



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et environnement

Intitulé

**Caractérisation de la sécheresse climatique de la région de
Bordj Bou Arreridj et développement d'une application de
calcul SPI sous l'environnement Visual Basic.**

Présenté par : SEMAOUNE SALOUA

ZIADI AHLEM

Soutenu le :

Devant le jury :

| | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Président : | M ^r ALILI. D | MAA (Université de BBA). |
| Encadrant: | M ^r AIT MECHEDAL. M | MAA (Université de BBA). |
| Examineur : | M ^r AMARA KORBA. R | MCB (Université de BBA). |
| Invité : | M ^r ALIAT. T | MCB (Université de BBA). |

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Nous tenons à remercier e 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 AIT MECHEDAL. M** 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 **M^{me} MELOUANI. N**, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous tenons également à remercier **Mr AMARA KORBA. R** qui a accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.*

***M^{me} BOURAHLA. A** pour avoir permis l'accès aux informations relative au sujet concernant les donnés climatique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.*

***Mr ABDENOUR** responsable au niveau de la station météorologique de Bordj Bou Arreridj.*

*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 ALLIAT. T** trouveront dans ces quelques lignes l'expression de nos remerciements les plus vifs.*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Tout particulièrement à celle qui m'a donné la vie et la illuminée jour après jour, celle qui a toujours été à mes cotés et m'a soutenu, celle qui m'a appris les principes de la vie, ma très tendre mère

A Mon père qui m'a protégé et aider tout au long de ma vie et m'a soutenu

Durant mes études

A mes chers frères : ABDELDJABBAR, ABDENACEUR et ABDERRAHMEN

A ma petite sœur YOUSRA

Une spéciale dédicace a mon cher oncle : ABDELMALEK

A Mon fiancé : ABDERRAHMEN

A mes amies proche SARA et MANEL

A ma binôme AHLEM

A tous mes amis de la promo biodiversité et environnement (2018-2019)

SALOUA



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail a ma mère et mon père qui ont tant attendus ce moment et qui sont le symbole de ma de réussite

*A la mémoire de mes grands-parents maternels qui m'ont tant soutenu
moralement*

A Ma tante : SALIHA

A mon oncle : MOURAD

A ma binôme et mon amie proche SALOUA

A mes amies intimes KANZA et KAHINA

A Mon fiancé : MUSTAPHA

*Et a Tous mes camarades de la promotion de 2ème année master biodiversité et
environnement*

AHLEM

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| Matériels et méthodes | 4 |
| 1. Matériels | 4 |
| 1.1. Présentation de la zone d'étude (la region de Bordj Bou Areridj)..... | 4 |
| 1.1.1. Situation geographique..... | 4 |
| 1.1.2. Géologie..... | 5 |
| 1.1.3. Hydrologie..... | 5 |
| 1.1.4. Pédologie..... | 5 |
| 1.1.5. Flore et faune..... | 5 |
| 1.1.6. Caractéristiques climatiques..... | 6 |
| 1.1.7. Les données climatiques..... | 6 |
| 2. Méthodes | 7 |
| 2.1. L'indice standardisé de précipitation « SPI »..... | 7 |
| 2.1.1. Présentation de l'indice..... | 7 |
| 2.1.2. Description de l'indice normalisé de précipitations..... | 8 |
| A) Aperçu..... | 8 |
| B) Destinataires..... | 8 |
| 2.1.3. Valeurs de l'indice de précipitations normalisé pour une période plus ou Moins longue : (sur 3 mois et dur 12)..... | 9 |
| A) Indice SPI sur 3 mois..... | 9 |
| B) Indice SPI sur 12 mois a 24 mois..... | 10 |
| 2.2. Méthode de calcule..... | 10 |
| 2.2.1. Les statistiques descriptives..... | 10 |
| 2.2.2. Les précipitations annuelles..... | 10 |
| 2.2.3. Les précipitations saisonnières..... | 11 |
| 2.2.4. L'indice SPI..... | 11 |
| A) A l'échelle annuelle..... | 11 |
| B) A l'échelle saisonnière..... | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3. Visual Basic..... | 12 |
| 2.2.1. Présentation de logiciel..... | 12 |
| 2.2.2. Le processus de programmation..... | 12 |
| 2.2.3. Les outils de l'environnement Visual Basic..... | 13 |
| A) La fenêtre Nouveau projet..... | 13 |
| B) La barre d'outils..... | 14 |
| C) La Boîte à outils..... | 14 |
| D) La fenêtre Feuille..... | 15 |
| E) La fenêtre Présentation des feuilles..... | 15 |
| F) La fenêtre Projet..... | 16 |
| 2.4. La programmation..... | 16 |
| 2.4.1. Le schéma général de l'application..... | 16 |
| 2.4.2. La partie visuelle de l'application..... | 17 |
| 2.4.3. Le code en langage Visual Basic..... | 18 |
| 2.4.4. Teste de l'application..... | 20 |
| Résultat et discussion..... | 21 |
| 1. Résultat..... | 21 |
| 1.1. Les valeurs descriptives..... | 21 |
| 1.2. Variabilité des précipitations..... | 21 |
| 1.2.1. Précipitation annuelle (1998-2018)..... | 21 |
| 1.2.2. Variabilité saisonnière de la pluviométrie..... | 22 |
| 1.3. Indice de précipitation standardisé (SPI)..... | 23 |
| 1.3.1. Echelle annuelle..... | 23 |
| 1.3.2. Caractérisation de la sécheresse..... | 25 |
| 1.3.3. Echelle saisonnière..... | 26 |
| A) Automne..... | 27 |
| B) Hiver..... | 28 |
| C) Printemps..... | 29 |
| D) Eté..... | 30 |
| 1.4. Le diagramme Ombrothermique..... | 31 |
| 2. Synthèse et discussion..... | 32 |
| Conclusion..... | 36 |
| Références bibliographiques | |

Résumé

Liste des abréviations

CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.

MATE: Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie.

OMM : Organisation météorologique mondiale.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

SPI : Standardized precipitation index.

VB : Visual Basic.

ANIREF : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

ANDI : Agence nationale de développement de l'investissement.

SMB : Station météorologique de Boumergued Bordj Bou Arreridj.

T : Température.

P : Précipitation.

P_i : Précipitation de l'année *i*.

P_m : Précipitation moyenne de la série.

σ : Ecart type.

BBA : Bordj Bou Arreridj.

MEA : Millenium écosystème Assessment.

ADE : Algérienne des eaux.

DRE : direction des ressources en eaux.

IMRad : Introduction, Méthodes, Résultats et (and) Discussion.

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau I : Les données annuelles | 06 |
| Tableau II : Les données saisonnières..... | 06 |
| Tableau III : Classe de sévérité de sécheresse..... | 08 |
| Tableau IV : Probabilité d'occurrence..... | 09 |
| Tableau V : les statistiques descriptives des la région (mm)..... | 21 |
| Tableau VI : présentation des valeurs annuelles de l'indice SPI..... | 23 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 01 : localisation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj..... | 04 |
| Figure 02 : Présente un écran Visual Basic dont les principaux composants sont désignés.... | 13 |
| Figure 03 : Montre un jeu des outils les plus communs..... | 14 |
| Figure 04 : Les zones d'édition de la fenêtre Feuille vous permettent de travailler sur plusieurs feuilles à la fois..... | 15 |
| Figure 05 : La fenêtre Projet contient l'ensemble des composants de votre projet..... | 16 |
| Figure 06 : Variation des précipitations annuelles de la région de BBA (1998-2018)..... | 18 |
| Figure 07 : Variabilité des précipitations saisonnières de la région de BBA (1998-2018).... | 20 |
| Figure 08 : Evolution de l'intensité annuelle de la sécheresse (SPI) durant la période (1998 – 2018)..... | 21 |
| Figure 09 : pourcentage des fréquences de l'indice de SPI annuel dans la région d'étude (1998-2018)..... | 22 |
| Figure 10 : Evolution de l'intensité saisonnière de la sécheresse (SPI) durant la période (1998 – 2018)..... | 24 |
| Figure 11 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'Automne) dans la région sur La période d'étude (1998-2018)..... | 25 |
| Figure 12 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Hiver) dans la région sur la période d'étude (1998-2018)..... | 26 |
| Figure 13 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Printemps) dans la région sur la Période d'étude (1998-2018)..... | 27 |
| Figure 14 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'été) dans la région sur la période D'étude (1998-2018)..... | 28 |

| | |
|---|----|
| Figure 15 : Diagramme Ombrothérmique de BBA en 2018..... | 29 |
| Schéma 1 : Organigramme général de l'application..... | 30 |
| Figure 16 : l'interface graphique de l'application..... | 31 |
| Figure 17 : correction des erreurs..... | 32 |

1. Introduction

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point quelconque de la terre (Alery, 1973), il varie naturellement. L'histoire climatique de la terre est chaotique, avec des épisodes chauds et des épisodes froids (CEA, 2013). Au cours de la dernière décennie, la problématique des changements climatiques a été reconnue comme l'un des problèmes majeurs du développement à l'échelle locale et régionale voire même à l'échelle internationale (Khaldi, 2005), il peut affecter directement les sols, la production végétale, la structure et la composition des espèces. Les modifications spatiales et temporelles des profils de la température et des pluies vont influencer les écosystèmes naturels. (MATE, 2003).

Le bassin méditerranéen est assez diversifiée en espèces végétales et présente un grand intérêt pour toute étude scientifique, vu sa grande richesse floristique liée à l'hétérogénéité des facteurs historiques, paléogéographiques, géologiques et écologiques (Bemmouat, 2004)

La biodiversité du bassin méditerranéen est unanimement considérée comme étant d'une exceptionnelle diversité, et mérite à ce titre, une considération particulière pour sa conservation, Il est donc important de connaître et de protéger les peuplements vivants.

Dans tous les pays de la Méditerranée, situés en zone subtropicale semi-aride, la pluviométrie est le paramètre climatique dominant (GIEC, 2007), Par ailleurs, durant ces dernières décennies, le prolongement des épisodes secs est devenu une réalité dans cette partie du globe (Sebbar et al., 2011). L'Algérie présente une grande sensibilité au climat à cause de la grande variabilité des pluies saisonnières et annuelles (Laib, 2015), Selon les experts, à l'horizon 2020 l'Algérie connaîtra une réduction des précipitations de l'ordre de 5 à 13% et une augmentation des températures de 0,6 à 1,1°C (Nichane, Khelil, 2015). le niveau de satisfaction des besoins en eau domestiques et agricoles n'a cessé de baisser au cours des dernières années. On parle ainsi de plus en plus de "sécheresse" et de "persistance de la sécheresse", ce qui impose de plus en plus l'idée que la diminution de la ressource est peut-être due à une évolution climatique (Meddi, 2003).

La définition d'une sécheresse est complexe et dépend fortement du domaine considéré, mais quatre grands types de sécheresses peuvent cependant être distingués : sécheresses météorologiques, agricoles, hydrologiques, et socio-économiques (Wilhite et Glantz., 1985),

les facteurs déterminants pour caractériser la sécheresse sont les précipitations, la température, le vent et l'humidité (**OMM, 2012**), On englobe sous le terme de précipitations, toutes les eaux météoriques, ou hydrométéores, qui tombent à la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie) que solide (neige, grêle, grésil) (**L'hote, 1993**).

La sécheresse météorologique se caractérise par une absence prolongée, un déficit marqué ou une faible distribution des précipitations par rapport à la normale climatique. (**Khaldi, 2005**). Elle est donc un phénomène naturel dangereux de caractère insidieux, lorsqu'elle persiste durant une saison entière ou plus, cette insuffisance n'empêche de répondre comme il convient aux besoins des sociétés humaines et de l'environnement (**OMM, 2006**).

Nombreuses études se sont concentrées sur les sécheresses en méditerranée. Basé sur une étude à l'échelle mondiale, **Spinoni et al., 2014** ont signalé une augmentation significative de la fréquence, de la durée et de la sévérité de la sécheresse dans cette région. En outre, **Giorgi et Lionello, 2008** ont suggéré que la Méditerranée pourrait être une région très vulnérable aux changements globaux. Par conséquent, il est probable que les sécheresses affecteront beaucoup plus cette région. sur les impacts du changement climatique dans le bassin méditerranéen a révélé une diminution évidente des précipitations associée à un réchauffement évident, principalement pendant la saison estivale (**Merabti, 2018**). La question qui se pose c'est à quel point la région de bordj Bou Arreridj d'un pays méditerranéen est touchée par la sécheresse ?

Plusieurs indices et méthodes ont été développés et utilisés pour mieux identifier et analyser les caractéristiques de la sécheresse, parmi eux l'indice Standardisé de Précipitation (SPI), développé par **McKee et al.** en **1993**, pour la détermination des déficits pluviométriques pour une période donnée.

Le choix de visual basic pour la création de notre application de calcul de SPI est basé sur la simplicité du langage et le caractère visuel de l'environnement qui font de Visual Basic un outil des plus conviviaux, il est en fait le seul vrai langage de programmation que les débutants puissent apprendre si facilement. Ces avantages sont nombreux : Rapidité de programmation, faible structuration des données (pas besoin d'apprendre des tonnes de choses pour programmer en VB ni pas besoin d'être très rigoureux pour faire quelque chose qui

marche), possibilité de programmer toute sorte de programmes (utilitaire, jeux, applications, etc.).

L'objectif principal de ce travail est l'étude de l'état de sécheresse dans la région de Bordj Bou Arreridj sur un épisode de 20 ans (1989-2018), il s'agit donc de :

- Etudier l'évolution temporelle des précipitations.
 - Evaluer les états des sécheresses annuelles et saisonnières par l'utilisation de l'indice standard des précipitations (ISP).
 - Création d'une application de calcul de SPI sous l'environnement Visual Basic.

Le présent document est structuré en méthode IMRaD. L'introduction, le matériel et les méthodes d'étude utilisés. Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans la dernière partie.

Matériel et méthodes

1. Matériel

2.1. Présentation de la zone d'étude (la region de Bordj Bou Areridj)

2.1.1. Situation géographique

La wilaya est située Nord- Est du pays sur les Haut-Plateaux. Elle est limitée par les wilayas suivantes : (ANIREF, 2011).

- Nord : Bejaia
- Est : Sétif
- Sud : M'Sila.
- Ouest : Bouira.

Le Chef lieu de la wilaya est située à **220** km à l'est de la capitale, Alger.

La wilaya s'étend sur une superficie de 3 920,42 km². (ANIREF, 2011).

Les coordonnées géographiques de Bordj-Bou-Arreidj, Algérie : (Rabah Mamou et al., 2014).

- Latitude : 36°04' Nord
- Longitude : 4°46' Est

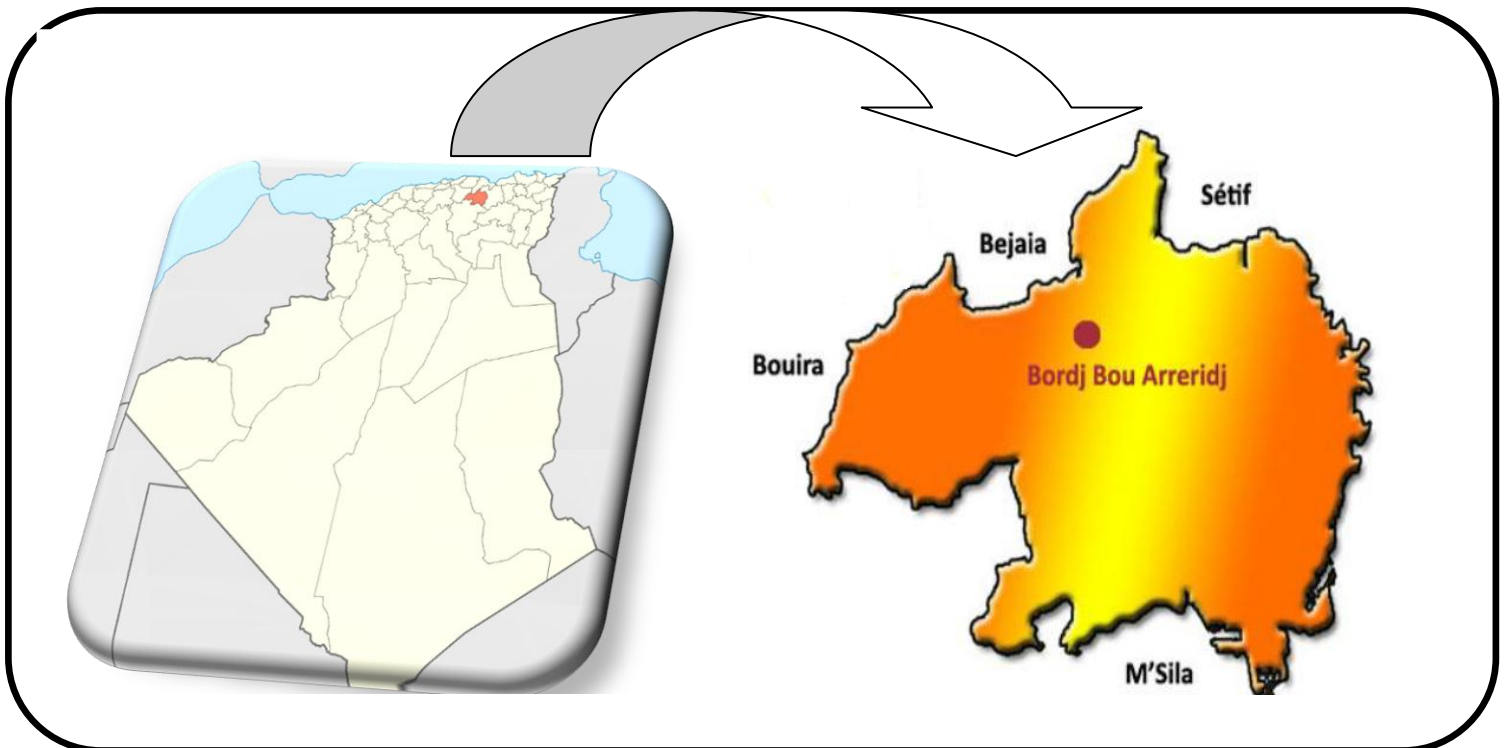


Figure 1 : localisation de la wilaya de Bordj Bou Arreidj (ANDI, 2013).

2.1.2. Géologie

Selon l'agence nationale de développement de l'investissement (la région d'étude est constituée de trois zones géographiques : **(ANDI, 2013)**.

- Une zone montagneuse au nord avec la chaîne des Bibans.
- Une zone de hautes plaines qui constitue la majeure partie de la région.
- Une zone steppique, au sud-ouest, à vocation agropastorale.

L'altitude par rapport au niveau de la mer varie entre 302 m et 1885 m.

2.1.3. Hydrologie

Le réseau hydrographique de la région est caractérisé par deux sens d'écoulement opposés, séparés par une ligne de partage des eaux. Cette limite naturelle correspond à la limite des grands bassins versants du Soummam et Chott el Hodna **(ANDI, 2013)**.

2.1.4. Pédologie

Les sols des régions semi- aride sont des sols calciques. Ils sont plus ou moins riches en calcaire, ces sols reposent en général sur une croûte calcaire. On trouve encore dans ces zones semi-arides, en position intra- zonale, des sols éoliens d'ablation ou d'accumulation et des solontchak. **(Benchetrit, 1956)**.

2.1.5. Flore et faune

Les peuplements sont caractérisés par une biodiversité faunistique et floristiques importante. **(Zenzane, 2016)**. La région est à vocation agricole, notamment céréalière **(ANDI, 2013)**.

Les reliefs de la région sont irrégulièrement boisés (Pins et buissons), d'où le reboisement en pin d'Alep de la région représente l'essence dominante associé localement au-dessus de 1250 m au chêne vert. La culture céréalière (blé, orge) domine dans les vallées et rarement sur les sommets et versants doux des montagnes. Les périmètres irrigués sont plantés d'arboriculture **(Bouragba, 2015)**.

La faune sauvage abondante, est représentée dans l'ensemble par le sanglier, chacal, renard et de nombreuses sortes de petits oiseaux. L'élevage ovin et bovin est très répandu **(Bouragba, 2015)**.

1.1.6. Caractéristiques climatiques

Selon (Ghennai, 2012 in : Nedjraoui, 2001) l'est-algérien est la région la plus variée du pays sur le plan climatique. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 5 à 6 mois au niveau des hautes plaines (Farah, 2014).

La région se caractérise par un climat de type continental avec un étage bioclimatique semi-aride marqué par un été chaud et un hiver plus ou moins rigoureux. (Bouragba, 2015). La pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm. (ANDI, 2013).

1.1.7. Les données climatiques

Les données climatiques sont relatives à la station météorologique de Boumergued Bordj Bou Arreridj (SMB) (1998 – 2018).

Tableau I : Les données annuelles

| Année | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|-------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| (P) annuelle (mm) | 394.9 | 354.6 | 221.2 | 258.2 | 294.2 | 551.4 | 538 |
| Année | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| (P) annuelle (mm) | 319.1 | 334.01 | 457.1 | 391 | 406.1 | 383.5 | 463.88 |
| Année | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| (P) annuelle (mm) | 309.2 | 392.1 | 317.3 | 379.8 | 255.4 | 214.2 | 361.7 |

Source : Station météorologique de Boumergued. BBA (SMB).

Tableau II : Les données saisonnières

| Année | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|--------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| (P) automne (mm) | 91.7 | 137.5 | 75.8 | 121.2 | 112.3 | 97.1 | 112.1 |
| (P) hiver (mm) | 56.4 | 97.8 | 73.6 | 127.1 | 43.6 | 202.4 | 140.1 |
| (P) printemps (mm) | 236.2 | 36.2 | 66.6 | 39.3 | 33.2 | 117.1 | 195.9 |
| (P) été (mm) | 22.8 | 27 | 40.8 | 3.6 | 60 | 86.3 | 91.4 |

| Année | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|--------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| (P) automne (mm) | 100.9 | 73.9 | 131.3 | 126.9 | 92.2 | 107.2 | 122.7 |
| (P) hiver (mm) | 173.1 | 67.1 | 79.2 | 37.5 | 131.7 | 94.9 | 101.8 |
| (P) printemps (mm) | 61.4 | 144.91 | 228.8 | 94.3 | 108.2 | 136.5 | 161.88 |
| (P) été (mm) | 50.3 | 20.1 | 38.1 | 91.8 | 60.8 | 68.9 | 77.1 |
| Année | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| (P) automne (mm) | 105.6 | 97.2 | 55.3 | 116.1 | 66.9 | 76.6 | 92.3 |
| (P) hiver (mm) | 62.1 | 105.2 | 86.6 | 193.6 | 39.6 | 78.4 | 63.9 |
| (P) printemps (mm) | 109.5 | 144 | 93 | 51.8 | 130.9 | 20.5 | 184.3 |
| (P) été (mm) | 47 | 12.5 | 47.1 | 94.3 | 11.3 | 28 | 29 |

Source : Station météorologique de Boumergued. BBA (SMB).

2. Méthodes

2.1. L'indice standardisé de précipitation « ISP »

2.1.1. Présentation de l'indice

L'indice SPI (Mckee et al., 1993) in OMM est un indice à la fois puissant, souple d'utilisation et simple à calculer. Les données sur les précipitations constituent en fait le seul paramètre requis. En outre, l'indice SPI se révèle tout aussi efficace pour analyser les périodes ou cycles humides que les périodes ou cycles secs (**Tableau III**). Pour calculer l'indice SPI, il faut disposer idéalement de relevés mensuels s'étalant sur au moins 20 à 30 ans, mais de préférence sur 50 à 60 ans, voire plus, ce qui constitue la période optimale (Guttman, 1994).

2.1.2. Description de l'indice normalisé de précipitations

A) Aperçu

L'indice SPI est fondé sur la probabilité de précipitations sur un laps de temps donné. La probabilité des précipitations observées est transformée en un indice qui sert aussi bien à l'expérimentation qu'à l'exploitation dans plus de 70 pays. (OMM, 2012).

B) Destinataires

Les responsables de la planification en matière de sécheresse sont nombreux à apprécier la souplesse d'utilisation de l'indice SPI. L'indice est utilisé aussi dans divers instituts de recherche, des universités et des Services météorologiques et hydrologiques nationaux du monde entier, dans le cadre d'activités de suivi de la sécheresse et d'alerte précoce dans le domaine (OMM, 2012).

Selon l'organisation météorologique mondiale **McKee et al. (1993)** ont utilisé le système de classification présenté dans le tableau des valeurs de l'indice SPI figurant ci-après (**tableau III**) pour définir l'intensité des épisodes de sécheresse en fonction de la valeur de l'indice. Ils ont aussi défini les critères d'un épisode de sécheresse pour une échelle de temps quelle que soit. Une sécheresse sévit quand l'indice présente de façon continue une valeur négative de -1,0 ou moins et se termine lorsque l'indice devient positif. Par conséquent, on distingue pour chaque épisode de sécheresse une durée, avec un commencement et une fin, et une intensité pour chaque mois durant lequel l'épisode se poursuit.

Tableau III : Classe de sévérité de sécheresse selon (McKee et al., 1993).

| Valeur de l'indice SPI | Type de sécheresse |
|------------------------|----------------------|
| 2.0 et plus | Extrêmement humide |
| De 1.5 à 1.99 | Tres humide |
| De 1.0 à 1.49 | Moderement humide |
| De -0.99 à 0.99 | Proche de la normale |
| De -1.0 à -1.49 | Moderement sec |
| De -1.5 à -1.99 | Tres sec |
| -2 et moins | Extrêmement sec |

Source : OMM, 2012

McKee a déterminé que l'indice SPI indiquait une légère sécheresse 24 % du temps, une sécheresse modérée 9,2 % du temps, une grande sécheresse 4,4 % du temps et une sécheresse extrême 2,3 % du temps (**McKee et al., 1993**). L'indice étant normalisé, ces pourcentages sont ceux qui paraissent vraisemblables pour une distribution normale des valeurs de l'indice. Ainsi est-il normal de trouver 2,3 % des valeurs dans la catégorie de sécheresse « extrême », cette valeur représentant la probabilité qu'une sécheresse extrême se produise. Le fait que l'indice soit normalisé permet de déterminer le caractère peu fréquent d'un épisode de sécheresse en cours (**tableau IV**).

Tableau IV : Probabilité d'occurrence (McKee et al., 1993)

| Indice SPI | Catégorie | Nombre de fois sur 100 ans | Fréquence |
|------------------|--------------------|----------------------------|------------------------|
| De 0 a -0.99 | Légère sécheresse | 33 | 1 fois tous les 3 ans |
| De -1.00 a -1.49 | Sécheresse modérée | 10 | 1 fois tous les 10 ans |
| De -1.5 a -1.99 | Grande sécheresse | 5 | 1 fois tous les 20 ans |
| < -2.0 | Sécheresse extrême | 2 | 1 fois tous les 50 ans |

Source : OMM, 2012

2.1.3. Valeurs de l'indice de précipitations normalisé pour une période plus ou moins longue : (sur 3 mois et dur 12)

A) Indice SPI sur 3 mois

L'indice SPI sur 3 mois établit la comparaison entre le total des précipitations sur la période de trois mois examinée et les totaux des précipitations pour cette même période de trois mois de toutes les années pour lesquelles on dispose de relevés. En d'autres termes, l'indice SPI sur 3 mois se terminant fin février permet de comparer le cumul des précipitations des mois de décembre, janvier et février de l'année examinée aux cumuls de précipitations de décembre à février de toutes les années figurant dans l'historique des observations exécutées à la station étudiée (**OMM, 2012**).

Chaque nouvelle année, les données d'observation viennent s'ajouter à la série des relevés dont la durée gagne ainsi une année et les valeurs de toutes les années sont une nouvelle fois

prises en compte. Les valeurs peuvent alors évoluer, ce qui sera le cas quand on comparera, d'un point de vue historique et statistique, l'année en cours avec toutes les années précédentes composant la série chronologique des observations (OMM, 2012).

L'indice SPI sur 3 mois fournit une indication sur les conditions d'humidité à courte et moyenne échéances et une estimation des précipitations sur une saison (OMM, 2012).

B) Indice SPI sur 12 mois a 24 mois

À ces échelles de temps, l'indice SPI fournit une représentation des régimes de précipitations à longue échéance. L'indice SPI sur 12 mois établit la comparaison entre les précipitations sur une période de 12 mois consécutifs et celles enregistrées sur la même série de 12 mois consécutifs de toutes les années pour lesquelles on dispose de relevés. Étant donné que ces échelles de temps constituent le cumul de périodes plus courtes pouvant se situer au-dessus ou au-dessous de la normale, les valeurs des indices SPI établis pour une période relativement longue tendent à graviter autour de zéro, à moins qu'une tendance humide ou sèche bien distincte ne se soit installée. Les indices SPI pour ces échelles de temps sont en général associés au débit des cours d'eau, au niveau des réservoirs et au niveau des eaux souterraines à relativement long terme (OMM, 2012).

2.2 . Méthode de calcul

Les méthodes de calculs sont complétés par des simples méthodes par l'Excel, et le code complet de l'application présenté dans l'annexe.

2.2.1 Les statistiques descriptives :

- La valeur maximale : représente la valeur maximale des précipitations annuelles de toute la série (année 2003).
- La valeur minimale : représente la valeur minimale des précipitations annuelles de toute la série aussi (2017).
- La moyenne et l'écartype des précipitations sont calculés directement par l'Excel.

2.2.2. Les précipitations annuelles

Représentent la somme des précipitations mensuelles de chaque année.

2.2.3. Les précipitations saisonnières

Représentent la valeur des précipitations saisonnières (la somme des valeurs des précipitations de chaque 3 mois) de chaque année.

2.2.4. L'indice SPI : (OMM, 2012)

L'indice SPI d'un lieu donné se calcule, pour la période choisie, à partir des relevés à long terme des précipitations. La série des données de longue durée est ajustée à une distribution de probabilité que l'on transforme ensuite en une distribution normale pour que l'indice SPI moyen, du lieu considéré et pour le laps de temps étudié, soit égal à zéro (**Edwards et McKee, 1997**).

- Les valeurs positives de l'indice SPI indiquent des précipitations supérieures à la médiane et les valeurs négatives, des précipitations inférieures à la médiane.
- L'indice SPI indique qu'une sécheresse débute quand sa valeur est inférieure ou égale à -1,0 et qu'une sécheresse se termine quand sa valeur devient positive.

Jouilil I et al., 2013 ont adopté la formule mathématique de SPI comme suivant :

- $SPI = (p_i - p_m) / \sigma$

A) A l'échelle annuelle

Ce calcule selon la formule : $SPI = (p_i - p_m) / \sigma$.

- P_i : les Précipitations de l'année i (la somme des précipitations mensuelles de cette année) en mm. C'est-à-dire : les P de mois de janvier de l'année i + P de février + + P de décembre. (20 valeurs)
- P_m : la moyenne de l'ensemble des précipitations annuelles des 20 ans (une seule valeur) en mm. Calculée par l'Excel
- σ : écart type de toute la série, calculé par l'Excel (une seule valeur).

B) A l'échelle saisonnière

Ce calcule aussi selon la formule précédente mais avec des valeurs saisonnières, pour que chaque saison de chaque année se calcule séparément :

- P_i : représente les précipitations saisonnières de chaque année, ou chaque saison contient trois mois :

- P (Hiver) = P de mois de déc. + P de janv. + les P de fév.
- P (Printemps) = P de mois de Mar + P de Avril + P de Mai.
- P (Été) = P de mois de juin + P de mois de juil. + P de mois de Aout.
- P (Automne) = P de mois de sept + P de oct. + P Nov.

- P_m : la moyenne de l'ensemble des précipitations saisonniers des 20 ans (4 valeurs, ou chaque saison a une valeur de précipitation moyenne) en mm. C'est à dire la moyenne de la somme des valeurs des précipitations saisonnières de toute la série Ex :

P_m de l'hiver = P_m (P hiver 1998 + P hiver 1999 + + P 2018). Et on a suivit la même méthode pour les autres saisons.

- σ : écart type de chaque saison durant toute la série, calculé par l'Excel (4 valeurs ou chaque saison a sont propre valeur d'ecartype).

2.3. Visual Basic

2.3.1. Présentation de logiciel

Visual Basic 6 est la dernière (et la meilleure) version du langage de programmation Visual Basic de Microsoft. Avec Visual Basic 6, la plupart des tâches de programmation deviennent aussi simples que de déplacer des objets graphiques à l'aide de la souris, il est identique à celui qu'emploient les utilisateurs d'autres langages, C'est l'un des environnements de programmation les plus performants d'aujourd'hui (Greg, 2009).

2.3.2. Les processus de programmation : d'après (Greg, 2009)

Lorsque vous programmez en Visual Basic, il convient de suivre ces quelques règles et étapes :

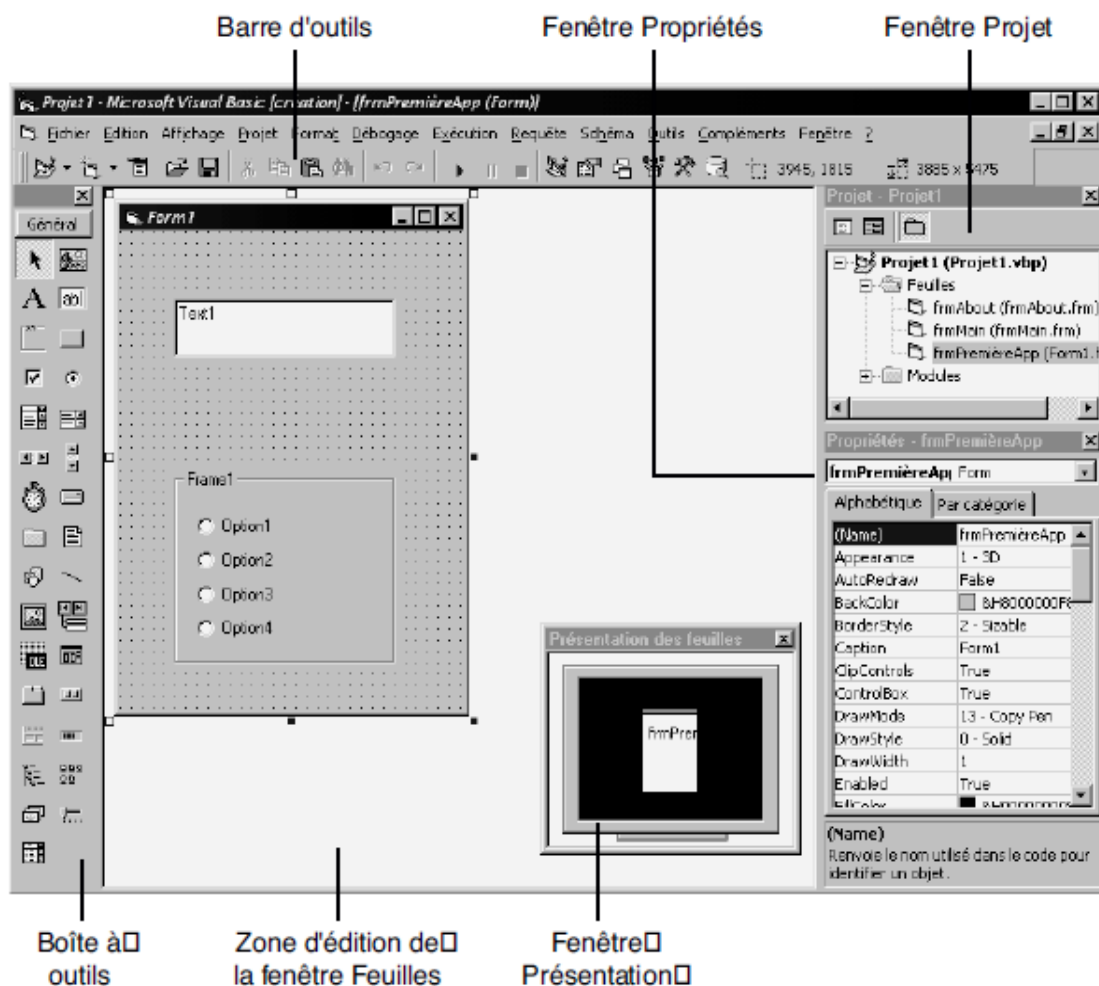
- Déterminer ce que votre application devra faire en créant un schéma général.
- Créer la partie visuelle de votre application (les écrans et les menus avec lesquels l'utilisateur interagira).
- Ajouter le code en langage Visual Basic qui reliera tous ces éléments visuels et qui automatisera le programme.
- Tester l'application afin de déceler et d'éliminer tous les bogues.
- Une fois les tests effectués, compiler le programme et distribuer l'application compilée aux utilisateurs.

2.3.3. Les outils de l'environnement Visual Basic

Le BASIC est un langage strictement textuel. L'entrée et la sortie des données se font en mode texte, les fenêtres et autres graphismes sont l'apanage des programmes modernes (Greg, 2009).

A) La fenêtre nouveau projet

La fenêtre Nouveau projet s'affiche au lancement de Visual Basic ou lorsque nous choisissons la commande Fichier, Nouveau projet. C'est depuis la fenêtre Nouveau projet que nous avons commencé notre application.



La Figure 2. Présente un écran Visual Basic dont les principaux composants sont désignés.

(La fenêtre Nouveau projet)

B) La barre d'outils

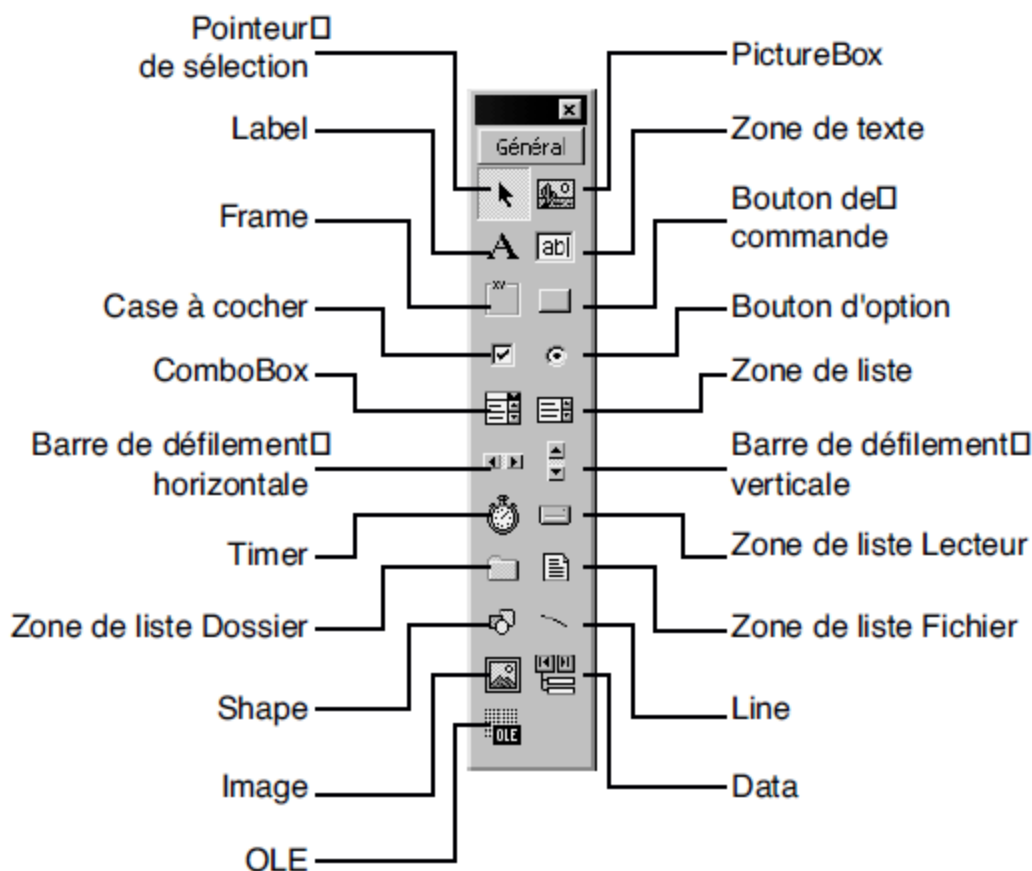
La barre d'outils située sous la barre de menus se modifie. En tout, quatre barres d'outils sont disponibles :

- **Débogage** : S'affiche lorsque nous employons les outils de débogage pour corriger notre programme.
- **Edition** : Facilite l'édition du code Visual Basic.
- **Editeur de code de feuille** : Aide à la disposition des objets sur la feuille.
- **Standard** : Barre d'outils par défaut, affichée sous la barre de menus.

C) La Boîte à outils

La fenêtre Boîte à outils n'est pas une barre d'outils. Comme son nom l'indique, il s'agit d'une collection d'outils grâce auxquels nous disposons les contrôles sur la feuille.

Si notre application requiert plus d'un bouton de commande, l'outil CommandButton de la boîte à outils vous les fournira. Les boutons de la Boîte à outils génèrent les outils à notre feuille à mesure que nous les demandons.



La Figure 3 : Montre un jeu des outils les plus communs.

D) La fenêtre Feuille

C'est dans la fenêtre Feuille que nous effectuerons la plupart de nos opérations. Toutes les feuilles de nos programmes, qui formeront l'arrière-plan visible de l'application, seront créées dans la zone centrale d'édition où s'affiche la fenêtre Feuille.

E) La fenêtre Présentation des feuilles

La fenêtre Présentation des feuilles est une petite fenêtre intimement liée à la fenêtre feuille. Cette fenêtre a cela de très utile, qu'elle donne un aperçu de la disposition des feuilles. Quand la fenêtre Feuille contient plusieurs feuilles, la fenêtre Présentation des feuilles affiche un schéma miniature de chacune de ces feuilles. La fenêtre vous permet de visualiser l'organisation des feuilles sur l'écran, tel que l'utilisateur le verra, ainsi que leur évolution au gré de l'utilisation du programme.

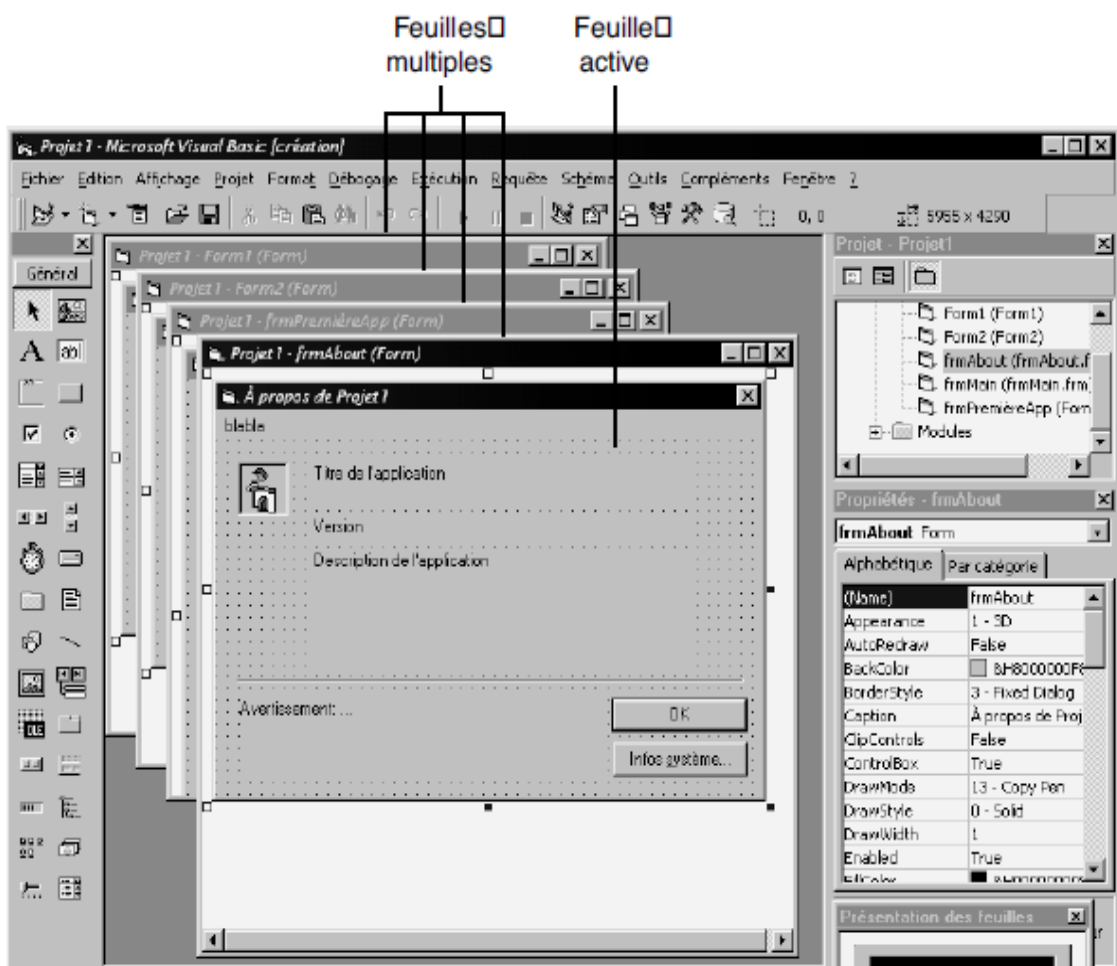


Figure 4 : Les zones d'édition de la fenêtre Feuille vous permettent de travailler sur plusieurs feuilles à la fois.

F) La fenêtre Projet

Dans la fenêtre Projet (Explorateur de projets), nous gérons les composants de notre application. Comme le montre **la figure 5** et dans laquelle on peut étendre et réduire les groupes d'objets.

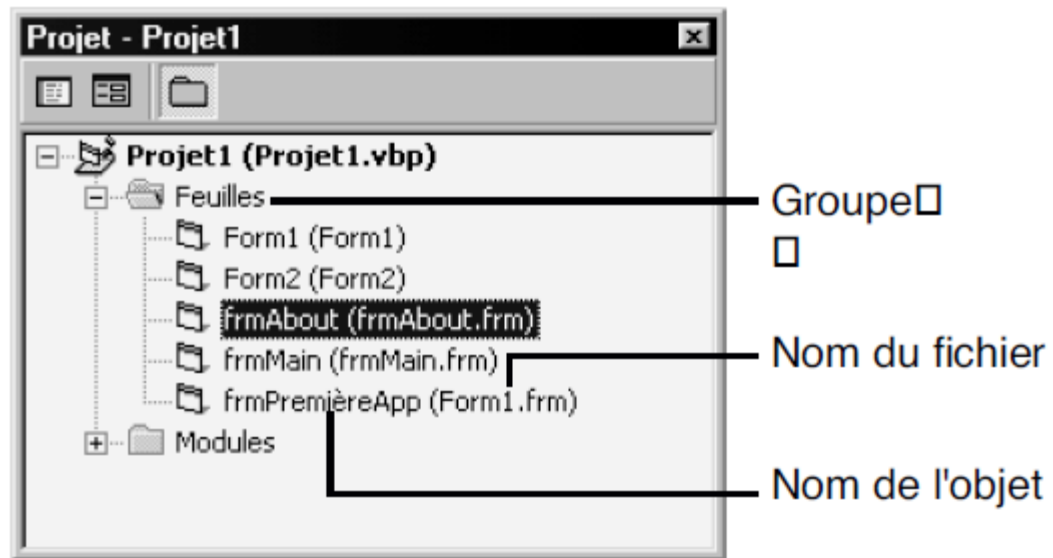


Figure 5 : La fenêtre Projet contient l'ensemble des composants de votre projet.

2.4. La programmation

La programmation se fait en quatre étapes (Greg, 2009)

- ❖ Déterminer ce que notre application devra faire en créant un schéma général.
- ❖ Créer la partie visuelle de notre application.
- ❖ Ajouter le code en langage Visual Basic qui reliera tous ces éléments visuels et qui automatisera le programme.
- ❖ Tester l'application afin de déceler et d'éliminer tous les bogues.

2.4.1. Le schéma général de l'application

Notre application va calculer les valeurs des SPI, à partir des données des précipitations en (mm) (schéma 1).

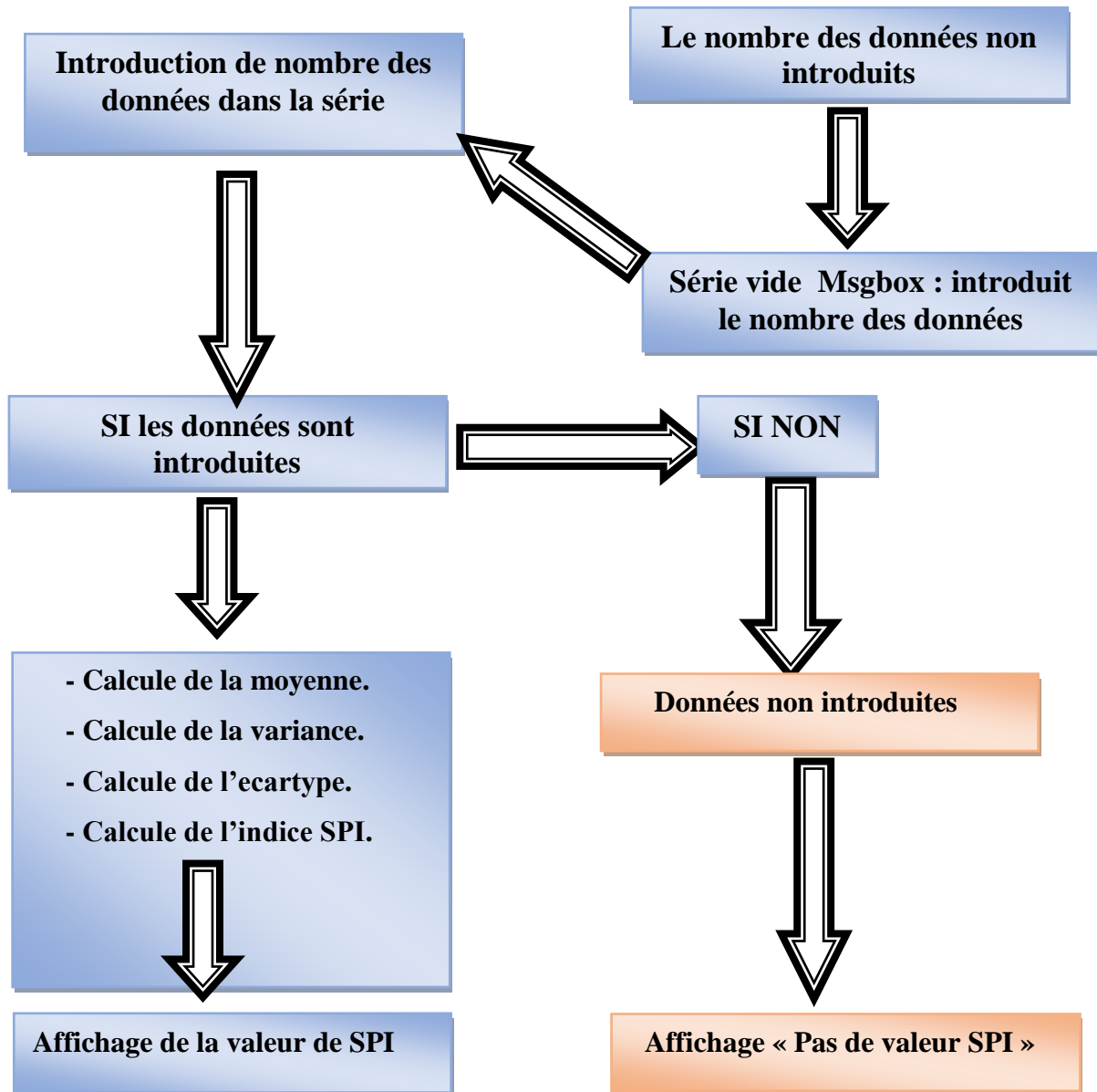


Schéma 1 : Organigramme général de l'application.

2.4.2. La partie visuelle de l'application

L'interface graphique de l'application comporte quatre objets principaux (figure 6):

- 1 → Les cases des données.
- 2 → La case de nombre des données.
- 3 → Le bouton de commande.
- 4 → L'écran d'affichage.

Précipitation (mm)

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Nombre des valeurs: 2

SUR: 50

calcul de SPI

Resultat

4

Figure 6 : l'interface graphique de l'application.

2.4.3. Le code en langage Visual Basic

Création du code en langage Visual Basic qui reliera tous ces éléments visuels et qui automatisera le programme.

' Déclaration des variables

' Entiers

Dim i As Integer

Dim y As Integer

' Reels

Dim moy As Double

Dim moyn As Double

Dim rms2 As Double

Dim vari As Double

Dim sigma As Double

' Tableaux

Dim X() As Double

' Gestion de l'introduction des données

If Text2.Text = "" Then

intResponse = MsgBox("Nombre des valeurs ?")

Exit Sub

End If

n = Val(Text1.Text)

y = Val(Text2.Text)

For i = 0 To n - 1

ReDim Preserve X(i)

X(i) = Val(textx(i).Text)

Next i

' Traitement des données

moy = 0

rms2 = 0

For i = 0 To n - 1

moy = moy + X(i)

rms2 = rms2 + X(i) * X(i)

Next i

moyn = moy / y

rms2 = rms2 / y

vari = y * (rms2 - moyn * moyn) / (y - 1)

sigma = vari ^ 0.5

' Calcul est affichage des valeur de ISP

If textx(0).Text = "" Then

ISP1 = "pas de valeur"

Else

ISP1 = (X(0) - moy) / sigma

End If

textresult.Text = "valeur ISP1" &

2.3.4. Teste de l'application

Avant la compilation de l'application la dernière étape consiste à l'élimination de tous les bogues (**figure 7**). Une fois les erreurs sont corrigées et les tests effectués, L'application est prête à être compiler et utiliser.

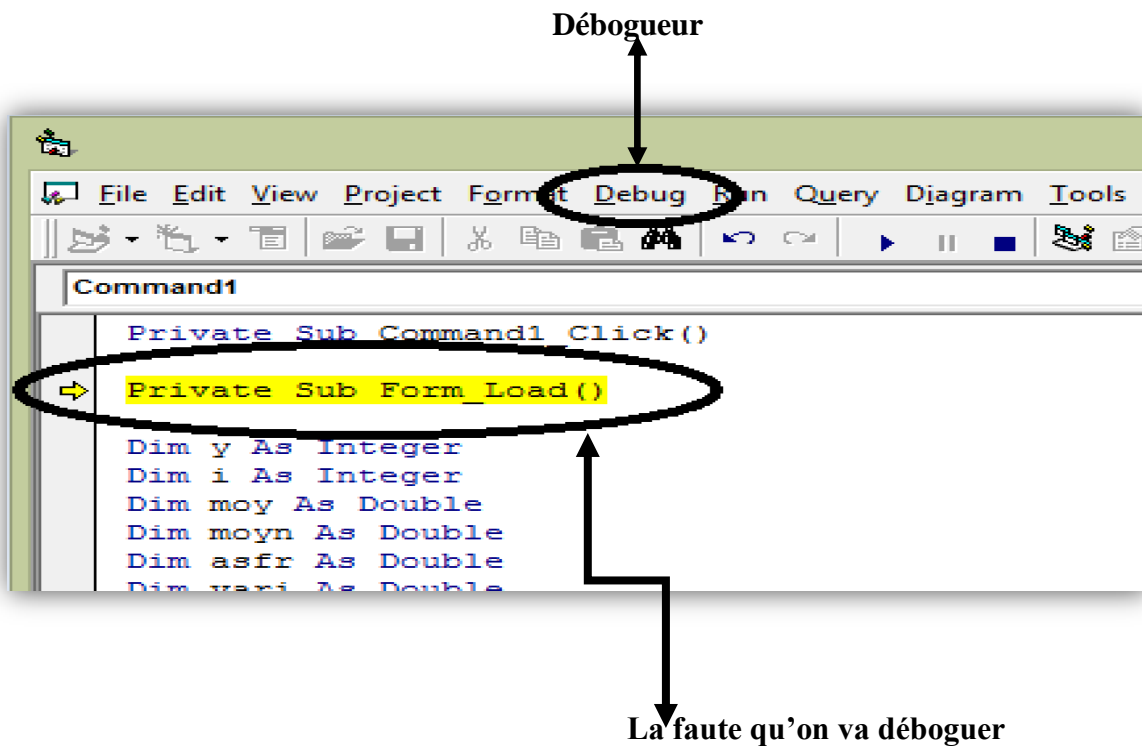


Figure 7 : correction des erreurs

Résultats et discussions

1. Résultat

1.1. Les statistiques descriptives

Le tableau V représente les valeurs descriptives des précipitations annuelles d'une série de 20 ans: la valeur maximale enregistrée égale à 551.4mm, alors que la valeur minimale égale à 214.2mm, avec une moyenne de 361.76mm et un écart type égale à 91.57.

Tableau V : les statistiques descriptives des la région (mm)

| maximum | minimum | moyenne | Ecart type |
|---------|---------|---------|------------|
| 551.4 | 214.2 | 361.76 | 91.57 |

Source : Station météorologique de Boumergued. BBA (SMB).

1.2. Variabilité des précipitations

1.2.1. Précipitation annuelle (1998-2018)

Les précipitations annuelles de la zone d'étude varient d'une année à une autre, elles variées entre 214.2 mm et 551.4 mm, la plus faible est celle de l'année 2017 et la plus élevée marqué durant l'année 2003. On remarque une alternance des périodes supérieures à la moyenne et inférieures à cette dernière. Cette alternance est irrégulière par rapport à sa durée (figure 8).

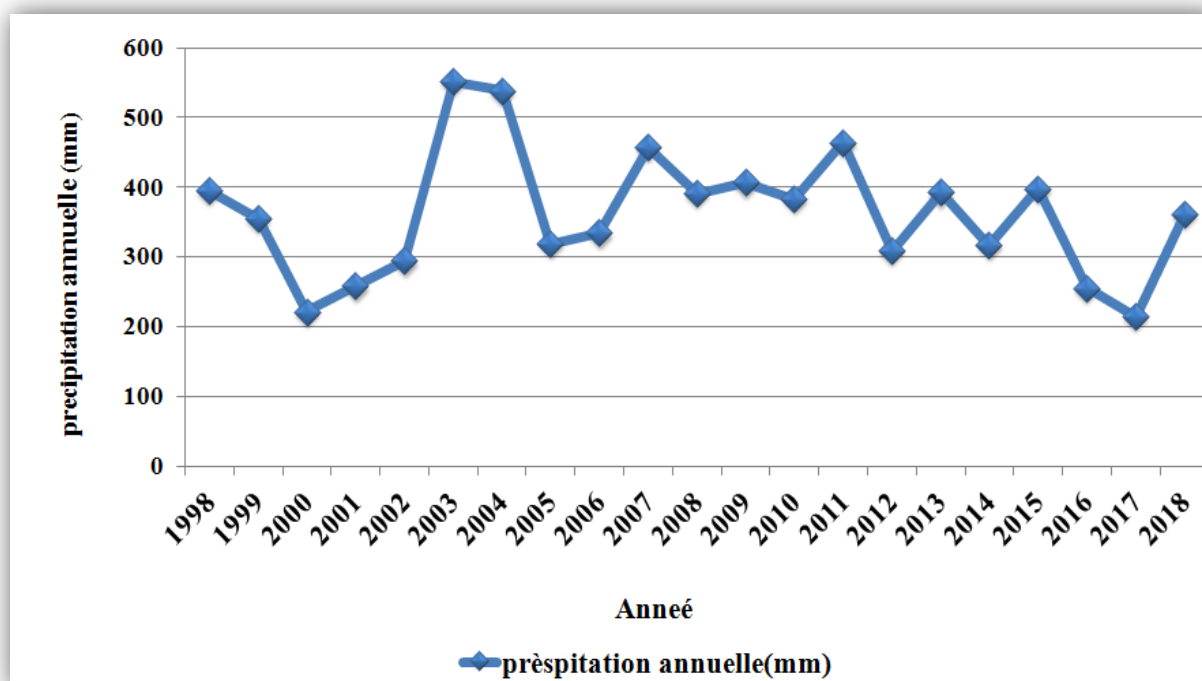


Figure 08 : Variation des précipitations annuelles de la région de BBA (1998-2018).

1.2.2. 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 1998 à 2018 dans la wilaya de BBA.

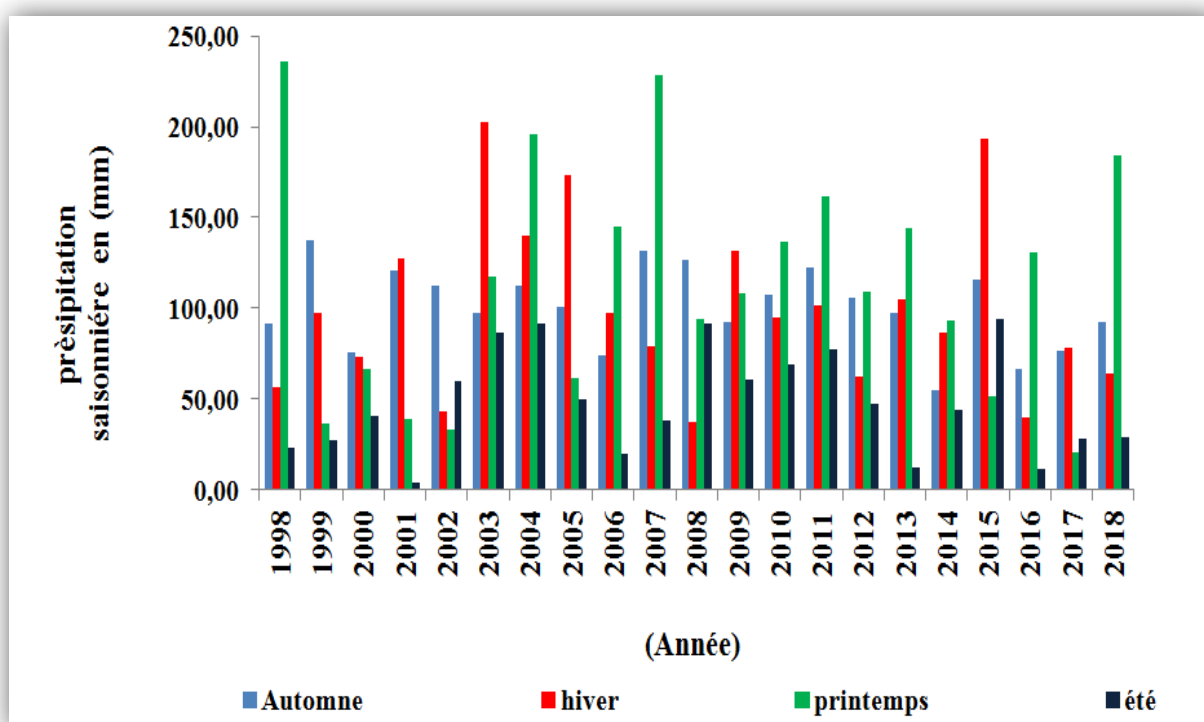


Figure 09 : Variabilité des précipitations saisonnières de la région de BBA (1998-2018).

D'après (la figure 9) on constat que :

- l'automne le plus humide est celui de l'année 1999 avec un maximum des précipitations égale à 137.50 mm, est celui de l'année 2014 et le plus sec avec une valeur des précipitations estimée à 55.30 mm.
- l'hiver de l'année 2003 est le plus humide avec une valeur maximale des précipitations de 202.4 mm, et celui de l'année 2008 est le plus sec avec une valeur de 37.5 mm.
- la valeur des précipitations du printemps 1998 est la plus élevées (236 mm) donc c'est le plus humide par rapport aux printemps des autres années, par contre le printemps le

plus sec est celui de l'année 2017 avec une valeur minimale des précipitations estimée par 20.5 mm.

- l'année 2015 contient l'été le plus humide avec une valeur maximale de 116.10 mm, et l'été de l'année 2001 est le plus sec avec une valeur minimale de 3.60 mm.

En général le régime saisonnier des pluies présente une irrégularité dans sa répartition intersaisonnière. On remarque que les précipitations les plus importantes sont celles du printemps suivie par l'hiver, après par celles d'automne, et enfin les précipitations d'été (**figure 9**).

1.3. Indice de précipitation standardisé (SPI)

1.3.1. Echelle annuelle

Le tableau VI représente les valeurs de l'indice SPI annuel de la région de BBA la période de 1998 à 2018.

Tableau VI : présentation des valeurs annuelles de l'indice SPI

| | | | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Année | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
| SPI | 0.36 | -0.08 | -1.54 | -1.13 | -0.74 | 2.07 | 1.93 |
| Année | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| SPI | -0.47 | -0.3 | 1.4 | 0.32 | 0.48 | 0.24 | 1.12 |
| Année | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| SPI | -0.57 | 0.33 | -0.49 | 0.19 | -1.16 | -1.6 | 0 |

La comparaison de nos résultats avec le tableau de sévérité de sécheresse (**Mckee et al., 1993**).

Nous a permis d'observer des périodes à savoir :

- Une période extrêmement humide en 2003 d'un SPI égale à 2.07
- Une année très humide 2004 (SPI égale à 1.93).
- Seulement deux années humides en 2007 et 2011, SPI égale successivement à 1.4 et 1.12.
- 12 ans normales avec un SPI varie entre -0.74 et 0.36.

- Une alternance d'année modérément sèche pendant 2 ans (2001 et 2016) avec un SPI successivement égale à -1.13 et -1.16.
- deux périodes secs en 2000 et 2017 avec un SPI successivement égale à -1.54 et -1.60.

La figure ci-dessous qui représente le SPI annuel pour la région de BBA à partir des données recueillies de la station météorologique de Boumergued Bordj Bou Arreridj (SMB) durant 20 ans a permis de révéler :

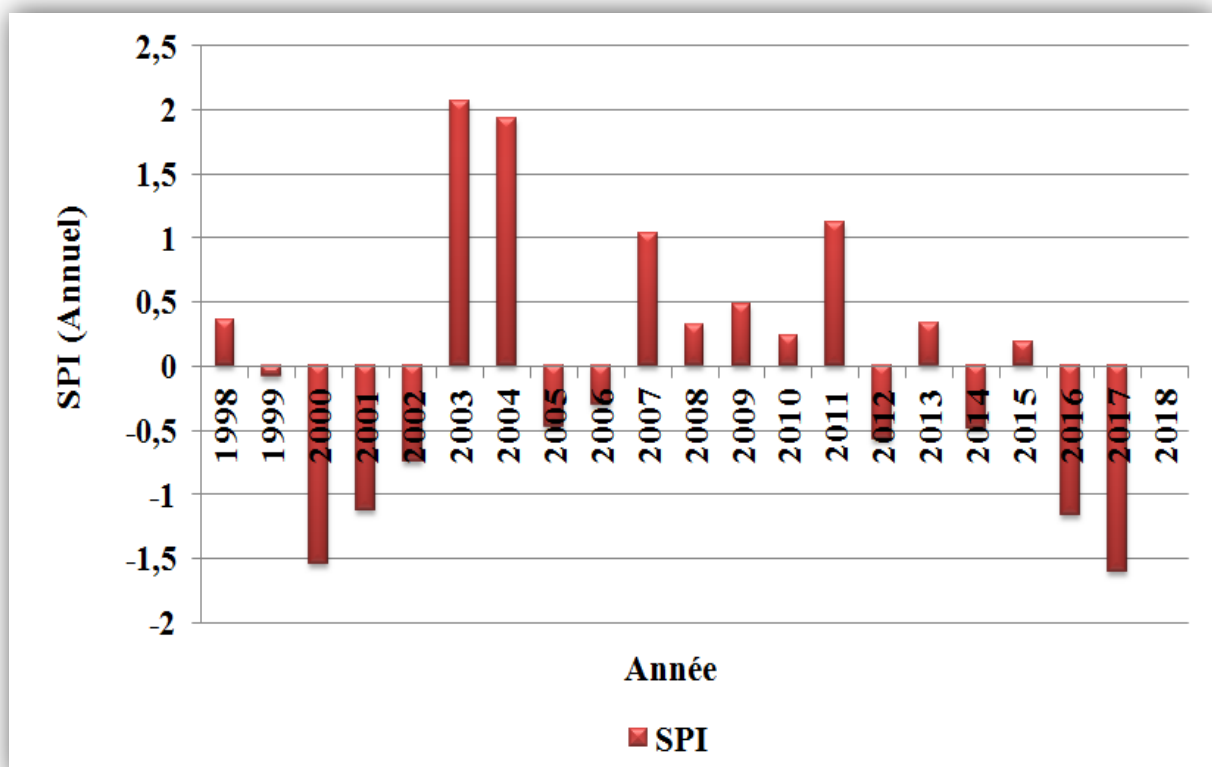


Figure 10 : Evolution de l'intensité annuelle de la sécheresse (SPI) durant la période (1998 – 2018).

On remarque que la région est passée par les périodes suivantes :

- Pendant 6 ans l'SPI vari entre (0 et - 0.99), la région subit une légère sécheresse, avec une répétition de 6 fois sur 20 ans.
- Dans les années 2001 et 2016 l'SPI vari de -1 jusqu'à -1.49, la sécheresse va être modérée, répétée 2 fois durant 20 ans.
- durant les années 2000 et 2017 on observe une grande sécheresse ou l'SPI attient une valeur de -1.99, alors la région subit 2 périodes de sécheresse sur 20 ans.

- Pendant la période étudiée (1998-2018), la valeur de l'SPI n'attient jamais une valeur de -2 (ou moins), donc la région ne subit aucune sécheresse extrême.

1.3.2. Caractérisation de la sécheresse

La distribution proportionnelle des valeurs calculées des SPI annuels est classée selon la méthode proposée par (McKee et al ,1993) (figure 11).

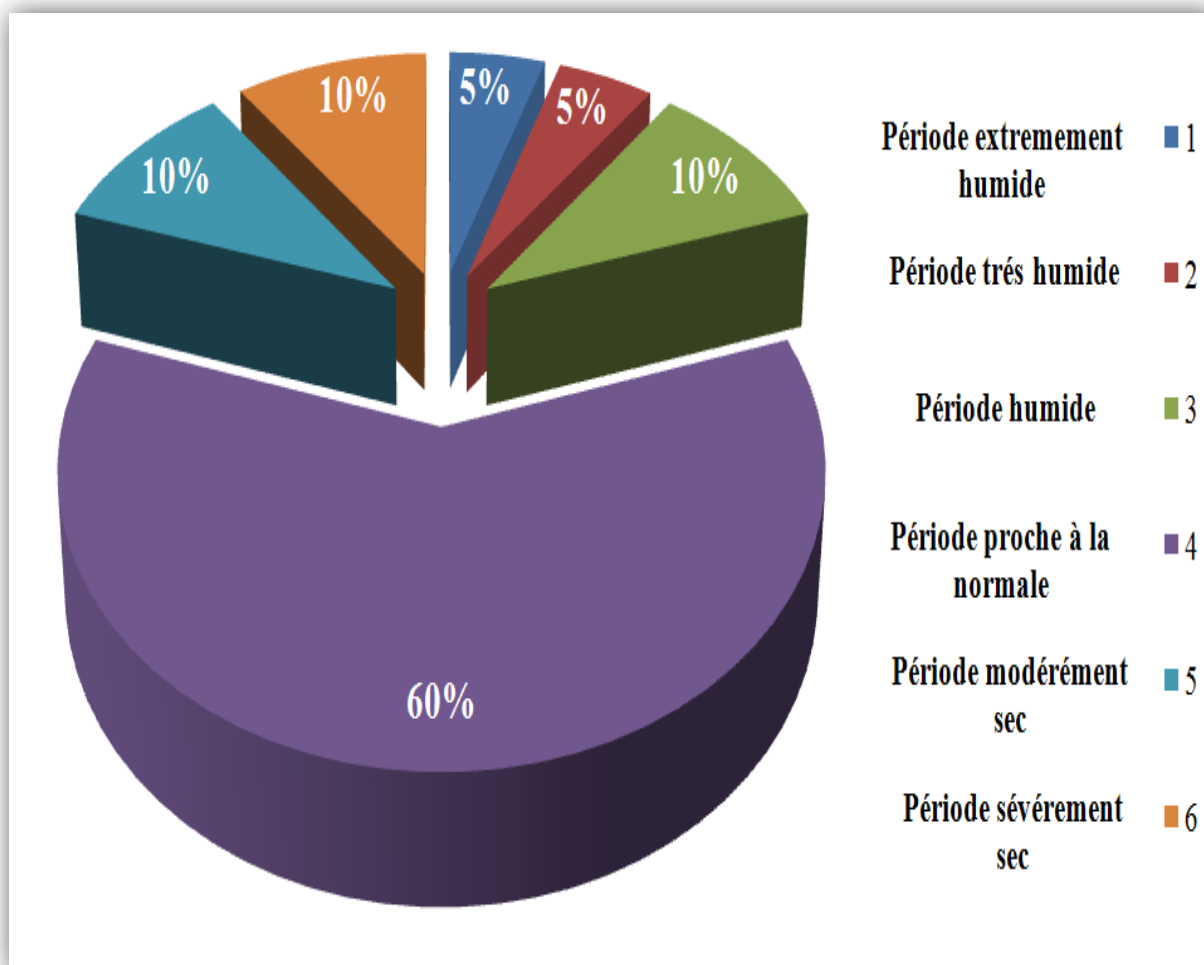


Figure 11 : pourcentage des fréquences de l'indice de SPI annuel dans la région d'étude (1998-2018).

- Le pourcentage d'occurrence d'une période extrêmement humide et très humide est très faible au niveau de la région étudiée (environ de 5 %).
- Le pourcentage d'avoir une période humide est faible avec un taux de 10 %.
- Le pourcentage d'occurrence d'une période normale est très forte égale à 60 %.
- Le pourcentage d'occurrence d'une période modérément et sévèrement sèche également faible (estimée par 10 %).

- Le pourcentage d'occurrence d'une période modérément humide et très sec est nulle durant la toute la période étudiée (1998-2018).

- **1.3.3. Echelle saisonnière**

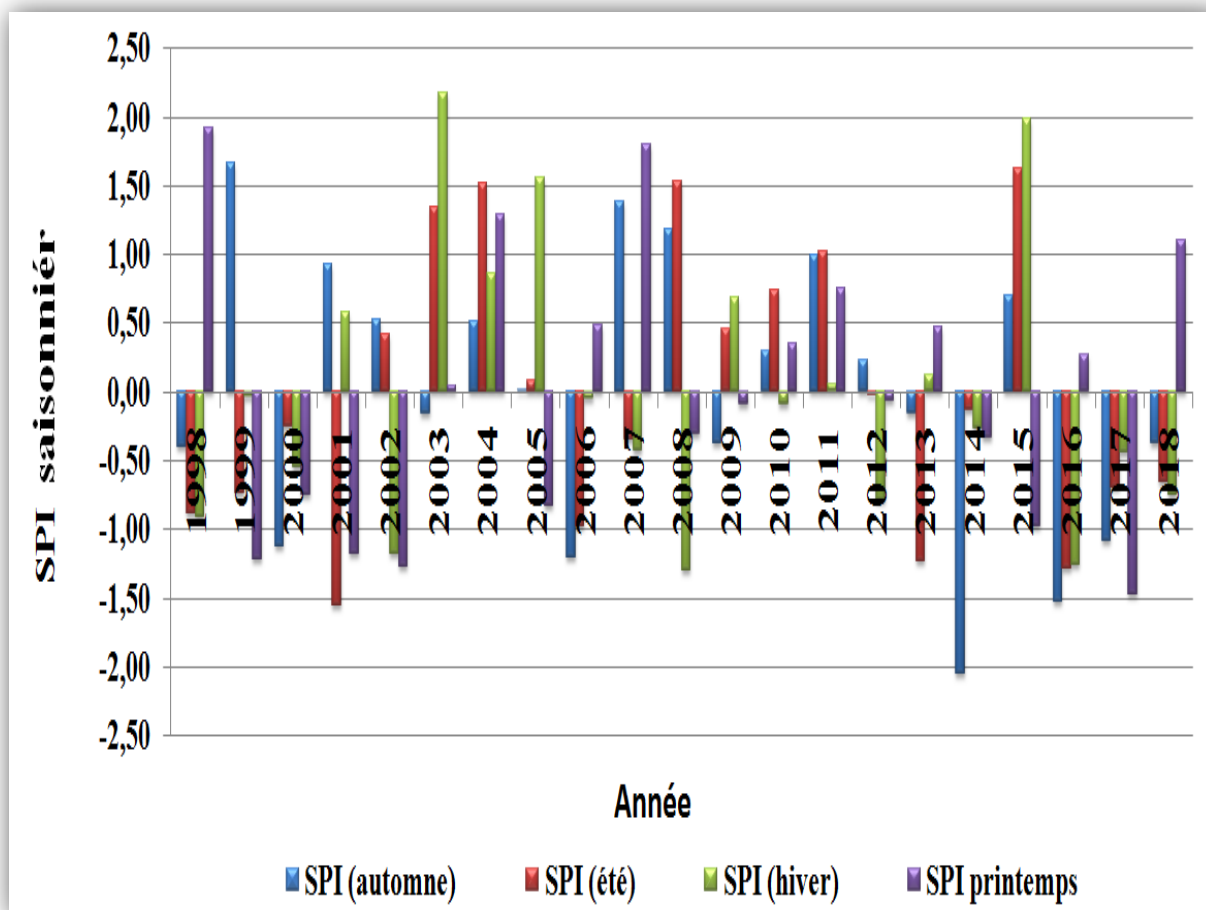


Figure 12 : Evolution de l'intensité saisonnière de la sécheresse (SPI) durant la période (1998 – 2018).

La figure montre les indices (SPI) saisonniers, les alternances annuelles visualisées à la **figure 12** sont remarquées. On remarque aussi que l'indice saisonnier le plus élevée est celui de l'année la plus pluvieuse, est les indices saisonniers de l'année 2017 confirme que c'est l'année la moins pluvieuse.

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

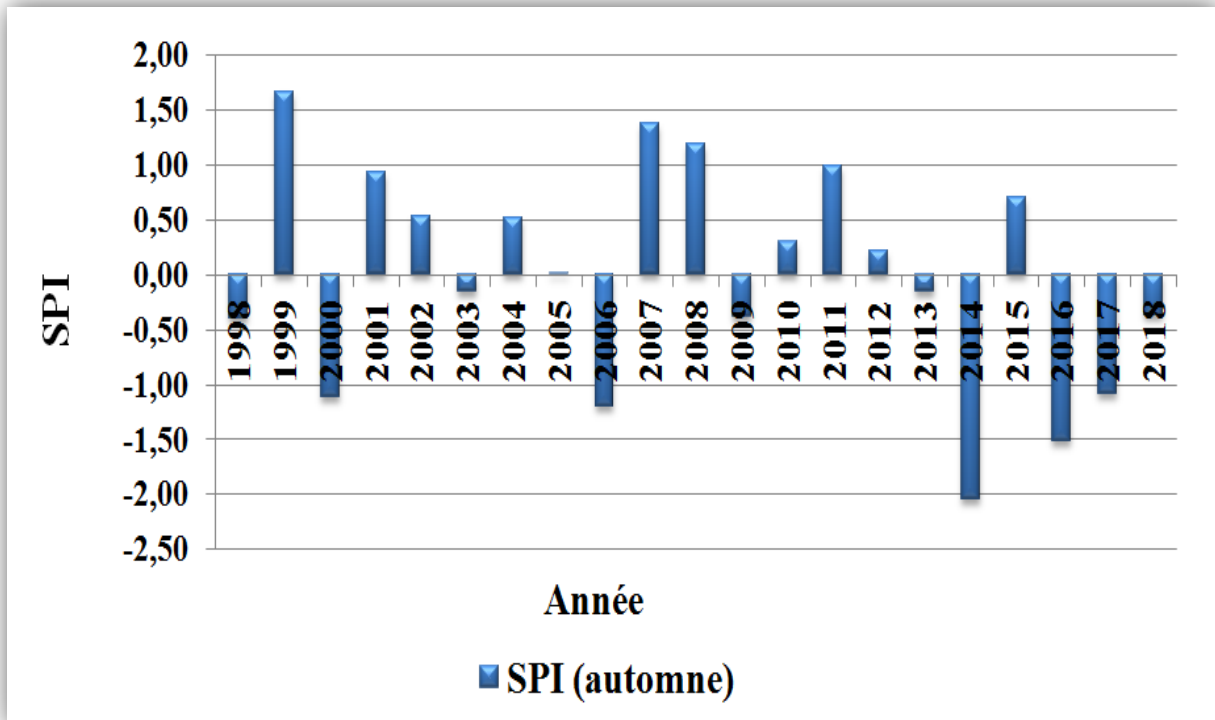


Figure 13 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'Automne) dans la région sur la période d'étude (1998-2018).

- Une prédominance d'automne normale, 11 automnes normaux sur 20.
- Une période caractérisée par une légère sécheresse durant les années suivantes (1998, 2003, 2009, 2013, 2018), avec un SPI entre (0 et - 0.99), alors on peut dire que la région peut être exposée à une légère sécheresse d'une fréquence d'une fois tous les 3 ans.
- Pour les deux années 2006 et 2017, les résultats montrent une sécheresse modérée caractérisée par un SPI varié entre -1 et -1.49 donc elle peut être répétée une fois par 10 ans.
- Une seule année (2016) caractérisée par une grande sécheresse, SPI égale à -1.52 avec une probabilité d'occurrence d'une fois tous les 20 ans.
- Durant les 20 années étudiées seulement en 2014 que la région de BBA a été exposée à une sécheresse extrême ou l'SPI est estimé par -2.1, donc la fréquence d'occurrence est une fois tous les 50 ans.

B) Hiver : on a remarqué deux phases :

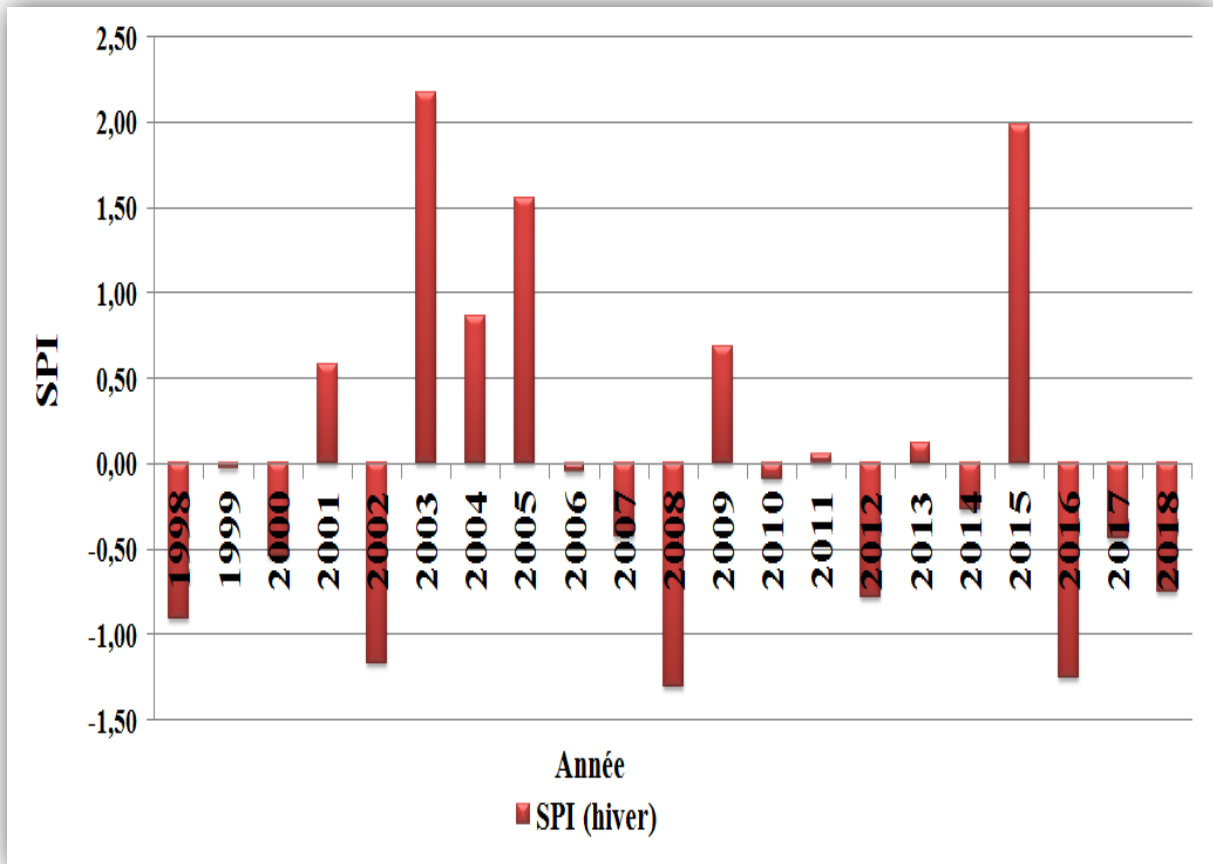


Figure 14 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Hiver) dans la région sur la période d'étude (1998-2018).

Selon **la figure 14** on note que :

- 10 années sont caractérisées par une période légèrement sèche plus remarquable, par un intervalle d'SPI de 0 à -0,99, avec une probabilité d'occurrence d'une seule fois tous les 3 ans.
- sauf trois années (2002, 2008 et 2016) qui sont caractérisées par une sécheresse modérée avec un SPI entre -1 à -1,49, cette catégorie de sécheresse à une probabilité d'occurrence d'une fois tous 10 ans.
- Pendant tous les hivers de 20 ans la région ne subit aucune période d'une grandes ou extrêmement sèche.

C) Printemps

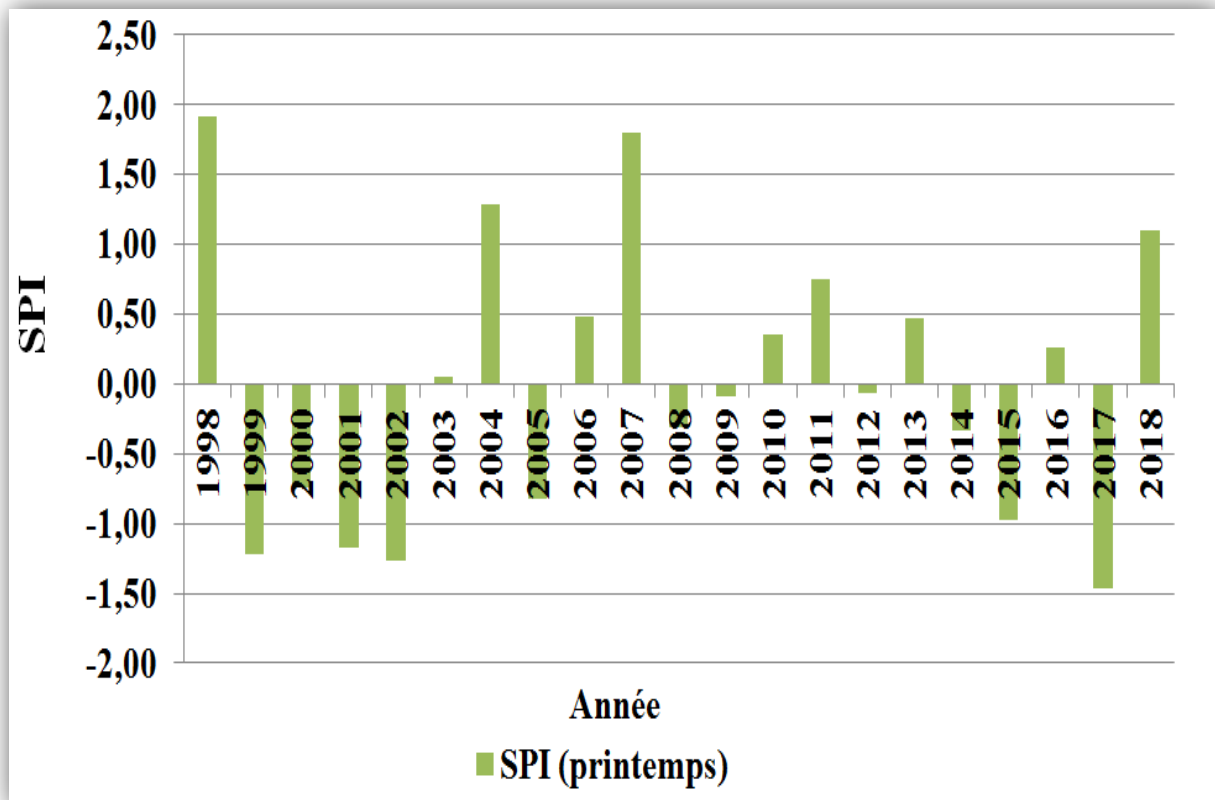


Figure 15 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, Printemps) dans la région sur la période d'étude (1998-2018).

- Par rapport à la saison du printemps des années étudiés (**figure 15**) on distingue :
- une première phase caractérisée par une légère sécheresse pendant 7 ans. La probabilité d'occurrence de cette catégorie de sécheresse est 33 fois sur 100 ans avec une fréquence d'une seule fois tous les 3 ans.
- La deuxième phase caractérisée par une sécheresse modérée durant 4 ans (1999, 2001, 2002 et 20017) avec un SPI entre - 1.46 et -1.17. La probabilité d'occurrence sur 100 ans est 10 fois, avec une fréquence d'une fois tous les 10 ans.
- On remarque l'absence des périodes extrêmement sèche.

D) Été

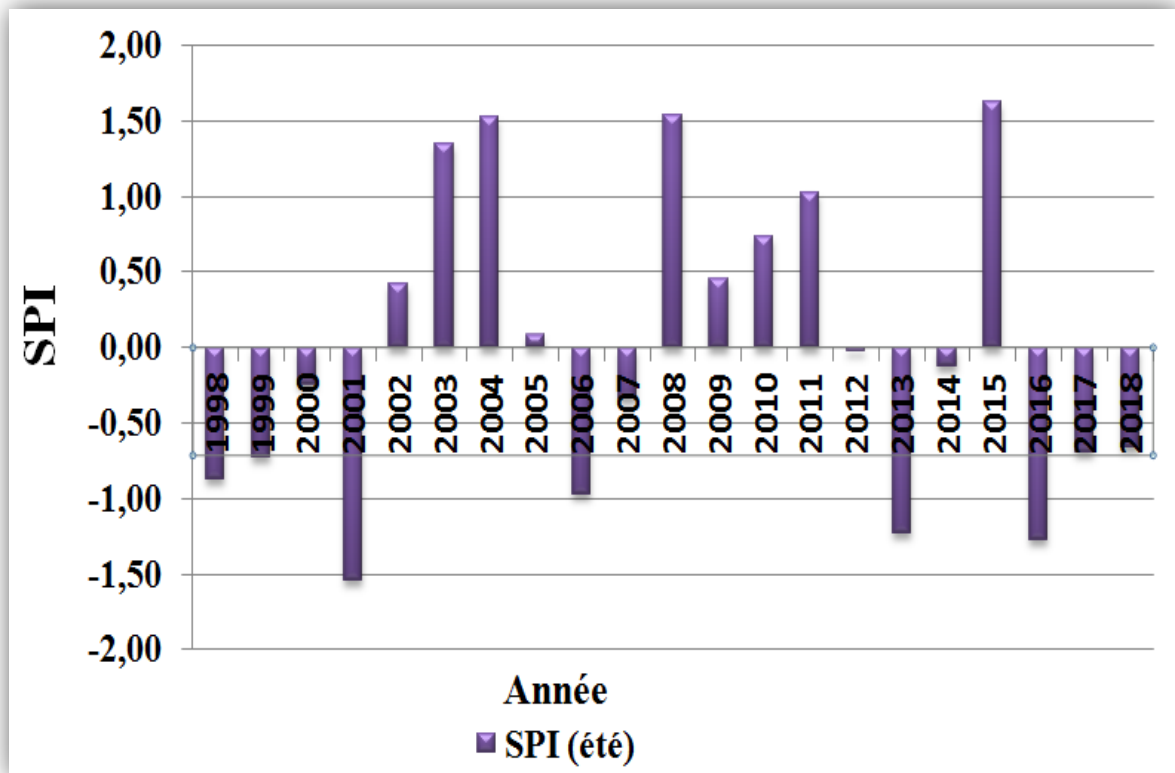


Figure 16 : Evolution de l'intensité de la sécheresse (SPI, d'été) dans la région sur la période d'étude (1998-2018).

Durant la période 1998 - 20108 la saison d'été a été caractérisée par : (**figure 16**)

- 9 ans avec une légère sécheresse (SPI entre -0,97 et -0,03), donc elle peut revenir une fois tous les 3 ans.
- Deux années seulement d'une sécheresse modérée, en 2007 SPI= -1,28 et 2013 SPI= -1,24, ou la probabilité d'occurrence est de 10 sur 100 ans, donc elle peut revenir une fois par 10 ans.
- SPI= -1,55 montre que l'année 2001 passe par un été très sec.

D'après les histogrammes de l'Spi saisonnière on remarque que plus le degré de sécheresse augmente plus la fréquence d'occurrence diminue, à titre d'exemple l'automne de l'année 2014 caractérisé par une extrême sécheresse, sa fréquence d'occurrence une fois tous les 50 ans seulement, par contre l'automne d'année 1998 caractérisé par une légère sécheresse avec une fréquence d'occurrence d'une fois tous les 3 ans.

1.4. Le diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) exprimées en mm et les températures (T) exprimée en degrés Celsius, avec $P=2T$. (Benseghie. A., 2006).

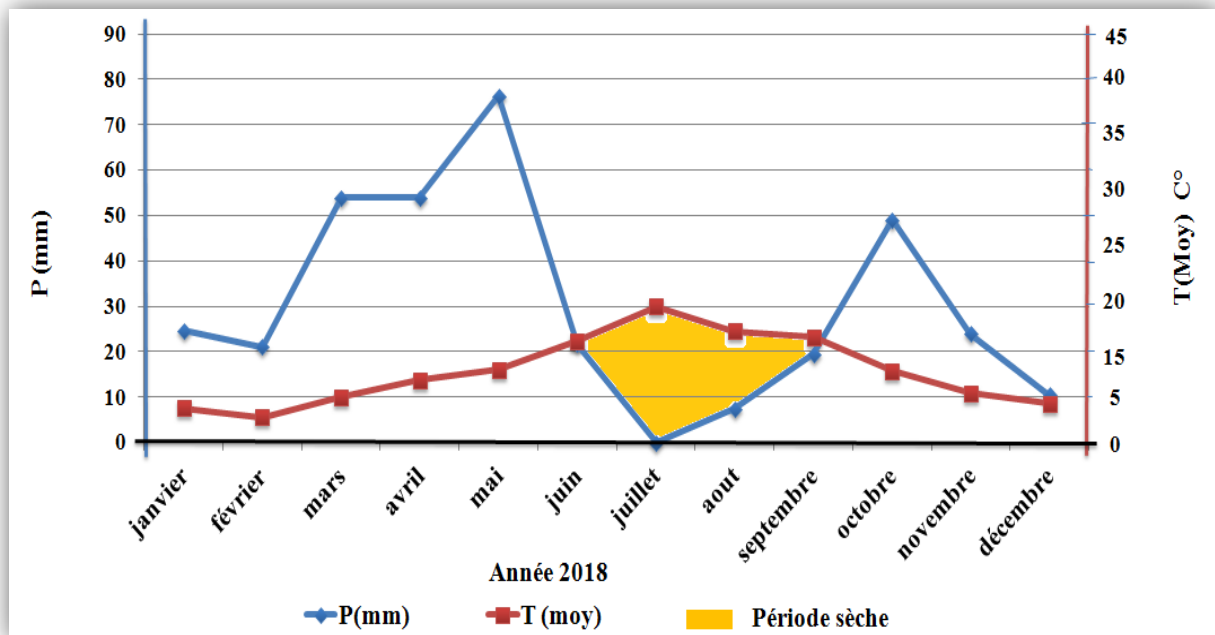


Figure 17 : Diagramme Ombrothermique de BBA en 2018.

A travers le diagramme Ombrothermique ci-dessous, nous avons observé que la période sèche à BBA comprend trois mois à (mi-juin jusqu'à mi-septembre), avec une forte sécheresse durant les mois de Juillet et Aout (Figure 17). Les mois situés en dehors de cette période (de début de janvier jusqu'à mi-mai et de mi-septembre à la fin de décembre) constituent la période humide ($P=2T$).

2. Synthèse et discussion

Plusieurs manifestations climatiques récentes de grande ampleur ont poussé la communauté mondiale à s'intéresser aux changements climatiques et à leurs impacts sur les ressources en eau. Parmi elles, on peut citer la sécheresse qui affecté les pays du Maghreb, et l'Algérie en particulier, depuis les années 1970. (**Meddi et al., 2009**).

Le climat méditerranéen est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale. (**Benabadji et Bouazza., 2000**). Il se distingue essentiellement par des étés chauds et secs et une forte irrégularité des pluies. Une pluviométrie annuelle, comprise entre 600 mm et 1000 mm pour les payes du Nord et proche de 400 mm pour certains pays du Sud (. **Benyettou et Bouklikha., 2017**).

L'Algérie est caractérisée par l'existence de cinq étages bioclimatiques sur lesquels l'influence méditerranéenne s'atténue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer. C'est-à-dire du Nord vers le Sud (humide, sub-humide, semi-aride, aride et saharien) (**Ghennai, 2014**).

D'après (**Bouragba, 2015**) La région de Bord Bou Arreridj se caractérise par un étage bioclimatique semi-aride. Ou les précipitations sont irrégulière, de 200 a 400 mm par an (**Azizou et Madani., 2015**). L'exploitation des données des précipitations annuelles de cette région sur une période qui s'étale de 1998 à 2018 montre que les années 2003 et 2004 sont les années les plus pluvieuses avec une valeur des précipitations d'environ de 600 mm, et les 18 ans qui reste sont intégrés dans les normes de l'étage bioclimatique semi aride, ce qui confirme que notre région est située dans ce dernier.

Sur le palan saisonnier (**Benabadji et Bouazza., 2000**) indiquent que le climat méditerranéen est caractérisé par une concentration hivernale des précipitations, l'été étant sec. A partir de nos résultats on remarque que les précipitations les plus importantes sont celles du printemps suivie par l'hiver, et la saison la plus sèche c'est l'été.

L'étude des probabilités de sécheresse aux nord-est Algérien était faite en 2018 par (**Merabti, 2018**), se basant sur les résultats de SPI-12 pour l'échelle annuelle et SPI-3 pour l'échelle saisonnière, l'application de l'indice SPI à l'échelle de 12 mois durant la période 1979 à 2013 a permis de détecter plusieurs séquences de sécheresses qui ont touché la région.

Les plus sèbres sont celles enregistrées aux années 1979, 1993,1996 et la plus récente en 2001. La comparaison de nos résultats avec celle de (**Merabti, 2018**), confirme que l'année 2001 a été passé par une période de sécheresse (modérément sec), on remarque aussi une période modérément sèche en 2016 et une autre sévèrement sèche durant l'année 2017.

L'étude de (**Mrabti, 2018**), n'indique pas une aggravation des évènements de sécheresse dans la région de nord-est Algérien. C'est le cas de ce présent travail qui confirme les résultats précédents, plus que la moitié de la série est caractérisée par une période proche à la normale (60 %), ce qui reste des années (40 %) sont devisées également entre la période sèche et la période humide.

Les résultats issus de la comparaison des calculs de l'indice SPI sur deux échelles différentes du temps (SPI sur 3 mois et SPI sur 12 mois) indiquent que plus le degré de sévérité de sécheresse augmente plus la fréquence d'occurrence diminue, à titre d'exemple l'automne de l'année 2014 caractérisé par une extrême sécheresse, sa fréquence d'occurrence une fois tous les 50 ans seulement avec une valeur de l'SPI estimé par -2.04 , par contre l'automne d'année 1998 caractérisé par une légère sécheresse avec une fréquence d'occurrence d'une fois tous les 3 ans par un SPI de -0.40.

La sécheresse est un phénomène naturel avec des effets néfastes sur l'agriculture et les ressources en eau (**Mrabti. A, 2018**), et une perte économiques importantes. (**Ramdini, 2016**).

Selon (**Smadhi D. et al., 1997**) des résultats statistiques et cartographiques montrent des variations spatio-temporelles qui sont traduites par des déficits et des sécheresses durant les phases de croissances des cultures, justifiant la faiblesse des rendements céréaliers, de la région des hautes plateaux en Algérie (représentée par trois wilayets, en l'occurrence Bordj Bou Arréridj, Sétif et Mila).

Une augmentation des températures moyennes mensuelles ou annuelles se traduirait par une augmentation du nombre de jours dont les températures dépasseraient certains seuils critiques. Il est moins sûr que les précipitations connaîtront une modification de leur fréquence ou de leur distribution, mais les températures élevées conjuguées à la sécheresse constituent le plus grand danger du changement climatique global pour l'agriculture dans de

nombreuses régions (**Khalidi, 2005**). Dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj la température moyenne de la période (1997-2006) égale à 15 °C, alors que celle de la période (2007-20014) augmente pour atteindre 17 °C (**Rebouh et Saoud, 2015**), ou on a marqué d'après nos résultats une diminution d'environ de 5 mm de la moyenne des précipitations annuelles entre ces deux périodes.

Sous l'effet de la sécheresse treize forages a sec a Bordj Bou Arréridj, au nord, quatre communes de Djaâfra et une de Medjana sont approvisionnées du barrage Tichihaf (Béjaïa) depuis la fin du mois de juillet dernier, en attendant les trois communes restantes (Zemmoua, Ouled Dahmane et Tassameurt) qui devront être raccordées au réseau avec la mise en service de la conduite qui alimentera les six communes de Sétif. Les communes de l'est, à savoir Birkasdali, Aïn Taghrout et Khelil et une partie de Ras El Oued, sont alimentées depuis le barrage de Aïn Zada. Mais beaucoup de communes ont subi la pénurie de plein fouet depuis l'été 2017. Ainsi, sur les 53 forages affiliés à l'ADE, 13 sont à sec et 9 autres résiliés par la DRE. Entre autres, le forage Mougirène 1, à Bordj Ghedir, asséché depuis juillet 2009, Mougirène 2 est tombé à sec en mois d'août 2017, Guerya à Medjana a subi le même sort simultanément, Aïn Soltane est asséché depuis le mois d'avril 2017, Djouher 1 à Birkasdali, et Mechta Tasserra en mois d'août 2017 et Bir Aissa en février 2017 (**Allouache, 2018**).

Parmi les Conséquences économiques de la sécheresse sur l'élevage, les crises fourragères et l'augmentation des prix des aliments pour le cheptel. (**Ramdini, 2016**). (**Semara L et al., 2018**) ont observent une réduction des effectifs du cheptel bovin et des surfaces consacrées aux fourrages dans les régions semi-aride algériennes, ainsi qu'une chute de la proportion d'exploitations spécialisées en élevage bovin et en production laitière. Parmi les causes de cette réduction l'influence des conditions climatiques locales marquées, notamment ces dernières années, par un déficit et une irrégularité des précipitations et de longs épisodes de sécheresse.

Beaucoup des conséquences sociales et sanitaires peuvent être provoquées par la sécheresse comme la limitation des usages (arrosage des jardins, lavage des voitures, arrosage des terrains de sport) peut engendrer des conflits d'usage importants sur les secteurs les plus touchés : actes de malveillance, manifestations,... (**Ramdini, 2016**).

A cause des conséquences néfastes de la sécheresse mentionnées précédemment, on valorise notre travail et on confirme leur l'importance.

Conclusion

Le présent travail porte sur une étude qui vise à déterminer l'évolution temporelle des précipitations et l'état de la sécheresse climatique de la région de Bordj Bou Arreridj sur une période de 20 ans de 1998 à 2018, et la création d'une application de calcul de SPI.

Nous avons développé notre recherche sur des données climatiques nécessaires au diagnostic de la région étudiée obtenues auprès de Station météorologique de Boumergued BBA (SMB).

Les principaux résultats obtenus montrent une alternance des périodes supérieures à la moyenne et inférieures à cette dernière. Cette alternance est irrégulière par rapport à sa durée. Sur le plan climatique, la région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen, avec un étage bioclimatique semi-aride marqué par un été chaud sec et un hiver plus ou moins rigoureux, avec une valeur maximale des précipitations de 551.4 mm et une valeur minimale égale à 214.2 mm.

Les calculs de l'indice SPI sur une période de 20 ans, allant de 1998 jusqu'à 2018, ont permis de détecter les périodes sèche et humide. Les résultats obtenus ont montré que la région de Bordj Bou Arreridj est une région semi-aride. Cette dernière a subi un changement climatique au cours des 20 dernières années. Selon l'indice SPI la saison sèche s'étale sur la même période (entre 1998 et 2001), dont plus que la moitié de la série est caractérisée par une période proche à la normale (60 %), ce qui reste de la période du (40 %) sont divisées également entre la période sèche et la période humide.

Les indices (ISP) saisonniers montrent les alternances annuelles visualisées par les précipitations. On remarque aussi que l'intensité des épisodes de sécheresse sont concentrées aux niveaux des étés suivi par les automnes et enfin les hivers et les printemps.

Vue les résultats obtenus le rationnement dans l'utilisation de l'eau est une importance primordiale, surtout c'est concerne la population et l'eau virtuelle dans l'agriculture.

A notre avis personnel, nous pensons que parmi les autres raisons de changement climatique de notre région, être une zone industrielle. À cause de l'émission des gazes industrielles qui provoque une pollution d'air, et la rende vulnérable à la sécheresse. Par

conséquent, la diligence est nécessaire pour minimiser ces activités, Et intervenir avant qu'il ne soit trop tard.

Notre travail est distingué par la création d'une application de caractérisation permet de calculer l'indice de l'SPI pour faciliter l'opération de calculs sans passer par tous les étapes longues et complexes. C'est pour cela on espère que les étudiants des futures promotions vont continuer de travailler et développer ce noyau.

Références bibliographiques

- **Allouache M. (2018).** Sous l'effet de la sécheresse treize forages à sec à bordj Bou Arreridj. Sur *WWW.elwatan.com*. Consulté le 22/06/2019 à 11h51 min.
- **ANDI. (2013).** Agence nationale de développement de l'investissement, wilaya de Bordj Bou Arreridj, p17.
- **ANIREF. (2011).** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière, Monographie de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj, p 6.
- **Arléry R. Grisolle and Guilement B. (1973).** -climatologie (Méthodes et pratiques). Ed Gauthier Villars paris France, pp, 03-05.
- **Azizou Amira and Madani Hadjer. (2015).** Contribution à l'étude climatique et bioclimatique du barrage Ghrib dans la wilaya d'Ain defla. Mémoire de master, université d'université de Djillali Bounaama Khemis Miliana, 42p.
- **Bemmousat F (2004).** Relation bioclimatique et physiologique des peuplements halophytes .Thèses . Université de Tlemcen 92p.
- **Benabadji N. et Bouazza M. (2000)** - Quelques modifications climatiques intervenues dans le sud-ouest de l'Oranie (Algérie occidentale). *Rev. Énerg. Ren.*, vol. 3, p. 117-125.
- **Benchetrit M. (1956).** Les sols d'Algérie. *Revue de Géographie Alpine*, 44: 749-761.
- **Bensghir Abderrahim. (2006).** Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) en zone aride (commune de Doucen - w. Biskra). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, université de Biskra, 92 p.
- **Benyettou Mohamed Abdelkader Et Bouklikha Abdellah. (2017).** Variations et tendances des températures et des précipitations journalières en Algérie. Projet de fin d'Etudes pour l'obtention du diplôme de Master, Université Abou Bekr Belkaid, 68 p.
- **Bouragba Nadjat. (2015).** Contribution à l'étude des minéralisations de la chaîne des Azerou (chaîne des Bibans, Bordj Bou Arrirdj). Université Ferhat Abbas-Setif, diplôme de magister, p 79.
- **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). (2013).** Le climat : observer le passé, préserver l'avenir. N° 15, 40p.
- **Djalal Brahmi. (2014).** Analyse spatio-temporelle des pluies en algérie. Master du master, université Abou Bekr Belkaid, 48p.

- **Farah Abdelhafid Karim. (2014).** Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. Université Constantine 1, thèse Magistère, p 108.
- **Ghennai Nabil. (2012).** Etude des rapports et des corrélations entre le régime bioclimatique et les incendies de forêts (cas de l'Est-Algérien), Mémoire fin d'étude de Magister, p 91.
- **Giorgi Filippo, Lionello Piero. (2008).** Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63 90–104.
- **Greg P., 2009.** Microsoft Visual Basic 6. Paris, ed. Pearson, 820 p.
- **Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2007).** Changement climatique 2007 (rapport de synthèse). 103 p.
- **Guttman, N.B. (1994).** On the sensitivity of sample L moments to sample size. *Journal of Climate*, 7(6):1026–1029.
- **Hamlaoui-Moulai Leila, Mesbah Mohammad Souag-Gamane Doudja, Medjerab Aabderrahman. (2013).** Detecting hydro-climatic change using spatiotemporal analysis of rainfall time series in Western Algeria. *Nat Hazards* 65:1293–1311.
- **Jouilil I., Bitar K., Salama H., Amraoui , Mokssit A., Tahiri M. (2013).** Larhyss Journal, N° 12, Janvier 2013, p 109-127.
- **Khaldi Aabdekader. (2005).** Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida».Thèse de doctorat, université D'ORAN, 230 p.
- **Laib Assia. (2015).** L'impact du changement climatique sur ses hydrosystemes Constantinois. Mémoire de magistère, université Constantine 1, 133 p.
- **L'HOTE Yann. (1993).** Mesure et étude des précipitations en hydrologie. Université de Montpellier fi USTL, deust - genie hydro sanitaire et aquacole, 14 p.
- **MATE. (2003).** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires a l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie. 361 p.
- **Meddi Mohamed. (2003) :** Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du nord-ouest de l'Algérie. Centre universitaire de Khemis Miliaria, N° 278, 235p.
- **Meddi M., Talia A., Martin C. (2009).** Evolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). *Géographie Physique et Environnement*, pp, 61-84.

- **Merabti Abdelaziz. (2018).** Caractérisation, variabilité et prévision de la sécheresse dans le Nord-est Algérien. Ecole nationale supérieure d'hydraulique Abdellah Arbaoui, thèse de doctorat, p 11.
- **Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005).** Ecosystemes and human well-being : desertification synthesis, Island Press, Washington D.C, 137P.
- **Nichane M, Khelil M A. (2015).** Changements climatiques et ressources en eau en Algérie vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. N°.21, pp. 15-23.
- **OMM., (2006).** Organisation météorologique mondiale, suivi de la sécheresse et alerte précoce: principes, progrès et enjeux futurs, N° 1006, p 28.
- **OMM., (2010).** Organisation météorologique mondiale, Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial 2009, N° 1055, p 13.
- **OMM. (2012).** Organisation météorologique mondiale, Guide D'utilisat d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé, N° 1090, p25.
- **Rabah Mamou, Alexandre Boissinot, Messaoud Benseidhoum, Mensour Amroun Et Faiza Marniche. (2014).** Rev. Ivoir. Sci. Technol., (23), p259 – 273.
- **Ramdini Meriem. (2016).** Etude de la Sécheresse, cas du bassin versant de la Soummam. Mémoire de master, école nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdellah, Blida,, 68p
- **Rebouh Nazih Yasser, Saoud Bilal. (2015).** Impact des changements climatique sur la production céréalière au niveau des hauts plateaux Bordj Bou Arreridj. Mémoire de master, université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, 45p).
- **Sebbar A, Badri W, Fougrach H, Hsaine M et Slaoui A. (2011).** Etude de la variabilité du régime pluviométrique au Maroc septentrional (1935-2004), Sécheresse vol. 22, N°. 3, pp48-139.
- **Semara Lounis, Madani Toufik, Mouffok Charefeddine , Belkasmi Farida. (2018).** Réaction des éleveurs bovins des régions semi-arides algériennes face aux contraintes économiques et climatiques, vol 27, N°06, p 8.
- **Smadhi.D, Semiani.M, Mouhouche.B, Zella.L. (1997).** Pluviometrie Et Cerealiculture : Cas des Hauts-plateaux de l'est Algerien, vol 1, N° 21, P 7-16.
- **Spinoni Jonathan, Naumann Gustavo, Carrao Hugo , Barbosa Paulo, Vogt Jurgen. (2014)** World drought frequency, duration, and severity for 1951–2010. Int. J. Climatol. 34: 2792–2804.
- **Station météorologique de Boumergued Bordj Bou Arreridj (SMB), (1998-2018).**

- **Wilhite D. A., Glantz M. H. (1985):** Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, p 10, 11-120.
- **Zenzane Walid. (2016).** Utilisation du S.I.G pour l'analyse de la structure de la forêt d'Ouennougha dans la Wilaya de Bordj Bou Arréridj, Diplôme de MASTER Académique Foresterie. Université de Tlemcen, p 60.

Annexe

```
Private Sub commande_Click(Index As Integer)
```

```
' Declaration des variables
```

```
' Entiers
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim Y As Integer
```

```
' Reels
```

```
Dim moy As Double
```

```
Dim moyn As Double
```

```
Dim rms2 As Double
```

```
Dim vari As Double
```

```
Dim sigma As Double
```

```
' Tableaux
```

```
Dim X() As Double
```

```
If Text1.Text = "" Then
```

```
intResponse = MsgBox("Nombre des valeurs ?")
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
n = Val(Text1.Text)
```

```
Y = Val(Text2.Text)
```

```
For i = 0 To n - 1
```

```
ReDim Preserve X(i)
```

$X(i) = \text{Val}(\text{textx}(i).\text{Text})$

Next i

moy = 0

rms2 = 0

For i = 0 To n - 1

moy = moy + X(i)

rms2 = rms2 + X(i) * X(i)

Next i

moy = moy / Y

rms2 = rms2 / Y

vari = Y * (rms2 - moy * moy) / (Y - 1)

sigma = vari ^ 0.5

If textx(0).Text = "" Then

ISP1 = "pas de valeur"

Else

ISP1 = (X(0) - moy) / sigma

End If

If textx(1).Text = "" Then

ISP2 = "pas de valeur"

Else

ISP2 = (X(1) - moy) / sigma

End If

If textx(2).Text = "" Then

ISP3 = "pas de valeur"

Else

ISP3 = (X(2) - moy) / sigma

End If

If textx(3).Text = "" Then

ISP4 = "pas de valeur"

Else

```
ISP4 = (X(3) - moyn) / sigma
End If
If textx(4).Text = "" Then
ISP5 = "pas de valeur"
Else
ISP5 = (X(4) - moyn) / sigma
End If
If textx(5).Text = "" Then
ISP6 = "pas de valeur"
Else
ISP6 = (X(5) - moyn) / sigma
End If
If textx(6).Text = "" Then
ISP7 = "pas de valeur"
Else
ISP7 = (X(6) - moyn) / sigma
End If
If textx(7).Text = "" Then
ISP8 = "pas de valeur"
Else
ISP8 = (X(7) - moyn) / sigma
End If
If textx(8).Text = "" Then
ISP9 = "pas de valeur"
Else
ISP9 = (X(8) - moyn) / sigma
End If
If textx(9).Text = "" Then
ISP10 = "pas de valeur"
Else
ISP10 = (X(9) - moyn) / sigma
End If
If textx(10).Text = "" Then
ISP11 = "pas de valeur"
```

```
Else
ISP11 = (X(10) - moyn) / sigma
End If
If textx(11).Text = "" Then
ISP12 = "pas de valeur"
Else
ISP12 = (X(11) - moyn) / sigma
End If
If textx(12).Text = "" Then
ISP13 = "pas de valeur"
Else
ISP13 = (X(12) - moyn) / sigma
End If
If textx(13).Text = "" Then
ISP14 = "pas de valeur"
Else
ISP14 = (X(13) - moyn) / sigma
End If
If textx(14).Text = "" Then
ISP15 = "pas de valeur"
Else
ISP15 = (X(14) - moyn) / sigma
End If
If textx(15).Text = "" Then
ISP16 = "pas de valeur"
Else
ISP16 = (X(15) - moyn) / sigma
End If
If textx(16).Text = "" Then
ISP17 = "pas de valeur"
Else
ISP17 = (X(16) - moyn) / sigma
End If
If textx(17).Text = "" Then
```



```
ISP18 = "pas de valeur"  
Else  
ISP18 = (X(17) - moy) / sigma  
End If  
If textx(18).Text = "" Then  
ISP19 = "pas de valeur"  
Else  
ISP19 = (X(18) - moy) / sigma  
End If  
If textx(19).Text = "" Then  
ISP20 = "pas de valeur"  
Else  
ISP20 = (X(19) - moy) / sigma  
End If  
If textx(20).Text = "" Then  
ISP21 = "pas de valeur"  
Else  
ISP21 = (X(20) - moy) / sigma  
End If  
If textx(21).Text = "" Then  
ISP22 = "pas de valeur"  
Else  
ISP22 = (X(21) - moy) / sigma  
End If  
If textx(22).Text = "" Then  
ISP23 = "pas de valeur"  
Else  
ISP23 = (X(22) - moy) / sigma  
End If  
If textx(23).Text = "" Then  
ISP24 = "pas de valeur"  
Else  
ISP24 = (X(23) - moy) / sigma  
End If
```

```
If textx(24).Text = "" Then
ISP25 = "pas de valeur"
Else
ISP25 = (X(24) - moy) / sigma
End If
If textx(25).Text = "" Then
ISP26 = "pas de valeur"
Else
ISP26 = (X(25) - moy) / sigma
End If
If textx(26).Text = "" Then
ISP27 = "pas de valeur"
Else
ISP27 = (X(26) - moy) / sigma
End If
If textx(27).Text = "" Then
ISP28 = "pas de valeur"
Else
ISP28 = (X(27) - moy) / sigma
End If
If textx(28).Text = "" Then
ISP29 = "pas de valeur"
Else
ISP29 = (X(28) - moy) / sigma
End If
If textx(29).Text = "" Then
ISP30 = "pas de valeur"
Else
ISP30 = (X(29) - moy) / sigma
End If
If textx(30).Text = "" Then
ISP31 = "pas de valeur"
Else
ISP31 = (X(30) - moy) / sigma
```

```
End If
If textx(31).Text = "" Then
ISP32 = "pas de valeur"
Else
ISP32 = (X(31) - moyn) / sigma
End If
If textx(32).Text = "" Then
ISP33 = "pas de valeur"
Else
ISP33 = (X(32) - moyn) / sigma
End If
If textx(33).Text = "" Then
ISP34 = "pas de valeur"
Else
ISP34 = (X(33) - moyn) / sigma
End If
If textx(34).Text = "" Then
ISP35 = "pas de valeur"
Else
ISP35 = (X(34) - moyn) / sigma
End If
If textx(35).Text = "" Then
ISP36 = "pas de valeur"
Else
ISP36 = (X(35) - moyn) / sigma
End If
If textx(36).Text = "" Then
ISP37 = "pas de valeur"
Else
ISP37 = (X(36) - moyn) / sigma
End If
If textx(37).Text = "" Then
ISP38 = "pas de valeur"
Else
```

ISP38 = (X(37) - moyn) / sigma

End If

If textx(38).Text = "" Then

ISP39 = "pas de valeur"

Else

ISP39 = (X(38) - moyn) / sigma

End If

If textx(39).Text = "" Then

ISP40 = "pas de valeur"

Else

ISP40 = (X(39) - moyn) / sigma

End If

If textx(40).Text = "" Then

ISP41 = "pas de valeur"

Else

ISP41 = (X(40) - moyn) / sigma

End If

If textx(41).Text = "" Then

ISP42 = "pas de valeur"

Else

ISP42 = (X(41) - moyn) / sigma

End If

If textx(42).Text = "" Then

ISP43 = "pas de valeur"

Else

ISP43 = (X(42) - moyn) / sigma

End If

If textx(43).Text = "" Then

ISP44 = "pas de valeur"

Else

ISP44 = (X(43) - moyn) / sigma

End If

If textx(44).Text = "" Then

ISP45 = "pas de valeur"

```

Else
ISP45 = (X(44) - moyn) / sigma
End If
If textx(45).Text = "" Then
ISP46 = "pas de valeur"
Else
ISP46 = (X(45) - moyn) / sigma
End If
If textx(46).Text = "" Then
ISP47 = "pas de valeur"
Else
ISP47 = (X(46) - moyn) / sigma
End If
If textx(47).Text = "" Then
ISP48 = "pas de valeur"
Else
ISP48 = (X(47) - moyn) / sigma
End If
If textx(48).Text = "" Then
ISP49 = "pas de valeur"
Else
ISP49 = (X(48) - moyn) / sigma
End If
If textx(49).Text = "" Then
ISP50 = "pas de valeur"
Else
ISP50 = (X(49) - moyn) / sigma
End If

```

```

textresult.Text = "valeur ISP1" & Chr(9) & ISP1 & Chr(9) & "valeur ISP2" &
Chr(9) & ISP2 & Chr(9) & "valeur ISP3" & Chr(9) & ISP3 & Chr(9) & "valeur ISP4" &
Chr(9) & ISP4 & Chr(9) & "valeur ISP5" & Chr(9) & ISP5 & Chr(9) & "valeur ISP6" &
Chr(9) & ISP6 & Chr(9) & "valeur ISP7" & Chr(9) & ISP7 & Chr(9) & "valeur ISP8" &

```

Chr(9) & ISP8 & Chr(9) & "valeur ISP9" & Chr(9) & ISP9 & Chr(9) & "valeur ISP10" &
Chr(9) & ISP10 & Chr(9) & "valeur ISP11" & Chr(9) & ISP11 & Chr(9) & "valeur ISP12" &
Chr(9) & ISP12 & Chr(9) & "valeur ISP13" & Chr(9) & ISP13 & Chr(9) & "valeur ISP14" &
Chr(9) & ISP14 & Chr(9) & "valeur ISP15" & Chr(9) & ISP15 & Chr(9) & "valeur ISP16" &
Chr(9) & ISP16 & Chr(9) & "valeur ISP17" & Chr(9) & ISP17 & Chr(9) & "valeur ISP18" &
Chr(9) & ISP18 & Chr(9) & "valeur ISP19" & Chr(9) & ISP19 & Chr(9) & "valeur ISP20" &
Chr(9) & ISP20 & Chr(9) & "valeur ISP21" & Chr(9) & ISP21 & Chr(9) & "valeur ISP22" &
Chr(9) & ISP22 & Chr(9) & "valeur ISP23" & Chr(9) & ISP23 & Chr(9)

textresult2.Text = "valeur ISP24" & Chr(9) & ISP24 & Chr(9) & "valeur ISP25" &
Chr(9) & ISP25 & Chr(9) & "valeur ISP26" & Chr(9) & ISP26 & Chr(9) & "valeur ISP27" &
Chr(9) & ISP27 & Chr(9) & "valeur ISP28" & Chr(9) & ISP28 & Chr(9) & "valeur ISP29" &
Chr(9) & ISP29 & Chr(9) & "valeur ISP30" & Chr(9) & ISP30 & Chr(9) & "valeur ISP31" &
Chr(9) & ISP31 & Chr(9) & "valeur ISP32" & Chr(9) & ISP32 & Chr(9) & "valeur ISP33" &
Chr(9) & ISP33 & Chr(9) & "valeur ISP34" & Chr(9) & ISP34 & Chr(9) & "valeur ISP35" &
Chr(9) & ISP35 & Chr(9) & "valeur ISP36" & Chr(9) & ISP36 & Chr(9) & "valeur ISP37" &
Chr(9) & ISP37 & Chr(9) & "valeur ISP38" & Chr(9) & ISP38 & Chr(9) & "valeur ISP39" &
Chr(9) & ISP39 & Chr(9) & "valeur ISP40" & Chr(9) & ISP40 & Chr(9) & "valeur ISP41" &
Chr(9) & ISP41 & Chr(9) & "valeur ISP42" & Chr(9) & ISP42 & Chr(9) & "valeur ISP43" &
Chr(9) & ISP43 & Chr(9) & "valeur ISP44" & Chr(9) & ISP44 & Chr(9) & "valeur ISP45" &
Chr(9) & ISP45 & Chr(9) & "valeur ISP46" & Chr(9) & ISP46 & Chr(9)

textresult3.Text = "valeur ISP47" & Chr(9) & ISP47 & Chr(9) & "valeur ISP48" &
Chr(9) & ISP48 & "valeur ISP49" & Chr(9) & ISP49 & Chr(9) & "valeur ISP50" & Chr(9) &
ISP50

End Sub

Private Sub Image2_Click()

End Sub

```
Private Sub textx_Change(Index As Integer)
```

```
End Sub
```

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'évolution de la sécheresse climatique au niveau de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj, qui se situe dans les hautes plaines de l'est de l'Algérie, sur une période de temps s'étale de 1998 à 2018. A cet effet, nous avons choisis l'indice Standardisé de Précipitation (SPI) sur deux échelles : SPI-12 pour l'échelle annuelle et SPI-3 pour l'échelle saisonnière. Les résultats obtenus indiquent un changement climatique défavorable, ce changement est exprimé par la diminution des précipitations annuelles. De plus cette évolution est accompagnée par des périodes de temps sèches, ses effets indirects dans le temps peuvent avoir des impacts économiques, agricoles, hydrologiques ou sociaux. En fin notre travail est distingué par la création d'une application de caractérisation permet de calculé facilement l'indice de l'ISP en utilisant (l'environnement visual basic).

Mot clés

Sécheresse, Précipitation, Programmation, Indice Standardisé de Précipitation (ISP), Bordj Bou Arreridj.

Abstract

The aim of this work is to study the evolution of climate droughts in the state of Bordj Bou Arreridj, located in the high plains of eastern Algeria, over a period from 1998 to 2018. For this purpose, we chose the standardized precipitation index on SPI-12 for annual measurement and SPI-3 for seasonal measurement. The results obtained indicate an unfavorable climate change, and this change is reflected in the annual fall in precipitation. Moreover, this development is accompanied by dry periods of time, and its indirect effects over time can have economic, agricultural, hydrological or social effects. In the end, our work is characterized by the creation of an application that allows the SPI index to be easily calculated using a program l'environnement visual basic

Key words

Drought, precipitation, programming, Standardized Precipitation Index (SPI), Bordj Bou Arreridj.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تطور الجفاف المناخي على مستوى ولاية برج بوعريريج ، والتي تقع في السهول الوسطى العالية من شرق الجزائر على مدى فترة زمنية تتراوح ما 1998 و 2018. لهذا الغرض ، اخترنا مؤشر الهطول القياسي (SPI) على مقياسين SPI-12 : للقياس السنوي و SPI-3 للقياس الموسمي. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى تغير مناخي غير موات ، ويعبر عن هذا التغير بانخفاض التساقط السنوي. علاوة على ذلك ، يصاحب هذا التطور فترات جافة من الزمن ، ويمكن أن يكون لآثاره غير المباشرة بمرور الوقت تأثيرات اقتصادية أو زراعية أو هيدرولوجية أو اجتماعية. في النهاية ، يتميز عملنا بإنشاء تطبيق يسمح بحساب مؤشر SPI بسهولة باستخدام برنامج (l'environnement visual basic)

الكلمات المفتاحية

الجفاف ، هطول الأمطار ، البرمجة ، مؤشر الهطول القياسي (SPI) ، برج بوعريريج.