des paramètres de position et d'échelle et celle où un tel choix ne suffit pas. Pour éviter cette ambiguïté il est clair qu'on peut calculer la statistique (1) en tenant compte de l'estimation préalable des paramètres de position et d'échelle, sachant que cette estimation entraîne une modification de la loi de répartition de la statistique correspondant à une réduction à  $(n-2)$  du nombre de degrés de liberté pour une loi de  $X^2$ .

Signalons encore, qu'en cas de rejet, la méthode esquissée peut être conduite de manière à déterminer l'alternative qui s'accorde le mieux avec la série d'observations, par exemple, en modifiant tout d'abord le paramètre  $\beta_{i_1}$  pour lequel le rapport  $(\hat{\beta}_i - \beta_i)^2 / v_{i_1 j_1}$  est le plus élevé.

Cela étant, la direction dans lesquelles les tests de normalité ont été développés peuvent être caractérisées comme étant les cas particuliers du test précédent ou les paramètres  $\beta_i$  sont soit les moments centrés réduits d'ordre supérieur, soit les espérances mathématiques des statistiques d'ordre, ou encore celles des valeurs pour ces statistiques de la fonction de répartition de la loi normale. (SNEYERS. R, Société française de statistique, 1974).

### I.5 Etude de la sécheresse via les indices climatiques

#### I.5.1 Indice standardisé de précipitation « SPI »

Le SPI, développé en 1993 par McKee et qui a été employé par de nombreux auteurs sur diverses régions du globe.

Le SPI est un indice de sécheresse basé sur la probabilité de précipitation mensuelle à n'importe quelle échelle de temps allant d'un mois à 48 qui rendent compte de l'incidence de la sécheresse sur les disponibilités en eau.

Leur calcul est basé sur la distribution des pluies sur de longues périodes, de préférence d'une durée supérieure à 50 ans, si non une durée requise minimale de 30 ans. Les valeurs du SPI positives indiquent les périodes humides et les valeurs négatives indiquent les périodes sèches, (Amroune, 2014). Il peut être calculé à différentes échelles de temps (1, 3, 12, 24 et 48 mois). (Bousoufi et Mousli, 2015).

**Tableau 03:** Sévérité du SPI (Selon McKee et al ,1993)

Classes SPI	Interprétations
2.0 et plus	Extrêmement Humide (EH)
1.50 à 1.99	Très Humide (TH)
1.0 à 1.49	Humide (H)
-0.99 à 0.99	Normale (N)
-1.0 à -1.49	Modérément Sec (MS)
-1.50 à -1.99	Sévèrement Sec (SS)
-2.0 et moins	Extrêmement Sec (ES)

(Source : McKee et al ,1993)

On détaille le travail pour le calcul du SPI-3M (SPI sur une période de 3 mois) SPI-1M (SPI de 1 mois) et SPI-12M (SPI sur une période de 12 mois ou une année) qu'on retrouve souvent dans la littérature :

- Pour chaque station, on a sommé les précipitations sur 3 mois ou saisonnière (Automne, Hiver, Été et Printemps), mensuelle et 12 mois sur les 30 années.

## CHAPITRE III : Matériels et Méthode

---

- Chaque valeur (de précipitations sommées) est alors transformée en une valeur normalisée.

Cela permet finalement de voir, ici pour n'importe quel groupe de 3 mois ou 12 mois ou 1 mois, si à une station donnée, il s'agit d'une période plutôt humide ou sèche comparée au reste de la période étudiée.

Il est exprimé mathématiquement comme suit (Achir et Hellal ,2016) :

$$\text{SPI} = \frac{\text{Pi} - \text{Pm}}{\delta} \dots \dots \dots \text{(III. 8)}$$

Avec :

**SPI** : Indice standardisé de précipitation.

**Pi** : Moyenne inter-annuelle (mm).

**δ** : Ecart type de la série (mm).

**Pm** : Moyenne de la série (mm).

### I.5.1.1 . Avantages et inconvénients

Il est possible de résumer les avantages et les inconvénients que présente l'indice SPI comme suit (OMM ,2012) :

#### A) Avantages

- L'indice SPI offre une bonne souplesse d'utilisation : il est possible de le calculer pour de multiples échelles de temps.
- Quand il porte sur un laps de temps relativement court, entre 1 et 3 mois par exemple, l'indice SPI permet de détecter rapidement les situations de sécheresse et d'en évaluer la gravité.
- L'indice SPI présente une bonne cohérence spatiale, ce qui permet d'établir des comparaisons entre des zones différentes soumises à des climats différents.
- Sa nature probabiliste le place dans un contexte historique, ce qui convient bien à la prise de décision.

#### B) Inconvénients

- L'indice SPI ne repose que sur les relevés de précipitations.
- Le bilan hydrique du sol n'étant pas pris en compte, l'indice ne permet pas le calcul du rapport évapotranspiration/évapotranspiration potentielle (ET/ETP).

## CHAPITRE III : Matériels et Méthode

### I.5.2 Indice de déficit pluviométrique « IDP »

L'indice de déficit pluviométrique (IDP) permet aussi de montrer et de calculer le nombre des années déficitaires et leur succession. Une année est qualifiée d'humide si cet indice est positif, de sèche lorsqu'il est négatif. Il s'exprime par la formule suivante (Achiret Hellal,2016) :

$$\text{IDP}(\%) = \frac{P_i - P_m}{P_m} * 100 \dots\dots\dots \text{(III.9)}$$

Avec :

**IDP** : indice de déficit pluviométrique (en pourcentage).

**P<sub>i</sub>** : précipitation annuelle (en mm).

**P<sub>m</sub>** : précipitation moyenne annuelle (en mm).

### V.3. Calcul de l'Effective Drought Index « EDI »

L'Effective Drought Index est une fonction de la PRN (Précipitation needed for a Return to Normal)= la précipitation pour combler le déficit accumulé depuis le début de la sécheresse.

On a les relations suivantes, où **j** est la durée de la sommation réelle (la durée de sommation fictive **i** (=365 jours ici) plus la durée sèche, voir Byun et Wilhite (1999)) et **ST(PRN)** l'écart type de la PRN (Hallouz et Meddi, 2016):

$$\text{EDI} = \frac{\text{PRN}}{\text{ST}(\text{PRN})} \dots\dots\dots \text{(III.10)}$$

On va calculer la PRN (avec **i** la durée de sommation fictive (365 jours ici), P<sub>m</sub> la précipitation de m-1 jours avant, MEP la moyenne des Effective Précipitation « EP de chaque années).

$$\text{PRN}_j = \text{DEP}_j / \sum_{N=1}^j * \left(\frac{1}{N}\right) \dots\dots\dots \text{(III.11)}$$

$$\text{DEP} = \text{EP} - \text{MEP} \dots\dots\dots \text{(III.12)}$$

La première chose à faire est donc de calculer pour chaque année la valeur d'EP (Effective Précipitation). Si **i**=365 par exemple,

$$\text{EP}_2 = \text{P}_1 + (\text{P}_1 + \text{P}_2) / 365 \dots\dots\dots \text{(III.13)}$$

**Tableau 04** : Classes associées à l'EDI

Effective Drought Index (EDI)	Description
-0.69 à 0	Sécheresse légère
-0.7 à - 1.49	Sécheresse modérée
-1.5 à -2.49	Sécheresse sévère
<-2.5	Sécheresse extrême

(Source :Hallouz et al, 2016)

## CHAPITRE III : Matériels et Méthode

### I.5.3 Indice de saisonnalité « SI »

Une manière de représenter la saisonnalité des précipitations est de recourir à une expression analytique de celle-ci, Walsh et Lawler ont ainsi proposé en 1981 un indice relatif de saisonnalité basé sur les différences entre les quantités de précipitations mensuelles et une situation de référence où les précipitations sont réparties de façon uniforme durant l'année. Cette relation s'écrit ainsi (Ghenim et al, 2013) :

$$SI = \frac{1}{\overline{P_a}} \sum_{i=1}^{12} \left| \overline{P_{m_i}} - \frac{\overline{P_a}}{12} \right| \dots \dots \dots (III.14)$$

Avec :

**SI** : représente l'indice de saisonnalité.

$\overline{P_{m_i}}$  et  $\overline{P_a}$ : désignent respectivement la moyenne mensuelle et annuelle de la pluviométrie pour la période considérée.

**Tableau 05** : Echelle d'appréciation de la saisonnalité.

SI	Saisonnalité
≤ 0.19	Très uniforme
0.20 – 0.39	Uniforme avec une saison humide définie
0.40 – 0.59	Plutôt saisonnière, avec une saison sèche courte
0.60 – 0.79	Saisonnière
0.80 – 0.99	Nettement saisonnière avec longue saison sèche
1.00 – 1.19	Maximum de pluie en 3 mois au moins
> 1.19	Extrême, maximum de pluie en 1 à 2 mois

(Source : Ghenim et al, 2013)

### I.5.4 Indices d'agressivité de la pluviométrie

La variabilité et l'agressivité de la pluviométrie au cours de l'année hydrologique sont estimées respectivement par l'indice de concentration des précipitations (PCI) introduit par Oliver (1980) et l'indice de Fournier modifié (IFM) proposé par Fournier (1960) et modifié par Arnoldus (1980) (Ghenim et al, 2013). Ils s'écrivent :

$$PCI = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{m_i}^2}{(\sum_{i=1}^{12} P_{m_i})^2} \dots \dots \dots (III.15)$$

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_{m_i}^2}{P_a} \dots \dots \dots (III.16)$$

Les classes des indices (PCI et IFM) respectivement dans le tableau 07 et 08.

**P<sub>m<sub>i</sub></sub>** et **P<sub>a</sub>** désignent respectivement la hauteur mensuelle du mois i et la hauteur annuelle de l'année considérée.



## CHAPITRE III : Matériels et Méthode

---

**Tableau 06 :** Echelle d'appréciation de la concentration des pluies selon l'indice PCI (Précipitation Concentration Index).

PCI	Concentration
8.3 – 10	Uniforme
10 – 15	Modérément saisonnière
15 – 20	Saisonnière
20 -50	Fortement saisonnière
50 -100	Irrégulière

(Source : Ghenim et al, 2013)

**Tableau 07:** Echelles d'appréciation de l'agressivité des pluies selon l'indice IFM (Indice de Fournier Modifié).

IFM	Agressivité
0 – 60	Très faible
60 – 90	Faible
90 – 120	Modéré
120 – 160	Forte
> 160	Très forte

(Source : Ghenim et al, 2013)

### I.5.5 Indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe « S »

A la suite de Giacobbe, Emberger (1943) a caractérisé l'intensité de la sécheresse estivale par un indice (S), qui est le rapport des précipitations estivales (Pe) à la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M). Si celui-ci est inférieur à 5, il y a sécheresse estivale (Hallouz et al, 2016).

$$S = \frac{Pe}{M} \dots\dots\dots (III.17)$$

### I.5.6 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Bagnouls et Gausson (1957) ont déterminé la période sèche grâce à la combinaison dans un diagramme de deux courbes : celle des précipitations et celle des températures. Un mois est défini comme étant sec lorsque la pluviosité moyenne mensuelle est égale ou inférieure au double de la température moyenne mensuelle  $P \leq 2T$ , ceci apparaît graphiquement lorsque les 2 courbes se croisent, celle des précipitations passent au-dessous de celle des températures. (Gurreche, 2010).

## CHAPITRE III : Matériels et Méthode

---

### I.5.7 Quotient pluviothermique d'Emberger :

Emberger (1955) a élaboré un quotient climatique désigné par Q<sub>2</sub>. Celui-ci comporte les éléments du climat qui sont prépondérants pour la végétation. Pour définir les divers types de bioclimat de la région méditerranéenne, Emberger (1933-1955) propose la formule suivante (Guerrache, 2010) :

$$Q_2 = \frac{P}{\frac{(M+m)}{2} (M-m)} * 1000 \dots\dots\dots(II.18)$$

**Q<sub>2</sub>** : quotient pluviométrique d'Emberger.

**P** : pluviosité moyenne annuelle en mm.

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en Kelvin.

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid en Kelvin.

**M-m** : amplitude thermique.

### I.5.8 Indice d'aridité de De Martonne « I »

En se basant sur des considérations essentiellement géographiques, De Martonne (1926) a défini l'aridité du climat à l'échelle annuelle par le quotient :

$$I = \frac{P}{T+10} \dots\dots\dots(III.19)$$

Avec :

**I** : Indice d'aridité de De Martonne.

**P** : précipitation moyenne annuelle en (mm).

**T** : température moyenne annuelle en (C °)

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Au niveau mondial De Martonne a proposé six grands types de macroclimat allant des zones désertiques arides (I < 5) aux zones humides à forêt prépondérante (I > 40).

En fonction des valeurs-seuils de cet indice, applicables aussi bien à l'échelle mensuelle qu'annuelle, De Martonne distingue divers bioclimats, voir (tableau 08) (Lebourgeois et Piedallu, 2005).

## CHAPITRE III : Matériels et Méthode

**Tableau 08** : Valeurs de l'indice d'aridité de De Martonne et bioclimats correspondants.

Valeur de l'indice	Type de bioclimat	Valeur de l'indice	Type de bioclimat
0 – 5	Hyperaride (HA)	20 – 30	Subhumide (SH)
5 – 10	Aride (A)	30 – 40	Humide (H)
10 -20	Semi-aride (SA)	>40	Humide à forêtprépondérante (HFP)

(Source :Lebourgeois et Piedallu,2005)

### I.5.9 Bilan hydrique « Bc »

Il traduit la succession d'excédents et de déficits en eau dans le complexe. Ainsi, le climat devient sec quand les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle, et qu'il n'y a pas de réserve d'eau disponible. Le bilan climatique exprime donc la différence entre la somme des abats pluviométriques (P) et celle de l'évapotranspiration potentielle (ETP) (Ernest, 2011).

$$\mathbf{Bc = P - ETP \dots\dots\dots (III.20)}$$

Avec :

**BC** : bilan climatique.

**P** : Pluie. (mm)

**ETP** : Evapotranspiration potentielle.

Ainsi :

- Le bilan climatique est excédentaire, si **P > ETP**.
- Le bilan est déficitaire, si **P < ETP**.
- Le bilan est équilibré quand **P = ETP**.

Lorsqu'il est positif, le surplus disponible participe à la recharge en eau du sol et à l'écoulement. Il a été calculé à partir des valeurs moyennes de P et ETP de la région de El-Bayadh entre 1985 à 2015. Ainsi, les valeurs d'ETP ont été estimées à l'aide de la méthode de Thornthwaite.

Ces valeurs ont été calculées au pas de temps mensuel selon les exigences de la méthode de Thornthwaite. En effet, les données de température disponibles qui ont servi à l'évaluation des ETP s'étendent sur la période 1985-2015.

Ces différentes données (pluies, températures et ETP) ont servi à l'étude de la variabilité des régimes pluviométriques de la région de Bayadh

**CHAPITRE IV**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

---

### I.1 Introduction

Dans ce chapitre qui résume les résultats de nos travaux finaux , il s'agit de déterminer l'impact de la variabilité climatique sur le changement climatique, en prenant comme référence les indices climatiques

### I.2 Évaluation du paramètre climatique

La qualité des données climatiques dépend du nombre d'années enregistrées disponibles. Moins d'années signifient des résultats moins fiables. La période de référence pour des données climatiques fiables est de 30 ans. Nos données climatiques proviennent de données météorologiques de 30 ans entre 1985 et 2015.

#### I.2.1 Les données pluviométriques

Les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région, par leurs intensités, leurs fréquences et leurs irrégularités, les pluies ont une influence énorme sur le model climatique de la région (Mohammed Keriati. N et Rehif. A, 2017).

#### I.2.2 Variabilité des précipitations :

- **Pluviosité moyenne annuelle (1985-2015)**

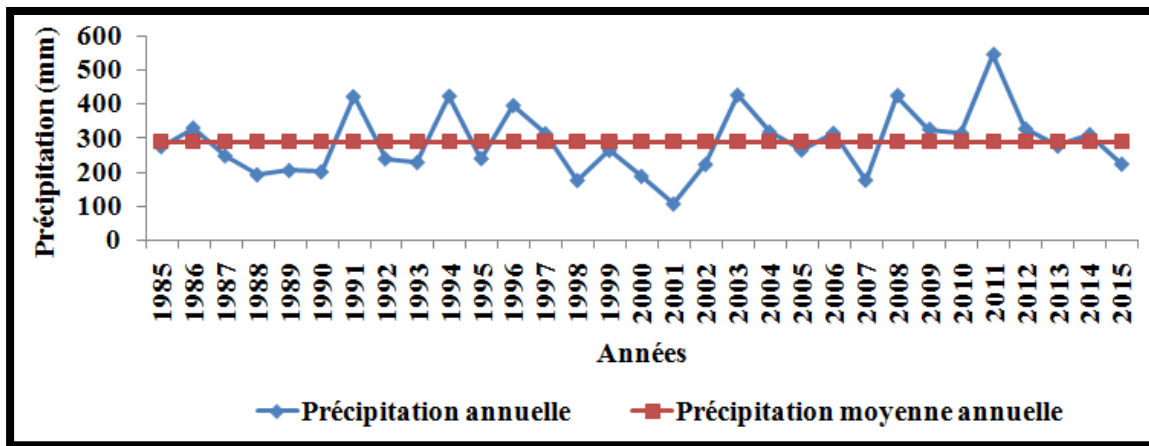
Les précipitations moyennes annuelles de la zone d'étude varient d'une année à l'autre, elles variées entre 249.56 mm et 525.07mm la plus faible est celle de la station de Sebgage et la plus forte est de la station d'Aflou. Le tableau 07 et la figure 6 résume les précipitations annuelles de chaque station.

**Tableau09** : Précipitations moyennes annuelles de la zone d'étude (1985-2015)

Station	Longitude (degrésdécimaux)	Latitude (degrésdécimaux)	Altitude (m)	Precipitation moyenneannuelle (mm)
El Bayadh	33.574	1.101	1310	288.95
Brida	33.838	1.828	1400	362.42
Aflou	34.008	2.165	1392	525.07
SidiBou zid	34.23	2.312	332	285.98
Sebgage	33.895	1.975	1344	249.56

La pluviométrie d'une année est définie par la somme de la hauteur des précipitations mensuelles (Brahmi.D, 2014),L'analyse de la figure 06 présentant la variabilité des précipitations annuelles et moyenne annuelle pour la station météorologique d'El Bayadh durant la période d'étude entre 1985 et 2015.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

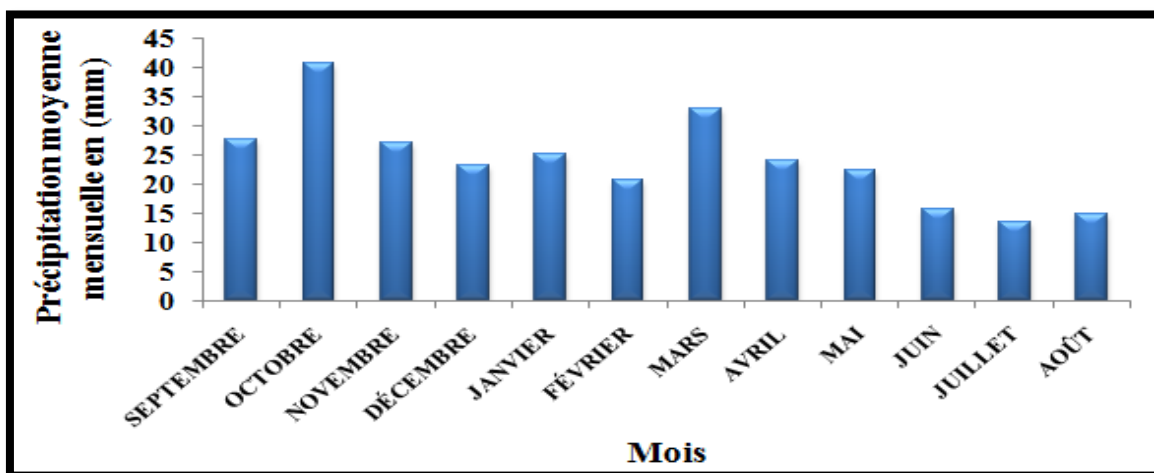


**Figure 06 :** Variation des précipitations annuelles de la région d'El-Bayadh(1985-2015).  
(Source : ONM ,2017)

Cette variation est principalement caractérisée par une irrégularité d'une année à une autre. En effet, on constate pour la période 1985-2015 que les pluies annuelles sont variées de 107,4 mm en 2001 à 546,6 mm en 2011 avec une moyenne annuelle de 289 mm/an.

- **Variabilité moyenne mensuelle de la pluviométrie**

Les précipitations moyennes mensuelles est moins significative que la moyenne annuelle, cela s'explique par le fait que dans le climat méditerranéen un mois donnée peut facilement être complètement sec telle année et recevoir l'année suivante près de la moitié précipitations annuelles (Hammouda et Mataam 2003). La figure07 résume les précipitations mensuelles de la station d'El Bayadh (et Annexe 03 pour les autres stations).



**Figure 07:** Histogramme des précipitations mensuelles de la région d'El-Bayadh (1985-2015).(Source :ONM,2017)

L'exploitation des histogrammes des précipitations mensuelles de la station d'El Bayadh sur une période s'étalant de 1985 à 2015 montre que le mois le plus humide est octobre avec (40,75mm) et le mois le plus sec est juillet avec (13,62 mm).

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

### • Variabilité saisonnière de la pluviométrie

L'étude de la variabilité saisonnière est indispensable, pour voir si la baisse ou la hausse de la pluviométrie est spécifique à une saison particulière ou à plusieurs saisons, cela permet de mieux visualiser la chronologie des totaux de pluies saisonnières dans le temps (Brahim.D, 2014).

Nous avons évalué la variabilité des précipitations saisonnières pour une durée s'étalant de 1985 à 2015 dans la station d'El Bayadh. (figure08)

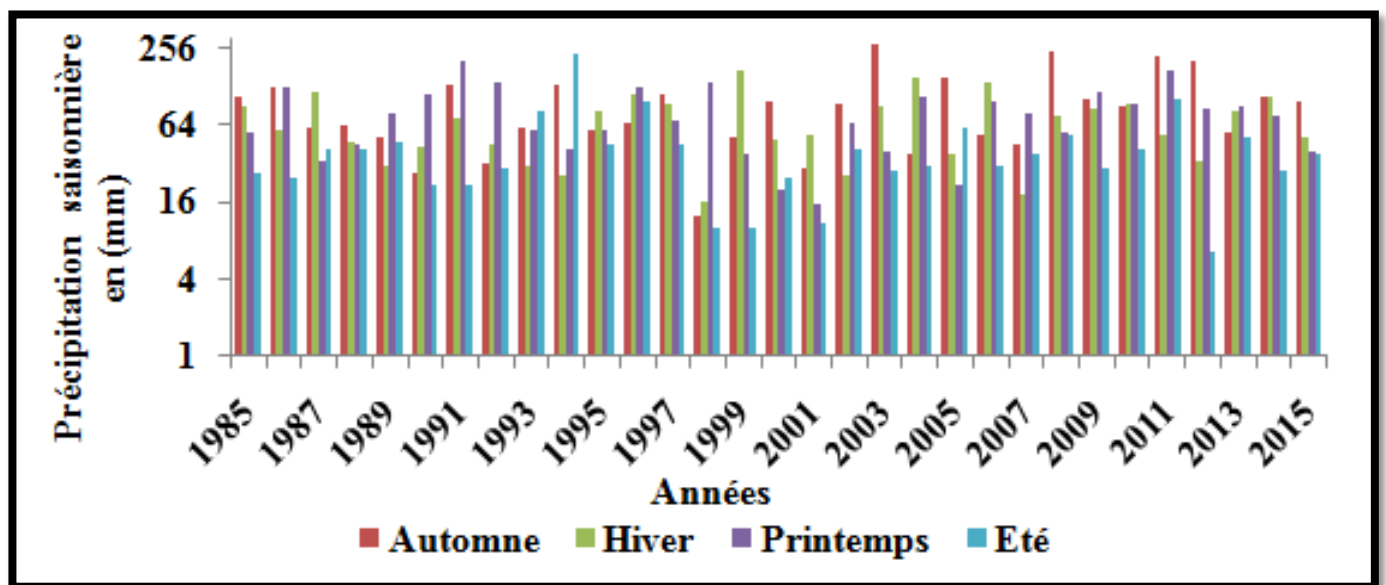


Figure 08 : Variabilité des précipitations saisonnières de la région d'El-Bayadh (1985-2015). (Source : ONM ,2017)

La variabilité des précipitations change sensiblement d'une année à l'autre. Cette station à climat méditerranéen est située dans la région des hautes Plaines et caractérisé par une valeur maximale de la précipitation est obtenue durant la saison l'automne en 2003 avec 271,01 mm et la valeur minimale est notée durant l'été en 2012 avec 6.36 mm.

On remarque que les précipitations est importante pour l'hiver et l'automne, moyenne pour le printemps et minimale pour l'été.

En hiver, la pluviométrie est la plus importante relativement aux autres saisons est varie entre 16 mm et 168 mm.

Au printemps, la quantité moyenne des précipitations varie entre 14,98 mm et 179,12 mm.

En été, quantité de pluies est très faible et la saison est sèche.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

### • Application des tests de rupture

Les tests de rupture sont appliqués aux séries chronologiques annuelles observées pour les cinq stations de la zone d'étude. Il est indispensable pour le test de rupture que les lacunes dans les séries soient comblées. (Tableau 07)

**Tableau 10** : Test de détection de rupture sur les pluies annuelles

Nom de station	Période	Rupture	Moyenne	
			Avant	Après
El Bayadh	1985-2015	2007 (*)	/	/
Aflou	1985-2015	2005 (**)	302.34	882.30
Brida	1985-2015	1996 (*)	/	/
		1997 (**)	122.58	494.82
Sebgage	1985-2015	2004 (*)	/	/
		2005 (**)	154.66	399.42
Sidi Bouzid	1985-2015	2007 (*)	/	/
		2008 (**)	223.16	430.80

✓ Procédure Bayésienne de Lee et Heghinian (\*).

✓ Segmentation de Hubert (\*\*).

Nous avons noté des ruptures détectées par la procédure Bayésienne de Lee et Heghinian dans toutes les stations pour la station d'El Bayadh en 2007, Brida en 1996, Sebgage en 2004 et Sidi Bouzid en 2007.

Nous avons aussi détecté des ruptures par le test de Procédure Bayésienne de Lee et Heghinian à la hausse pour la station d'Aflou en 2005, Brida en 1997, Sebgage en 2005 et Sidi Bouzid en 2008 (tableau 07 et annexe 10).

### I.2.3 Les températures

Le régime des températures est très influencé par l'altitude car celle-ci renforce les gelées d'hiver mais aussi elle adoucit les températures d'été. Par manque des données de températures, l'étude des températures a été effectuée seulement sur la station d'El Bayadh sur une période de 30 ans, entre 1985 et 2015.

#### • . Températures annuelle

A l'échelle annuelle, La figure 09 montre une faible moyenne de la température moyenne annuelle avec une moyenne thermique 15.51°C le graphe montre aussi que l'année 2001 est la plus chaude dans cette période avec un enregistrement de 17.95°C et l'année 1988 est la plus froide avec une valeur de température moyenne annuelle de 13.49°C.



## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

L'étude de la courbe de température minimal annuelle de mois le plus froid montre une moyenne de 7.69°C à L'année 1992.

L'étude de la courbe de température maximal annuelle de mois le plus chaud montre une moyenne de 22.80 °C à l'année 2001.

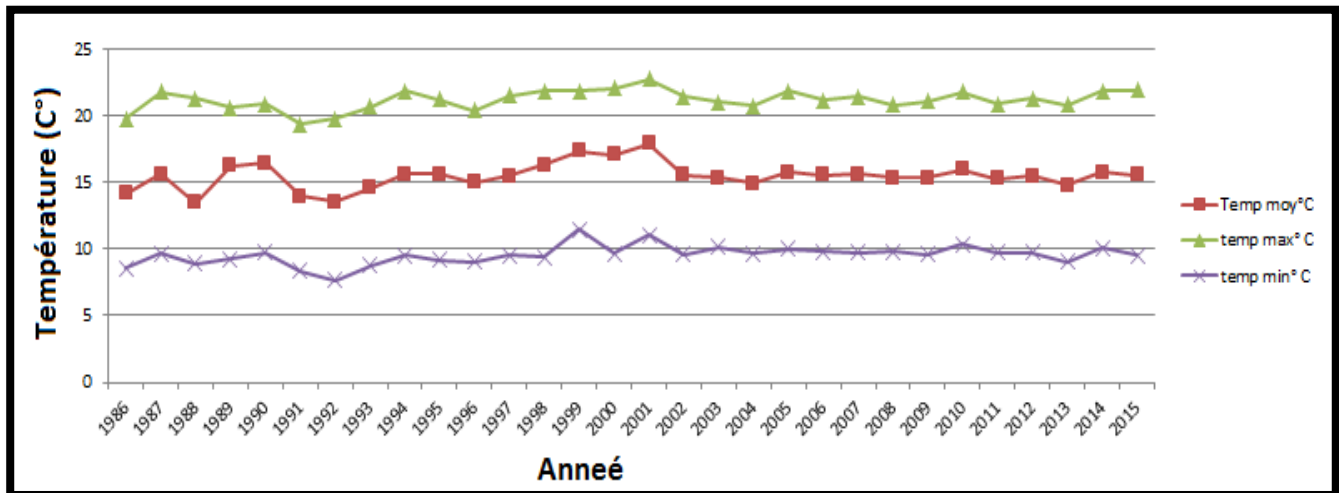


Figure 09 : Graphique de températures annuelles de la région d'El Bayadh. (1985-2015).(Source :ONM,2017)

- **Températures moyennes mensuelles**

La figure 10 représente la variation des températures moyennes mensuelles minimales, moyennes maximales de la région d'El Baydah.

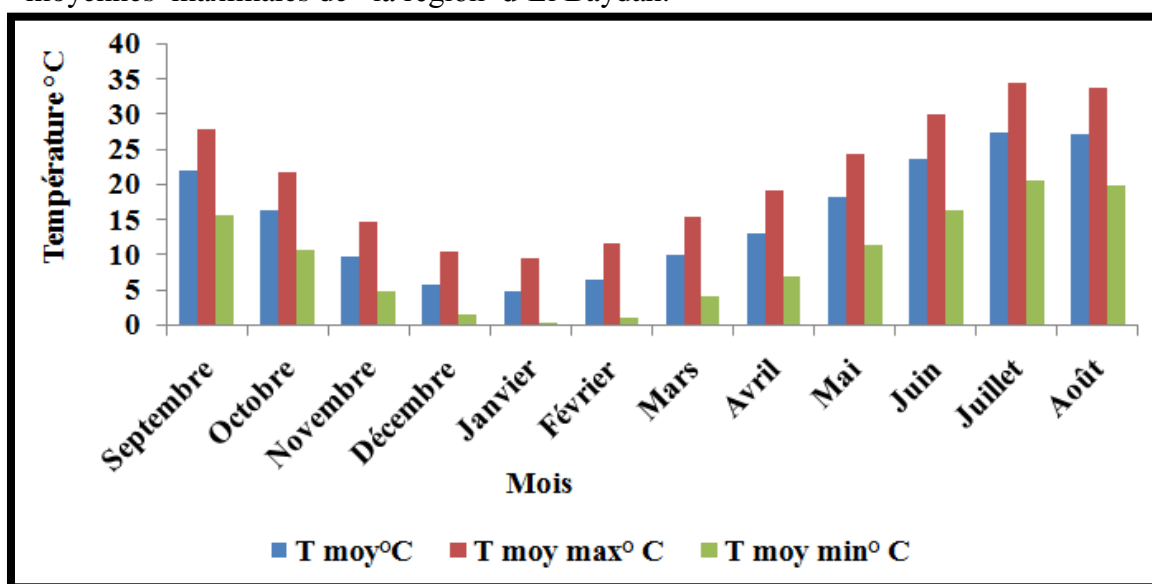


Figure 10 : Histogramme des températures moyennes mensuelles de la région d'El-Bayadh.(1985-2015).(Source :ONM,2017).

A partir d'analyse de la moyenne mensuelle des maxima montre que les mois plus chauds s'étale de Juin à Septembre, où le maximum atteint au mois de Juillet avec 34.62 °C. La moyenne mensuelle des minima montre que Décembre, Janvier et Février sont les mois les plus froids avec respectivement 1,54 °C 0.36 °C et 1.16 °C,

- **Températures moyennes saisonnière**

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

La figure 11, exprime la variation saisonnière des températures de la station d'el bayadh. Ces températures moyenne saisonnière montre que l'hiver reste invariablement froid (10°C) et que l'été est le plus chaud (supérieure à 30°C). la température du printemps et de l'automne est de l'ordre de 20°C.

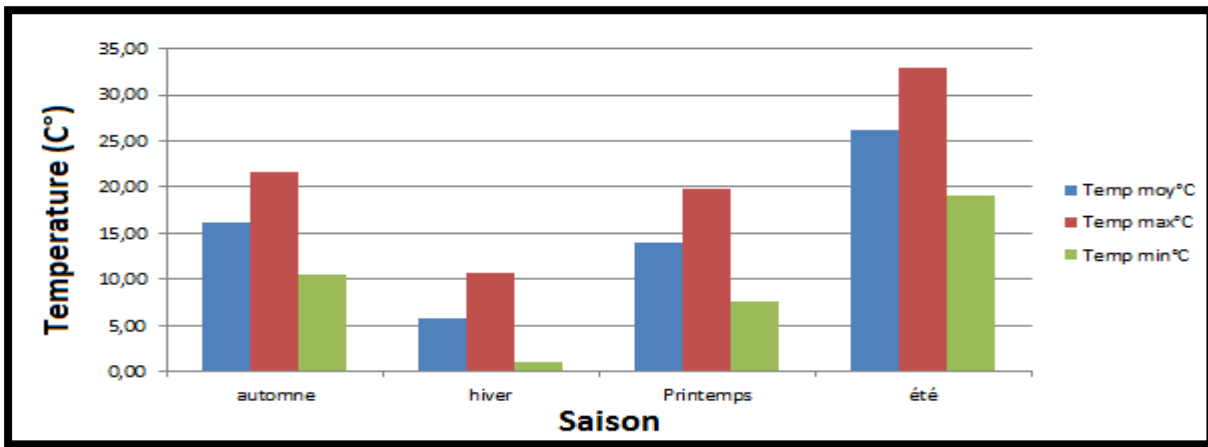


Figure 11 : Histogramme des températures moyennes saisonnier de la région d'El-Bayadh. (1985-2015).(Source :ONM,2017)

### I.2.4 Vent

La principale caractéristique des vents dominants est matérialisée par la fréquence du Sirocco d'origine désertique chaud et sec, dont la durée peut varier d'une zone à une autre de 20 à 30 jours par année (Mohammed Keriati .N et Rehif .A, 2017).

- **Vitesse du vent moyenne mensuelle**

Après l'analyse des variations mensuelle des vents sur la période considérée (1986-2015) et analysé les données de l'ONM sur la vitesse du vent de la station d'EL Bayadh, converti les données en m/s, nous avons obtenu les résultats suivants :

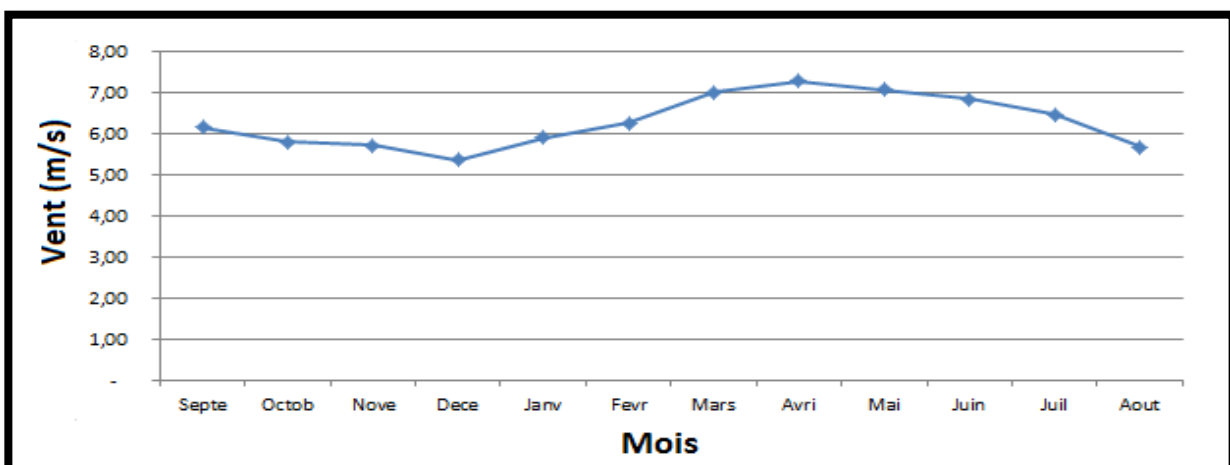


Figure 12 : Graphe vitesse du vent de la région d'El Bayadh. (Source : ONM)

Après l'analyse des variations annuelles des vents sur la période considérée, on remarque que la vitesse moyenne mensuelle de 23.42 m/s, la valeur le plus élevée est enregistrée en mois d'Avril 25.75 m/s et le minimum enregistré en mois de Décembre 21.13 m/s.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

### I.2.5 Humidité

- **Humidité relative (%) mensuelle (1985-2015)**

L'humidité relative de l'air, ou degré hygrométrique, couramment notée, correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante (ou tension de vapeur) à la même température (khalissa.2014), Elle est donc une mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. Ce rapport changera si on change la température ou la pression bien que l'humidité absolue de l'air n'ait pas changée. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre. (Imène.A.2015).

La figure 13 montre que l'humidité moyenne de la station d'El Bayadh durant la période de 1986 à 2015 est de 46.48 % avec un maximum en Décembre 68.82 % et un minimum en juillet 23.38 %.

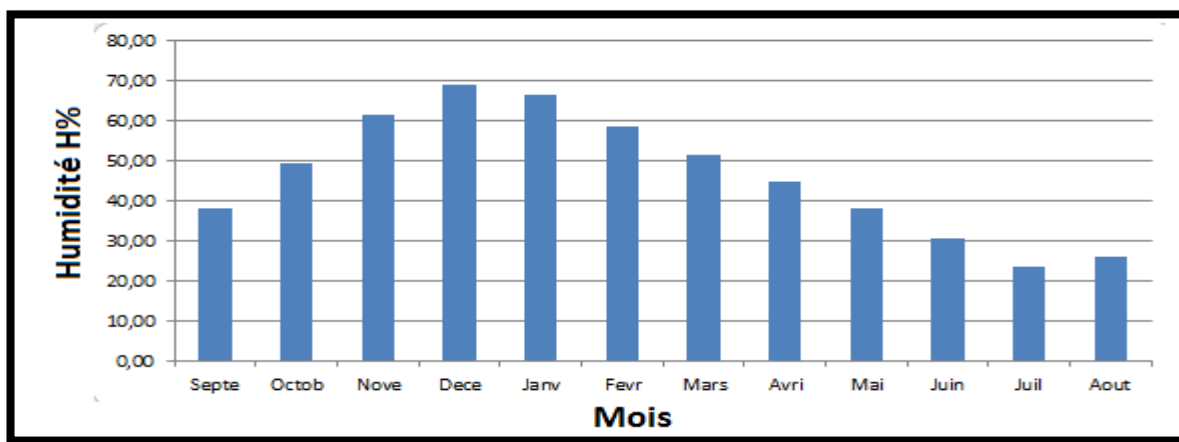


Figure 13 : Histogramme d'humidité relative (%) de la région d'El Bayadh. (1986-2015). (Source : ONM, 2017)

### I.3 Évaluation des Indices climatiques

Selon la disponibilité des données climatiques, nous avons calculés certain nombre des indices à partir des données pluviométriques sont les suivants : SPI, IDP, EDI, IS, PCI et IFM, ces indices ont été calculé pour les cinq stations qui distribué dans la zone d'étude.

D'autres indices ont été calculé seulement pour la station d'El Bayadh car ils se basent sur la pluviométrie et la température : Diagramme Ombrothermique de Bagnauls et Gausson, Indice d'aridité de De Martonne (I), Quotient Pluviothermique d'Emberger (Q2) et Bilan climatique (Bc).

#### I.3.1 Indice de précipitation standardisé (SPI)

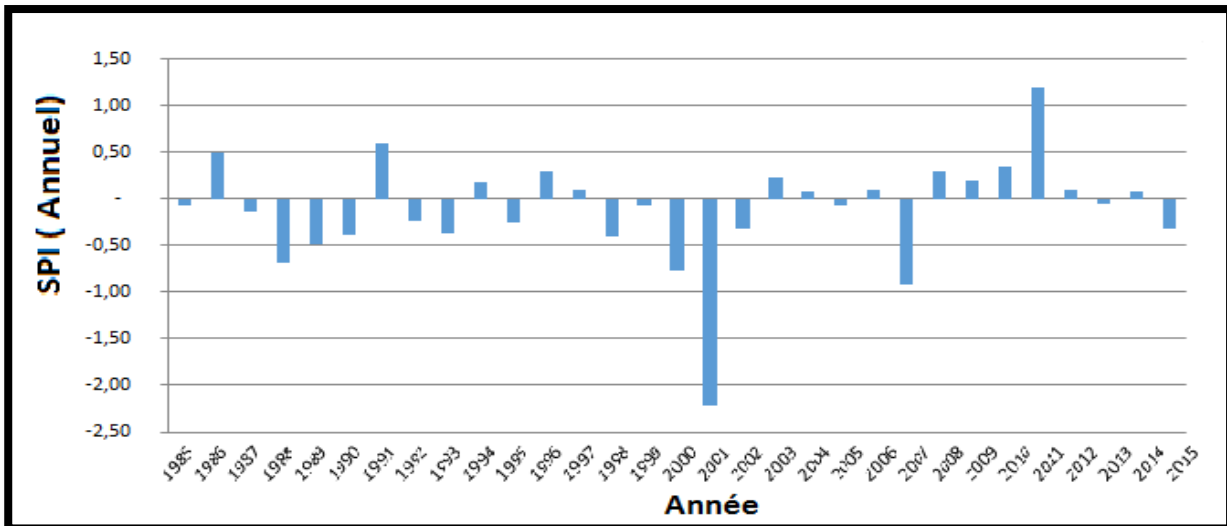
Dans notre travail, pour apprécier l'impact de la variabilité climatique sur le changement climatique dans la zone d'étude, on a déterminé l'évolution des degrés de sévérité de la sécheresse en utilisant l'indice de précipitation standardisé calculé à partir des séries pluviométriques de 30 années, au cours de la période 1985-2015, pour les cinq stations (El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage, Sidi Bouzid) à l'échelle annuelle, saisonnière et mensuelle. Les résultats sont présentés comme suit :

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

### • Echelle annuelle

#### A) Station d'El Bayadh

Le graphe ci-dessous qui représente le SPI annuel pour la station d'El Bayadh à partir des données recueillies durant 30 ans a permis de révéler:

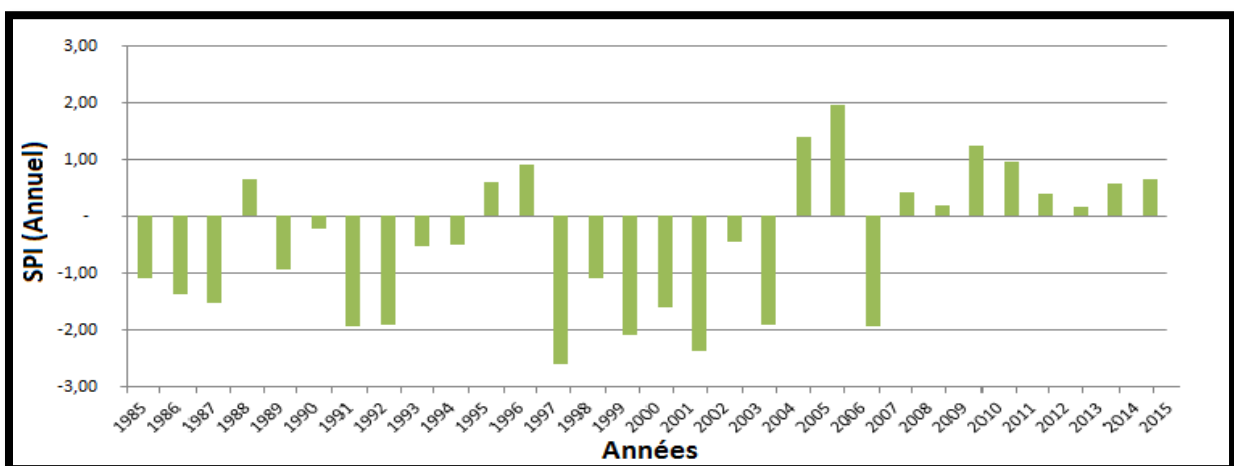


**Figure 14 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique d'EL Bayadh.

- ✓ Une prédominance d'année normale (-0.99 à 0.99) 28 années sur 30.
- ✓ Une période Extrêmement Sec (ES) en 20001 de -2.21
- ✓ Une année humide (H) 2011 (SPI supérieure à 1).

#### B) Station d'Aflou

Le graphe ci-dessous qui représente le SPI annuel de la station d'Aflou pour la période de 1985 à 2015, a permis d'observer deux périodes à savoir:



**Figure 15 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique d'Aflou.

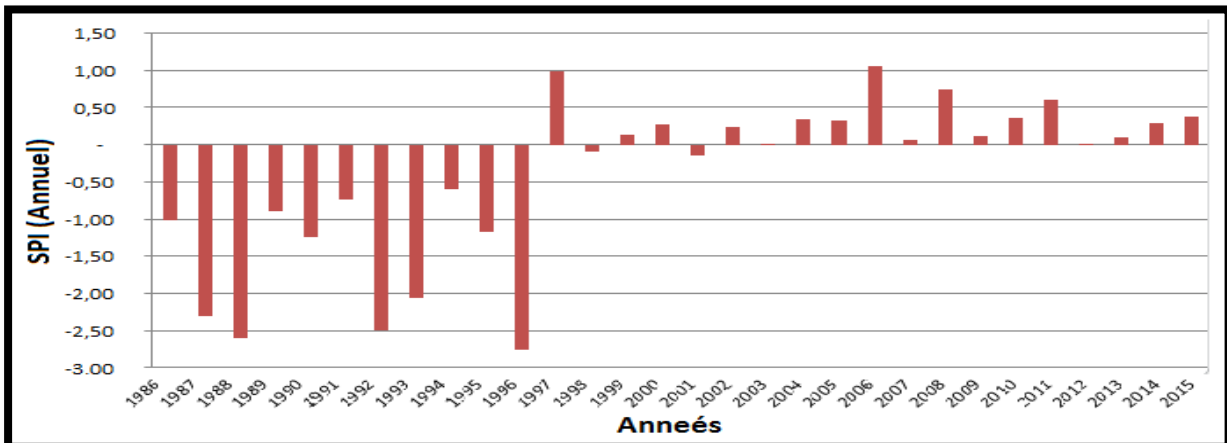
- ✓ Une alternance d'année modérément sèche et d'année normale entre 1985 et 1996.
- ✓ Suivie par 6 années modérément (MS) et extrêmement sèches (SS) jusqu'à -2.45 entre 1997 et 2004.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

- ✓ Seulement deux années très humide 2005 et 2006 où SPI atteint 2.
- ✓ La dernière période de 2008 à 2015 marquée le retour à la normale avec des valeurs du SPI positives indiquent que les précipitations annuelles normale qui ne dépasse pas un SPI de 1.

### C) Station de Brida

Le graphe ci-dessous qui représente le SPI annuel de la station de Brida pour la période de 1985 à 2015, a permis d'observer deux périodes à savoir:

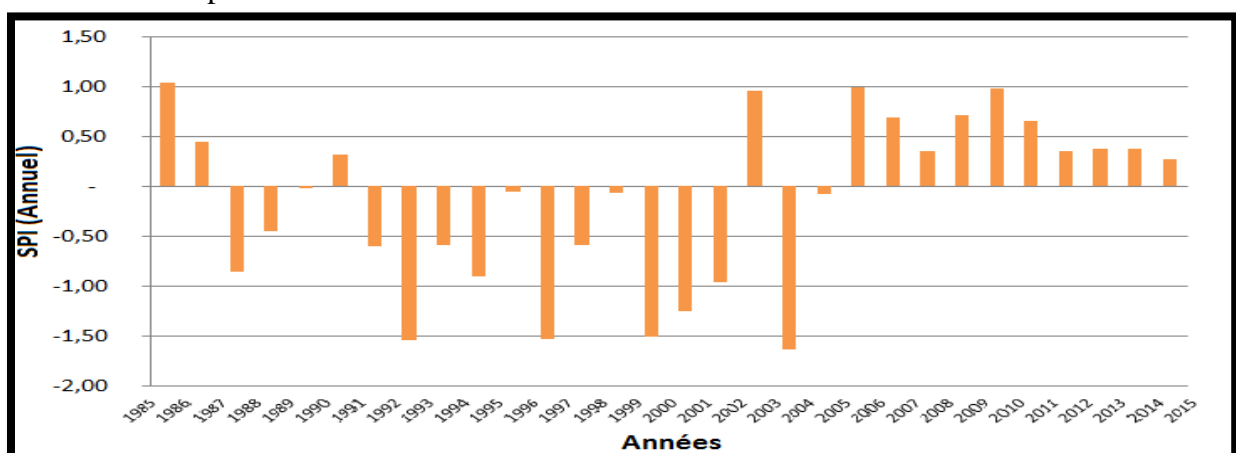


**Figure 16 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique de Brida.

- ✓ La première période est sèche qui débute de 1986 jusqu'au 1996 avec 5 valeurs extrêmement sec de  $-2.23$  en 1987,  $-2.51$  en 1988,  $-2.50$  en 1992,  $-2.01$  en 1993 et  $-2.6$  en 1996.
- ✓ La deuxième période de 1997 à 2015 est une période normale.

### D) Station de Sebgage:

La visualisation graphique, ci-dessous, du SPI annuel de la station de Sebgage a permis de déceler deux périodes à caractères différents :



**Figure 17 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique de Sebgag.

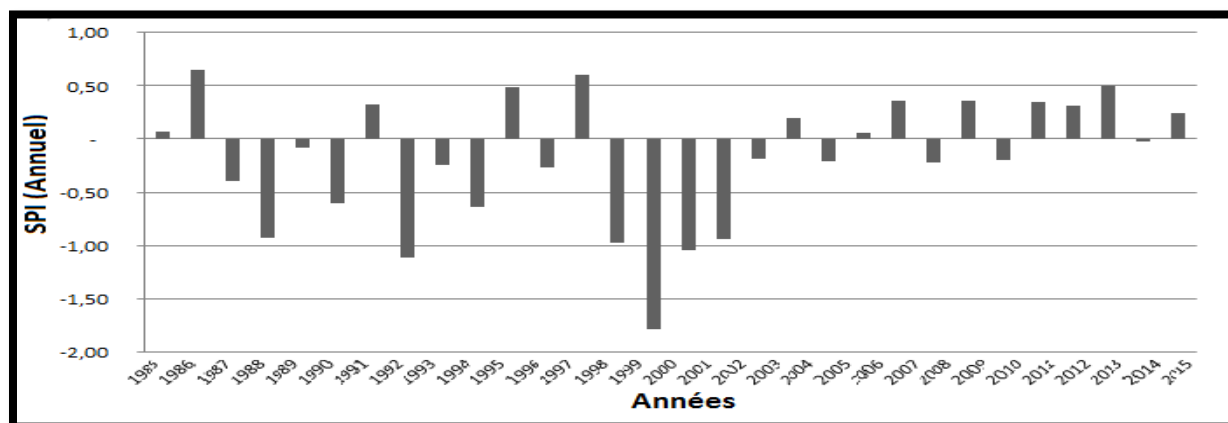
- ✓ La première période de 1985 à 2005, montre qu'on a une dominance des années normale avec une alternance d'année sèches bien remarquable dans cette période (1985-2005): 1992, 1996, 1999, 2000 modérément sèche et 2003 extrêmement sèche.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

- ✓ La deuxième période de 2006 à 2015 marquée par le retour des années normales dont les valeurs du SPI positives indiquent que les précipitations annuelles sont supérieures à la moyenne.

### E) Station de Sidi Bouzid

Le graphe ci-dessous qui représente le SPI annuel pour la station de Sidi Bouzid à partir des données recueillies durant 30 ans a permis de révéler les remarques suivantes :



**Figure 18** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations recueillies dans la station météorologique de Sidi Bouzid.

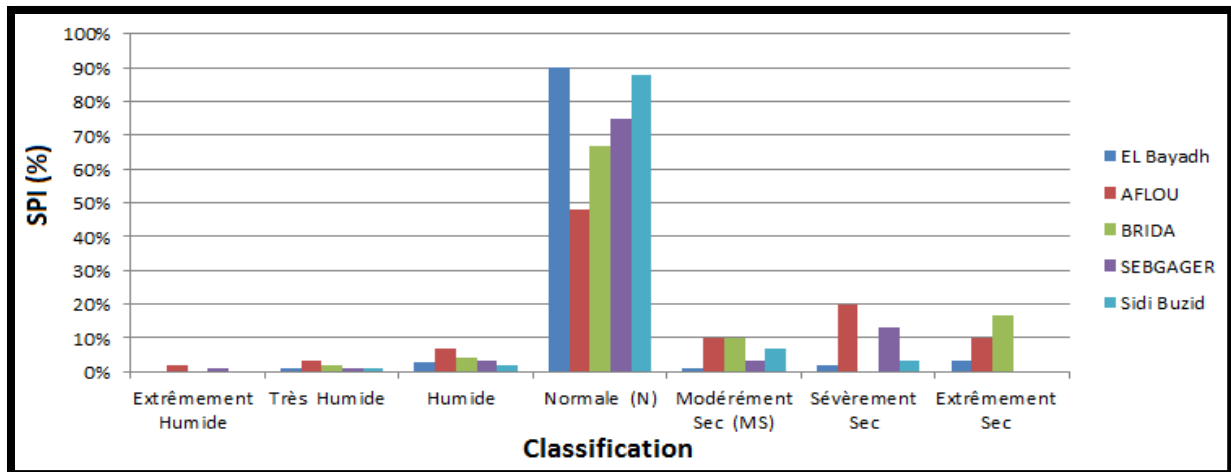
La période de 1985 à 2015 est une période caractérisée par des années normales sauf pour 1999 qu'est sévèrement sec (-1.74).

**Tableau 11** ci-dessous récapitule les résultats de SPI des 5 stations :

SATATION	PERIODE HUMIDE		PERIODE SECHE	
	ANNEE	VALEUR SPI	ANNEE	VALEUR SPI
El baydah	2011	1.2	1993	-2.21
Aflou	2005	1.34	1997	-2.45
	2006	1.92		
	2010	1.19		
Sebgage	2006	1	/	/
	2010	1.2		
Brida	1997 2007	1 1.2	1987	-2.23
			1988	-2.51
			1992	-2.51
			1993	-2.01
			1996	-2.6
SidiBouzid	/	/	2000	-1.74

- **Caractérisation de la sécheresse**

La distribution des valeurs calculées pour SPI annuel est classée selon la méthode proposée par (McKee et al ,1993) et présentée dans la figure ci-dessous, pour les cinq stations représentatives de la zone d'étude.



**Figure19 :** Pourcentages des fréquences de l'indice de SPI annuel dans les stations (El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi bouzid) de (1986-2015).

La figure montre En utilisant l'indice de SPI :

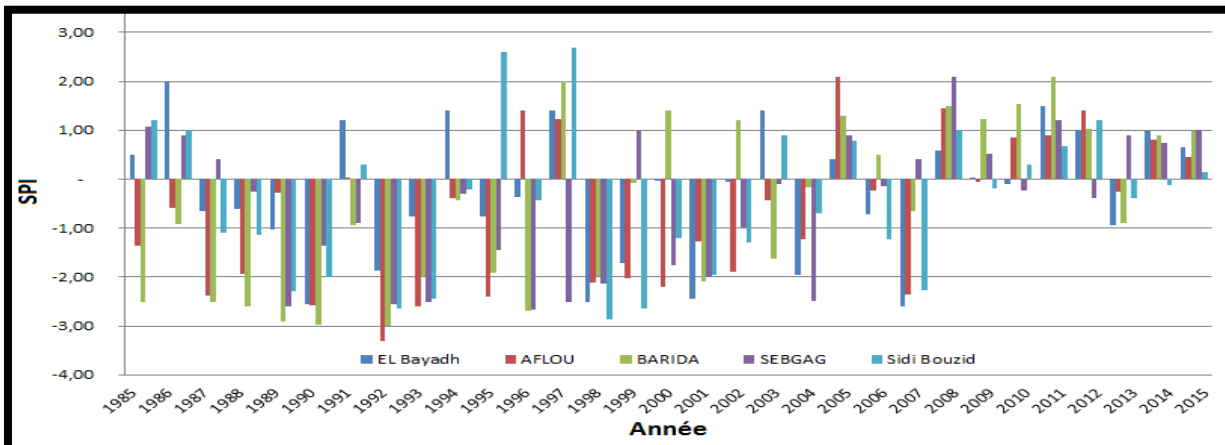
- 1) La probabilité d'occurrence d'une année extrêmement humide est très faible au niveau de cinq stations environ 1 %.
- 2) La probabilité d'occurrence d'une année très humide est très faible au niveau des cinq stations étudiées environ 1.73 %.
- 3) La probabilité d'avoir une année humide est faible au niveau de toutes les stations (inférieure à 7%).
- 4) La probabilité d'occurrence d'une année normale est très forte au niveau des stations de El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid où elle dépasse les 50 %.
- 5) La probabilité d'occurrence d'une année modérément sèche est faible pour toutes les stations, elle varie entre 1 % et 10 %.
- 6) La probabilité d'occurrence d'une année sévèrement sec est faible au niveau de station El Bayadh, Aflou, Sebgage et Sidi Bouzid 7.73%, voir nulle (0) à la station de Brida.
- 7) La probabilité qu'une année soit extrêmement sèche est nulle (0) pour les deux stations (Sebgage et Sidi Bouzid) et faible au niveau des station El Bayadh, Aflou et Brida.

- **Echelle saisonnière**

Les résultats de SPI à l'échelle saisonnière (SPI) dans les stations météorologique (El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid) sont représenté dans les graphes ci-dessous :

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

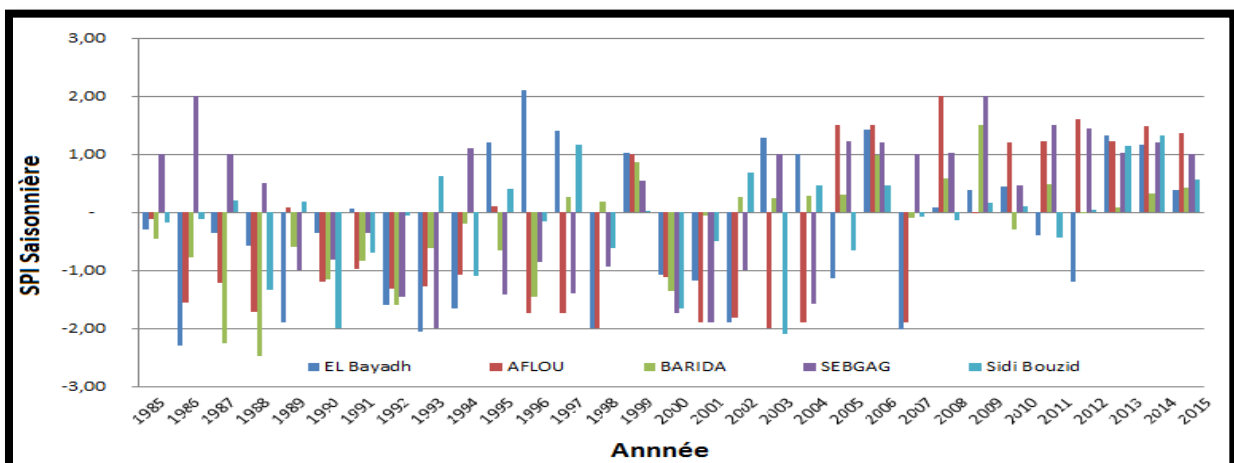
**A) Automne :** on a enregistré durant la saison d'automne deux périodes :



**Figure 20:** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'Automne) dans les cinq stations sur la période d'étude (1985-2015).

- La première période de 1985 à 2007 marquée par une période sèche avec des valeurs extrêmement secde3.31. en 1992 pour la station d'Aflou et quelques années humides, avec des valeurs extrêmement humides de 2.00 en 1986 pour El Bayadh, de 2.50 et 2.54 en 1995 et 1997 pour la station Sidi Bouzid, et de 2.1 en 2005 dans la station d'Aflou.
- La deuxième période de 2008 à 2015 marquée par le retour des années humides, avec deux valeurs extrêmement humides en 2008 au niveau de station de Sabgage de 2.01, et en 2011 au niveau de la station de Brida avec 2.15.

**B) Hiver :** on a remarqué deux phases:



**Figure 21 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Hiver) dans les cinq stations sur la période (1985-2015).

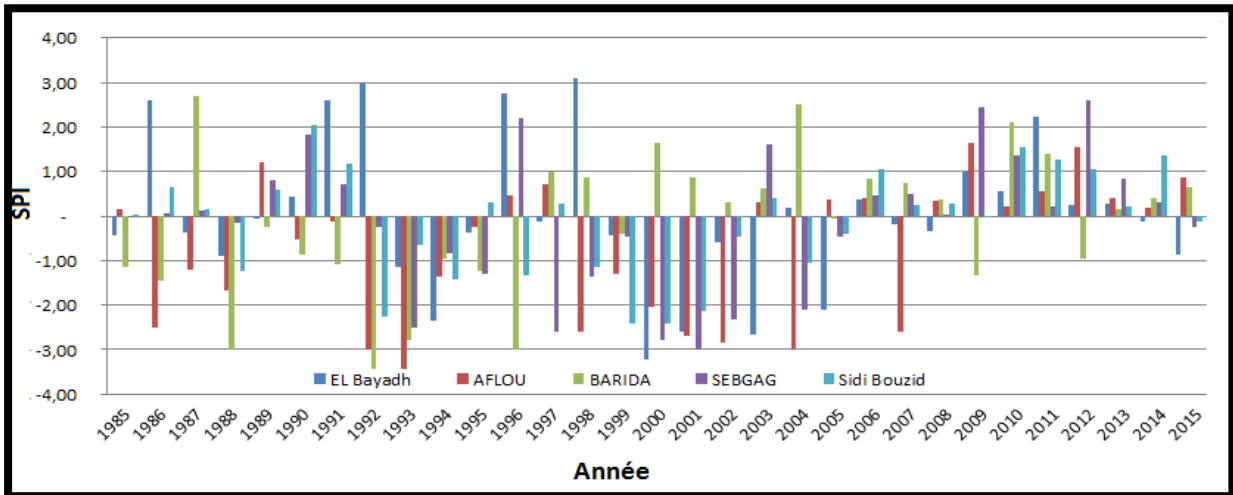
- La première phase de 1985 à 2005 marquée une alternance des années sèches et des années humides, on note des valeurs extrêmement sec en 1986 avec -2.25 à la station d'EL Bayadh et en 1987 à la station de Brida avec -2.22.



## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

- Deuxième phase de 2006 à 2015 marquée par une période humide avec deux valeurs extrêmement humides en 2008 au niveau de station d'Aflou de 2.00 et en 2009 au niveau de station Sabgage de 2.00.

C) **Printemps** : on a remarqué également deux phases :

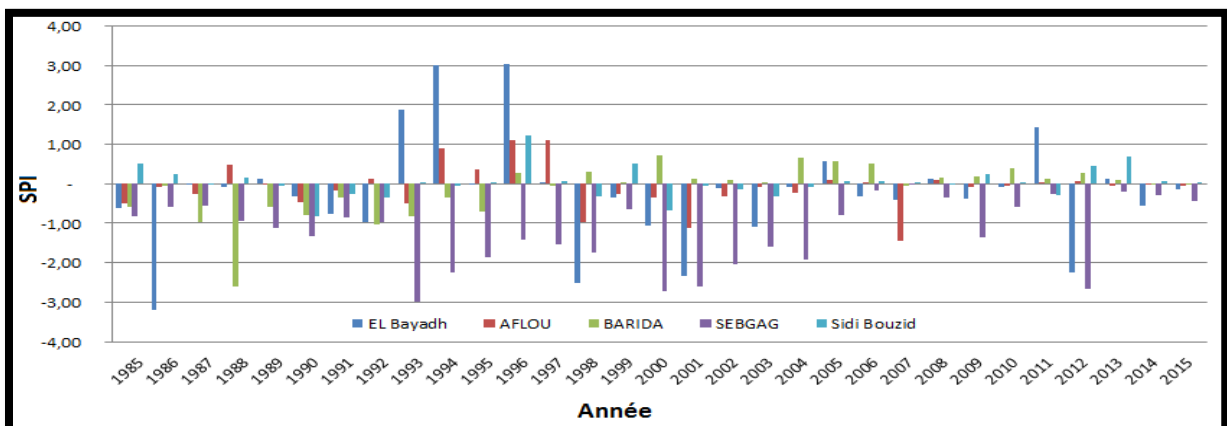


**Figure 22** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Printemps) dans les cinq stations sur la période (1985-2015).

- Première phase de 1985 à 2005 qui caractérisé également par une alternance des années sèches et des années humides successives, avec des valeurs extrêmement humides en 1986, 1991, 1992, 1996 et 1998 au niveau de station d'El Bayadh de 2.60, 2.60, 3., 2.77, 3.10, en 1987 et 2004 ci la même valeurs au niveau de station de Brida de 1, avec quelques valeurs extrêmement sec au niveau des stations d'Aflou, Brida et Sebgage.

- Deuxième phase de 2006 à 2015 qui caractérisé par une période humide plus remarquable, sauf quelques années sèche ; en 2007 au niveau de la station d'Aflou avec une valeur extrêmement sec de 5.90, et d'autres valeurs sévèrement sèches en 2009 et en 2012 au niveau de la station de Brida avec 1.

D) **Été**:



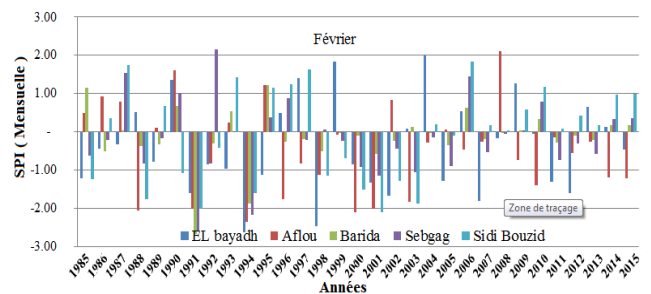
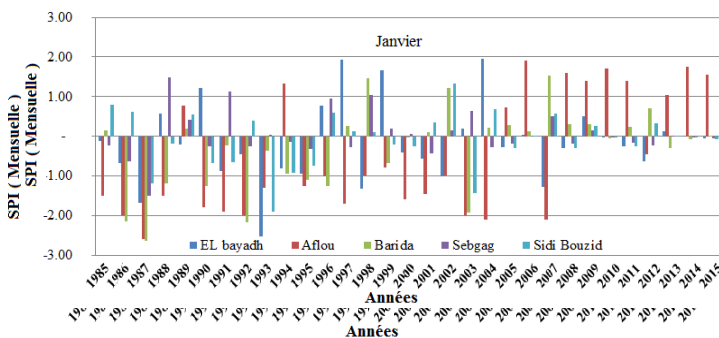
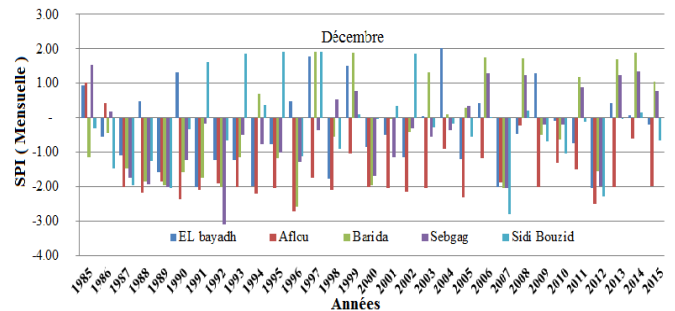
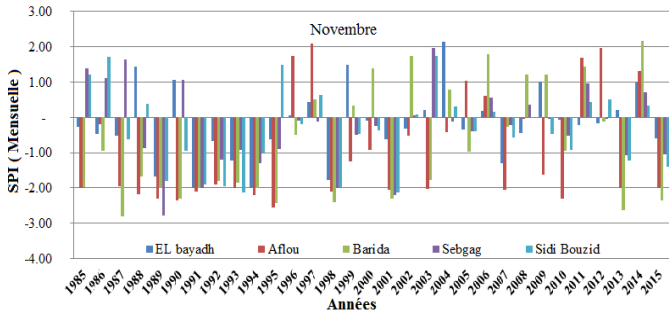
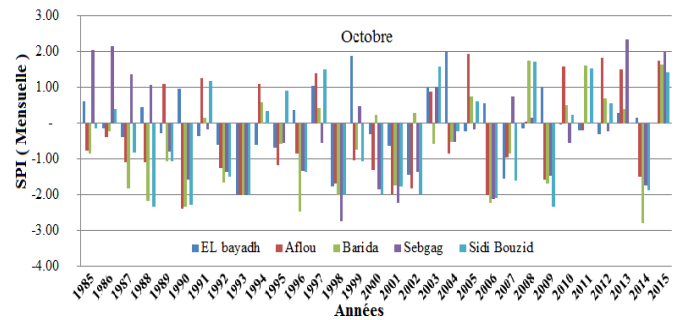
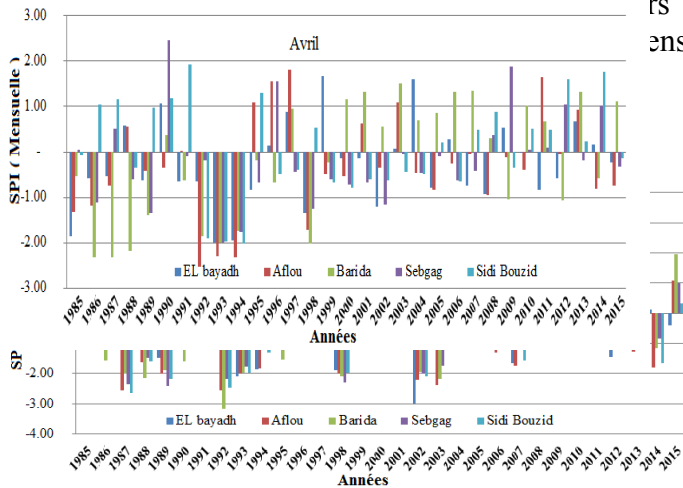
**Figure 23** : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'été) dans les cinq stations sur la période (1985-2015).

# CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

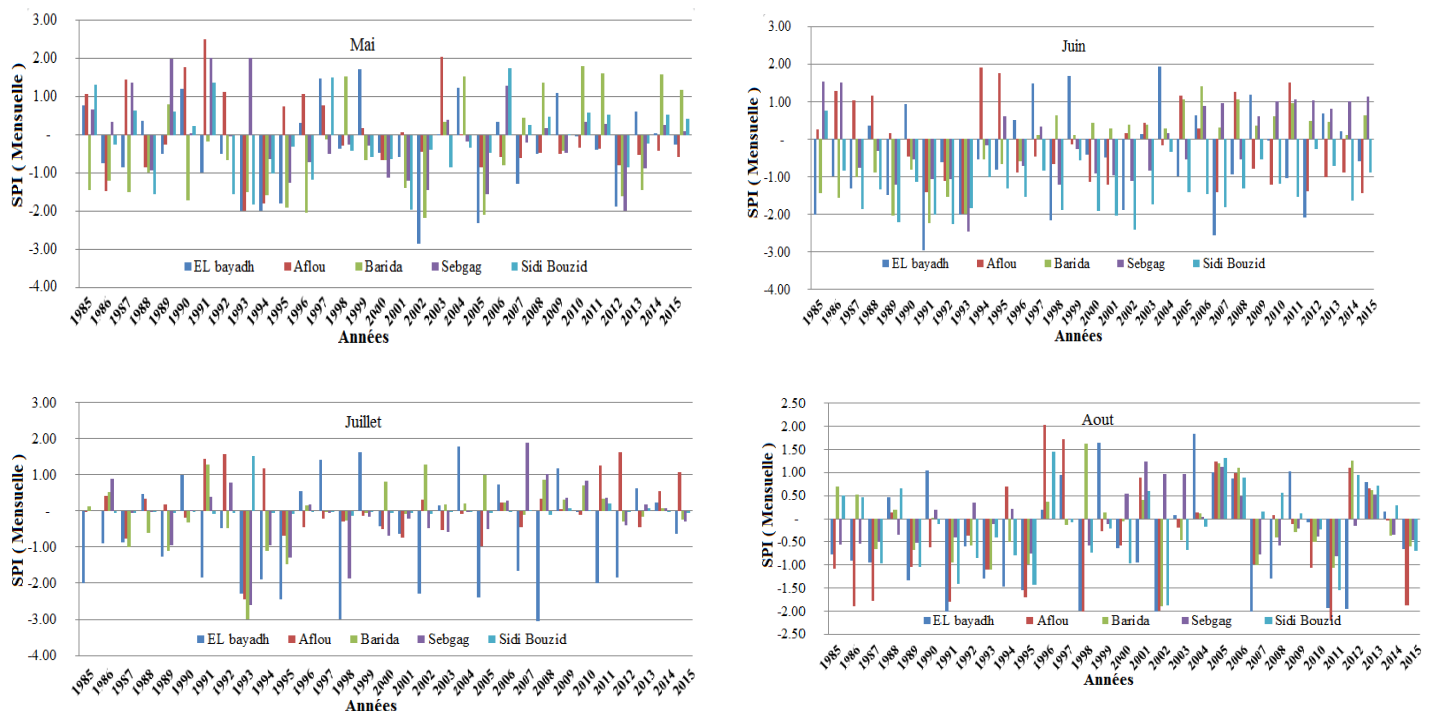
• La période d'étude de 1985 à 2015 est caractérisé également par une période sèche avec des mêmes valeurs extrêmement secpour les stations d'el bayadh (1986, 1997, 2001,2012), Sebgag (1993,1994, 2000,2001,2012) avec 1et la même valeurs extrêmement humides enregistrées au niveau de la station d'El Bayadh en 1994 et en 1996 de 1 .

## • Echelle mensuelle

Les données pluviométriques enregistrées au niveau des stations (El Bayadh, Aflou, Barida, Sebgag, Sidi Bouzid) rs l'indice standardisé de précipitation à l'échelle mensuelle de la sécheresse durant la période de 1985 à



## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion



**Figure 24 :** Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI) à partir des précipitations mensuelle .

### 1) Septembre :

Ce mois est sec durant la période de 1985 à 1995 et pendant quelques années il devient humide. Durant la période de 1996 à 2015 il y a une alternance entre sèches et humides successivement, avec des valeurs extrêmement humides et quelques valeurs extrêmement sec aux stations.

### 2) Octobre :

Pendant ce mois, le seuil de sécheresse est dominant durant la période de 1985 à 2015, sauf pour quelques années, ce mois est humide (1985, 1986, 1997, 2003, 2013 et 2015), avec quelques valeurs extrêmement humides.

### 3) Novembre :

Ce mois est sec durant la période de 1988 à 1995, et 1998 à 2013 sauf pendant quelques années il devient humide.

### 4) Décembre :

Durant toute la période de 1985 à 2015, ce mois est sec, avec des valeurs extrêmement sec aux stations.

### 5) Janvier :

Au cours de la période de 1985-2003, ce mois est sec, sauf pendant quelques années qui sont humides avec une valeur très humide au niveau de la station d'El Bayadh en 1987 de 1.93.

Le reste de la période de 2004 à 2015, ce mois est humide et plus remarquable au niveau de la station d'Aflou par rapport aux autres stations.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

---

### 6) Février :

Durant toute la période d'étude de 1985 à 2015, ce mois est caractérisé par une alternance entre sec et humide, avec des valeurs extrêmement humides et des valeurs extrêmement sec .

### 7) Mars :

Ce mois est caractérisé par une sécheresse légère dominante durant toute la période ente 1985- 2004, avec une alternance de quelques années humide, avec des valeurs extrêmement humides.

A partir de 2005 jusqu'à 2015, ce mois enregistre une humidité avec des valeurs extrêmement humide.

### 8) Avril :

Ce mois est caractérisé par une sècheresse légère dominante durant la période de 1985 à 1995,sauf pendant quelques années qui sont humide, avec une valeur extrêmement humides au niveau de la station de Sebgag de 2.45 en 1990, et avec quelque valeurs extrêmement sec au niveau de la station ( Bardia et Aflou ).

Tandis que le reste de la période c'est à dire de 1996 à 2015, ce mois est caractérisé par une alternance entre normale et modérément humide,

### 9) Mai

Ce mois est caractérisé par une sècheresse légère dominante durant la période de 1991 à 1996 et 1999 à 2003 avec une valeur extrêmement sec en 2002 de 2.86. à la station d'El Bayadh . Et des valeurs extrêmement humides aux stations d'Aflou de 2.34 en 1990 et de Sebgage de 2.01 en 2002.

Le reste de la période (2004-2015), ce mois est caractérisé par une alternance entre sec et humide, avec des valeurs extrêmement humides aux stations.

### 10) Juin

Ce mois est caractérisé par une sècheresse légère dominante durant la période d'étude (1985-2015), sauf dans quelques années il est humide au niveau des stations.

### 11) Juillet

Ce mois est caractérisé par une alternance entre sec et humide, durant la période d'étude (1985-2015), sauf dans quelques années il est humide, avec des valeurs extrêmement humides.

### 12) Août

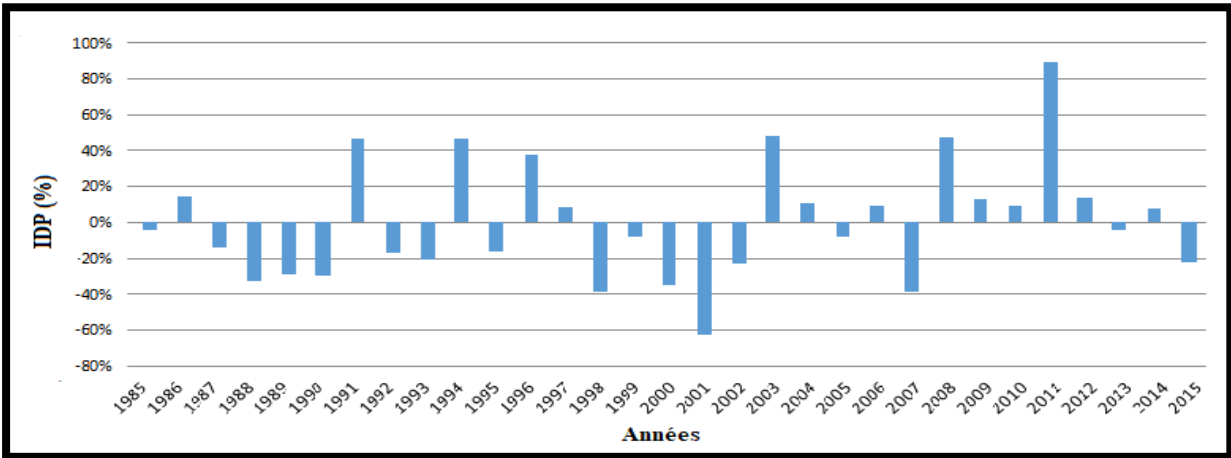
Ce mois est caractérisé par une sècheresse légère dominante durant la période d'étude (1985-2015), avec desvaleurs extrêmement sec aux stations d'Aflou et

d' El Bayadh en 1998 de 0.14et de 0.46 , en 2002 de 1.99 et de 2 et en 2014 de 0.04 et de 0.16 , sauf dans quelques années il est humide, avec une valeur extrêmement humide à la station d'Aflou en 1996 avec 2.11 .

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

### I.3.2 Indice de déficit pluviométrique (IDP)

#### A) Station d'El Bayadh :



**Figure 25 :** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

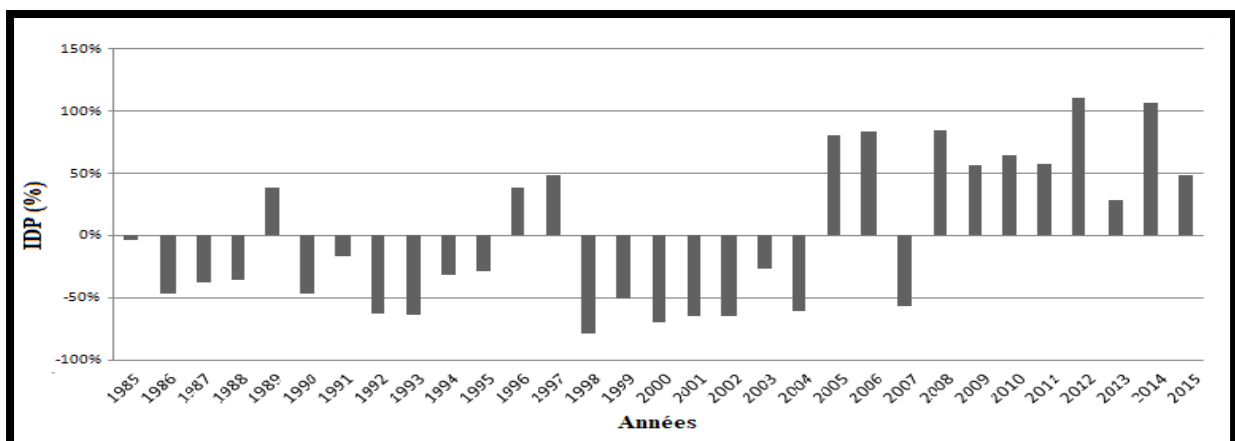
L'indice de déficit pluviométrique dans la station d'El Bayadh a permis d'estimer la variation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale. Le déficit le plus important enregistré durant toute la période d'observation est de  $-60.10\%$  en 2001.

Le déficit pluviométrique est plus important, en nombre d'années successives, de 1987 à 1990, de 1992 à 1993 et de 1998 à 2002 et autour des années (1995, 2007 et 2015).

- ✓ La première phase de déficit pluviométrique s'est étalée sur trois ans avec un taux maximal de  $-32.3\%$  en 1988.
- ✓ La seconde phase est marquée par deux années de déficit pluviométrique avec un taux maximal de  $-20\%$  en 1993.
- ✓ Troisième phase est marquée par quatre années de déficit pluviométrique avec un taux maximal de  $-60.10\%$  durant l'année 2001.

L'excès pluviométrique, pour cette série 1985-2015 est observé sur neuf années avec un excès pluviométrique maximal de  $84.92\%$  en 2011.

#### B) Station d'Aflou :



**Figure 26 :** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

Le déficit pluviométrique dans la station d'Aflou le plus important a été enregistré durant toute la période d'observation est de l'ordre de -75.12 % en 1998.

Les années sèches regroupées en trois phases de 1985 à 1988, de 1990 à 1995, et de 1998 à 2004 avec des taux allant de -2 % à -75.12 %.

Les années humides s'étale de 2005 à 2015, elle sont caractérisées par un excès pluviométrique maximal de 115 % en 2012, la phase la plus importante s'étale sur les autres années avec des taux variant entre 25% à 115%.

### C) Station de Brida :

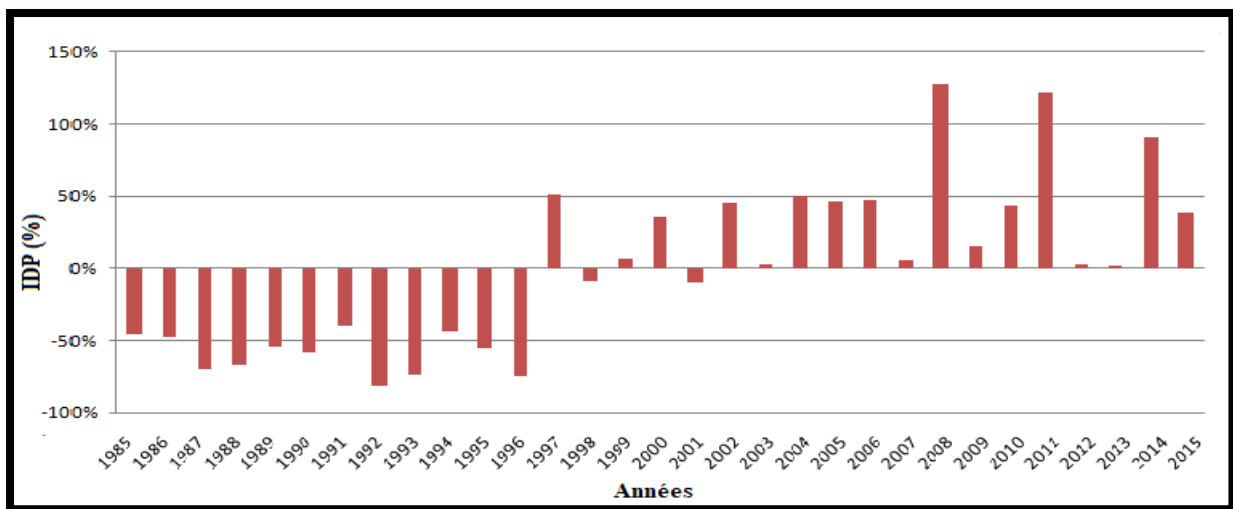


Figure 27: Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

Le déficit pluviométrique le plus important dans la station de Brida enregistré durant toute la période s'étalant entre 1985 à 1996 avec un maximum de l'ordre de -74.05 % en 1992.

Les dernières années de la deuxième période d'étude (1997-2015) se sont des années humides, se caractérisant par un excès pluviométrique maximal de 128 % en 2008 et 2011 (120.10 %).

### D) Station de Sebgage:

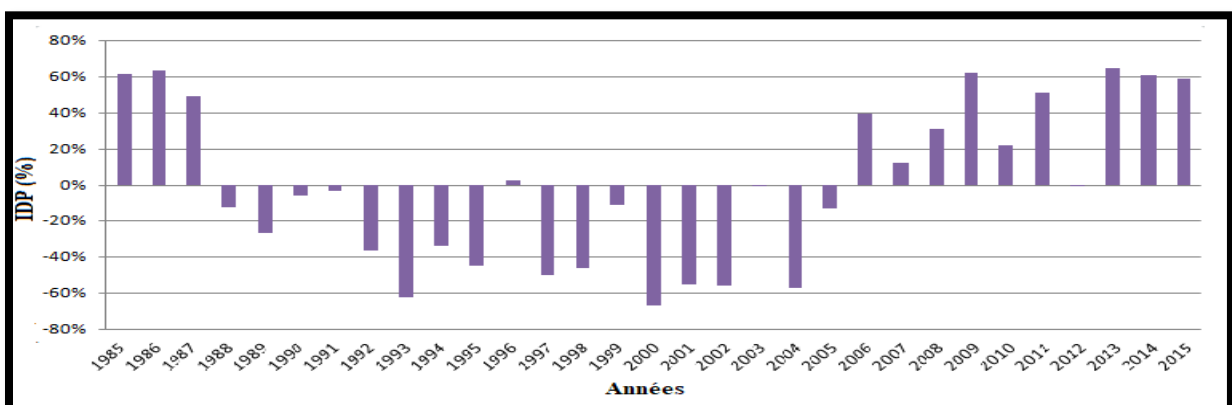


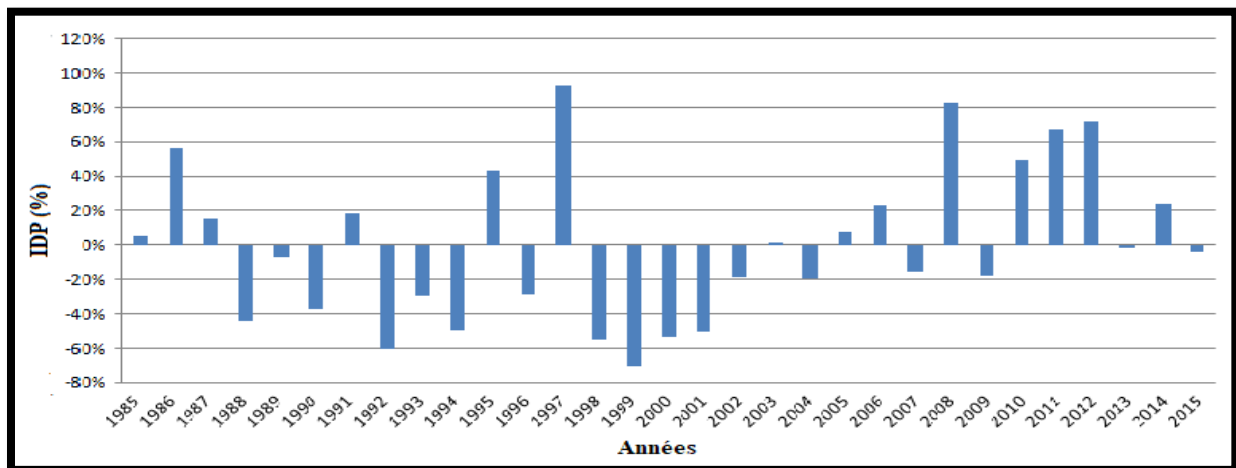
Figure 28 : Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

Le déficit pluviométrique dans la station de Sebgage se situe entre 1988 et 2005, le plus important a été enregistré durant toute la période d'observation est de l'ordre de -65.12 % en 2000.

Les années humides regroupées en deux phases de 1985 à 1987 et de 2006 à 2015, sont caractérisées par un excès pluviométrique maximal de 62.4 % en 1986, la phase la plus importante s'étale entre 2006 et 2015 avec des taux variant entre 10% à 62.4%.

### E) Station de Sidi Bouzid :



**Figure 29 :** Indice de Déficit Pluviométrique (IDP %) durant la période 1985-2015.

L'indice de déficit pluviométrique dans la station de Sidi Bouzid a permis d'estimer la variation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale. Le déficit le plus important enregistré durant toute la période d'observation est de -68.4% en 1999.

Le déficit pluviométrique est plus important, en nombre d'années successives : 1988 à 1990, de 1992 à 1994, 1996 (40 à 60%) et de 1998 à 2002 (-60%) La première phase de déficit pluviométrique s'est étalée sur trois ans avec un taux maximal de -62% en 1988.

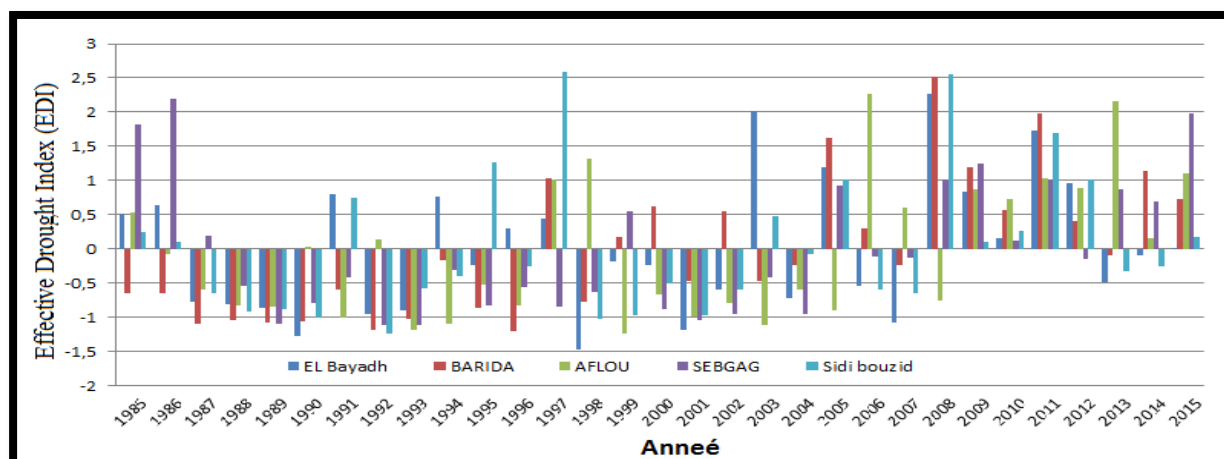
L'excès pluviométrique, pour cette série est observé pour 1997 (92.8%), 2008 (80%) et entre 2010 à 2012 (supérieur à 50%).

### I.3.3 Effective Drought Index (EDI)

Pour chaque année d'observation, nous avons obtenus une valeur de l'EDI associée. On s'intéressera par la suite, à la répartition des différents types de sécheresses ainsi qu'à l'évolution sur la période d'étude (1985-2015). (figure X et tableau XX).

Notons qu'on s'intéressera principalement aux sécheresses extrêmes et sévères ( $EDI < -1.5$ ) ainsi qu'aux sécheresses en général ( $EDI < 0$ ).

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion



**Figure30 :** Evolution annuel de l'Effective Drought Index(EDI) sur une période (1985-2015)

**Tableau 12:** Ampleur de la sécheresse durant une période de 1985 à 2015.

Variable	Stations météorologique	Classes d'EDI	Interprétations	Nombres d'années
Précipitation (1985-2015)	EL Bayadh	-0.69 à 0 -0.7 à - 1.49 -1.5 à -2.49 <-2.5	Sécheresse légère Sécheresse modérée* Sécheresse sévère Sécheresse extrême	7 10* 0 0
	Brida	-0.69 à 0 -0.7 à - 1.49 -1.5 à -2.49 <-2.5	Sécheresse légère* Sécheresse modérée* Sécheresse sévère Sécheresse extrême	9* 9* 0 0
	Aflou	-0.69 à 0 -0.7 à - 1.49 -1.5 à -2.49 <-2.5	Sécheresse légère Sécheresse modérée* Sécheresse sévère Sécheresse extrême	5 12* 0 0
	Sebgage	-0.69 à 0 -0.7 à - 1.49 -1.5 à -2.49 <-2.5	Sécheresse légère Sécheresse modérée* Sécheresse sévère Sécheresse extrême	9 10* 0 0



## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

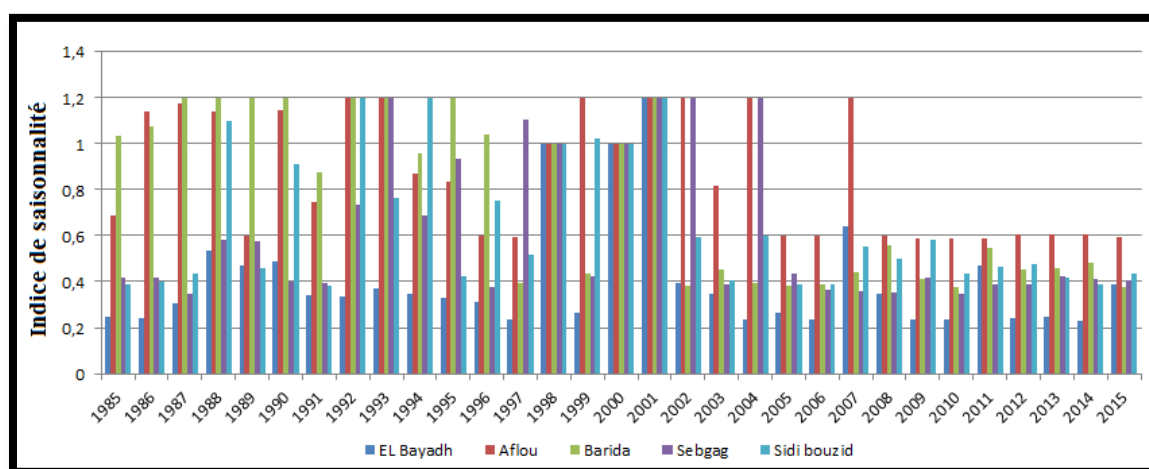
	Sidi Bouzid	-0.69 à 0 -0.7 à - 1.49 -1.5 à -2.49 <-2.5	Sécheresse légère* Sécheresse modérée Sécheresse sévère Sécheresse extrême	11* 7 0 0
--	-------------	---	---	--------------------

\*Phénomène climatique dominant.

Les résultats de calcul de l'Effective Drought Index représenté dans (la figure 30) et (le tableau 09), montre que la région d'étude est caractérisée par une sécheresse modérée dominante dans les quatre stations météorologiques (EL bayadh, Brida, Sebgage, Aflou), suivi d'une sécheresse légère pour les stations de Brida et Sidi Bouzid et l'absence de sécheresse extrême pendant cette période (1985-2015).

### I.3.4 Indice de saisonnalité

Les résultats de l'indice de saisonnalité représenté ci-dessous dans la figure 31.



**Figure 31 :** Variation de l'indice de saisonnalité dans les stations (EL bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid) sur une période (1985-2015).

Pour la saisonnalité des pluies, l'indice SI au niveau des stations suivant :

La station d'el bayadh est caractérisée principalement par une saisonnalité uniforme avec une saison humide définie (SI entre 0.2 et 0.39). Néanmoins certaines années Plutôt saisonnières, avec une saison sèche courte (SI entre 0.4 et 0.59) : 1988 à 1990, 2011 et 2015. 2 années sont classées parmi les années nettement saisonnières avec longue saison sèche : 1998, 2000.

La station d'aflou quant à elle est saisonnière à nettement saisonnières avec longue saison sèche (SI entre 0.6 à 0.99) avec 19 ans sur 30 ; le reste soit 11 années comptabilisent un SI > 1,19 où la saisonnalité est Extrême, maximum de pluie en 1 à 2 mois.

La saisonnalité de la station de brida se divise en deux période bien distinctes : la première période de 1985 à 2001 est caractérisé par un SI > 1,19 où la saisonnalité est Extrême, maximum de pluie en 1 à 2 mois. Et la deuxième période de 2002 à 2015 caractérisé par un SI entre 0.4 et 0.59 où les années sont plutôt saisonnières, avec une saison sèche courte.

La saisonnalité station de Sebgag est elle aussi divisé en deux périodes : la première varie entre 1985-1991 et de 2005 à 2015 où le SI est inférieur à 0.39 où la saisonnalité est uniforme

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

avec une saison humide définie. La deuxième période varie entre 1992 et 2004 ou Si est supérieur à 0.60, la saisonnalité varie entre Saisonnière à nettement saisonnière avec longue saison sèche, et même à Extrême, maximum de pluie en 1 à 2 mois (1993, 2001, 2002 et 2004).

La dernière station (sidi bouzid) est caractérisée par une saisonnalité Plutôt saisonnière, avec une saison sèche courte (SI entre 0.4 et 0.59) : 1985-1987 et 2002-2015. Les autres années sont soit nettement saisonnière avec longue saison sèche, soit Extrême avec maximum de pluie en 1 à 2 mois (1992, 1994 et 2001).

### I.3.5 Indices d'agressivité de la pluviométrie

- **Variation de l'indice IPC et IFM sur tous la période d'étude**

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'indice de concentration de précipitation (IPC) et l'indice de fournier modifié (IFM) sur une période (1985-2015).

**Tableau 13:** Résultats et interprétations des indices IFM et IPC

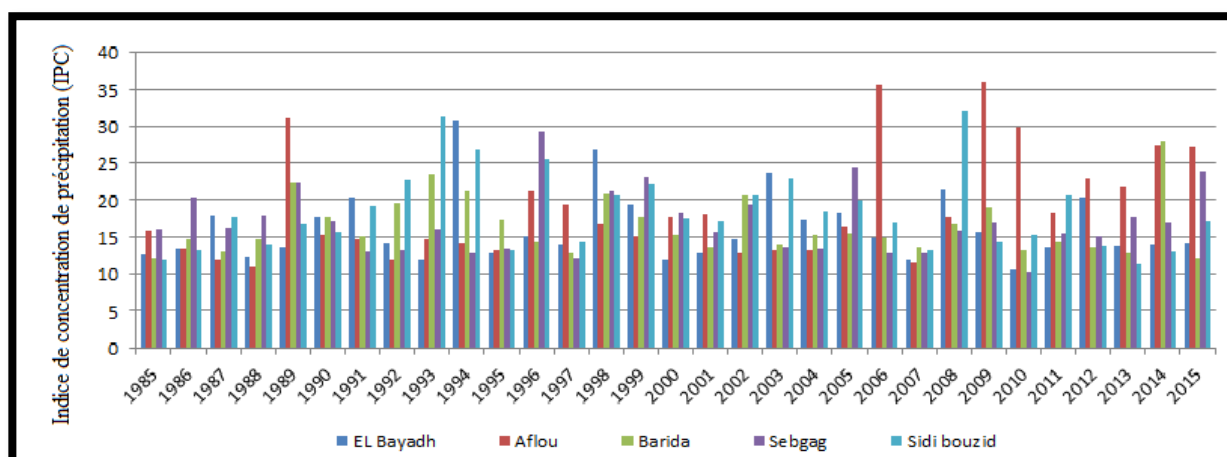
Stations Météorologique	EL Bayadh	Aflou	Brida	Sebgage	SidiBouzid
IPC	9.13	13.97	10.69	10.12	11.21
IFM	26.33	64.12	33.85	19.78	26.39

Les valeurs de l'indice de concentration de précipitation (PCI) au niveau des quatre stations (Aflou, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid) varie entre 10 et 15 ce qui indique une distribution modérément saisonnières. Au niveau de la station d'El Bayadh est inférieur à 10 ce qui indique distribution uniforme de précipitation mensuelle pendant toute l'année.

Tandis que les résultats de l'indice de Fournier modifié (IFM) présentent une agressivité très faible des précipitations mensuelles dans les stations El Bayadh, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid et pour la station d'Aflou présentent une agressivité faible.

- **Variation interannuelle de l'indice IPC et IMF entre 1985-2015**

Selon classification de la figure 32, on remarque que :



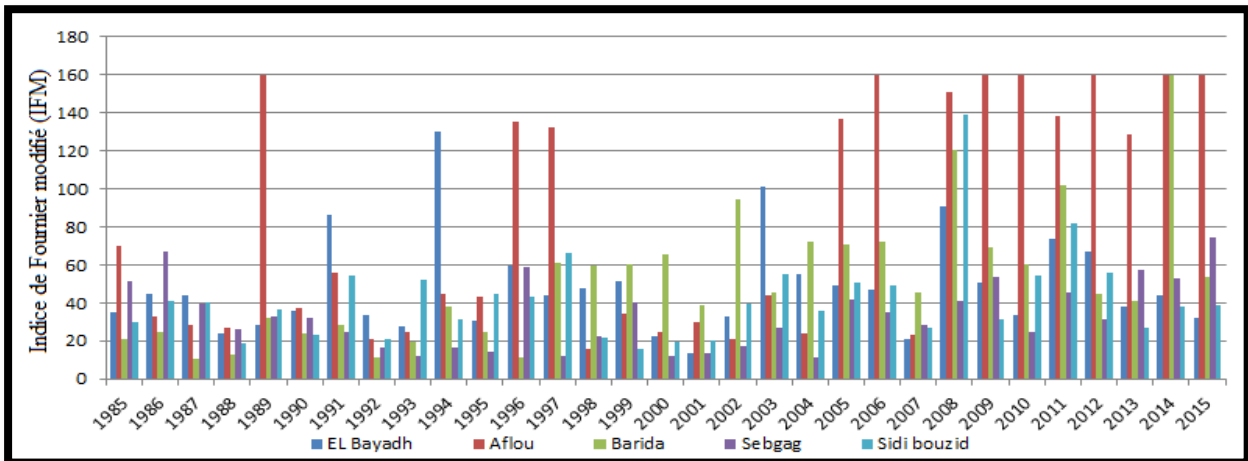
**Figure 32 :** Variation de l'indice de concentration de précipitation (PCI) sur une période (1985-2015)

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

Les résultats de l'indice de concentration de précipitation (PCI) aux cinq stations d'El Bayadh , Aflou , Brida , Sebgage et Sidi Bouzid présentent une forte concentration saisonnière des précipitations mensuelles durant la période d'étude de 1985 à 2015 sauf quelque années qui présentent une concentration saisonnière modérée dans les Stations :

- ✓ d'El Bayadh en 2007 et 2010.
- ✓ de Sebgage en 2010.

Selon classification du tableau 10, on remarque que :

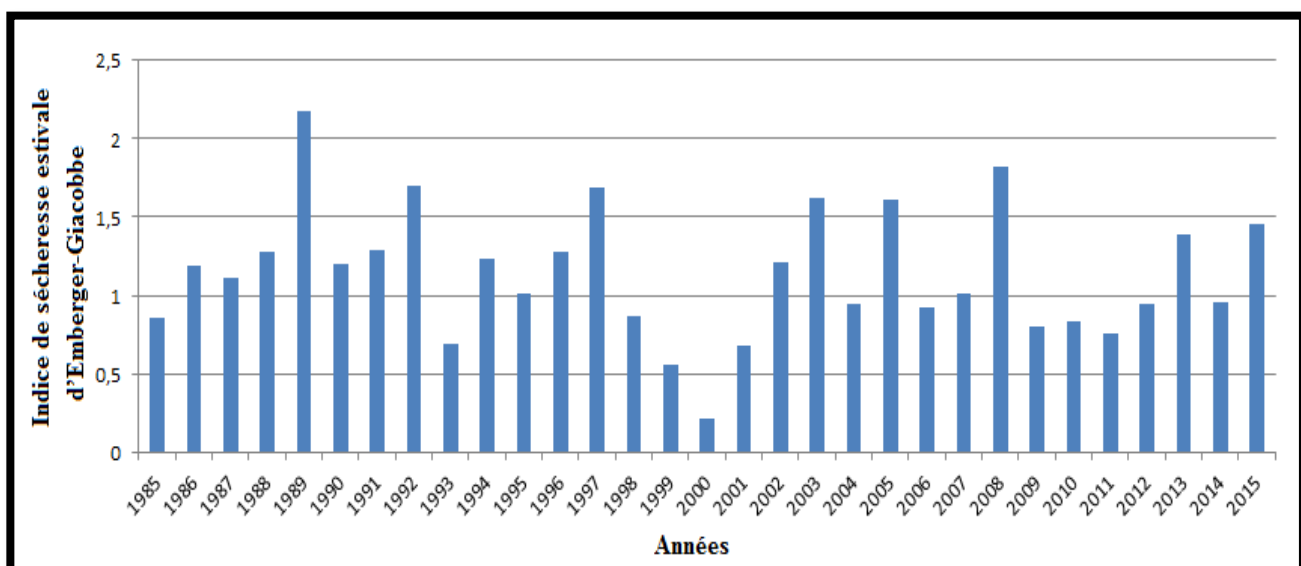


**Figure 33:** Variation de l'indice de Fournier modifié (IFM) sur une période (1985-2015)

Tandis que les résultats de l'indice de Fournier modifié (IFM) présentent une agressivité très faible des précipitations mensuelles à chaque année est dominant durant la période d'étude (1985-2015) aux stations d'El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid.

On a enregistré une agressivité forte à la station d'El Bayadh en 1994 avec 129.84 .aux stations de Brida en 2014 et d'Aflou durant les années suivantes : 1989, 2006, 2009, 2010, 2012, 2014 et 2015 avec 160 et au niveau de la station de Sidi Bouzid en 2008 avec 139.09.

### I.3.6 Indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe (S)



**Figure 234 :** Variation de l'indice de sécheresse estivale d'Emberger- Giacobbe de la station d'El Bayadh sur une période (1985-2015)

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

L'évaluation de l'indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe est majoritairement inférieure à 5 durant toute la période d'étude (1985-2015).

En effet, selon Giacobbe, Emberger (1943) il y a une sécheresse estivale. C'est un trait caractéristique du régime steppique.

### I.3.7 Diagramme Ombrothermique de Bagnauls et Gausсен

La combinaison des précipitations et celle des températures est représentée dans la figure suivante :

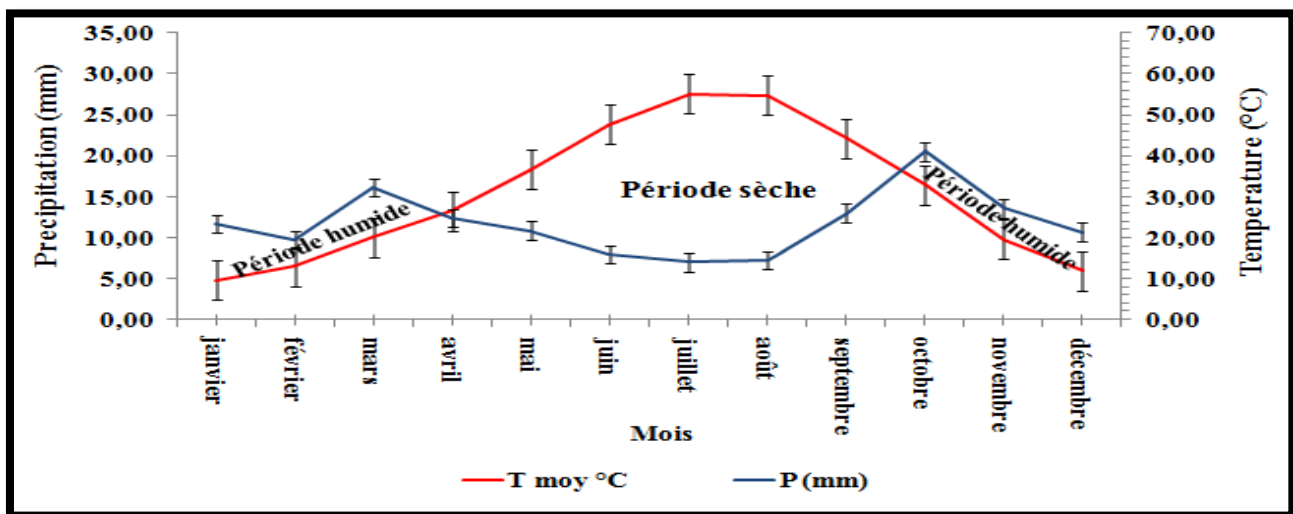
**Figure 35** : Diagramme Ombrothermique de Bagnauls et Gausсен (2015-1985).

On remarque que la période sèche est moyenne pendant la période (1985-20115) au niveau de la station d'El bayadh, elle est étalée sur 6 mois de Avril à Septembre c'est-à-dire la période printanière et estivale, avec une période humide qui dure aussi 6 mois (Septembre à Mars). D'autre part, nous pouvons déduire que la période pluvieuse coïncide avec la saison froide et la période sèche coïncide avec la saison chaude, ce qui est une caractéristique du climat méditerranéen.

### I.3.8 Indice d'aridité de De Martonne

Dans notre cas et selon les résultats obtenus, l'indice d'aridité de De Martonne de la région d'El bayadhest égale 11.44.

Donc selon la classification de "De Martonne", la région d'El Bayadhest caractérisée par un climat semi-aride à écoulement temporaire (figure 36).



## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

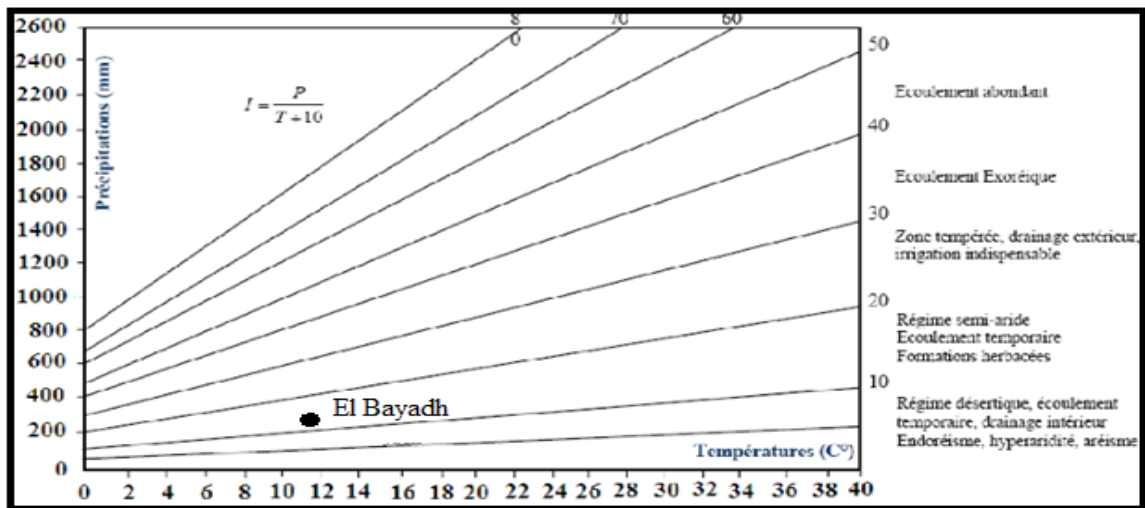


Figure 36: Situation de la station d'El Bayadh sur l'Abaque de l'indice d'aridité de Martonne.

### I.3.9 Bilan climatique

La figure ci-dessous représente l'évolution du bilan climatique sur une période de 1985 à 2015 au niveau de la station d'El Bayadh.

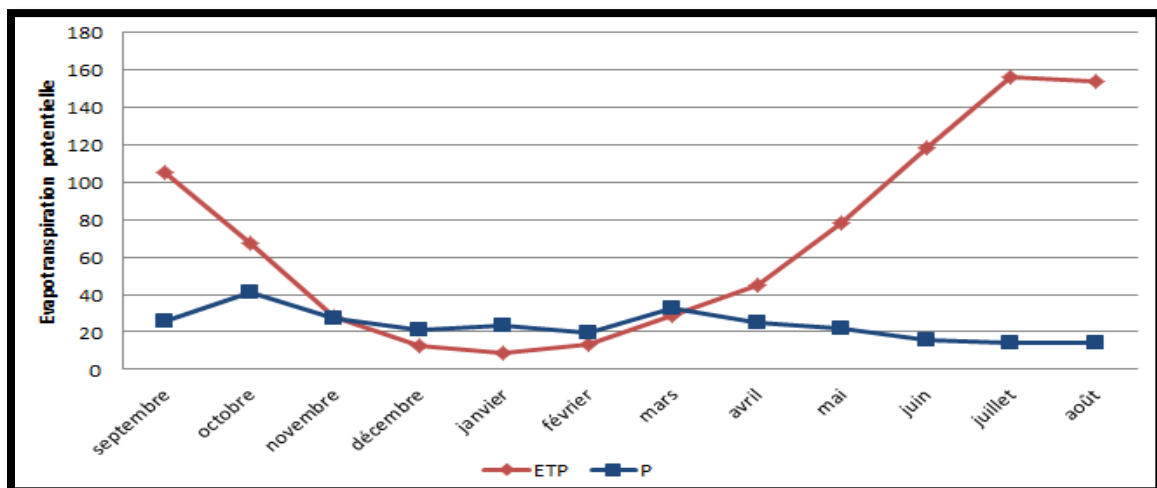


Figure 37 : Variation mensuelle du bilan climatique moyen à partir de deux paramètres climatiques tels que précipitation et l'évapotranspiration potentielle de 1985 à 2015 dans la station d'El Bayadh.

- Il ressort de l'analyse de la figure 29 que le bilan climatique est déficitaire durant 7 mois : d'Avril jusqu'à Octobre, ce qui correspond au moment où l'évapotranspiration potentielle est supérieure à la pluviométrie ( $P < ETP$ ). Ainsi le climat devient sec et qu'il n'y a pas de réserve d'eau disponible.
- Le bilan climatique est excédentaire pendant 5 mois, de mois Novembre jusqu'à Mars (période humide), ce qui correspond au moment où la pluviométrie est supérieure à l'évapotranspiration potentielle ( $P > ETP$ ), donc il existe une réserve d'eau disponible du sol.

### I.3.10 Indice de quotient pluviothermique d'Emberger :

On reporte pour notre cas la valeur du quotient pluviothermique ( $Q_2 = 27.90$ ) avec :

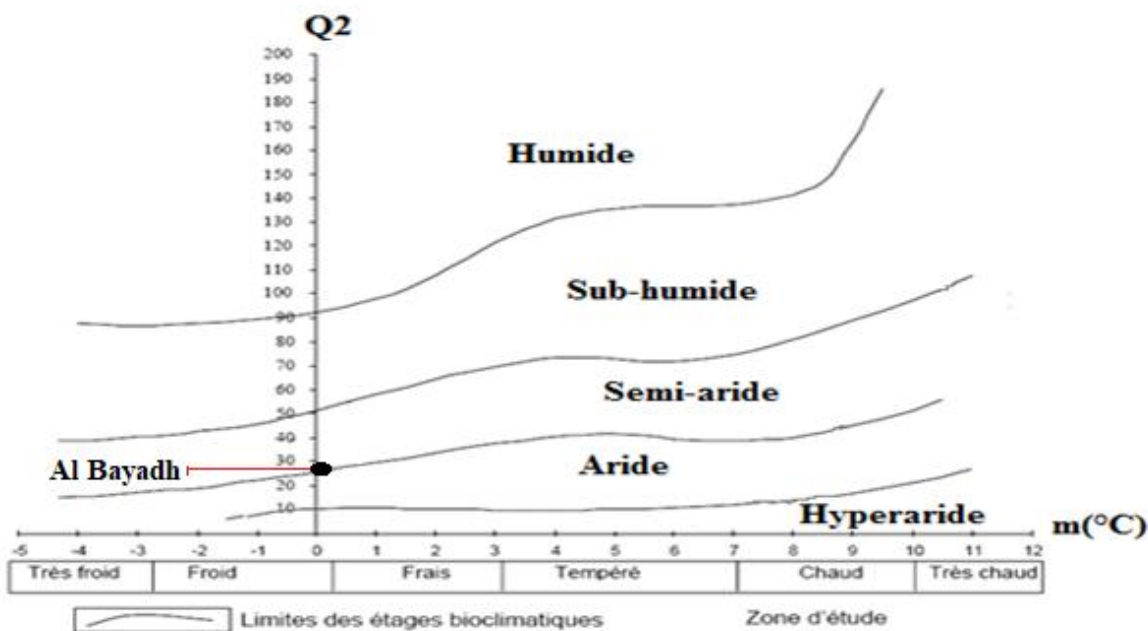
- Précipitation moyenne annuelle ( $P = 289$  mm).

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

- Moyenne des maxima du mois le plus chaud.  $M = 34.90 \text{ C}^\circ = 308,04 \text{ Kelvin}$
- Moyenne des minima du mois le plus froid.  $m = -0.23 \text{ C}^\circ = 272,92 \text{ Kelvin}$

$$Q2 = \frac{289}{\frac{(308.04 + 272.92)}{2} (308.04 - 272.92)} * 1000 = 27.70$$

Le report de la région d'El Bayadh sur le climagramme d'Emberger (figure 12) permet de confirmer que l'étage bioclimatique de notre région est de type semi-aride avec hiver froid ( $m = -0,23^\circ\text{C}$ ).



**Figure38** : Situation de la station d'El Bayadh sur Climagramme d'Emberger.

### I.4 Discussions

A la fin de ce travail, un tableau récapitulatif de tous les indices, calculés lors de cette étude, est tracé afin d'effectuer une synthèse finale et trouver les liens entre ces indices et déduire les conclusions relatives à l'impact des changements climatiques sur les steppes. Pour cela nous avons comparé nos résultats avec les travaux réalisés par Mohammed keriaty Nora et Rehif Akila dans la région de Djelfa entre 1984 et 2013.

Les résultats des indices sont résumés dans les tableaux 14 et 15 comme suit :

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

**Tableau 14** : Résultats des indices durant (1985-2015) au niveau de la station d'El Bayadh et durant (1984-2013) au niveau de la station Djelfa.

Stations	El Bayadh (1985-2015)	Djelfa (1984-2013)
<b>Les indices</b>	<b>Résultats des indices</b>	
Indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe (S)	-Inférieure à 5	-Inférieure à 5
Indice d'aridité de De Martonne (Ia)	Ia =11,44 -Climat semi-aride à écoulement temporaire	Ia =12,57 -Climat semi-aride à écoulement temporaire
Diagramme Ombrothermique de Bagnauls et Gaussen	-La période sèche est étalée sur 6 mois d'Avril à Septembre.  - La période humide est étalée sur 6 mois de Septembre à Mars.	-La période sèche est étalée sur 3 mois de Juin à Août.  -La période humide est étalée sur 9 mois de Septembre à Mai.
Quotient pluviothermique d'Emberger	Q2= 27,70  - Cette région est de type semi-aride.	Q2= 31,85  -Cette région est de type semi-aride.
Bilan climatique (BC)	- Déficitaire durant 7 mois d'Avril jusqu'à Octobre. -Excédent pendant 5 mois, de Novembre jusqu'à Mars (période humide)	- Déficitaire durant 7 mois d'Avril jusqu'à Octobre. -Excédent pendant 5 mois, de Novembre jusqu'à Mars (période humide)

Le tableau 15 montre que les deux stations steppiques El Bayadh et Djelfa présente les mêmes caractéristiques climatique méditerranéenne. Malgré une la position géographique éloigné des deux stations (différence longitudinale et latitudinale), ils présentent les même indices sauf pour la période sèche qui double entre djelfa (3 mois) et El bayadh (6mois).

Le tableau 15 et 16 résumant les indices de précipitations des deux stations de référence.

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

**Tableau 15:** Résultats des indices durant (1985-2015) aux niveaux des stations d'El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage et Sidi Bouzid.

Indices	Stations				
	El Bayadh	Aflou	Brida	Sebgage	Sidi Bouzid
Indice de précipitation standardisé (SPI-12)	-Tout la période est sèche qui débute de 1985 jusqu'au 2015	-Sèche pour la période (1985-2004) - Humide durant la Période (2005-2015)	-Sèche pour la période (1986-1996) - Humide durant la période (1997-2015)	-Une dominance des années sèches de 1985 à 2005.  - La période de 2006 à 2015 marquée par le retour des années humides	- une alternance des années sèches et des années humides durant la période d'étude (1985-2015)
Indice de déficit pluviométrique (IDP %)	- Le déficit pluviométrique est dominant durant la période d'étude, avec un taux maximale de -60,10% en 2001  un excès pluviométrique maximale de 84,92% en 2011.	- Le déficit pluviométrique est plus important durant la période d'étude, avec un taux maximale de -75,12% en 1998  Un excès pluviométrique maximale de 115% en 2012.  - Donc elle est humide.	- Il y a déficit pluviométrique durant la période (1985-1996), avec un taux maximale de -74,05% en 1992.  - Le reste de la période (1997-2015) est caractérisé par un excès pluviométrique maximal de 128% en 2008.  - La période sèche plus dominant.	- Il y a déficit pluviométrique durant la période (1985-2015), avec un taux maximale de -65,12 en 2000  un excès pluviométrique maximal de 62% en 1986.  donc elle est humide.	-Il y a déficit pluviométrique avec un taux maximal de -68,4% en 1999  un excès pluviométrique maximal de 92,8 % en 1997.
Effective Drought Index (EDI)	-Sécheresse modéré dominant	-Sécheresse modéré	-Sécheresse modéré et	-Sécheresse modéré	-Sécheresse légère



## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

		dominant	sécheresse légère	dominant	dominant.
Indice de saisonnalité (IS)	- saisonnalité uniforme avec une saison humide définie	nettement saisonnières avec longue saison sèche	- saisonnalité est Extrême (1985-2001). - plutôt saisonnières, avec une saison sèche courte (2002-2015)	- saisonnalité uniforme avec une saison humide définie (1985-1991 / 2005 à 2015). - nettement saisonnière avec longue saison sèche (1992 et 2004)	- Plutôt saisonnière, avec une saison sèche courte.
Indice de concentration de précipitation (IPC)	-Distribution uniforme de précipitation mensuelle pendant toute l'année.	-Distribution modérément saisonnière	-Distribution modérément saisonnière	-Distribution modérément saisonnière	-Distribution modérément saisonnière
Indice de fourmier modifié (IFM)	-Très faible	-une agressivité faible	-Très faible	-Très faible	-Très faible

**Tableau 16:** Résultats des indices durant (1984-2009) aux niveaux des stations (Ain Maabed, Mergueb Ben Haffaf et Djelfa)

Indices	Stations		
	Résultats des indices durant (1984-2009)		
	Ain Maabed	Mergueb Ben Haffaf	Djelfa
Indice de précipitation standardisé (SPI-12)	-Sèche dans la période (1984-1993) - une alternance des années sèches et des années humides en (1994-2009)	-Sèche dans la période (1984-2001) - Humide durant la période (2002-2009)	-Sèche dans la période (1984-2001) - Humide durant la période (2002-2009)
Indice de déficit pluviométrique (IDP %)	- Le déficit pluviométrique est dominant durant la période (1984-2000). - Le reste période (2001-2009) est pluvieuse caractérisé par l'humidité dominant.	- Il y a déficit pluviométrique durant la période (1984-2001) -La période (2002-2009) est pluvieuse, donc elle est humide.	- Il y a déficit pluviométrique durant la période (1984-2001) -La période (2002-2009) est pluvieuse, donc elle est

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

	-Avec un taux maximal de -58,57% en 1993 un excès pluviométrique maximale de 76,78 % en 2005 sur la période d'étude.	- Avec un taux maximale de -78,48% en 1987et un excès pluviométrique maximale de 108,84% en 2008 sur la période d'étude.	humide. - Avec un taux maximale de -65% en 1993 et un excès pluviométrique maximale de 158,17% en 2008 sur la période d'étude.
Effective Drought Index (EDI)	-Sécheresse légère dominant	-Sécheresse légère dominant	-Sécheresse légère dominant
Indice de saisonnalité (IS)	-Répartition saisonnière avec longue saison sèche	-Extrême et maximum de pluie en 1 à 2 mois	-Régime saisonnier plus rependu
Indice de concentration de précipitation (IPC)	-Uniforme durant toute la période d'étude (1984-2001) - Forte saisonnalité des précipitations mensuelles durant la période de 1984 à 2000. - une distribution modérément saisonnière (2001-2009)	-Uniforme durant toute la période d'étude (1984-2001) - Forte saisonnalité des précipitations mensuelles durant la période de 1984 à 2000. - une distribution modérément saisonnière (2001-2009)	-Uniforme durant toute la période d'étude (1984-2001) - Forte saisonnalité des précipitations mensuelles durant la période de 1984 à 2000. - une distribution modérément saisonnière (2001-2009)
Indice de fourmier modifié (IFM)	-Très faible	-Très faible	-Très faible

La comparaison des deux tableaux montre que selon l'indice SPI et IDP la saison sèche s'étale sur la même période (entre 1984 et 2001) où le déficit pluviométrique varie entre - 60 et - 75%, et que le reste de la période connait une alternance d'année sèche et humide avec une prédominance des années humide. L'excès pluviométrique dans cette deuxième période peut dépasser les 100 dans la majorité des stations d'observation.

Selon Effective Drought Index (EDI) la sécheresse passe d'une Sécheresse légère à djelfa à une Sécheresse modéré à El bayadh.

La saisonnalité (IS) diffère d'une station à une autre elle varie de la position géographique des stations d'observation

## CHAPITRE IV : Résultat et Discussion

---

Indice de concentration de précipitation (IPC) quant à lui présente une distribution modérément saisonnière des précipitations dans la région d'el bayadh contrairement à la région de djelfa où la distribution des précipitations est uniforme pour la première période d'observation et une distribution modérément saisonnière entre 2001-2009. Indice de fournie modifié (IFM) montre quant à lui une très faible agressivité des précipitations dans les deux régions d'étude.

Ces résultats montrent l'importance du phénomène étudié qui est l'évolution de la sécheresse dans la steppe algérienne et ces variations vis-à-vis des variabilités climatiques, qui concerne principalement les indicateurs climatiques et les indicateurs de sécheresse comme éléments essentiels pour déterminer la comparaison entre les deux stations étudiées El Bayadh et Djelfa.

Les analyses ont porté sur les régimes pluviométriques par des tests statistiques non paramétriques sur une période de 30 années, allant de 1985 jusqu'à 2015 et ce pour les 5 stations pluviométriques à savoir station El Bayadh, Aflou, Brida, Sebgage, Sidi Bouzid, et la même analyse pour la région de djelfa qui a été étudiée l'année passée. Ces tests ont permis de détecter d'éventuels changements de stationnarités marquées par des ruptures dans la plus part des séries étudiées.

Les résultats de l'indice d'aridité de De Martonne (Ia) sur une période de 1985 à 2015 à la station de EL-Bayadh ont confirmé que la région de EL-Bayadh se trouve confrontée à un climat semi-aride.

# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

L'objectif principal de notre travail consistait en une approche statistique qui vise à déterminer l'évolution récente des précipitations de la région d'el bayadhsur une période de 30 ans de 1985 à 2015. Ceci implique, d'une part, une analyse temporelle des précipitations à travers un ensemble de tests statistiques pour déterminer les tendances des précipitations et d'autre part, l'étude de la variabilité spatiale des précipitations d'autre part.

Nous avons développé notre recherche selon une approche de terrain par collecte des données climatiques nécessaires au diagnostic des stations étudiées (EL Bayadh , Aflou , Sidi bouzid et Sebgag) obtenues auprès de l'ONM (*Office National de la Météorologie* ).

Les analyses ont porté sur les régimes pluviométriques par des tests statistiques non paramétriques sur une période de 30 années, allant de 1985 jusqu'à 2015 et ce pour les 5 stationspluviométriques à savoir station El Bayadh,Aflou, Brida, Sebgage, Sidi Bouzid. Ces tests ont permis de détecter d'éventuels changements de stationnarités marquées par des ruptures dans la plus part desséries étudiées. Les résultats obtenus ont montré que la station d'EL bayadh est une région semi-aride et a subi de grands changements climatiques au cours des 30 dernières années.

Le résultat obtenu montre que selon l'indice SPI et IDP la saison sèche s'étale sur la même période (entre 1984 et 2001) où le déficit pluviométrique varie entre - 60 et - 75%, et que le reste de la période connait une alternance d'année sèche et humide avec une prédominance des années humide. L'excès pluviométrique dans cette deuxième période peut dépasser les 100 dans la majorité des stations d'observation.

Selon Effective Drought Index (EDI) la Sécheresse est modéré à El bayadh.

La saisonnalité (IS) diffère d'une station à une autre elle varie de la position géographique des stations d'observation

Indice de concentration de précipitation (IPC) quant à lui présente une distribution modérément saisonnière des precipitations dans la région d'el bayadh.

L'indice de fournier modifié(IFM) montre quant à lui une très faible agressivité des précipitations dans les deux régions d'étude.

Tous les indices de sécheresse calculés : Indice de sécheresse estivale d'Emberger-Giacobbe (S), Indice d'aridité de De Martonne (Ia), Diagramme Ombrothermique de Bagnauls et Gaussen et Quotient pluviothermique d'Emberger, ont montré que la station d'el bayadh est une région semi-aride à hivers froid ( $Q_2 = 27.70$ ), caractérisé par une période sèche quis'étale sur 6 mois d'Avril à Septembre.

Le Bilan climatique (BC) révèle un régime déficitaire durant 7 mois d'Avril jusqu'à Octobre et un régime excédentaire pendant 5 mois restant, de Novembre jusqu'à Mars (période humide)

En perspective, il serait pertinent de continuer à analyser et caractériser les différents microclimats des régions steppiques algérienne et ce pour avoir une vue plus globale sur le climat des régions, ainsi que leur influences sur cette dernière et de confronter les résultats obtenus avec des séries de données plus anciennes et plus longues pour pouvoir déceler les tendances aux changements climatique.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques:

---

- **(khalissa.2014)** : cours "le Climat " par Melle hamelkhalissa (2014).
- **( André Musy,2005)** : Hydrologie Générale Prof. André Musy 2005.
- **(CIRA 2007)** : cours Mesures de temperatures par Cira 2007.
- **(Janlou Chaput, Futura.2017):** Climatologie , brisé , tempête 2017.
- **(André.B,Colette.N 2011)** : 'humidité relative et la température par André Bergeron et Colette Naud, 1995 (Révision 2011).
- **(OMM 1990):** un définition de la climatologie par l'organisation météorologique mondial.
- **.(M.BoubkeurGuesmi, 2016):** mimore ' la steppe algerienne dans le contexte du changements climatique cas de djelfa-Algerie.
- **(Imène.A.1015):**Rapport L'Algérie est un pays à fort risque de changement climatique par Imène AMOKRANE 1015.
- **(AZIZOU.A 2015):**mimoir contribution a l'etude climatique et bioclimatique du barrage ghrib dans la wilaya d' aindefla.
- **(Boussemghoun.2010):** Rapport "Invest in algeria (EL bayedh )" fait par "Ksar de Boussemghoun"
- **(Larbi.A.2014)** : La couverture sanitaire de la wilaya d'El Bayadh par "pr.Larbi ABID 2014.
- **(Khattou.A 2014)** ::mémoire "METHODES D'EXTRACTION DE LA ROCHE EN CARRIERE A CIEL OUVERT"2013.2014 par KHATTOU Abdelhamid & KOUAR Belaid.
- **(OULBACHIR.K.2010):**MemoireEcologie microbienne des sols sous differents compartiments granulometriques et differentsetages bioclimatiques par OULBACHIR Karima 2010.
- **(REGAGBA.Z.2012):**Dynamique des populations vegetales halophytes dans la region sud-est de tlemcen. aspects phytoecologiques et CARTOGRAPHIQUES par Mme REGAGBA Zineb 2012.
- **(Hallouz F, 2013)** :Transport solide dans le bassin d'El oued Mina et sédimentationdu barrage S.M.B.A, Thèse Doctorat Es Science, Ecole Nationale Supérieure d' Hydraulique, Blida, 2013.
- **(Hallouz F et al, 2016)** :International conference on African large River, BasinsHydrology. Dakar, Sénégal, du 26 novembre au 03 décembre 2016.
- **(Hallouz F et Meddi M, 2016)** :Analyse de la vulnérabilité des ressources en eausuperficielle du bassin de l'oued Mina (Nord Ouest d'Algérie) dans un contexte de changement climatique : approche par indicateurs, P : 3



## Annexes

---

**Annexe 01 :** Moyennes mensuelles de la précipitation en mm au niveau de la station d'EL Bayadh durant (1985-2015).

Mois	P (mm)
Janvier	23.62
Février	21.47
Mars	32.21
Avril	24.96
Mai	23.31
Juin	16.08
Juillet	10.84
Août	12.61
Septembre	26.20
Octobre	33.08
Novembre	28.21
Décembre	22.70

(Source : ONM, 2017).

**Annexe 02 :** Variation moyennes mensuelles de la température au niveau de la station de Djelfa, durant (1984-2013).

Mois	Moy T min (°C)	Moy, T max (°C)	Moy T moy (°C)
Sep	10.41	31.19	20.80
Oct	1.77	12.46	7.19
Nov	4.71	15.40	10.21
Déc	6.44	18.02	12.41
Jan	0.36	9.71	4.87
Fev	1.1633	11.71	6.4833
Mar	4.2567	15.575	10.083
Avr	7.01	19.187	13.28
Mai	11.537	24.51	18.343
Jui	16.48	30.213	23.87
Juill	20.59	34.617	27.527
Aoû	20.047	33.81	27.36

(Source : ONM, 2016).

**Annexe 03** : ETP moyennes mensuelles et annuelles calculées par la formule de THORNTHWAITE à la station d'EL Bayadh(1985-2015).

Station	Station de El-Bayadh (1985-2015).			
Parameters Mois	T(°C)	F (m,φ)	I	ETP (mm)
Jan	4.87	1.06	<b>0.96</b>	<b>9.11</b>
Fév.	6.4833	0.95	<b>1.48</b>	<b>13.04</b>
Mars	10.083	1.04	<b>2.89</b>	<b>29.45</b>
Avr	13.28	1	<b>4.39</b>	<b>44.47</b>
Mia	18.343	1.02	<b>7.16</b>	<b>77.00</b>
Jun	23.87	0.99	<b>10.66</b>	<b>115.08</b>
Jui	27.527	1.02	<b>13.23</b>	<b>149.76</b>
Août	27.36	1.03	<b>13.11</b>	<b>149.73</b>
Sep	20.80	1	<b>8.66</b>	<b>92.76</b>
Oct	7.19	1.05	<b>1.73</b>	<b>17.08</b>
Nov	10.21	1.03	<b>2.95</b>	<b>29.77</b>
Dec	12.41	1.06	<b>3.96</b>	<b>42.18</b>
Moyenne annuelle	/	/	/	<b>769.42</b>

(Source : ONM, 2016).

**Annexe 04** :La vitesse de vent (m/s) à la station de El-Bayadh durant (1985-2015).

Mois	Vitesse de vent (m/s)
Jan	11.50
Fev	12.17
Mar	13.64
Avr	14.17
Mai	13.76
Jui	13.34
Juill	12.61
Août	11.07
Sep	11.98
Oct	11.31
Nov	11.15
Déc	10.44

(Source : ONM, 2016).

**Annexe 05:**La pluviométrie annuelle à la station d'El Bayadh (1985-2015)

<u>Station Elbayadh</u>
<u>Precipitation Annuelle</u>
<u>mm</u>
1985;2015
1985;275.70
1986;330.73
1987;248.65
1988;193.26
1989;206.01
1990;201.92
1991;422.46
1992;240.04
1993;229.65
1994;424.25
1995;240.81
1996;396.58
1997;313.98
1998;176.79
1999;265.00
2000;188.83
2001;107.42
2002;223.31
2003;426.98
2004;318.77
2005;265.97
2006;314.93
2007;177.16
2008;425.71
2009;326.89
2010;314.70
2011;546.57
2012;327.92
2013;277.36
2014;311.41
2015;224.56

(Source : ONM, 2016).

## Annexe 06 :La pluviométrie annuelle à la station d'Aflou durant (1985-2015)

Station Aflou

Precipitation Annuelle

mm

1985;2015  
1985;444.50  
1986;244.60  
1987;238.50  
1988;245.00  
1989;636.45  
1990;243.80  
1991;383.50  
1992;172.70  
1993;168.90  
1994;313.30  
1995;328.60  
1996;636.55  
1997;682.38  
1998;96.77  
1999;225.10  
2000;138.90  
2001;163.43  
2002;164.30  
2003;337.60  
2004;181.80  
2005;833.35  
2006;846.42  
2007;198.90  
2008;848.90  
2009;719.50  
2010;755.70  
2011;723.40  
2012;968.50  
2013;589.80  
2014;951.50  
2015;684.69

(Source : ONM, 2016).

**Annexe 07:**La pluviométrie annuelle à la station de Sebgag durant (1985-2015) .

Station SEBGAG

Precipitation Annuelle

mm

1985;2015

1985;316.29

1986;320.16

1987;243.32

1988;143.28

1989;144.10

1990;185.39

1991;189.51

1992;125.47

1993;74.10

1994;130.42

1995;109.20

1996;201.36

1997;98.94

1998;106.65

1999;174.65

2000;65.10

2001;88.59

2002;87.70

2003;195.68

2004;84.71

2005;171.24

2006;272.94

2007;220.04

2008;257.50

2009;317.42

2010;239.72

2011;296.72

2012;195.23

2013;322.96

2014;315.64

2015;311.15

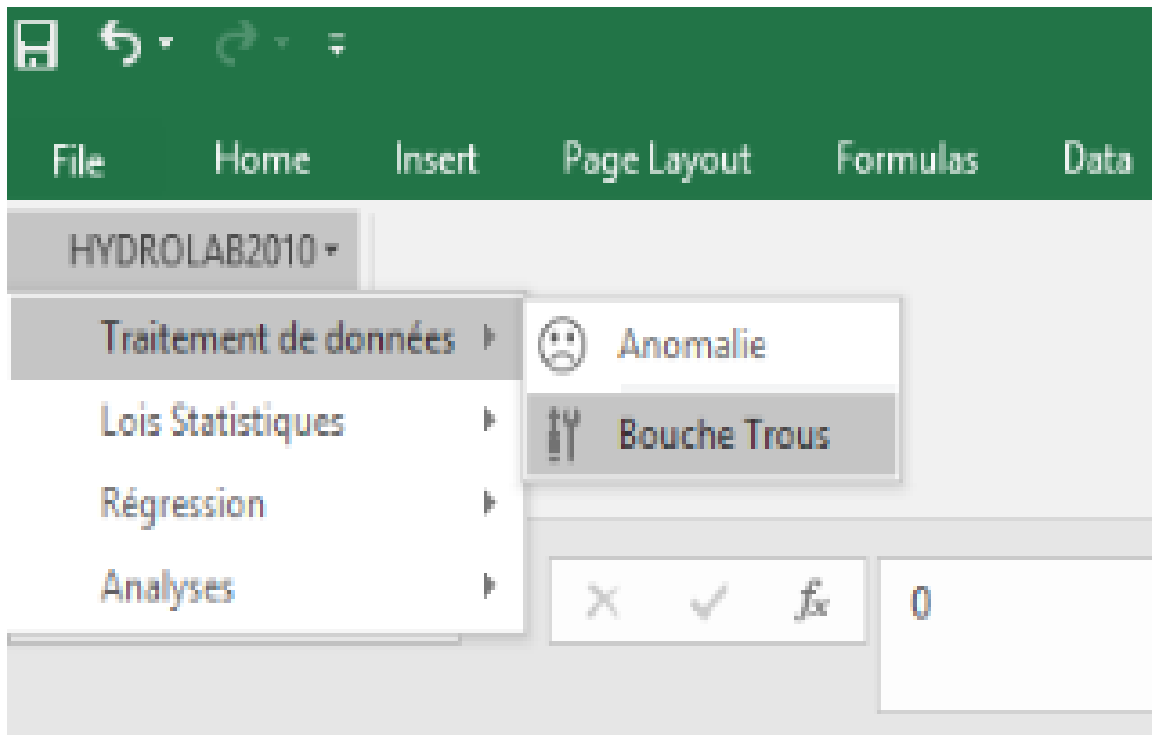
(Source : ONM, 2016).

**Annexe 10:**La pluviométrie annuelle à la station de Sidi Bouzid durant (1985-2015).

Station SIDI_BUZID
Precipitation Annuelle
mm
1985;2015
1985;249.80
1986;309.22
1987;228.40
1988;132.22
1989;220.14
1990;149.90
1991;282.20
1992;94.34
1993;167.50
1994;119.00
1995;341.00
1996;168.51
1997;459.00
1998;106.20
1999;69.55
2000;111.06
2001;118.48
2002;193.00
2003;240.70
2004;192.32
2005;255.67
2006;293.14
2007;201.26
2008;434.07
2009;195.40
2010;355.89
2011;397.52
2012;408.65
2013;234.00
2014;294.85
2015;228.37

(Source : ONM, 2016).

**Annexe 11** :Les étapesde Comblement des lacunes par l'HYDROLAB.



**Annexe 09** :Résultats de Comblement des lacunes par l'HYDROLAB

A		B	C	D	E
Nombre de variables		3		Comblement de lacunes	
Nombre d'observations		26			
Nombre de composantes principales		2			
Nombre d'itérations		3			
Nom des variables et observations		Var 01	Var 02	Var 03	...
Obs.1	lac	lac	lac	25,5	
Obs.2	30,7	lac	lac	lac	
Obs.3	60,2	71,4	157		
...	87,8	69,5	lac		
	2	2,6	0		
	0	0	0		
	25,1	18,6	10,2		
	12,3	53,6	26,7		
	55,2	102,5	45,3		
	lac	21	0		
	lac	0	0		
	lac	0	0		
	1,5	0	3,9		
	1,8	6,5	5		
	0	0	0		
	lac	0	0,2		
	lac	0	16		
	lac	lac	3,5		
	lac	12	10,7		
	lac	10	0		
	lac	0	1,1		
	lac	55,5	91,2		

## **The Abstract**

The objective of our work is to contribute to the study of the climatic variability in the Algerian steppe: case of the region of El Bayadh.

Indeed, the analysis of a range of statistical tests on rainfall and climate indices at the five meteorological stations in the El Bayadh region (Aflou, Sebgage, Brida, SidiBouزيد and El Bayadh) on a 30-year period (1985-2015) at different scales: annual, seasonal and monthly, have allowed annual detections to be detected on the increase for all stations. The calculation of climate indices shows that the region of El bayadh is characterized by a semi-arid climate with Mediterranean characteristics. The study shows the existence of an average dry period during the period (1985-20115) at the El Bayadh station, it is spread over 6 months from April to September that is to say say the spring and summer period. The climatic balance of the study area is deficient over the entire observation period during 7 months (from April to October), which corresponds to a potential evapotranspiration greater than the rainfall.

**Key words:** EL Bayadh, climatic indices, climatic variability, tests Statistics, climate, rainfall.