

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana



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

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en Sciences Agronomiques

Spécialité: Aménagement hydro-agricole

Analyse des indices de sécheresse dans le nord algérien.

Thème

Présenté par :

Hammoudi Azzeddine

Benaïssa Farouk

Évalué le 11/11/2020 par le jury composé de:

Président : Mr IMESSAOUDEN Y

MAA

UDB Khemis-Miliana

Promotrice: Mme KARAHACHANE H

MAA

UDB Khemis-Miliana

Examinatrice: Mme BOUAÏCHI I

MAA

UDB Khemis-Miliana

Année universitaire: 2019 / 2020

Dédicace

Tout d'abord je tiens à remercier le bon Dieu pour m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour réussir et de m'avoir éclairci le chemin tout au long de ma vie.

Je dédie le fruit de ce modeste travail qui n'est qu'un geste de gratitude envers ceux que j'aime :

- ✓ A mes chers parents notamment Ma mère, que Dieu ait pitié d'elle
- ✓ A ma famille, Ishak, Rahma , Oumaima Ratil Anfal Fatima et Aridj.
- ✓ A mes chères amies : Redha , Toufik, Yacine, Abd Elkader.
- ✓ A toute promotion de spécialité aménagement hydro-agricole 2019/2020.

HAMMOUDI Azzeddine

Dédicace

Tout d'abord je tiens à remercier le bon dieu pour m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour réussir et de m'avoir éclairci le chemin tout au long de ma vie.

Je dédie le fruit de ce modeste travail qui n'est qu'un geste de gratitude envers ceux que j'aime :

- ✓ A mes chers parents
- ✓ A ma famille, ASSII , ELINE , ABIR .
- ✓ A toutes promotions de spécialité aménagement hydro-agricole 2019/2020.

BENAISSA Farouk

Remerciement

*Nous remercions tout d'abord Allah le tout puissant de la force et l'aide qui nous a
donné pour réaliser ce travail.*

*À l'heure où nous apportons la touche finale à ce mémoire, nous tenons à remercier tout
d'abord les personnes qui nous ont permis de réaliser ce mémoire, nos chaleureux
remerciements à notre promotrice : **KARAHACANE Hafsa**, pour ses précieux conseils
et orientations qu'il nous a prodigué tout au long de ce travail.*

*Comme nous remercions également **Mr IMESSAOUDEN Y** pour avoir accepté
d'évaluer ce travail et de présider le jury, ainsi que **Mme BOUAÏCHI I** d'avoir accepté
d'examiner ce travail et de faire partie du jury.*

*Enfin un grand merci à toutes nos reconnaissances et gratitude envers tous les
enseignants, les responsables et les agents de la Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie et des Sciences de la Terre, Département des sciences agronomiques à l'université de
Djilali Bounaama Khemis Miliana sans exceptions*

RESUME

Ce travail porte sur une analyse de sécheresse basée sur le calcul de plusieurs indices de caractérisation de sécheresse. Les séries mensuelles des données climatiques de température et de précipitation de 44 stations climatiques ont été utilisées. Ces stations sont réparties sur trois régions de l'Algérie du nord à savoir : l'Est, l'Ouest et le centre.

Le calcul des indices climatiques comme l'indice standardisé de précipitation (SPI) à échelle annuelle et saisonnière, l'indice de rapport à la normal (RN), l'indice d'aridité de De Martonne aussi le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnols font l'objet d'application dans cette étude.

Les résultats obtenus montrent que du nord de l'Algérie était affecté par une sécheresse sévère aux années 1980 et 1999 plus accentuée dans la région occidentale du nord de l'Algérie. L'analyse de la sécheresse du nord Algérie permet de constater que la région d'ouest est plus affectée par la sécheresse que les régions d'est et centrale, en étudiant différents indicateurs liés à la sécheresse.

Mots Clés : Sécheresse météorologique, indices de sécheresse, SPI, RN, diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnols, Nord Algérie.

ABSTRACT

This work concerns a drought analysis based on the calculation of several drought characterization indices. The monthly series of temperature and precipitation climate data from 44 weather stations were used. These stations are spread over three regions of northern Algeria namely: East, West and Center.

The calculation of climatic indices such as the standardized precipitation index (SPI) on different scales, annual and seasonal, the ratio to normal index (RN), the De Martonne aridity index also the ombrothermic diagram de Gaussen and Bagnols are applied in this study.

The results obtained show that northern Algeria was affected by a severe drought in the 1980s and 1999 which was more pronounced in the western region of northern Algeria. Analysis of the drought in northern Algeria shows that the western region is more affected by drought than the eastern and central regions, by studying different indicators related to drought.

Keywords: Meteorological drought, drought indices, SPI, RN, Gaussen and Bagnols ombrothermal diagram, North Algeria.

ملخص

يتعلق هذا العمل بتحليل الجفاف بناءً على حساب العديد من مؤشرات توصيف الجفاف. تم استخدام السلسلة الشهرية لبيانات مناخ درجات الحرارة وهطول الأمطار من 44 محطة أرصاد جوية. تنتشر هذه المحطات على ثلاث مناطق في شمال الجزائر وهي: الشرق والغرب والوسط.

حساب المؤشرات المناخية مثل مؤشر هطول الأمطار المعياري (SPI) على مختلف قياسات زمنية (السنوية والموسمية والشهرية) والنسبة إلى المؤشر العادي (RN) ومؤشر الجفاف De Martonne وأيضًا الرسم البياني الشامل للحرارة Bagnols و Gausson تم تطبيقهم في هذه الدراسة.

تظهر النتائج أن شمال الجزائر قد تأثر بجفاف شديد في الثمانينيات و 1999 وكان أكثر وضوحاً في المنطقة الغربية من شمال الجزائر. يوضح تحليل الجفاف في شمال الجزائر أن المنطقة الغربية أكثر تأثراً بالجفاف من المناطق الشرقية والوسطى، من خلال دراسة المؤشرات المختلفة المتعلقة بالجفاف.

الكلمات المفتاحية: جفاف الأرصاد الجوية ، مؤشرات الجفاف ، SPI ، RN ، Bagnols &Gausson ، شمال الجزائر.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Relations entre les différents types de sécheresse -DMNC, USA (OSS, 2013).....	6
Figure 2 : Succession de situations de sécheresse et de leurs incidences pour les différents types de sécheresse (D.M.N.C).....	10
Figure 3 : Relief de la zone d'étude (source : ANRH).	20
Figure 4 : Carte des étages bioclimatiques de l'Algérie du Nord. (Source : Agence National d'Aménagement du Territoire)	20
□ L'atlas tellien se caractérise par des précipitations comprises entre 600 et 1000 mm/an.(PNUD, 2015)	
Figure 5 : Répartition des pluies annuelles sur le Nord de l'Algérie. (Source : ANRH, 2008).....	21
Figure 6 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)	29
Figure 7 : Evolution de SPI-12 pour la région ouest des stations étudiées (1980-2019).	35
Figure 8 : Evolution de SPI-12 pour la région centre des stations étudiées (1980-2019).	36
Figure 9 : Evolution de SPI-12 pour la région ouest Est stations étudiées (1980-2020).	38
Figure 10 : Classification des séquences de sécheresse selon (SPI-12) en (%).	39
Figure 11 : Evolution de SPI-03 d'automne pour la région ouest des stations étudiées (1980-2020).40	
Figure 12 : Evolution de SPI-03 d'automne pour la région centre des stations étudiées (1980-2020).42	
Figure 13 : Evolution de SPI-03d'automne pour la région Est des stations étudiées (1980-2020)...44	
Figure 14 : Evolution de SPI-03 pour la région ouest des stations étudiées (1980-2020).	45
Figure 15 : Evolution de SPI-03 pour la région ouest des stations étudiées (1980-2020).	47
Figure 16 : Evolution de SPI-03de hiver pour la région centre des stations étudiées (1980-2020) .48	
Figure 17 : Evolution de SPI-03 de printemps pour la région ouest des stations étudiées (1980-2020).....	50
Figure 18 : Evolution de SPI-03 de printemps pour la région centre des stations étudiées (1980-2020).....	52
Figure 19 :Evolution de SPI-03 de printemps pour la région Est des stations étudiées (1980-2020).54	
Figure 20 : Rapport à la normale des précipitations (RN%)pour la région ouest des stations (1980-2020).....	67
Figure 21 : Rapport à la normale des précipitations (RN%)pour la région Centre des stations (1980-2020).	68
Figure 22 : Rapport à la normale des précipitations (RN%) pour la région Est des stations (1980-2020).....	70

LISTE DES TABLEAUX

Table 1 : Classification des impacts liés à la sécheresse (modifié d'après Wilhite, 1993).	Erreur ! Signet non défini
Table 2 : Classification des séquences de sécheresse selon SPI	14
Table 3 : Classification d' PDSI2.....	15
Table 4 : Indicateurs relevés dans les statistiques agricoles correspondant à l'année agricole 2002 – 2003.	23
Table 5 : caractéristique de différents stations de nord algérié.....	25
Table 6 : Classification du SPI proposée pour l'assurance indexée.	28
Table 7 : Classification d'indice d'aridité de De Martonne.....	30
Table 8 : Analyse de Diagramme ombrothermique la région ouest des stations étudiées (1980-2020).....	54
Table 9 : Analyse de Diagramme ombrothermique de la région centre des stations étudiées (1980-2020).....	58
Table 10 : Analyse de Diagramme Ombrothermique de pour la région Est des stations étudiées (1980-2020).	60
Table 11 : Analyse de Indice d'aridité de de Martonne de la région ouest des stations étudiées (1980-2020).	63
Table 12 : Analyse de Indice d'aridité de De Martonne de la région centre des stations étudiées (1980-2020).	64
Table 13 : Analyse de Indice d'aridité de De Martonne de la région Est des stations étudiées (1980-2020).....	64

LISTE DES ABREVIATIONS

FAO : Food Agriculture Organisation,

OSS : Observation du Sahara et du Sahel

OMM : Organisation mondiale de la météorologie.

IDMP : Programme de gestion intégrée des sécheresses

SAU : superficie agricole utile

SAT : superficie agricole totale

D.M.N.C : Drought Mitigation National Center ; centre national de la lutte contre la sécheresse

ANRH : Agence nationale des ressources hydrauliques

CCNUCC : Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

PNUD : Programme des Nations unies pour le développement

TABLE DES MATIERES

Résumés

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralité sur la sécheresse

I.1 Introduction Erreur ! Signet non défini.

I.2 Définition de sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.3 Classification de sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.3.1 Sur la base de l'étude Erreur ! Signet non défini.

I.3.1.1 Météorologique Erreur ! Signet non défini.

I.3.1.2 Hydrologique Erreur ! Signet non défini.

I.3.1.3 Agricole Erreur ! Signet non défini.

I.3.1.4 Socio-économique. Erreur ! Signet non défini.

I.3.2 Période d'occurrence. Erreur ! Signet non défini.

I.3.2.1 Sécheresse des zones permanente Erreur ! Signet non défini.

I.3.2.2 Sécheresse saisonnière Erreur ! Signet non défini.

I.3.2.3 Sécheresse éventuelle Erreur ! Signet non défini.

I.4 Relation entre différent types de sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.5 Causes de la sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.6 Impact de la sécheresse 7

I.7 Surveillance de sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.7.1 Qu'est-ce qu'un système d'alerte précoce à la sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.7.2 Différence entre les indicateur et les indices de sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.7.3 Définition le Programme de gestion intégrée des sécheresses (IDMP): Erreur ! Signet non défini.

I.7.4 Objectif de Programme de gestion intégrée des sécheresses Erreur ! Signet non défini.

I.8 Quelques des indices de sécheresse Erreur ! Signet non défini.

I.8.1 Rapport à la normal (RN) Erreur ! Signet non défini.

I.8.2 Indice de l'écart à la moyenne (Em) Erreur ! Signet non défini.

I.8.3 Indice Standardisé des Précipitations (SPI) Erreur ! Signet non défini.

I.8.4 Indice PDSI (Indice de gravité de la sécheresse de Palmer) Erreur ! Signet non défini.

I.8.5 Indice CMI (Indice d'humidité des cultures) Erreur ! Signet non défini.

I.8.6 Indice SWSI (Indice d'approvisionnement en eau de surface) Erreur ! Signet non défini.

I.9 Conclusion 16

Chapitre II: présentation de la zone étude

II.1 Introduction 18

II.2 Présentation de la zone d'étude 18

II.2.1 Situation géographique. 18

TABLE DES MATIERES

II.2.2 Relief	18
II.2.3 Climat	20
II.2.4 Précipitation	21
II.2.5 Ressources en eau :	22
II.2.6 Ressources en sols	23
II.2.7 Ressources forestiers	23
II.3 Conclusion	24

Chapitre III : présentation de la zone étude

III.1 Introduction	25
III.2 Données	25
III.2.1 Précipitation et température	25
III.3 Méthodologie	27
III.3.1 Indice	27
III.3.2 Indice climatique de sécheresse.....	27
III.3.2.1 Indice standardisé de précipitations SPI	27
III.3.2.2 Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnols (Le bourgeois et Piedallu.2005).....	29
III.3.2.3 Rapport à la normale des précipitations (RN)	29
III.3.2.4 Indice d'aridité de De Martonne	30
III.4 Conclusion	31

Chapitre IV: Résultats et Discussions

IV.1 Introduction	34
<i>Ce chapitre s'intéresse à présenter les résultats des indices calculés qui sont définis dans le chapitre précédent, avec interprétation des résultats obtenus suivie d'une discussion générale.</i>	34
IV.2 Indice Standardisé de Précipitation (SPI).....	34
IV.2.1 Echelle annuelle (SPI-12).....	34
IV.2.1.1 Région centre.....	34
IV.2.1.2 Région centre.....	36
IV.2.1.3 Région de Est.....	37
IV.2.2 Caractérisation de la sécheresse	38
IV.2.3 Echelle mensuelle (SPI-3)	40
IV.2.3.1 Région d'ouest (Automne)	40
IV.2.3.2 Région de Centre (Automne)	41
IV.2.3.3 Région de Est (Automne).....	43
IV.2.3.4 Région de ouest (Hiver)	45
IV.2.3.6 Région Est (Hiver)	47
IV.2.3.8 Régions de centre (Printemps)	51
IV.2.3.9 Régions de l'Est (Printemps).....	53
IV.3 Diagramme ombrothermique	54

TABLE DES MATIERES

IV.3.1. Région d'ouest	54
IV.3.2 Région centre	58
V.3.3 Région Est.....	60
<i>IV.4 Indice d'aridité de Martonne.....</i>	<i>63</i>
IV.4.1 Région ouest.....	63
IV.4.2 Région de centre	64
IV.4.3 Région de Est	64
<i>IV.5 Rapport à la normale</i>	<i>66</i>
IV.5.1 Région de Ouest.....	66
IV.5.2 Regions de Centre.....	67
IV.5.3 Région Est	69
<i>IV.6 Discussion</i>	<i>70</i>
IV.6.1 Rapport à la normale des précipitations (RN%) et l'indice standardisé de précipitation (SPI-12):	70
IV.6.2 La Comparaison entre le 2 indice de précipitation standardisé SPI-12 et SPI-3.....	71
IV.6.3 l'indice d'aridité De Martonne et Diagramme Ombrothermique de Gauss(1953).....	71
<i>IV.7 Conclusion</i>	<i>71</i>
CONCLUSION GENERALE.....	72
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	



Introduction

Introduction

La sécheresse est un phénomène récurrent du climat. Elle diffère des autres fluctuations climatiques par le fait qu'elle s'installe lentement et se développe au cours des mois voire des années. Elle peut affecter des espaces assez larges. Cependant, ses caractéristiques varient d'une région à une autre (**OSS, 2013**).

Dans son sillage, une grave sécheresse peut laisser une dévastation totale. L'impact d'une grave sécheresse est normalement très étendu, affectant à la fois l'environnement physique et la viabilité des activités socio-économiques telles que la production agricole et agroalimentaire, la gestion des ressources en eau, les processus industriels et l'utilisation municipale et commerciale de l'eau (**Evans, 2008**).

L'Algérie connaît déjà une accentuation des sécheresses et donc l'aggravation des phénomènes de désertification, salinisation des sols, pollution des eaux superficielles et par conséquent dégradation progressive des ressources en eau. De même les inondations qui continuent à sévir au nord comme au sud, seraient plus importantes en terme de fréquence surtout durant le printemps et l'automne (**Nichane & Khelil, 2015**).

L'objectif de ce travail consiste à mettre en évidence les principaux indices d'appréciation de la sécheresse sous différentes formes intéressant les acteurs de l'eau et les agricultures en particulier. Des exemples de calcul des différents indices sont donnés à titre explicatif des méthodes de calcul manuelles. Pour cela les données mensuelles relatives aux quarante-deux stations climatiques de Nord algérien entre 1980 et 2019 divisés en trois régions l'Est, Centre, Ouest.

Ce mémoire est structuré comme suit :

Une introduction générale explicative du contenu du travail.

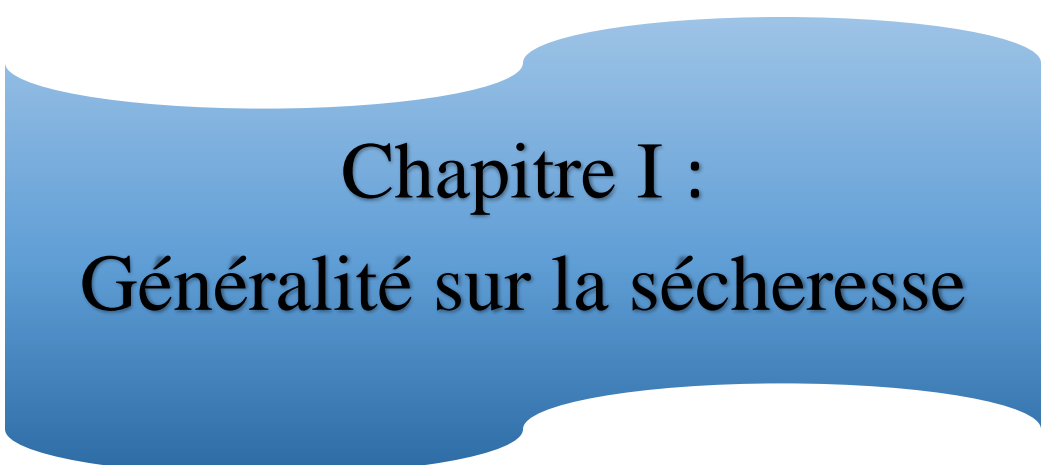
Le premier chapitre : recherche bibliographique comprend les définitions et les concepts explicatifs du phénomène de la sécheresse.

Le deuxième chapitre : regroupant une présentation du cadre physique du nord Algérie (situation géographique, climat, relief, les ressources en eaux, les ressources en sol, et les ressources forestières).

Le troisième chapitre : porte sur les indices de sécheresse climatique et leurs méthodes de calcul.

Le dernier chapitre : il est consacré à la discussion des résultats ainsi obtenus.

Une conclusion générale contient la synthèse des résultats pertinents.



Chapitre I :
Généralité sur la sécheresse

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous discutons le concept de la sécheresse, y compris sa définition, ses types et son cause et conséquences de sécheresse. Aussi la surveillance de sécheresse grâce à quelques indices de sécheresse les plus souvent utilisés et le programme intégré de la gestion de sécheresse et son objectif.

I.2 Définition de sécheresse

La sécheresse étant un phénomène très complexe et moins bien compris, et un phénomène aux nombreuses caractéristiques spécifiques. Il n'y a pas de définition précise et universelle de la sécheresse. À l'exception du concept de la sécheresse est une période de temps chaud et sec (**Kogan, 2019**).

D'après FAO 1996, la sécheresse est une longue période de précipitations insuffisantes, généralement une ou plusieurs saisons, la pénurie d'eau provoque un déficit dans certains secteurs de l'économie d'un pays (agriculture, hydro-électrique, tourisme). La sécheresse doit être considérée par rapport:

- ✓ A certaine condition moyenne à long terme du bilan final des précipitations et de l'évapotranspiration dans une région particulière.
- ✓ L'échelle temporelle.
- ✓ A l'efficacité des précipitations.

I.3 Classification de sécheresse

Un certain nombre de systèmes de classification de la sécheresse sont disponibles dans la littérature. La sécheresse peut être classée selon la perspective de l'étude, la période d'occurrence.

I.3.1 Sur la base de l'étude

Wilhite et Glantz (1985) ont classé la sécheresse en quatre catégories, à savoir : météorologique, hydrologique, agricole et socio-économique (**Eslamian et Eslamian, 2016**).

I.3.1.1 Météorologique

La sécheresse météorologique est caractérisée par des précipitations insuffisantes. Il s'agit donc d'une période qui peut varier d'un mois ou à l'autre, voire dans des cas extrêmes, voire de plusieurs années, pendant lesquelles les précipitations sont inférieures à la normale (**Benyahia, 2016**).

Certaines définitions de la sécheresse météorologique ont été élaborées pour être appliquées dans divers pays du monde

1. Moins de 2,54 mm de pluie en 48 heures (États-Unis).
2. 15 jours, dont aucun n'a atteint 0,25 mm (Grande-Bretagne).
3. Lorsque les précipitations annuelles sont inférieures à 180 mm (Libye).
4. Les précipitations saisonnières effectives sont déficitaires de plus de deux fois l'écart moyen (Inde).
5. Une période de 6 jours sans pluie (Indonésie) (Wilhite and Glantz, 1985).

I.3.1.2 Hydrologique

La sécheresse hydrologique est liée à une période où les ressources en eau de surface et souterraines sont insuffisantes pour les utilisations établies d'un système de gestion des ressources en eau donné. Les données sur le débit des cours d'eau ont été largement appliquées pour l'analyse de la sécheresse hydrologique (Dracup et al., 1980; Sen, 1980; Zelenhasic & Salvai, 1987; Chang & Stenson, 1990; Frick et al., 1990; Mohan & Rangacharya, 1991; Clausen & Pearson, 1995). Les analyses de régression qui établissent un lien entre les sécheresses dans le débit des cours d'eau et les propriétés des bassins versants montrent que la géologie est l'un des principaux facteurs influençant les sécheresses hydrologiques (Mishra & Singh, 2010).

I.3.1.3 Agricole

La sécheresse agricole est déclarée lorsqu'un approvisionnement en eau déficient ne peut pas répondre à la demande agricole. Le principal facteur est ici le manque d'humidité du sol, de sorte que les cultures ne peuvent pas obtenir suffisamment d'eau pour une croissance et une maturation normales. Le degré d'une sécheresse agricole peut varier en fonction de facteurs tels que le type de sol (certains sols retiennent l'humidité plus efficacement que d'autres et sont donc moins sujets à la sécheresse) et d'autres conditions environnementales. En outre, les facteurs météorologiques sont importants : par exemple, des températures plus élevées et des conditions venteuses ont pour effet d'accroître l'assèchement des sols (Evans, 2008).

I.3.1.4 Socio-économique

Définir la relation entre l'offre et la demande de matières premières économiques et certains éléments de sécheresse météorologique, hydrologique ou agricole. La survenue de ce type de sécheresse dépend des changements temporels et spatiaux de l'offre et la demande. La demande sur les produits de base tels que les céréales alimentaires, l'eau, le poisson, et l'énergie hydroélectrique, qui dépend toujours des conditions climatiques, dépasse l'offre de produits, une sécheresse socio-économique se produit (Gherbi, 2017).

I.3.2 Période d'occurrence

Sur la base de la période d'occurrence, la sécheresse peut être classée en trois classes :

I.3.2.1 Sécheresse des zones permanente

Les zones de sécheresse permanente comprennent les régions arides, sèches et désertiques en permanence. En raison de l'insuffisance des précipitations et du manque d'installations d'irrigation, seule la végétation telle que les cactus, les xérophytes et les arbustes épineux pousse généralement dans ces régions (Eslamian et Eslamian, 2016).

I.3.2.2 Sécheresse saisonnière

Cela se produit dans des régions au climat pluvieux (humide) et sec (régions de mousson) clairement défini et peut être le résultat d'une circulation saisonnière à grande échelle (Eslamian et Eslamian, 2016).

I.3.2.3 Sécheresse éventuelle

Elle est le résultat de précipitations irrégulières et variables, en particulier dans les régions humides et subhumides. L'apparition de ces sécheresses peut coïncider avec de grandes périodes de croissance des cultures lorsque les besoins en eau sont critiques et que les impacts sont les plus importants, c'est-à-dire sous la forme d'une réduction du rendement (Eslamian and Eslamian, 2016).

I.4 Relation entre différent types de sécheresse

Ces différents types de sécheresse sont évidemment intimement liés. Tout d'abord, les sécheresses agricoles, forestières, hydrologiques ou socio-économiques se manifestent dans un deuxième temps par rapport aux sécheresses météorologiques. Lorsqu'il y a un déficit pluviométrique, la sécheresse agricole est la première à être sentie, le secteur agricole étant le premier à être affecté du fait

de sa dépendance directe à l'humidité du sol, facilement épuisable. Il faut cependant souvent plusieurs semaines de déficit Avant que les cultures et les pâturages soient atteints. Ces effets continuent d'augmenter avec le temps dans la mesure où la sécheresse participe aussi à l'augmentation de la demande en eau, dont l'offre est justement contrainte par cette même sécheresse. Les utilisateurs des eaux des nappes sont souvent les derniers à être affectés par la sécheresse et sont aussi les derniers à connaître le retour des niveaux normaux des eaux (OSS, 2013).

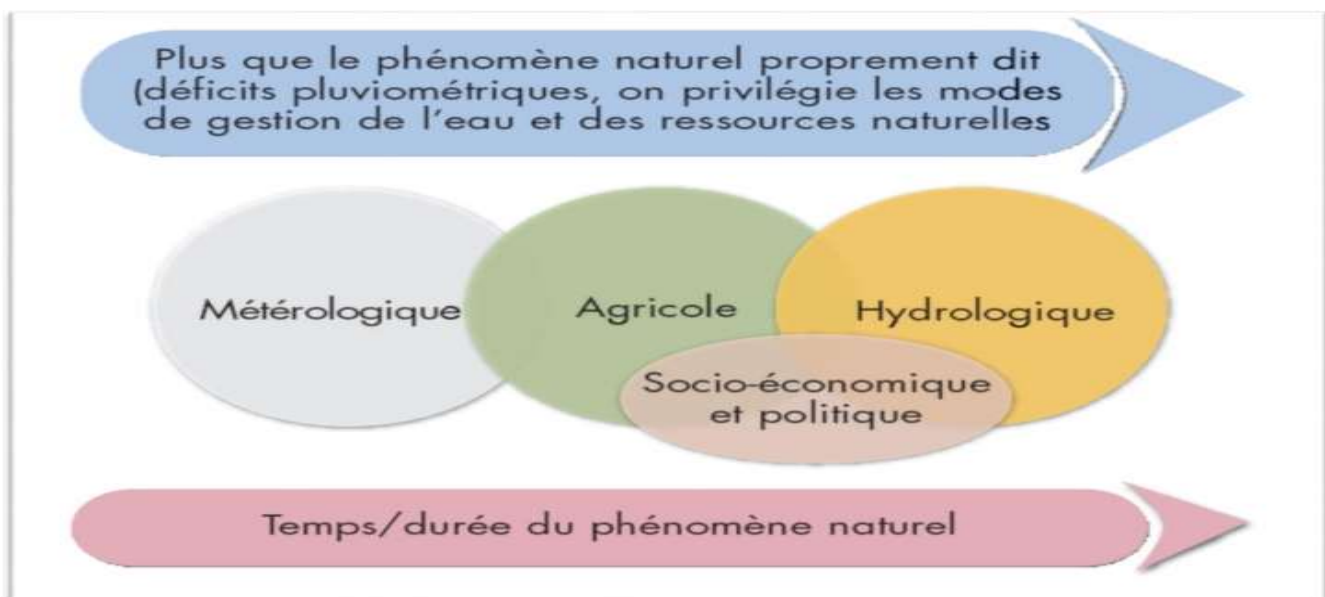


Figure 1 : Relations entre les différents types de sécheresse -DMNC, USA (OSS, 2013).

I.5 Causes de la sécheresse

I.5.1 Insuffisance des précipitations

Les sécheresses se produisent chaque fois qu'il y a des périodes prolongées de déficit pluviométrique pendant une saison ou plus et généralement lorsqu'il n'y a pas de précipitations prévues. Lorsqu'une région connaît de longues périodes sans pluie, en particulier pendant plus d'une saison, la situation entraîne des conditions sèches et un manque d'eau qui sont qualifiés de sécheresse (Sonia, 2016).

Les agriculteurs, par exemple, plantent en prévision de la pluie et, lorsqu'il ne pleut pas comme prévu, ils sont confrontés à des conditions de sécheresse. Dans ce cas, on parle souvent de sécheresse agricole (Sonia, 2016).

I.5.2 Causes humaines

Les activités humaines jouent un rôle relativement important dans la gestion du cycle de l'eau. Les actes humains tels que la déforestation, la construction et l'agriculture ont un impact négatif sur le cycle de l'eau. Les arbres et la couverture végétale sont essentiels pour le cycle de l'eau car ils contribuent à limiter l'évaporation, à stocker l'eau et à attirer les précipitations (Sonia, 2016).

I.5.3 Assèchement du flux d'eau de surface

Les lacs, les rivières et les ruisseaux sont les principaux fournisseurs d'eaux de surface en aval dans diverses régions géographiques du Monde. Pendant les saisons extrêmement chaudes ou en raison de certaines activités humaines, les surfaces d'eau libres peuvent s'assécher en aval, ce qui contribue à la sécheresse significative ainsi que la demande en eau devient supérieure à l'eau disponible. Les systèmes d'irrigation et les barrages hydroélectriques font partie des activités humaines susceptibles de réduire considérablement la quantité d'eau s'écoulant en aval vers d'autres zones (Sonia, 2016).

I.5.4 Réchauffement climatique

Les actions humaines ont conduit à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, entraînant une augmentation continue de la température moyenne de la terre. En conséquence, l'évaporation et l'évapotranspiration ont augmenté et des températures plus élevées ont entraîné des incendies de forêt et des sécheresses à long terme. Le réchauffement climatique a tendance à aggraver les conditions de sécheresse. La pire sécheresse en Afrique subsaharienne est liée au réchauffement climatique et au changement climatique (Sonia, 2016)

I.6 Impact de la sécheresse

D'après Wilhite (1993) la sécheresse peut impacter trois secteurs à savoir :

I.6.1 Sur le secteur économique

Une sécheresse grave et de longue durée peut nuire à l'économie d'un pays sous la forme de pertes de production agricole, la production de bétail, la production de bois et la production de pêche et d'électricité (**Wilhite, 1993**):

- Pertes pour la production agricole : La réduction des précipitations nuit à la production annuelle ou des cultures pérennes et réduit le rendement, ce qui entraîne une perte de revenus pour les agriculteurs. En effet, les agriculteurs doivent supporter des coûts d'irrigation plus élevés. Les infections par les insectes et les maladies des plantes sont également des menaces potentielles de sécheresse.
- Pertes pour la production animale : En raison du manque d'eau, la productivité des pâturages diminue, ce qui induit à la fermeture ou à la limitation des terres publiques au pâturage, ce qui entraîne un coût élevé/une indisponibilité d'aliments pour le bétail et dans l'augmentation des coûts de transport des aliments. Parfois, les éleveurs de bétail doivent également supporter le coût des ressources en eau nouvelles ou supplémentaires (puits, conduites, barrages, etc.). La réduction de la production laitière, le taux élevé de mortalité du bétail et la perturbation des cycles de reproduction sont également les effets secondaires de la sécheresse
- Pertes dues à la production de bois : La sécheresse réduit l'humidité de l'air, ce qui permet la propagation des incendies de forêt. La réduction de l'humidité du sol diminue la productivité des terres forestières, ce qui se traduit par la mortalité des jeunes arbres.
- Les pertes de production de la pêche : Les faibles débits des cours d'eau endommagent les habitats des poissons, ce qui entraîne la perte de et d'autres animaux aquatiques.
- Pertes dans la production d'électricité : En raison du faible débit des cours d'eau, l'eau des barrages tombe en dessous du seuil de la production d'électricité, ce qui oblige le pays à produire de l'électricité par d'autres moyens (par ex, thermique, nucléaire), ce qui peut présenter certaines limites (**Wilhite, 1993**).

I.6.2 Sur le secteur environnemental

La sécheresse comporte un risque élevé de provoquer des déséquilibres environnementaux et écologiques. Elle peut mettre en danger les espèces animales, les communautés végétales et l'hydrologie de la région. La sécheresse crée également une menace potentielle de famine et de désertification :

- Dommages aux espèces animales. En période de sécheresse, en raison de la pénurie alimentaire et du manque d'eau, les animaux sauvages commencent à se déplacer dans les villages et villes voisins, ce qui entraîne une plus grande mortalité des taux. Les maladies animales et le stress accru pour les espèces menacées causent un grand préjudice à la biodiversité.
- Effets hydrologiques. Le principal impact de la sécheresse sur l'hydrologie des bassins versants est une baisse du niveau des cours d'eau et des réservoirs, entraînant une augmentation de la concentration de sels, ce qui affecte la qualité de l'eau. La perte de zones humides est également l'une des conséquences de la sécheresse.
- Les dommages causés aux communautés végétales. La réduction de l'humidité du sol entraîne le dépérissement des forêts dans les zones urbaines, les paysages et les brise-vent. Pendant une période de sécheresse, le nombre d'incendies de forêt augmente également, ce qui entraîne une perte de biodiversité.
- Effets sur la qualité de l'air (poussières, polluants) et la qualité visuelle et paysagère (poussière, couverture végétale, etc.) (**Wilhite, 1993**).

I.6.3 Sur le secteur Social

En effet sur la santé, la qualité de vie et la sécurité du peuple :

- Les pénuries alimentaires (baisse du niveau nutritionnel, malnutrition, famine)
- La perte de vies humaines (par exemple, pénurie alimentaire, chaleur)
- Les conflits entre les utilisateurs de l'eau
- Les problèmes de faible débit liés à la santé (par exemple, diminution du débit des eaux usées, augmentation des concentrations de polluants, etc.)
- La dégradation des conditions de vie dans les zones rurales et migration des populations (des zones rurales vers les zones urbaines)
- Troubles sociaux, conflits civils, qualité de vie réduite et augmentation de la pauvreté (**Wilhite, 1993**).

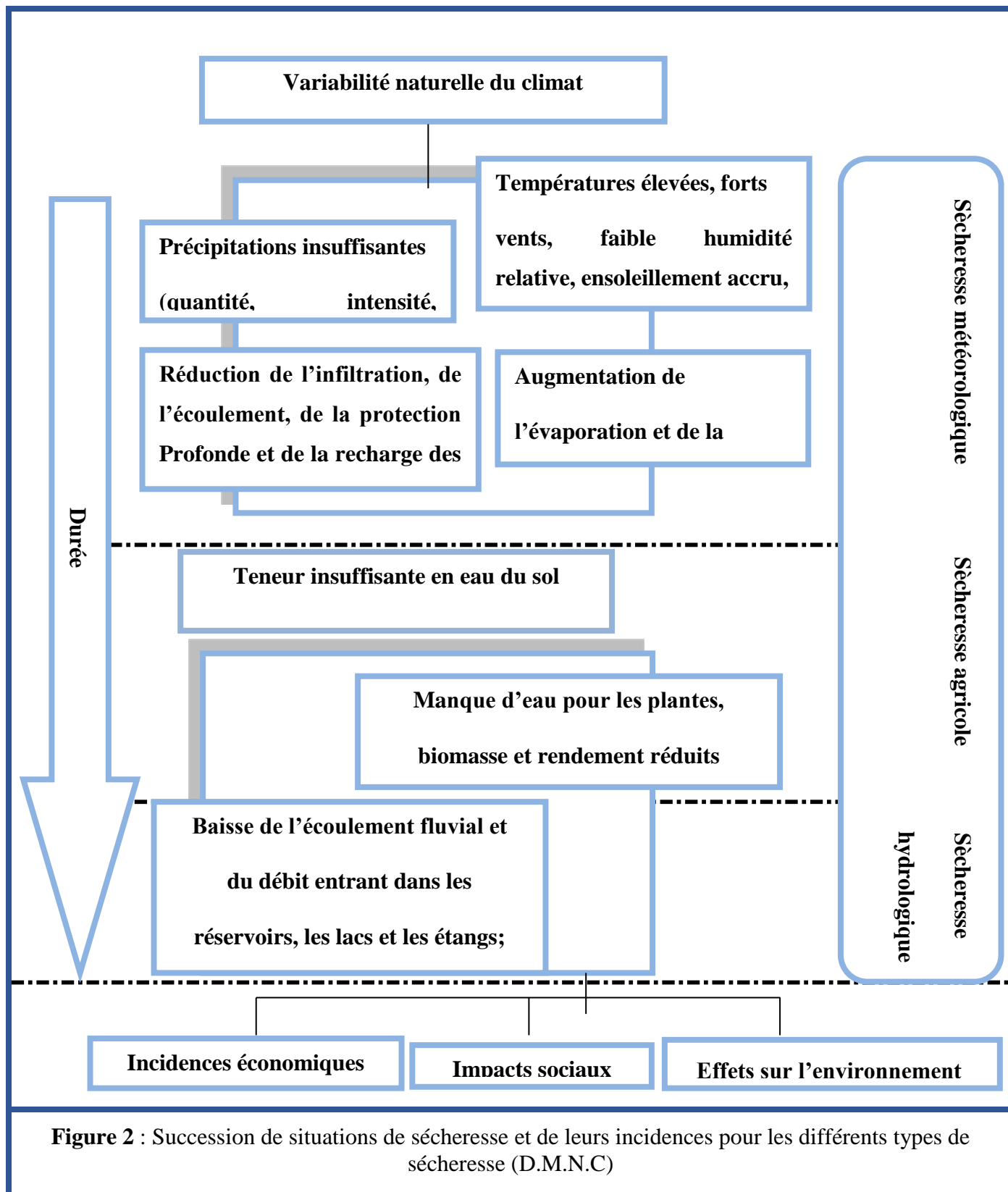


Figure 2 : Succession de situations de sécheresse et de leurs incidences pour les différents types de sécheresse (D.M.N.C)

I.7 Surveillance de sécheresse

I.7.1 Qu'est-ce qu'un système d'alerte précoce à la sécheresse ?

Il s'agit d'un système de collecte, d'analyse et de synthèse des données sur les paramètres et indicateurs climatiques économiques et agricoles. Le but est de fournir des avis opportuns sur la menace de sécheresse, afin de promouvoir une réponse appropriée à la sécheresse. Par conséquent, il doit fournir des informations sur le début et la fin de la sécheresse, la durée de la sécheresse, l'étendue spatiale et le moment de son apparition au bon moment afin de formuler des plans d'urgence et des mesures pour faire face à la crise. Il s'agit d'un outil basé sur des indicateurs qui peut vous aider à prendre des décisions et à gérer rapidement les risques de sécheresse (OSS, 2013).

I.7.2 Différence entre les indicateurs et les indices de sécheresse

- ❖ *Les indicateurs* : Les indicateurs sont des variables ou des paramètres utilisés pour décrire les conditions de sécheresse. Ceux-ci comprennent, par exemple, les précipitations, la température, le débit des rivières, les niveaux des eaux souterraines et des réservoirs, l'humidité du sol et l'accumulation de neige (OMM, 2016).
- ❖ *L'indice* : L'indice est généralement une représentation numérique de l'intensité de la sécheresse et est calculé sur la base de valeurs climatiques ou hydrométéorologiques (y compris les indicateurs ci-dessus). Ils mesurent l'état qualitatif de la sécheresse à un endroit donné pendant une période donnée (OMM, 2016).

I.7.3 Définition le Programme de gestion intégrée des sécheresses (IDMP):

IDMP est un cadre mondial cohérent pour la gestion, la prévision et la surveillance des sécheresses grâce à la création de liens entre les programmes et projets existants ou nouveaux. Ce cadre Inclura des directives et des outils, y compris des services de soutien à la sécheresse Formuler des politiques et des plans de gestion Les principes de base des pays et des régions et s'adapter aux besoins, Et une meilleure utilisation des services Prévisions de sécheresse. Des programmes régionaux de gestion intégrée de la sécheresse sont mis en œuvre en Europe centrale et orientale, dans la corne de l'Afrique et en Afrique de l'Ouest, et d'autres initiatives ont été engagées en Asie méridionale et en Amérique centrale (OMM, 2014).

I.7.4 Objectif de Programme de gestion intégrée des sécheresses

De manière générale, l'IDMP vise à renforcer l'adaptation au changement climatique afin de limiter les pertes Réduction socio-économique et réduction de la pauvreté en Afrique du Sud Affecter la zone touchée grâce à une gestion intégrée La sécheresse est concentrée dans divers départements et disciplines Et les domaines de responsabilité à rencontrer Besoins particuliers des régions et des pays

L'IDMP aidera à coordonner les efforts des deux parties Localement et globalement, par organisation Combattez activement la sécheresse. Il s'agit de:

- ✓ Consolider le fondement scientifique de la gestion scientifique sécheresse
- ✓ Élargir la base de connaissances et améliorer Accès aux informations, produits et services
- ✓ Focus sur l'évaluation et la prédiction Risque, surveillance et alerte précoce
- ✓ Organiser et planifier les politiques d'adaptation Sécheresse et combattre ce fléau Différents départements.
- ✓ Réduisez les risques de sécheresse et organisez Intervention dans ce domaine (OMM, 2014).

I.8 Quelques indices de sécheresse

I.8.1 Rapport à la normale (RN)

Le rapport à la normale des précipitations représente le pourcentage de l'écart des précipitations d'une période par rapport à la normale historique de cette période. La normale étant habituellement la moyenne des précipitations totales de la période, calculée à partir d'environ 30 ans de données. Cet indicateur est appliqué à l'échelle locale ou régionale pour des périodes de temps variant de 1 mois à quelques mois, voire même une année (Layelmam, 2015).

$$RN(\%) = \frac{P_i}{P_m} \times 100$$

Avec:

P_i : C'est la précipitation de l'année

P_m : C'est la précipitation moyenne pour la même période de temps étudiée.

I.8.2 Indice de l'écart à la moyenne (E_m)

C'est l'indice le plus utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année. L'écart à la médiane est le plus utilisé par les agro météorologues. Bien évidemment, quand l'échantillon de données est dissymétrique, la différence entre la moyenne et la médiane est grande. L'écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle (P_i) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation (P_m)

$$E_m = P_i - P_m$$

L'écart est positif pour l'année humide, et négative pour les années sèches. On parle d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. Cet indice permet de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession. (Jouilil et al., 2013)

I.8.3 Indice Standardisé des Précipitations (SPI)

L'indice standardisé des précipitations (SPI) a été développé dans le but de définir et de surveiller la sécheresse (McKee et al., 1993). Le calcul de l'IPS pour un lieu quelconque est basé sur une série de précipitations accumulées sur une échelle de temps fixe (c'est-à-dire 1, 3, 6, 9, 12, . . . mois) . Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$SPI = \frac{(P_i - P_m)}{S}$$

Avec :

P_i : Pluie de l'année i ;

P_m : Pluie moyenne de la série sur l'échelle temporelle considérée ;

S : Ecart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

Etudier cet indice permet également de distinguer les années sèches des années humides ou les années déficitaires des années excédentaires. Une sécheresse sévit lorsque le SPI est consécutivement négatif et que sa valeur atteint une intensité de -1 ou moins et se termine lorsque le SPI devient positif.

On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs du SPI (Tableau1. 2) (Soro et al., 2014).

Table 1: Classification des séquences de sécheresse selon SPI

Valeur de la SPI	Séquence de sécheresse
-0,99 à 0,99	Proche de la normale
-1,00 à -1,49	Modérément sèche
-1,50 à -1,99	Sévèrement sèche
-2,00 et moins	Extrêmement sèche

I.8.4 Indice PDSI (Indice de gravité de la sécheresse de Palmer)

Cet indice mesure la différence d’approvisionnement en humidité pour les phases sèches autant que pour les phases humides. Il est calculé pour des périodes hebdomadaires ou mensuelles afin de caractériser les conditions régionales. Étant donné que ces indicateurs sont normalisés, il est possible de comparer différentes régions (Benyahia, 2016).

$$PDSI = X(i) = 0.897x(i - 1) + Z(i)/3$$

Où:

$X_{i(i-1)}$: PDSI de la période précédent

$Z(i)$: l’indice de l’anomalie en humidité

i : mois de l’année ; Et

$$Z(i) = K(P - Pc)$$

Avec:

K : facteur de poids (voir alley, 1984)

P : précipitation actuelle (mm)

Pc : précipitation CAFEC (mm)

$$Pc = \alpha_j PE + \beta_j PR + \gamma_j PRO - \sigma_j PL \quad (\text{mm})$$

Où : CAFEC : Approprié pour la condition climatique existante

α_j ; β_j , γ_j et σ_j : coefficient climatique mensuelle

J : Mois de l'année

PE : évapotranspiration potentiel (mm)

PR : recharge du sol potentiel (mm)

PRO : ruissellement potentiel (mm)

PL : perte potentiel du sol (mm)

Le PDSI utilise, en plus des précipitations et de la température de l'air, l'humidité contenue dans le sol. Toutefois il ne tient pas compte des ressources hydrologiques de surface pouvant influencer les conditions de sécheresse, comme les cours d'eau, les réservoirs, la couverture neigeuse ou le gel du sol. Il ne tient pas compte non plus des changements pouvant survenir dans l'utilisation des ressources en eau (Benyahia, 2016).

Table 2: Classification de PDSI2.

Palmer classification(PDSI)	
4.0 ou plus	extrêmement humide
3.0 à 3.99	très humide
2.0 à 2.99	modérément humide
1.0 à 1.99	légèrement humide
0.5 à 0.99	début de la période de humide
0.49 à -0.49	proche de la normale
-0.5 à -0.99	début de période de sécheresse
-1.0 à -1.99	une légère sécheresse
-2.0 à -2.99	une sécheresse modérée
-3.0 à -3.99	sécheresse sévère
-4.0 ou moins	l'extrême sécheresse

I.8.5 Indice CMI (Indice d'humidité des cultures)

C'est un indicateur météorologique qui donne le statut de l'humidité disponible par rapport à la demande en humidité. Développé à partir des procédures du PDSI, cet indice définit les sécheresses en fonction de la magnitude et du déficit en évapotranspiration (**Layelmam, 2015**).

$$CMI = EAI + WI$$

Où

(WI) « indice d'humidité » : recharge du sol (précipitation) combiné ou ruissellement (mm)

(EAI) : Evapotranspiration anomalie indice

$$EAI = 0.67Y(i - 1) + 1.8 \frac{ET - ETc}{\sqrt{\alpha}}$$

Où

$Y(i - 1)$: CMI de la semaine précédent

ET : évapotranspiration (mm)

ETC : évapotranspiration attendue pour la condition qui prévaut (mm)

α : coefficient d'évapotranspiration (évapotranspiration réelle/ évapotranspiration potentiel).

Cet indice utilise la température moyenne et les précipitations totales hebdomadaires comme Intrants, en plus de la valeur du CMI de la semaine précédente pour évaluer les conditions Agricoles. Le cumul des CMI des semaines précédentes engendre donc une erreur cumulative dans le calcul du CMI de la semaine (**Layelmam, 2015**).

I.8.6 Indice SWSI (Indice d'approvisionnement en eau de surface)

Cet indicateur hydrologique, est un complément au PDSI qui incorpore des éléments d'hydrologie et de climatologie (**Layelmam, 2015**).

$$SWSI = \frac{[(a * PNsp) + (b * PNpcp) + (c * PNrs) - 50]}{12}$$

Avec :

a ,b ,c : sont les poids associe a chaque composant et $a+b+c=1$

sp : neigeuse équivalent en eau (mm)

psp : précipitation (mm)

rs : réservoir (mm)

PN :probabilité de ne pas excéder (%)

Le SWSI est un indicateur normalisé qui permet de comparer différentes régions, Généralement pour des périodes mensuelles. C'est un indicateur des conditions hydriques spécialement développé pour les régions où la fonte des neiges est la principale source d'écoulement des eaux superficielles. Il incorpore la couverture neigeuse, les précipitations en montagne, les cours d'eau, le contenu des réservoirs en plus du contenu en eau du sol. Il ne tient toutefois pas compte des écoulements dus à la fonte d'une accumulation antérieure de neige. C'est un indicateur des conditions de surface calibré pour une région homogène et il n'est pas conçu pour de grandes variations topographiques (**Layelmam, 2015**).

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé d'un ensemble de caractéristiques de la sécheresse et comment la suivre avec divers indices de la sécheresse, et ses causes et son impact sur divers secteurs.



Chapitre II :

Présentation de la zone d'étude

II.1 Introduction

Le nord de l'Algérie est considéré comme une région méditerranéenne, elle se caractérise également par la diversité du relief et le couvert végétal, avec une variabilité climatique et quelques autres caractéristiques dont nous parlons en détail dans ce chapitre.

II.2 Présentation de la zone d'étude

II.2.1 Situation géographique.

La zone d'étude se trouve limitée par les parallèles 33° et 37°N et par les longitudes 2° Ouest et 10° Est. La surface totale de cette zone est d'environ 227 740 Km². Elle s'étend sur une largeur de 350 Km environ et 1000 Km le long du littoral.

Elle est limitée :

- ✓ Au Nord par la mer méditerranéenne.
- ✓ A l'Est par la Tunisie.
- ✓ Au Sud par les flancs Sud de l'Atlas saharien
- ✓ A l'Ouest par le Maroc

Le Nord de l'Algérie est caractérisée par deux types de climat: un climat méditerranéen au littoral et un climat semi-aride sur les hauts plateaux (**Taibi et al., 2013**).

II.2.2 Relief

Le relief est le résultat d'une conjugaison de plusieurs facteurs et particulièrement par l'évolution géologique et par l'action de l'érosion à une grande échelle (des milliers ou des millions d'années). Dans ce contexte l'Algérie est divisée en trois ensembles distincts (**Taibi, 2011**).

Au Nord, l'Atlas tellien forme avec l'Atlas saharien, plus au Sud, deux ensembles de relief parallèles se rapprochant en allant vers l'Est, et entre lesquels s'intercalent de vastes plaines et hauts plateaux. Les deux Atlas tendent à se confondre dans l'Est de l'Algérie, où l'on retrouve les vastes chaînes montagneuses des Aurès (Batna, Khenchela, Oum-El-Bouaghi, Aïn M'lila, Souk-Ahras, Guelma, Biskra, etc.) et de la Nememcha (Tébessa) qui occupent la totalité de l'Est algérien. Le point le plus culminant est le mont Chélia à 2 328 mètres d'altitude (**Taibi, 2011**).

❖ L'Atlas tellien

La bande tellienne large de 80 à 190 Km, s'étend sur environ 1200 Km de long couvrant ainsi la quasi-totalité de la zone littorale. Elle est formée de chaînes de montagnes qui se succèdent d'Ouest en est (l'Ouarsenis, le Chenoua, le Djurdjura, les Babors et les Bibans,...). Au Nord, on rencontre le massif du Djurdjura qui culmine au pic de Lala Khadîdja (2308 m d'altitude) et plus à l'Est le massif cristallin de l'Edough. Au Sud, se dressent les monts du Titteri relayés par le massif de Guergour et les monts de Ferdjioua (Nord-Est de Sétif). Ces derniers sont prolongés par les monts de Constantine et de la Medjerda. L'Ouest tellien, se trouve dominé par les massifs du Dahra, Ouarsenis et Trara (**Taibi, 2011**).

Entre tous ces massifs s'intercalent les plaines du Cheliff et de Sidi Bel Abbas à l'Ouest, la Mitidja au Centre et Seybousse à l'Est. Au Nord de l'Atlas tellien et en bordure de la mer s'étend le Sahel (**Taibi, 2011**).

❖ les hauts plateaux

Entre les massifs telliens et l'Atlas saharien, s'étend un ensemble de plaines et de hauts plateaux offrant un paysage de steppes, d'une altitude variant entre 600 et 1000 m. À l'Ouest du pays, elles s'étirent sur près de 500 Km sur une largeur de 100 à 200 Km. À l'Est, elles s'étendent sur une longueur de 200 Km environ avec un relief un peu plus élevé qu'à l'Ouest (entre 800 et 1000 m). Le climat caractérisant cette région est de type semi-aride.

Des étendues d'eau salée, qu'on appelle « les chotts », caractérisent cette partie. Le point le plus bas d'Algérie, atteint au Chott Melrhir, descend à -40m (**Taibi, 2011**).

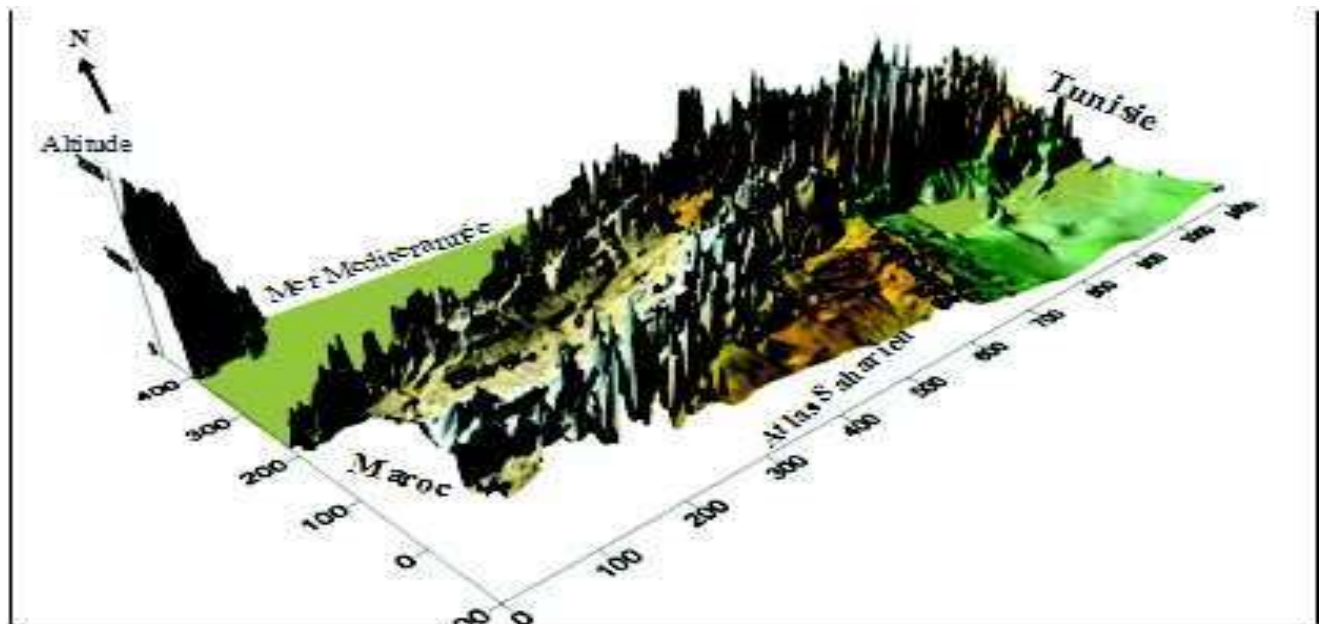


Figure 3 : Relief de la zone d'étude (source : ANRH).

II.2.3 Climat

La zone d'étude connaît un climat très varié selon un axe Nord-Sud :

- Un climat de type méditerranéen ; doux et humide qui caractérise le Tell.
- Un climat semi-aride domine les Hauts Plateaux. Il est plus froid et neigeux pendant l'hiver et plus chaud et sec pendant l'été (Hamlaoui, 2016).

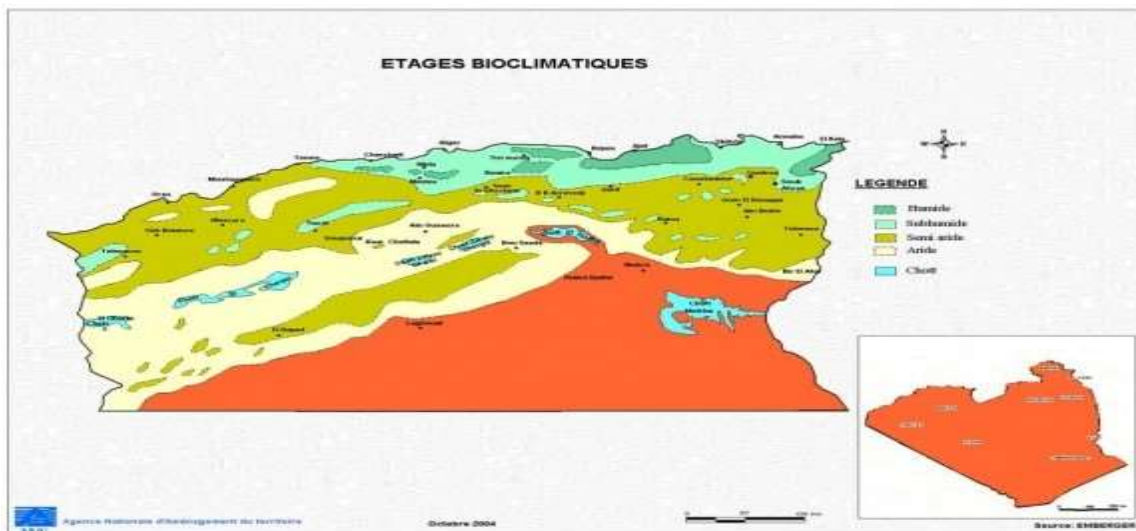


Figure 4: Carte des étages bioclimatiques de l'Algérie du Nord. (Source : Agence National d'Aménagement du Territoire)

II.2.4 Précipitation

En nord Algérie revêt une importance particulière. En fait, elle définit dans une large mesure les étages bioclimatiques de nord Algérie. Elle se caractérise par :

- Une forte variabilité avec des précipitations variant de plus 1000 mm/an le long des hauts reliefs côtiers de l'Est et du Nord.
- Deux saisons pluvieuses, l'une dominante en hiver, l'autre secondaire au Printemps ou l'Automne ;
- Des précipitations à forte variabilité à l'échelle journalière, annuelle et interannuelle.
- Une précipitation estivale très faible.

La variation spatiale des précipitations est caractérisée par un fort gradient, allant de l'Est à l'Ouest. Ainsi, les principaux traits des précipitations se résument comme suit :

- Le long du littoral, les précipitations varie de 400 (Oranais) à 900 mm en allant de l'Ouest vers l'Est ;
- L'atlas tellien se caractérise par des précipitations comprises entre 600 et 1000 mm/an. (PNUD, 2015)

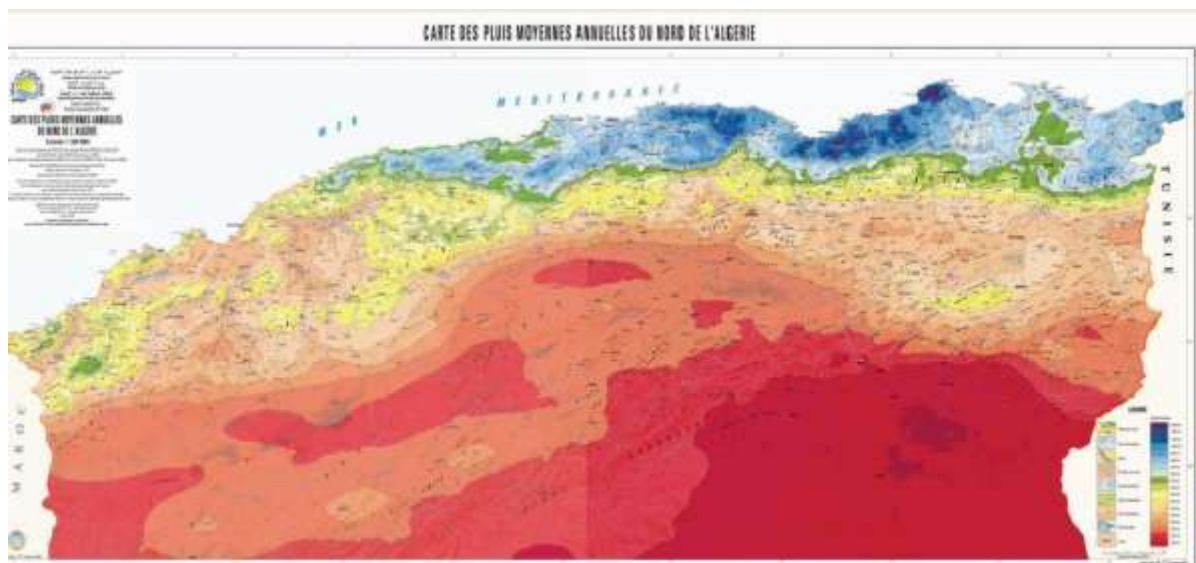


Figure 5: Répartition des pluies annuelles sur le Nord de l'Algérie. (Source : ANRH, 2008)

La comparaison entre les températures moyennes thermiques de l'Ouest, du Centre et de l'Est du Nord de l'Algérie montre des différences significatives. A l'Ouest du pays, la température moyenne du mois le plus froid (Janvier) est de 11,4 °C à Ghazaouet et 12,5 °C à Mostaganem. Au Centre, on trouve 10,0 °C aux stations d'Alger Dar-El- Beida, de Chlef et de Tizi-Ouzou. Dans la partie Est, on trouve par contre 6,2 °C aux stations de Constantine et 7,1 °C à Souk-Ahras (CCNUCC, 2010).

En été, généralement la température du mois le plus chaud se situe en Août, pour la partie Occidentale où l'on enregistre 24,2 °C à Ghazaouet ; 25,0 °C à Béni-Saf ; et 23,3 °C à Oran. Dans la partie Centrale, on relève 25,5 °C à Alger, et dans la partie Orientale 25,4 °C à la station de Constantine et 24,0 °C à Souk-Ahras (CCNUCC, 2010).

Les plus hautes températures sont observées à la station d'El-Bayad avec 51,3 °C enregistrée le 02 Septembre 1979 et à la station de Sétif avec 50,3 °C enregistrée le 07 Septembre 1982. Pour les stations d'altitude comme Médéa (1030 m) ou Djelfa (1160 m), les températures maximales absolues atteignent 40°C (CCNUCC, 2010).

Les températures minimales absolues varient d'une région à une autre sur les hauts plateaux et atteignent des valeurs très basses en hiver avec une température minimale absolue de -13,8 °C à la station de Mécheria (le 28 Janvier 2005). En Janvier 2005, les températures minimales inférieures à 0°C ont été observées treize fois à la station d'Alger (CCNUCC, 2010) .

II.2.5 Ressources en eau :

✓ Les ressources hydriques de surface

La partie nord de l'Algérie, caractérisée par son climat méditerranéen, dispose de ressources en eau renouvelables, tant pour les eaux de surface que pour les nappes phréatiques. 90% des eaux de surface sont situées dans la région du Tell qui couvre environ 4% du territoire. Le pays se caractérise par une forte disparité entre l'Est et l'Ouest. La région Ouest est bien dotée en plaine mais bénéficie de faibles précipitations. La région orientale est une zone montagneuse où coulent les principaux cours d'eau du pays. dans les régions de Nord en écoulements superficiels est estimé à 10 milliards m³ (Mozaas and Ghosn, 2013).

✓ Les eaux souterraines

La géomorphologie de l'Algérie du Nord est dominée par des reliefs à fortes pentes. Elle est associée à une lithologie essentiellement marneuse, qui donne des séries peu ou pas perméables, mais aussi érodables (Boudjadja et al., 2005).

Ces caractéristiques entraînent que l'Algérie du Nord est défavorisée en matière d'eaux souterraines. Pratiquement, seules les grandes plaines alluviales plio-quatémaies en sont pourvues : Soummam, Mitidja, Djendjen, Sébaou, Annaba, Sidi Bel Abbès, Mostaganem, Mascara, Oran et les petites vallées qui entaillent l'Atlas Tellien. La puissance des horizons aquifères dépasse rarement les 30 mètres d'épaisseur. Par ailleurs, du fait de l'imperméabilité des sols, la réalimentation naturelle des aquifères est très faible. En conséquence, les réserves en eaux souterraines sont en quantité limitée. De plus, nombre d'entre eux sont surexploités au point que ceux qui se trouvent en bordure du littoral sont totalement dégradés par l'avancée des biseaux salés. Se trouvent dans cette situation les aquifères du bas Chlef et d'Oran à l'Ouest, du Sébaou, du Mazafran, du Nador, d'EI Hachem au centre, et de Djendjen, la Soummam, du Zitoun et de Taher à l'Est (**Boudjadja et al., 2005**). Ces ressources sont évaluées à 1.8 milliards de m³ dans le Nord de l'Algérie (**Mozas & Ghosn, 2013**).

II.2.6 Ressources en sols

En Algérie les taux de couverture végétale (boisement, SAU2 ou SAT) ainsi que l'utilisation des terres à des fins agricoles ramenées à la superficie du pays, de la SAT et de la SAU sont très faibles. Dans le tableau ci-après nous donnons quelques valeurs d'indicateurs relevées dans les statistiques agricoles correspondant à l'année agricole 2002–2003. Tableau indicateur du couvert végétal (**CCNUCC, 2014**).

Table 3: Indicateurs relevés dans les statistiques agricoles correspondant à l'année agricole 2002 – 2003.

TYPE D'INDICATEUR	VALEUR
Indice différentiel de végétation normalisé (taux de boisement) = superficie forestière /superficie totale du nord de l'Algérie	11 %
Couvert végétal (en pourcentage de la superficie totale) = superficie agricole totale SAT /superficie totale de l'Algérie	17%
Utilisation des terres (en pourcentage de la superficie totale) = superficie agricole utile SAU / superficie totale de l'Algérie	45 %

II.2.7 Ressources forestiers

La répartition du total des 4 115 908 Ha de terres forestières par types de formations forestières

fait apparaître : La prédominance des maquis et des maquis arborés qui couvrent 2 413 090 Ha (soit 58,7% du total des formations forestières) et qui se répartissent en :

- ❖ Maquis clairs = 1 262 118 Ha (74% des maquis)
- ❖ Maquis denses = 444 609 Ha (26% des maquis)
- ❖ Maquis arboré clairs 435 940 Ha (62% des maquis)

Maquis arborés denses 270 423 Ha (38% des maquis) (CCNUCC, 2014).

II.3 Conclusion

Dans ce chapitre, la présentation géographique de la zone étude est traitée en relevant des différents caractéristiques naturels (relief climat les ressources en eaux...ext) qui caractérisent le nord algérien.



Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1 Introduction

L'analyse de sécheresse a été effectuée à partir des relevées mensuelles de précipitation et température de 42 stations sur une période 39 ans. Les données climatiques de 42 stations du nord Algérie répartir en 03 régions l'Est, centre et l'ouest.

III.2 Données

III.2.1 Précipitation et température

Dans cette étude des données mensuelles de précipitation et température de 42 stations situées dans nord Algérie sur une période de 39 ans (1980-2019) ont été utilisées pour le calcul des indices de caractérisation de sécheresse.

Table 4: Caractéristique de différentes stations de nord de l'Algérie

stations	latitude	longitude	altitude	Année de début	Année de fin	Précipitation interannuelle	Tmax	Tmin
Ghazaouet	35,10°N	1,87W	83	1995	2019	356.8	24.3	7.9
Tlemcen Zenata	35,02°N	1,47°W	247	1981	2019	377,0	33.4	5.5
Beni-Saf	35,30°N	1,35°W	68	1980	2019	396.6	29.2	10.5
Sidi Bel Abbas	35,17°N	0,60°W	450	1985	2019	332.8	31	2.4
Ksar Chellala	35,17°N	2,32°E	800	1995	2019	248.6	33.3	2.4
Tiaret	35,25°N	1,43°E	1127	1983	2019	426.1	33.5	1.3
Miliana	36,30°N	2,23°E	715	1980	2019	769,3	34.4	6.2
Médea	36,27°N	2,75°E	981	1995	2019	694.3	26.9	3.1
Chlef	36,22°N	1,33°E	154	1980	22019	411.2	37.6	6.3
Ténès	36,50°N	1,33°E	58	1995	2019	431.9	24.1	5.8
Alger Port	36,77°N	3,10°E	8	1984	2019	609.2	23.2	8.9
Dar-El-Beida	36,72°N	3,25°E	25	1980	2019	704.7	32.5	5.8
Bejaia	36,72°N	5,07°E	2	1980	2019	826.9	30.4	7.6
Tizi-Ouzou	36,70°N	4,05°E	195	1995	2019	699.5	30.9	5.8
Bouira	36,38°N	3,90°E	635	1995	2019	430	24.6	3.1
Sétif	36,18°N	5,42°E	1038	1980	2019	465.9	33.9	1.2
Jijel Achouat	36,88°N	5,82°E	2	1981	2019	100.9	30	7.1
Jijel port	36,83°N	5,78°E	2	1995	2019	1099,2	30.9	7.3
Skikda	36,93°N	6,95°E	7	1980	2019	782.3	28.5	8.9
Annaba	36,83°N	7,82°E	4	1980	2019	750.4	31.4	6.9
Souk Ahras	36,28°N	7,97°E	680	1988	2019	756.4	28.8	3.1

Oran / Es Senia	35,63°N	0,60°W	90	1980	2019	389.5	32	5.6
Oran Tafaraoui	35,48°N	0,52°W	111	1981	2019	275,7	27.7	2.8
Oran Port	35,70°N	0,65°W	22	1995	2017	439,3	24.0	8.0
Mostaganem Ville	35,88°N	0,12°E	137	1980	2019	366.4	27.7	5.2
Bordj Bou Arreridj	36,07°N	4,77°E	928	1980	2019	408.2	34.9	2.1
Batna	35,55°N	6,18°E	1052	1980	2019	363.3	35.2	0.6
Maghnia	34,82°N	1,78°O	426	1980	2019	298,8	31.4	9,6
Elbayadh	33,67°N	1,00°E	1341	1980	2019	323,4	34.6	0.2
Mecheria	33,53°N	0,24°W	1149	1980	2019	257,3	36.4	2.0
Naama	33,27°N	0,30°W	1166	1995	2019	209.0	29.9	0.6
Constantine	36,28°N	6,62°E	694	1980	2019	571.7	34.6	2.6
Saida	34,87°N	0,15°E	770	1981	2019	383.5	29.6	2.5
Mascara-Ghriss	35,20°N	0,13°E	514	1983	2019	415.2	36.9	4.0
Tébessa	35,48°N	8,13°E	813	1980	2019	443.1	35.3	1.9
Guelma	36,47°N	7,47°E	227	1995	2019	550,4	31.9	3.6
Djelfa	34,68°N	3,25°E	1144	1980	2019	341.7	34.1	0.7
Relizane	35,73°N	0,55°E	0	2001	2019	352.0	37.7	6.0
Mascara Metmore	35,60°N	0,30°E	474	1981	2019	324,1	31.7	2.7
M'Sila	35,67°N	4,50°E	441	1981	2019	187,1	31.7	3.3
Oum El Bouaghi	35,88°N	7,12°E	889	1985	2019	354.0	29.2	1.0
El-Kala	36,90°N	8,45°E	10	1983	2014	587,8	20.5	4.4

III.3 Méthodologie

La Méthodologie dans ce travail est basée sur le calcul des indices climatiques pour caractériser la sécheresse météorologique.

III.3.1 Indice

Les indices peuvent être divisés selon leur fonctionnalité, des indices indiquent le type de climat (indice d'aridité de De Martonne,) des indices indiquent la durée de la sécheresse (diagramme ombre thermique), des indices indique la normalité (RN,), indice indique le type de sécheresse, intensité, détermination de l'occurrence (SPI-3, SPI –mensuel).

III.3.2 Indice climatique de sécheresse

III.3.2.1 Indice standardisé de précipitations SPI

Définition : L'indice SPI (McKee et al, 1993, 1995) 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 (OMM, 2012).

Formule de l'indice SPI : L'expression est donnée par la formule suivante

$$SPI = \frac{Pi - Pm}{\delta}$$

Pi : Pluie de l'année i.

Pm : Pluie moyenne de la série sur l'échelle temporelle considérée.

δ : Ecart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée

❖ **Principaux avantages du SPI :**

- ✓ Il requiert seulement les précipitations mensuelles.
- ✓ Il peut être comparé pour des régions aux climats différents.
- ✓ La normalisation de l'indice permet de déterminer la rareté d'une sécheresse.

❖ **Classification des valeurs SPI**

Table 5: Classification du SPI

Valeur SPI	Catégorie
2.00= \leq	Extrêmement humide
1.5 à 1.99	Très humide
0.67 à 1.49	Modérément humide
0 à 0.66	Normale –légèrement humide
-0.01 à -0.66	Normale –légèrement séché
-0.67 à -1.49	Modérément séché
-1.50 à -1.99	Très séché
≤ -2.00	Extrêmement séché

Le système de classification présenté dans le tableau des valeurs de l'indice SPI définit l'intensité des épisodes de sécheresse en fonction de la valeur de l'indice.

III.3.2.2 Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnols (Le bourgeois et Piedallu, 2005).

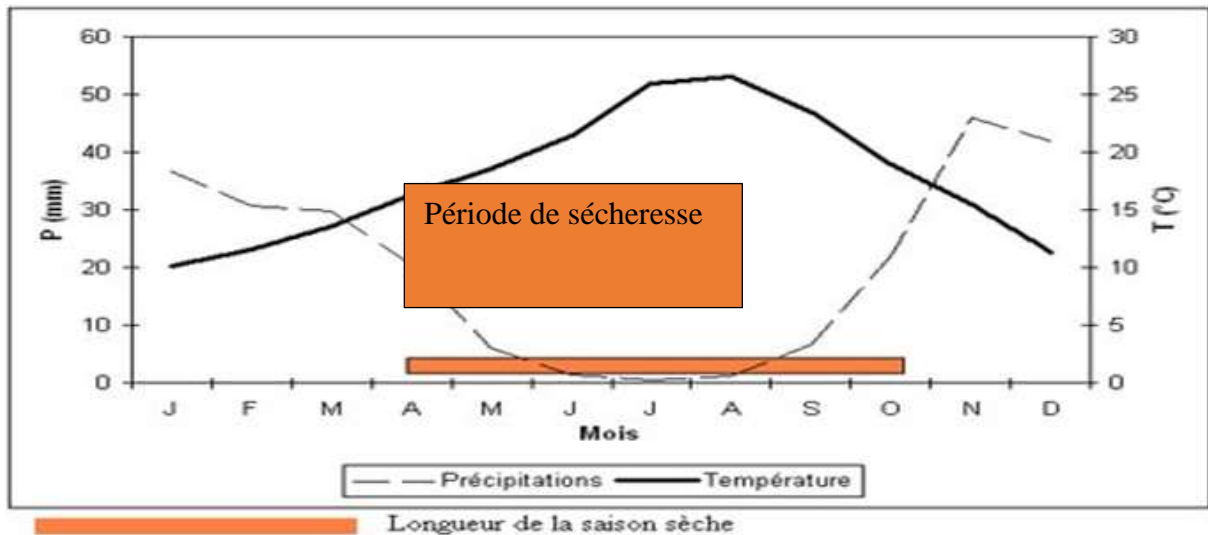


Figure 6: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (p en mm) et de la température (t en °C) et donne une expression relative de la sécheresse estivale en durée et en intensité (Gaussen & Bagnouls, 1952).

Un mois donné est considéré comme sec quand $p < 2t$, c'est-à-dire quand les pertes en eau (supposées causées par une température trop forte) sont supérieures aux apports (précipitations). Inversement, quand $p > 2t$, le mois est considéré comme humide. Pour repérer les mois "secs" et "humides" et mettre en évidence les périodes de sécheresse d'une localité, on trace généralement le diagramme Ombrothermique figure 4. Ce diagramme superpose les deux courbes de températures et de précipitations pour les 12 mois de l'année, ce qui permet de définir une aire ombrothermique. Plus l'aire est importante et plus la saison est sèche (valeur de l'intégrale).

III.3.2.3 Rapport à la normale des précipitations (RN)

Cet indice est exprimé mathématiquement en pourcentage comme suit :

$$RN (\%) = (P_i/P_m) \times 100$$

Pi est la précipitation de l'année i et Pm est la précipitation moyenne pour la même période de temps étudiée. Ce rapport permet une estimation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale : Une année est classifiée comme sèche si la pluviométrie se situe au-dessous de la normale ; c'est-à-dire lorsque le RN est inférieur à 100 %.

III.3.2.4 Indice d'aridité de De Martonne

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

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

Avec :

P : pluie moyenne annuelle

T : température moyenne annuelle

L'aridité augment quand la valeur de l'indice diminue. Au niveau mondial De Martonne a proposé six grands types de macroclimats 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 (Lebourgeois & Piedallu, 2005).

Table 6: Classification d'indice d'aridité de De Martonne.

I	Type de climat	Signification
< 5	Aridité absolue	Désert sans culture
5 à 10	Désert (aride)	Désert et steppe ; aucune culture sans irrigation
10 à 20	Semi-aride	Formations herbacées, steppes ou savanes. Irrigation nécessaire pour les cultures exigeant de l'humidité
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle ; irrigation généralement non nécessaire
30 à 40	Humide	Les arbres jouent un rôle de plus en plus grand dans le paysage
> 40	Humide	La forêt est partout la formation climatique. Les cultures de céréales tendent à être remplacées par les herbages

III.4 Conclusion

Les données climatiques impliquées dans cette étude ont été présentées dans ce chapitre. Les indices climatiques utilisés dans le calcul et l'identification de la sécheresse ont été définis en se basant sur des critères de choix définis préalablement selon la disponibilité des données et la robustesse des résultats à dégager. L'application, le résultat et l'interprétation des données et des indices rappelés dans ce chapitre seront abordés dans le chapitre suivant.



**Chapitre IV:
Résultats et discussion**

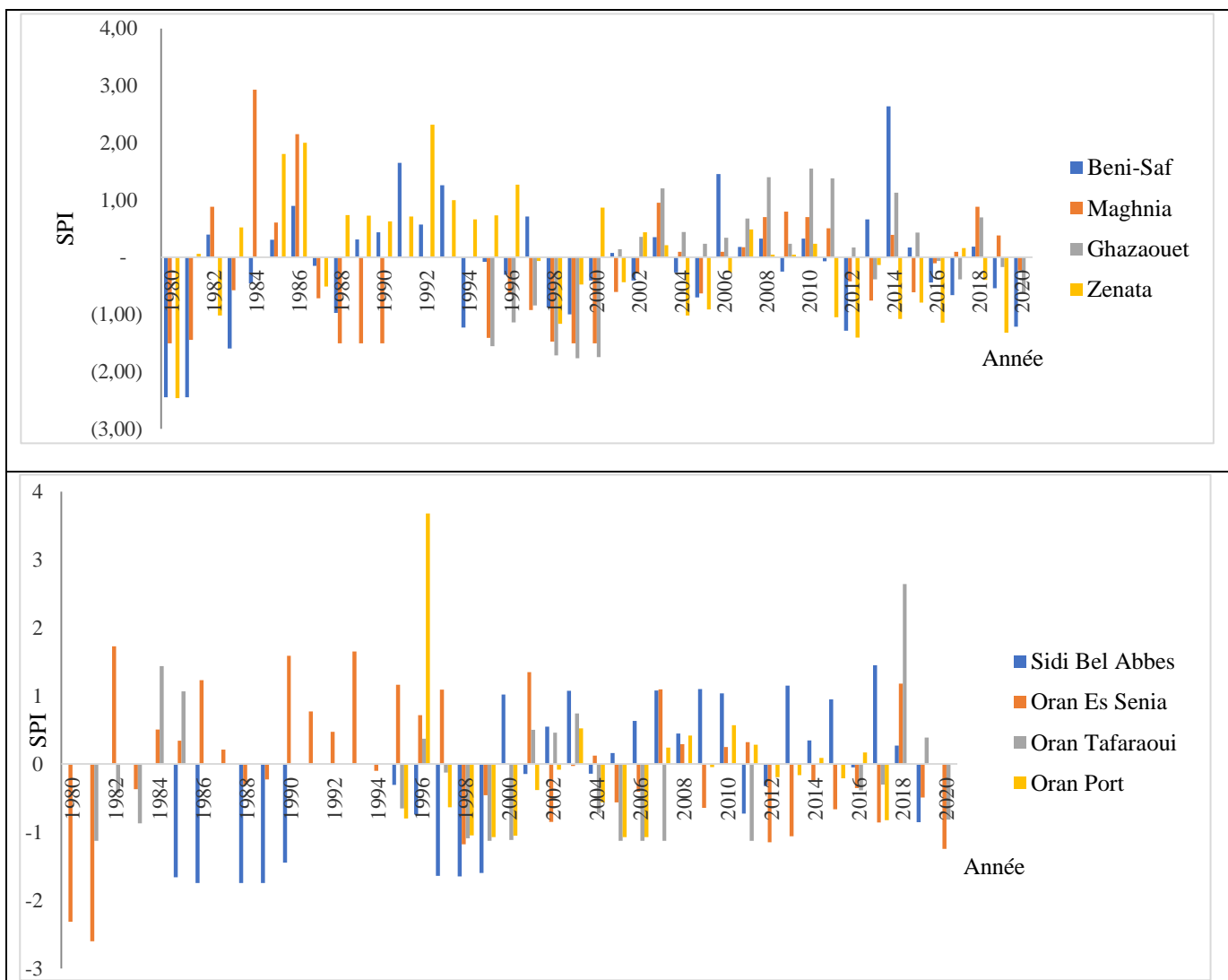
IV.1 Introduction

Ce chapitre s'intéresse à présenter les résultats des indices calculés qui sont définis dans le chapitre précédent, avec interprétation des résultats obtenus suivie d'une discussion générale.

IV.2 Indice Standardisé de Précipitation (SPI)

IV.2.1 Echelle annuelle (SPI-12)

IV.2.1.1 Région d'Ouest



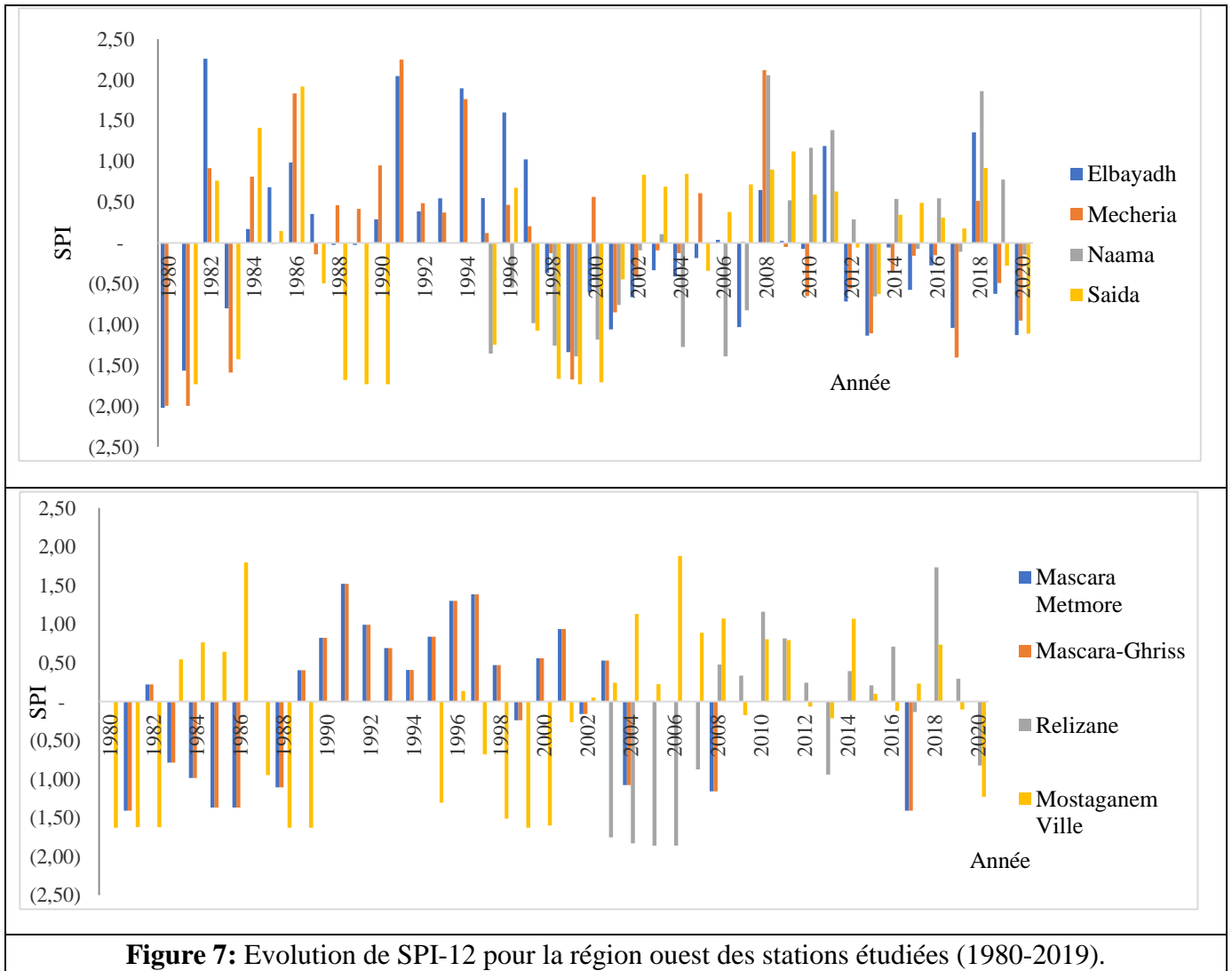
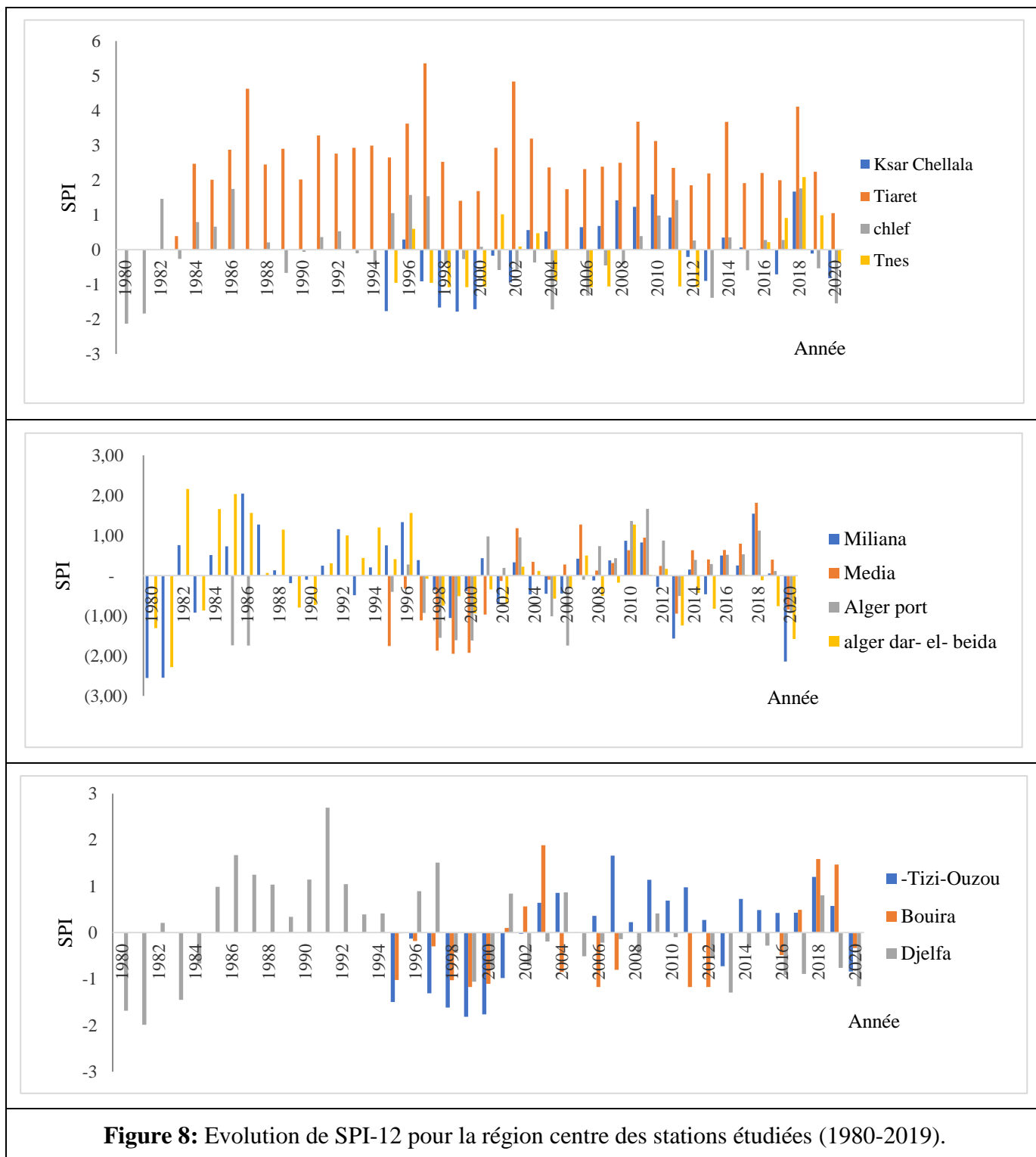


Figure 7: Evolution de SPI-12 pour la région ouest des stations étudiées (1980-2019).

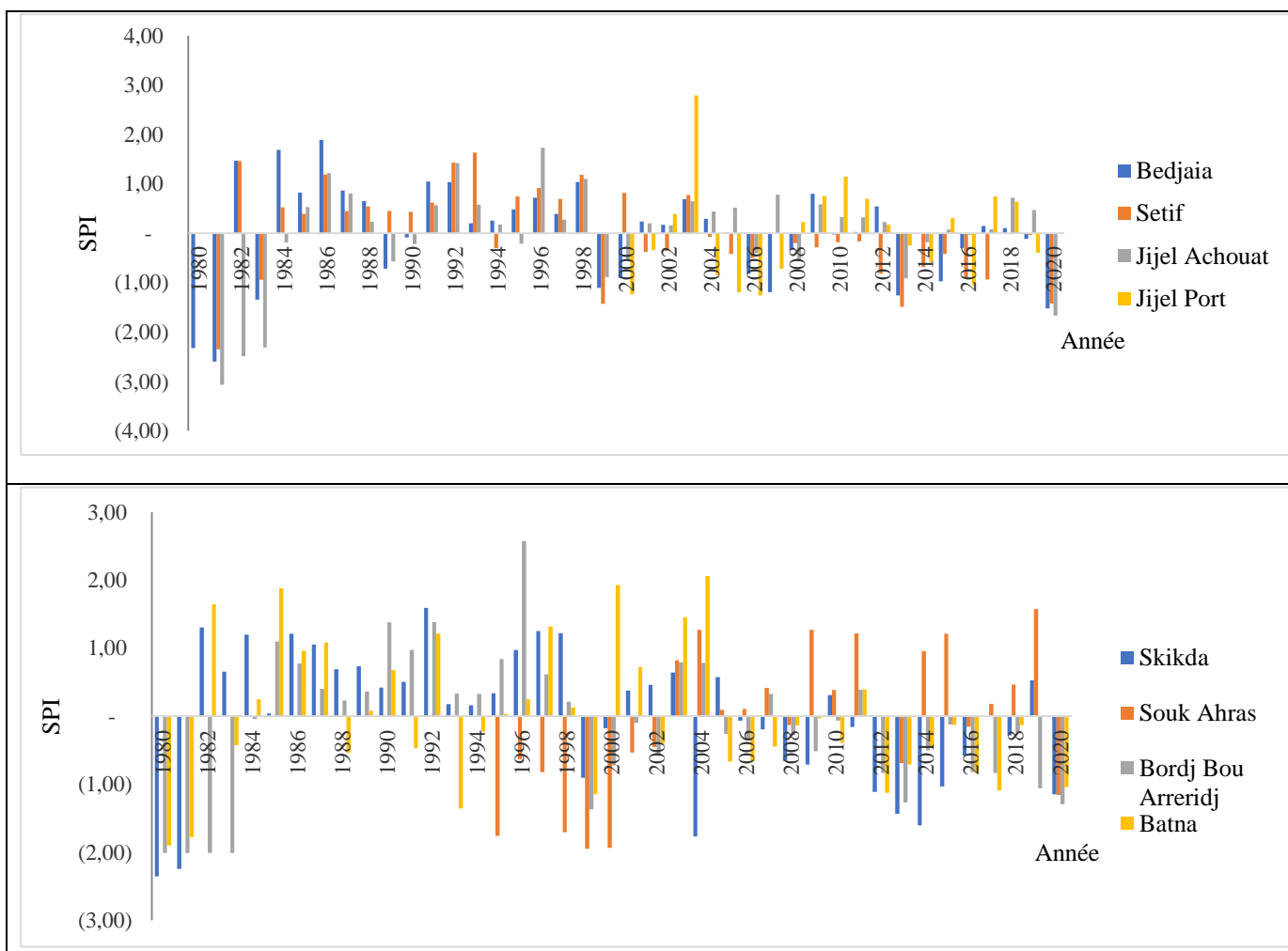
L'analyse de l'indice de la sécheresse (SPI-12) sur 39 ans pour la région ouest montre une alternance des périodes déficitaires (valeurs négatives de SPI) et autres excédentaires (valeurs positives de SPI) de durée variable. La période de 1997 à 2007 est une longue période déficitaire. Les périodes sèches varient entre 2 à 3 ans et les périodes humides entre 2 et 4 ans. Cependant, la période sèche la plus long est enregistrée entre 1997 jusqu'à 2008 avec une durée de 11 années, après nous remarquons le retour de la période humide en 2008 jusqu'à 2011. Nous avons enregistré des valeurs extrêmes de SPI-12 indiquant un année extrêmement humide en 1996 a la station de Oran port et en 1982 a Elbayadh dans la région ouest avec un SPI déficitaire a la station de Oran Es Senia 1981, en 1980 pour la station de Beni-saf.

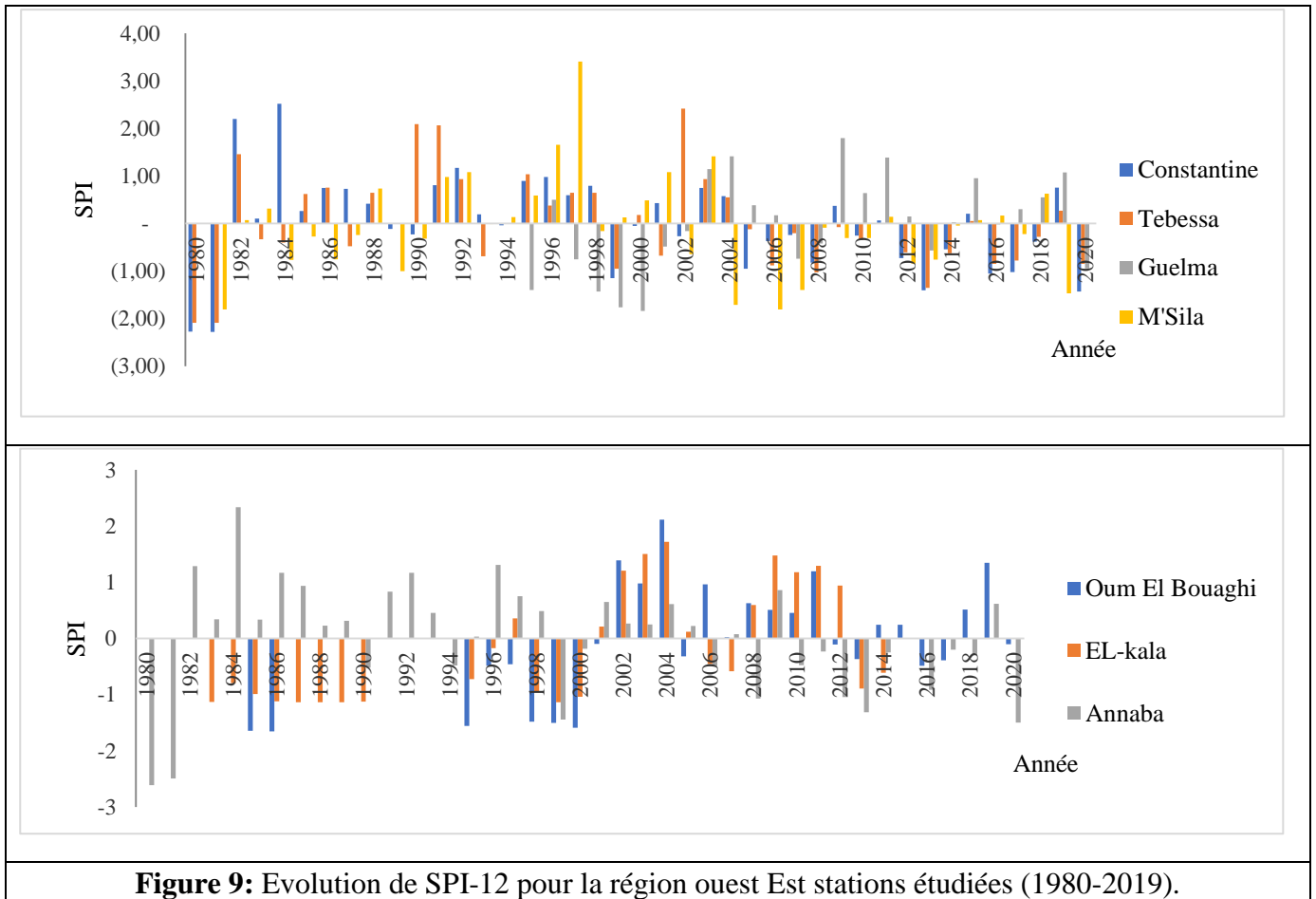
IV.2.1.2 Région centre



L'analyse de l'indice de la sécheresse (SPI-12) du sur 39ans pour la région centre montre une alternance des périodes déficitaires (1997 à 2001) et autres excédentaires (1986 à 1995) de durée variable. Les périodes sèches varient entre 1 à 2 ans et les périodes humides entre 2 et 3 ans. Cependant, la période sèche la plus long est enregistrée entre 1997 jusqu'à 2002 avec une durée de 5 années, après nous remarquons le retour de la période humide en 2002 jusqu'à 2010.

IV.2.1.3 Région d'Est





L'analyse de l'indice de la sécheresse (SPI-12) du sur 39ans pour la région de l'Est montre une alternance des périodes déficitaires (1998 à 2001) et autres excédentaires (1984à 1988) de durée variable. Les périodes sèches varient entre 1 à 2 ans et les périodes humides entre 2 et 4 ans. Cependant, la période sèche la plus long est enregistrée entre 2012 jusqu'à 2018avec une durée de 6 années, après nous remarquons le retour de la période humide en 2018 jusqu'à 2019.

IV.2.2 Caractérisation de la sécheresse

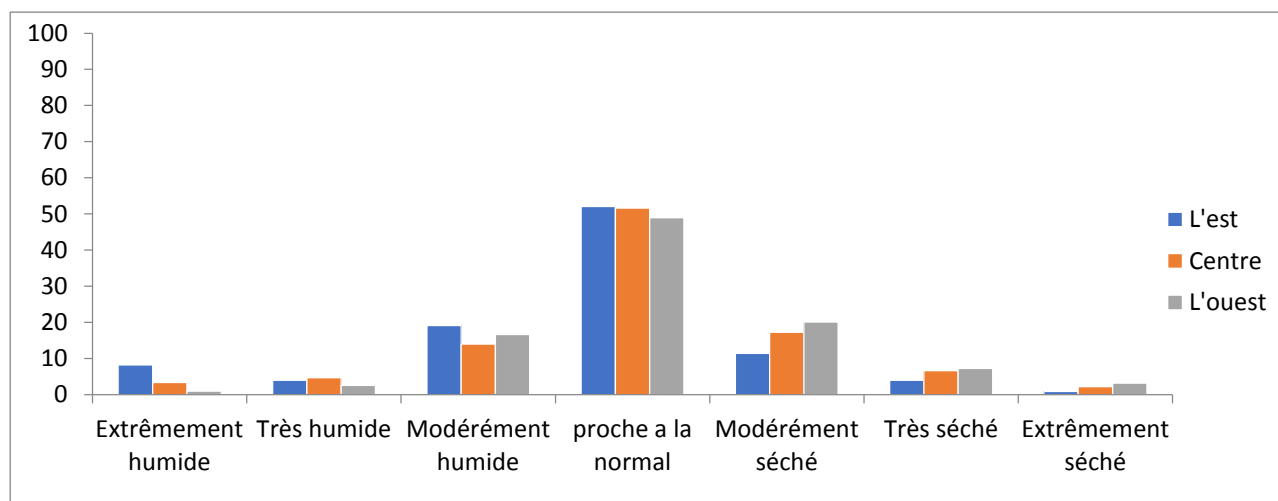


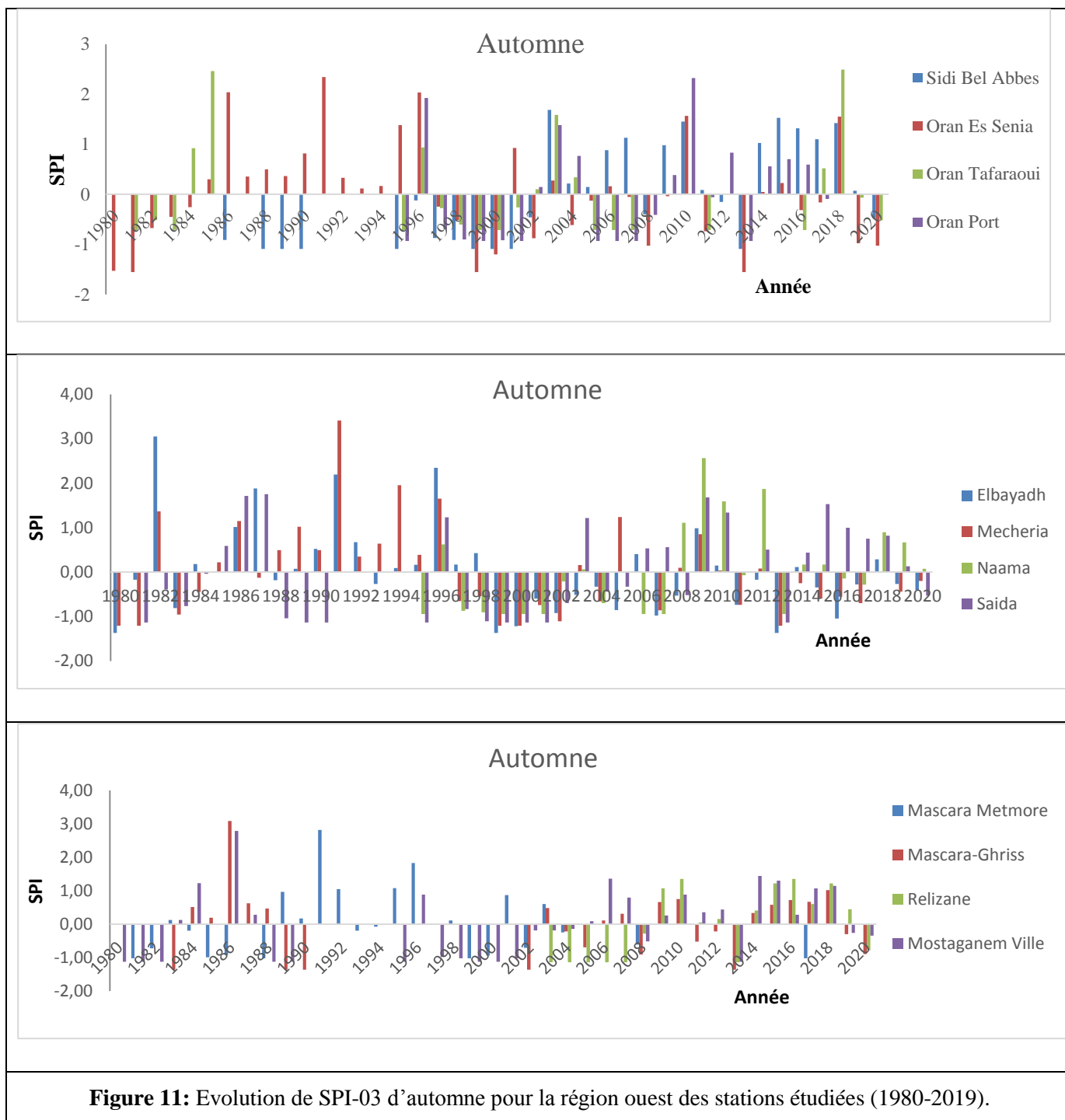
Figure 10: Classification des séquences de sécheresse selon (SPI-12) en (%).

D'après cette figure nous pouvons tirer les remarques suivantes :

L'apparition d'une année extrêmement humide est très faible au niveau des 03 régions avec un pourcentage de 9%. Pour l'Est et 3% pour la région de centre et 1% pour l'ouest. L'occurrence d'une année sévèrement humide est faible au niveau des 03 régions (inférieure à 7%). La classe modérément humide est faible au niveau de 3 régions. Elle varie entre 12 et 18%. L'occurrence d'une année proche de la normale est très forte au niveau de toutes les régions où elle dépasse 40%. La probabilité d'occurrence d'une année modérément sèche est moyennement faible pour toutes les régions avec un taux varie entre 15 et 20% sur 39ans. La probabilité d'occurrence d'une année sévèrement sèche est très faible avec pourcentage de SPI-12 inférieur à 08%. La probabilité qu'une année soit extrêmement sèche ne dépasse pas 05% pour toutes les régions.

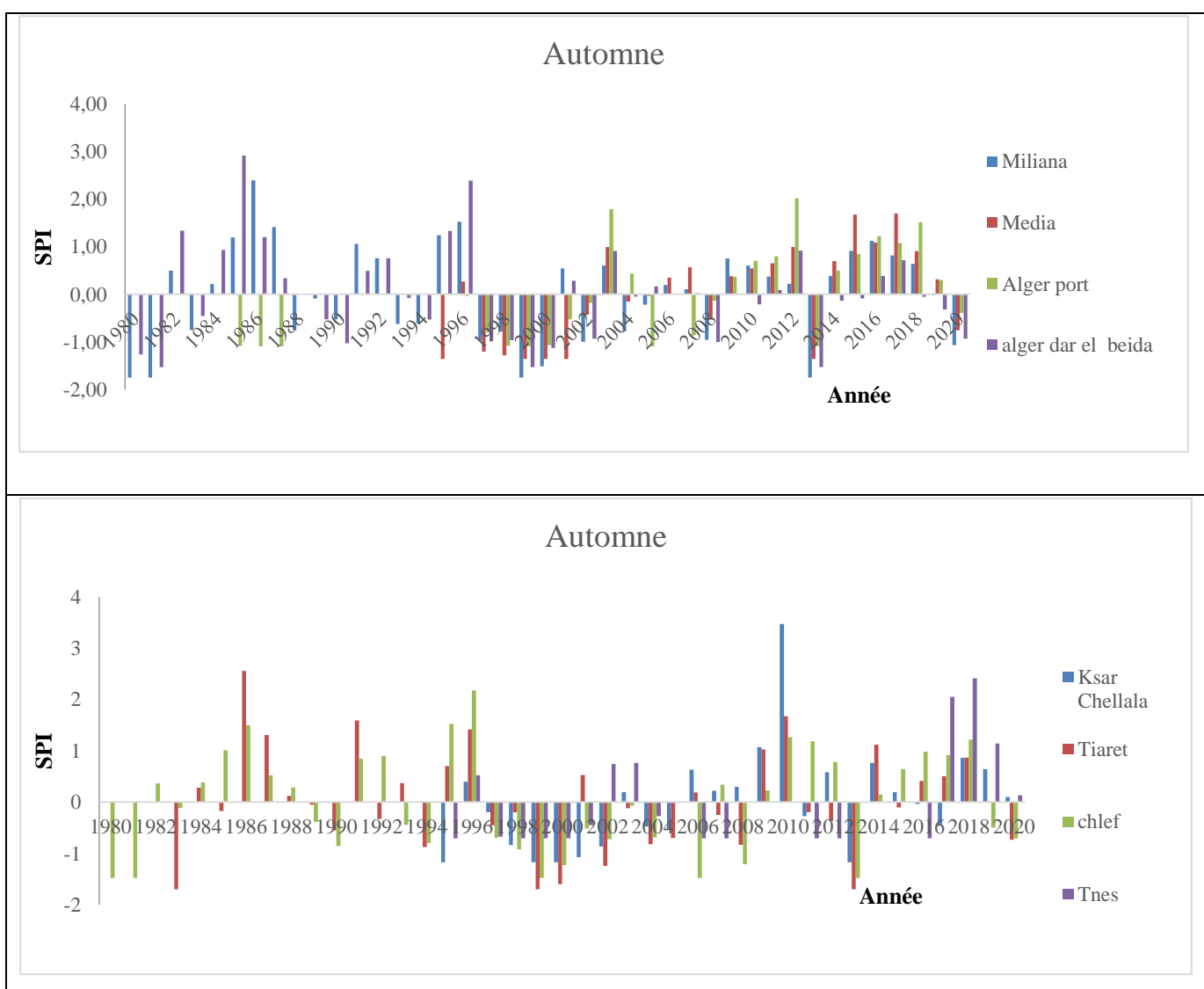
IV.2.3 Echelle saisonnière (SPI-3)

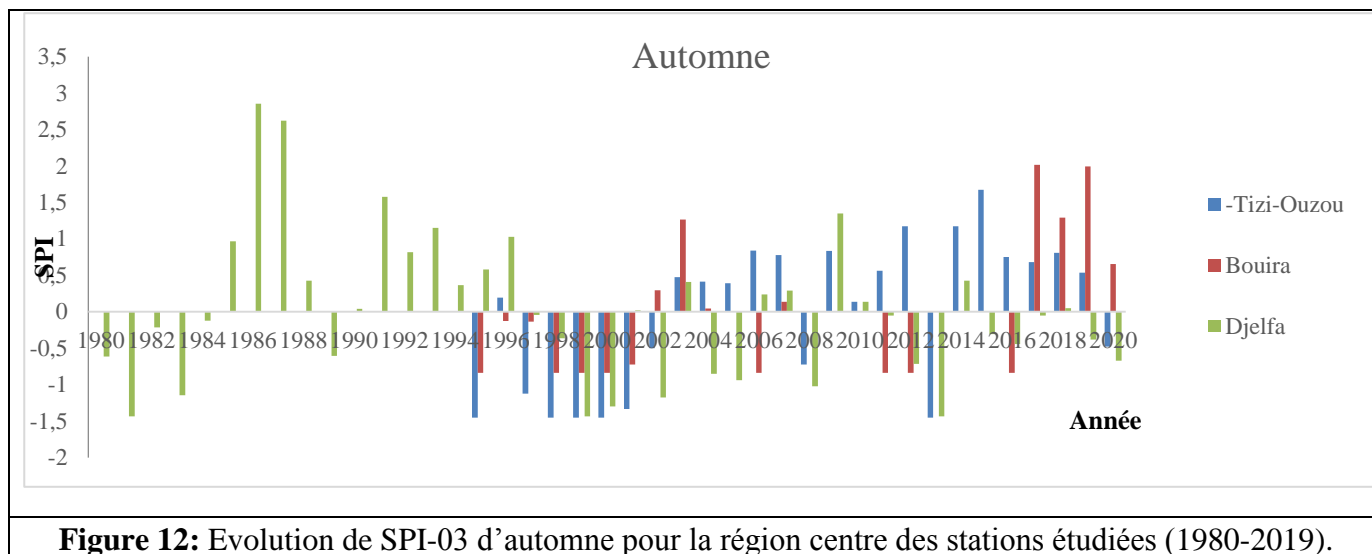
IV.2.3.1 Région d'Ouest (Automne)



L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03 de l'automne sur 39ans pour la région de l'ouest des stations étudiées (1980-2019), montre que plus de 60% des années ont un automne sèche où la période la plus long est entre 1997 jusqu'à 2008 définie une durée de 11 années sèches. Après une période humide se manifeste dès 2009 jusqu'à 2012 avec une durée de 04 ans. Nous avons enregistré des valeurs extrêmes de SPI-03 indiquant un automne extrêmement humide en 1991 pour les stations de Mechria , avec un SPI déficitaire en 2013 pour la station Elbyadh.

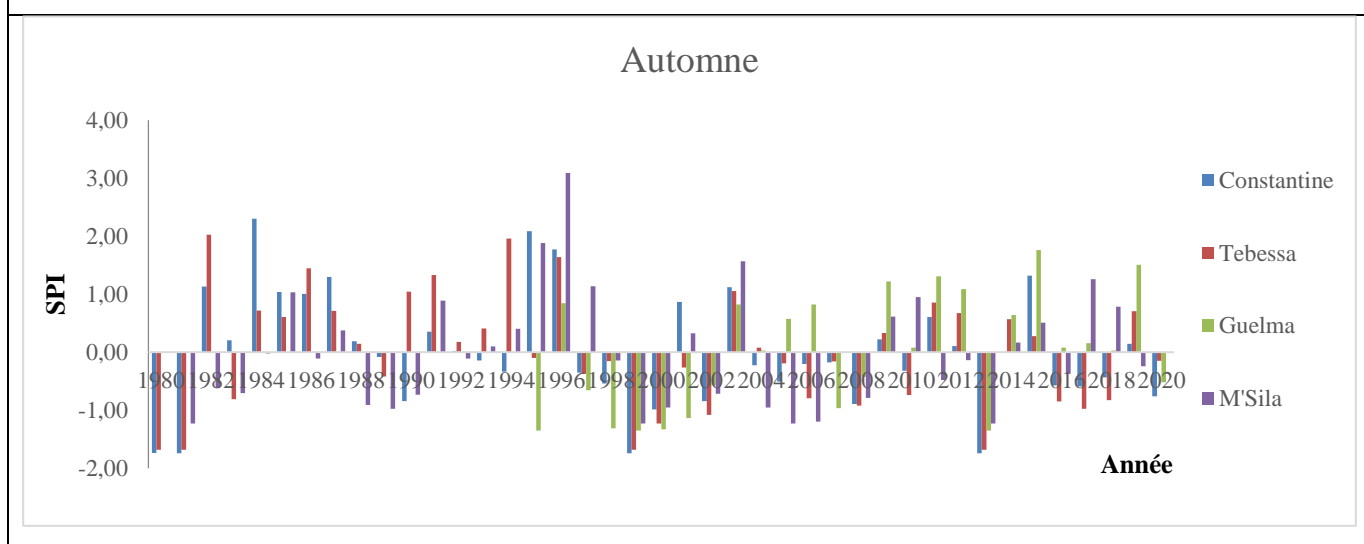
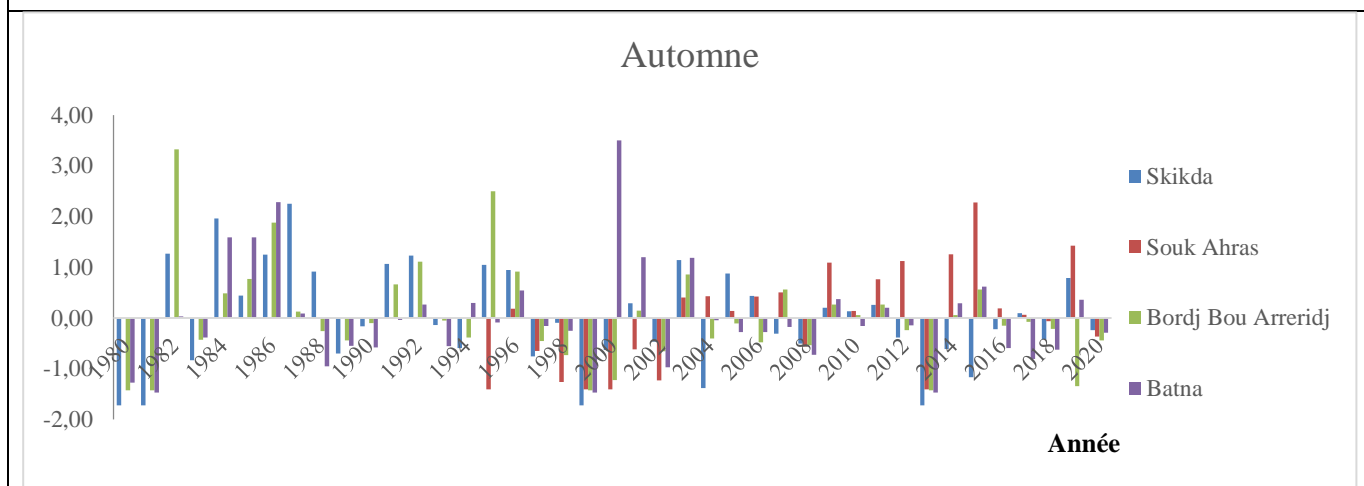
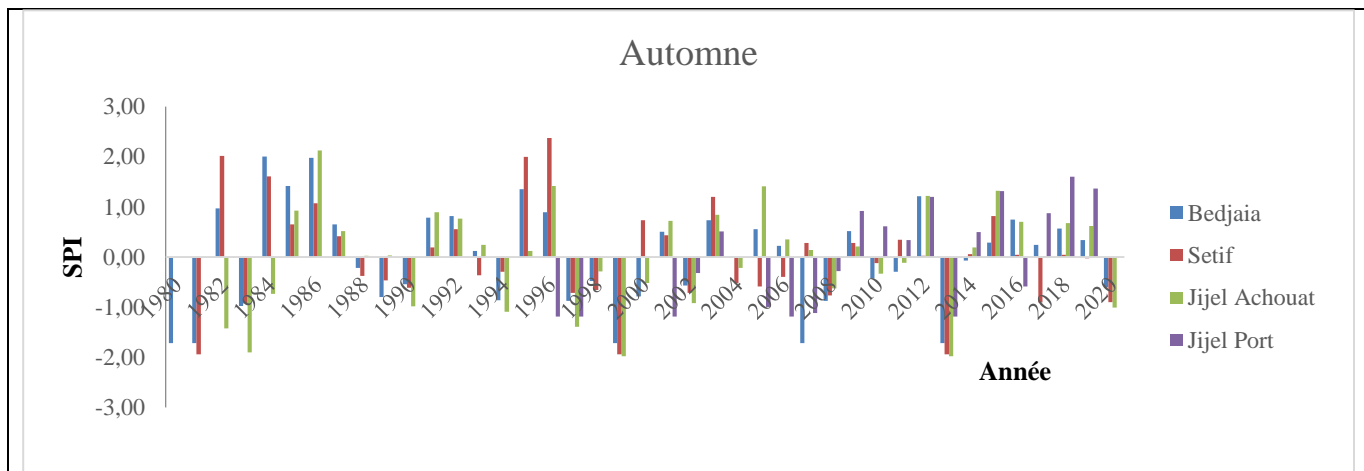
IV.2.3.2 Région de Centre (Automne)





L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03 de l'automne sur 39 ans pour la région de centre des stations étudiées (1980-2019), montre que de 50% des années ont un automne sèche où la période la plus long est entre 1996 jusqu'à 2009 définie une durée de 13 années sèches. Après une période humide se manifeste dès 2009 jusqu'à 2011 avec une durée de 02 ans. Nous avons enregistré des valeurs extrêmes de SPI-03 indiquant un automne extrêmement humide en 2010 pour la station de Ksar Chellala avec un SPI déficitaire en 2013 pour la station Miliana

IV.2.3.3 Région d'Est (Automne)



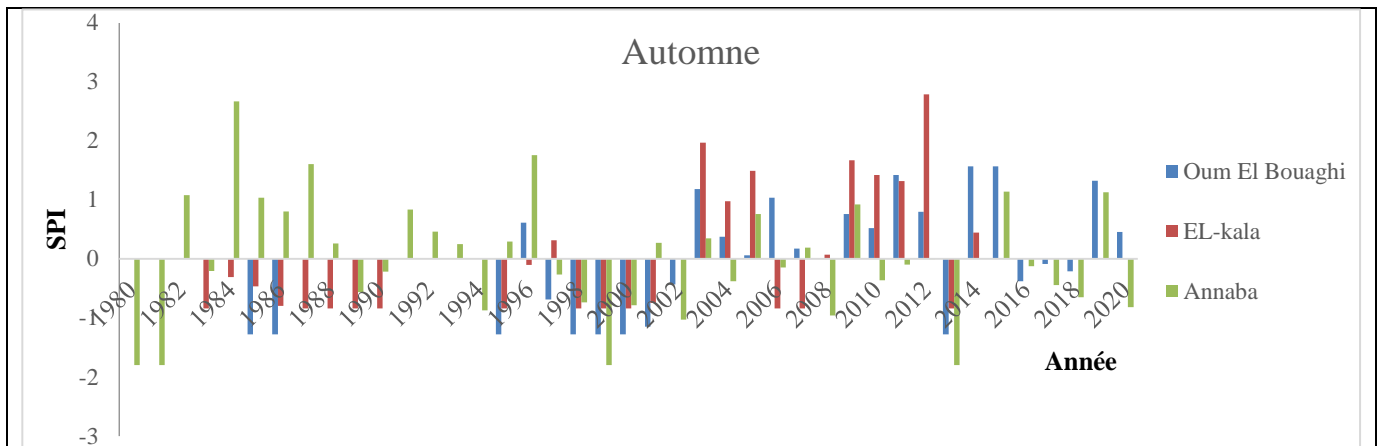
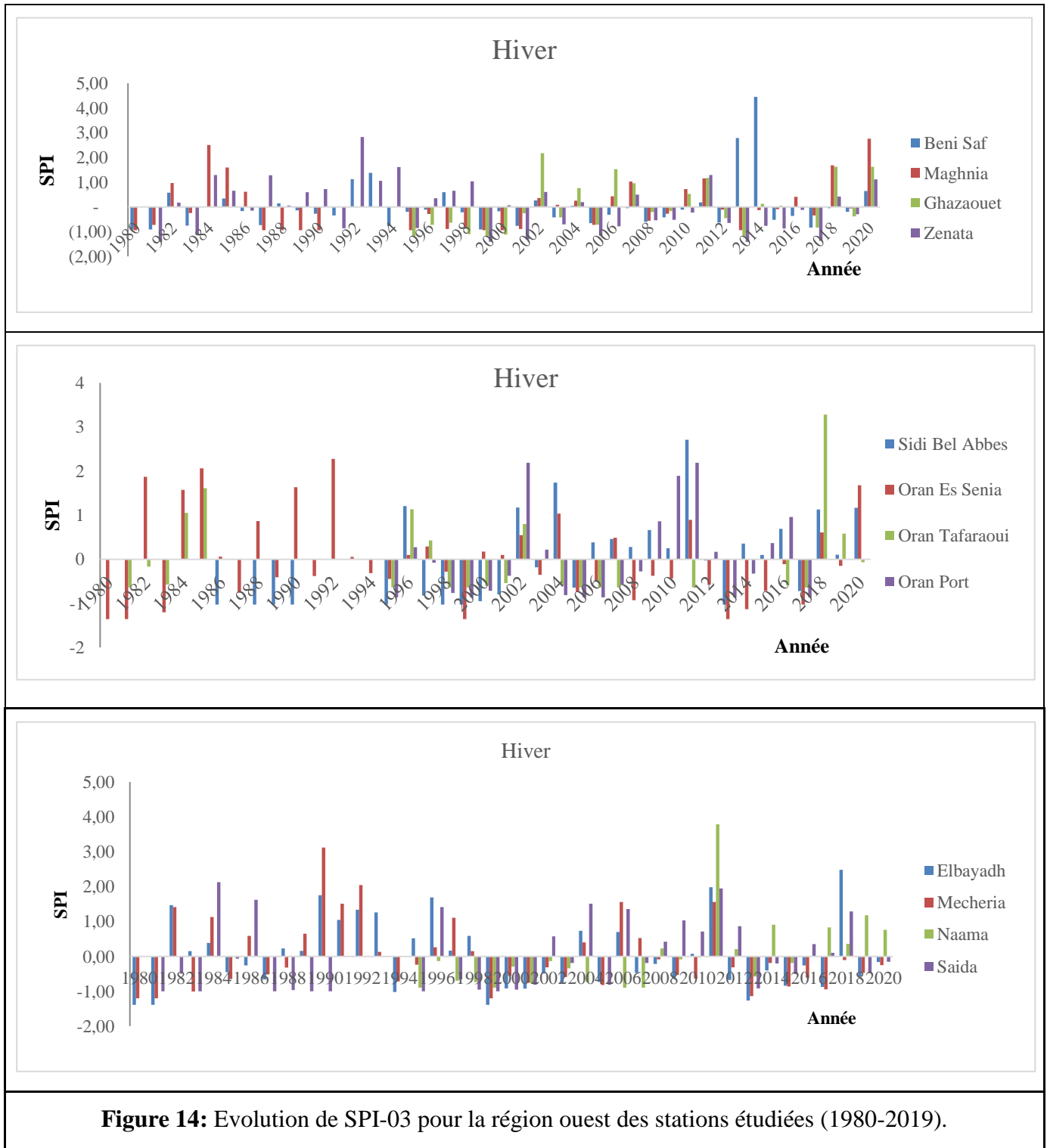


Figure 13: Evolution de SPI-03d’automne pour la région Est des stations étudiées (1980-2019).

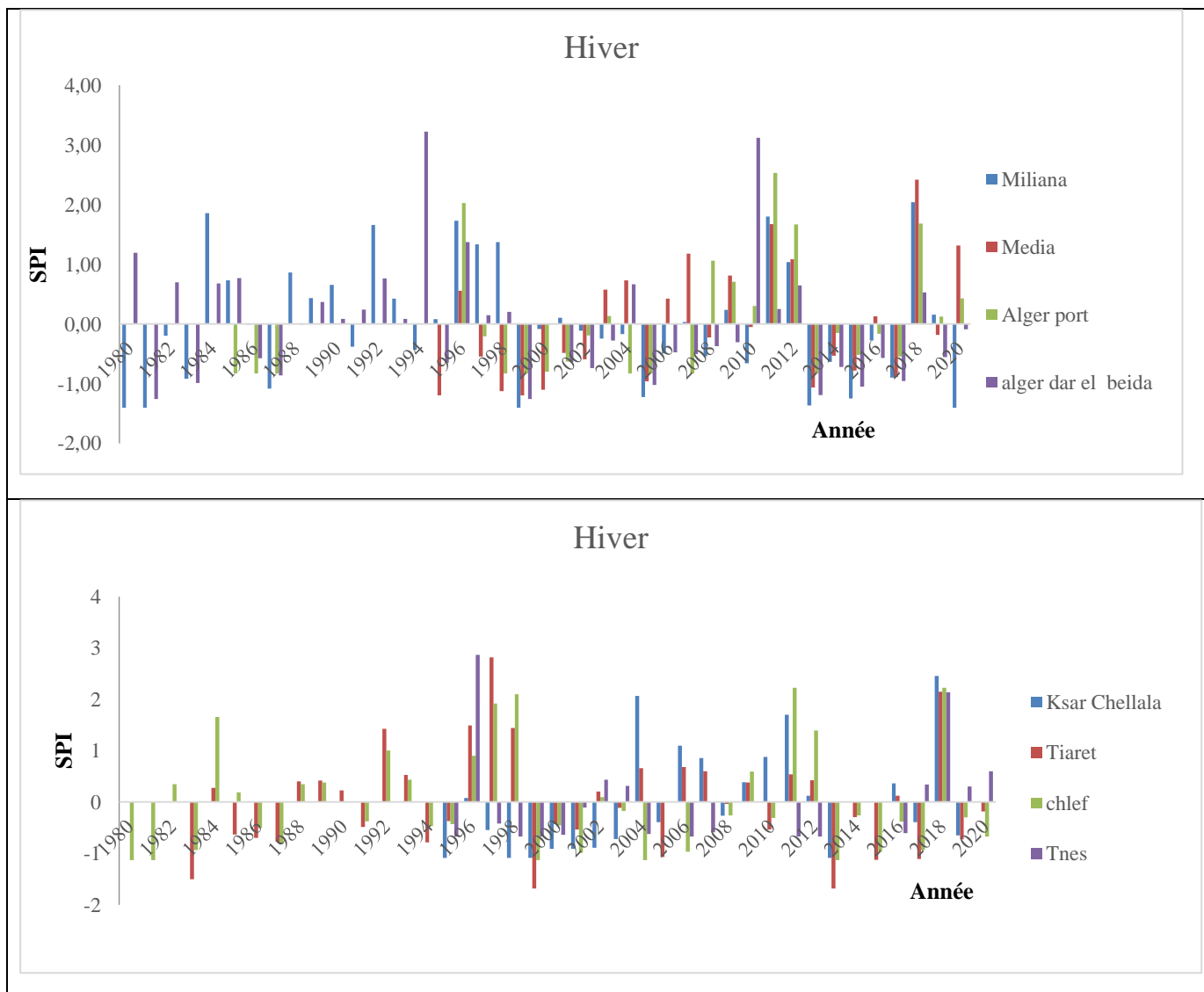
L’analyse de l’intensité de la sécheresse par l’indice SPI-03de l’automne sur 39ans pour la région de l’Est des stations étudiées (1980-2019), montre que de 50% des années ont un automne sèche où la période la plus long est entre 1997 jusqu’à 2008 définie une durée de 11 années sèches. Après une période humide se manifeste dès 2008 jusqu’à 2012 avec une durée de 02 ans. Nous avons enregistré des valeurs extrêmes de SPI-03 indiquant un automne extrêmement humide en 2000 pour la station de Batna, avec un SPI déficitaire en1999 pour la station de Sétif.

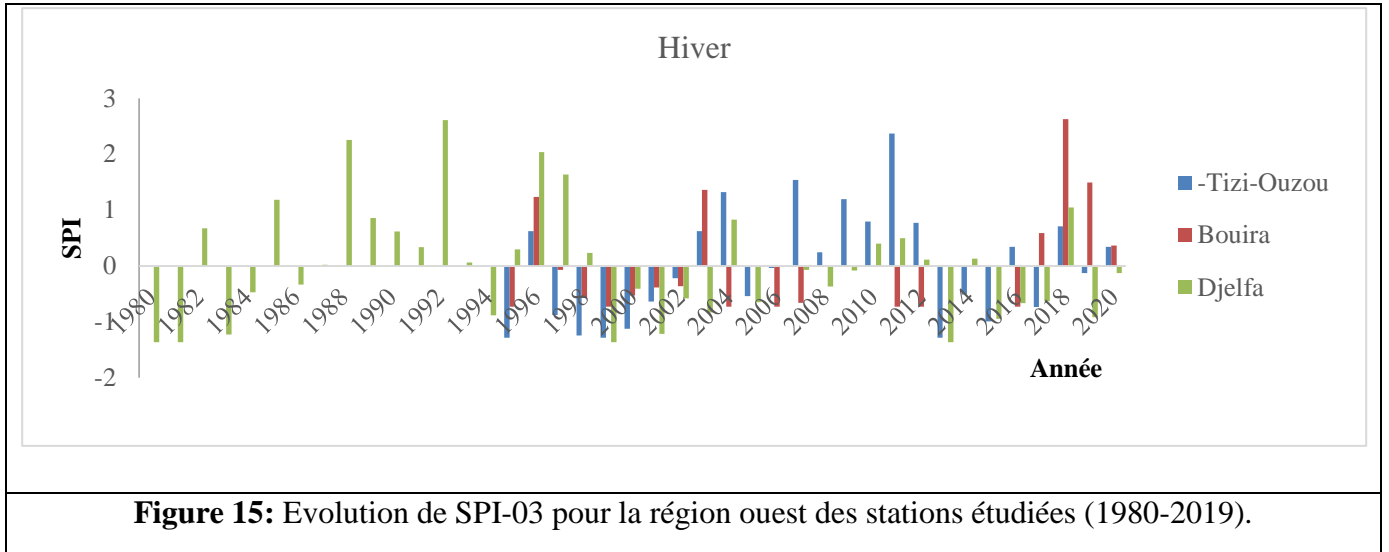
IV.2.3.4 Région d'Ouest (Hiver)



L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03de hiver sur 39ans pour la région de l'ouest des stations étudiées (1980-2019), montre que de 50% des années ont un hiver sec où la période la plus long est entre 1997 jusqu'à 2003définie une durée de 6 années sèches. Après une période humide se manifeste dès 2003 jusqu'à 2005 avec une durée de 02 ans.

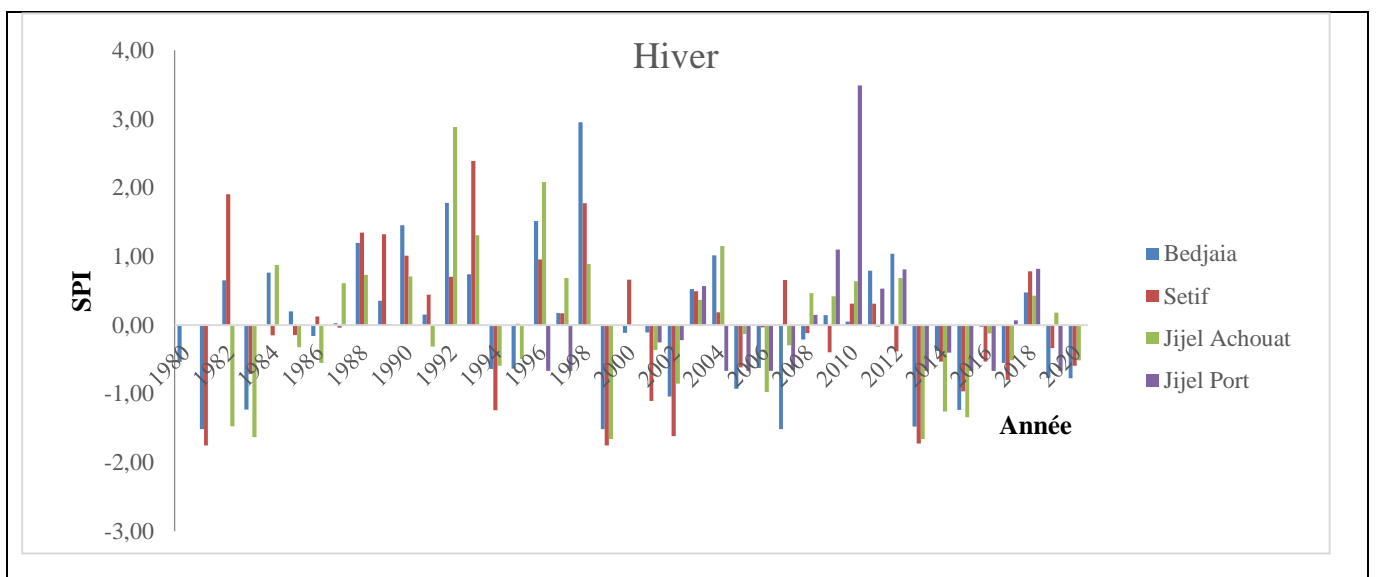
IV.2.3.5 Région de centre (Hiver)

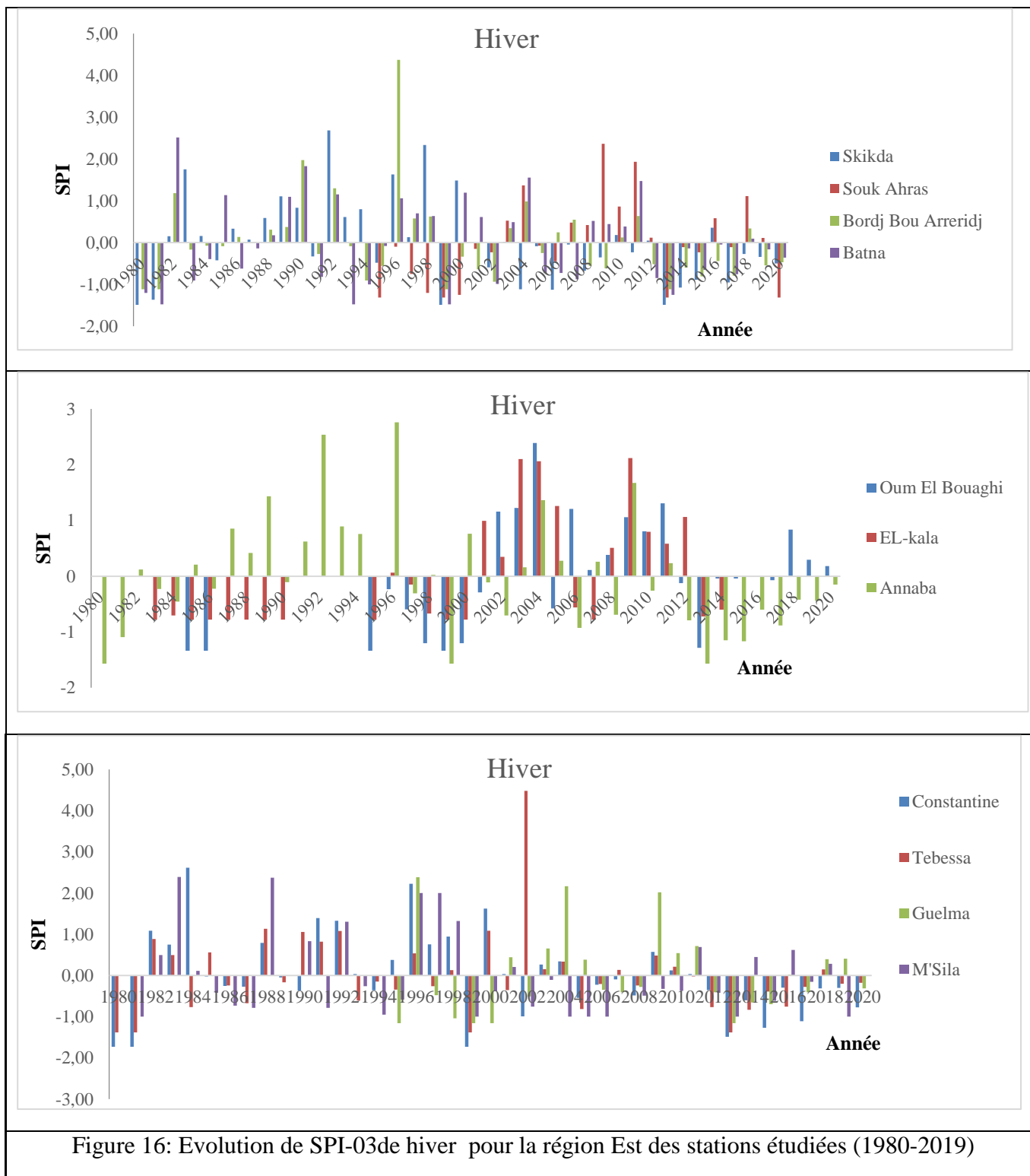




L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03 de l'hiver sur 39ans pour la région de centre des stations étudiées (1980-2019), montre que de 50% des années ont un hiver sèche où la période la plus long est entre 1997 jusqu'à 2008 définie une durée de 11 années sèches. Après une période humide se manifeste dès 2008 jusqu'à 2012 avec une durée de 04 ans.

IV.2.3.6 Région Est (Hiver)

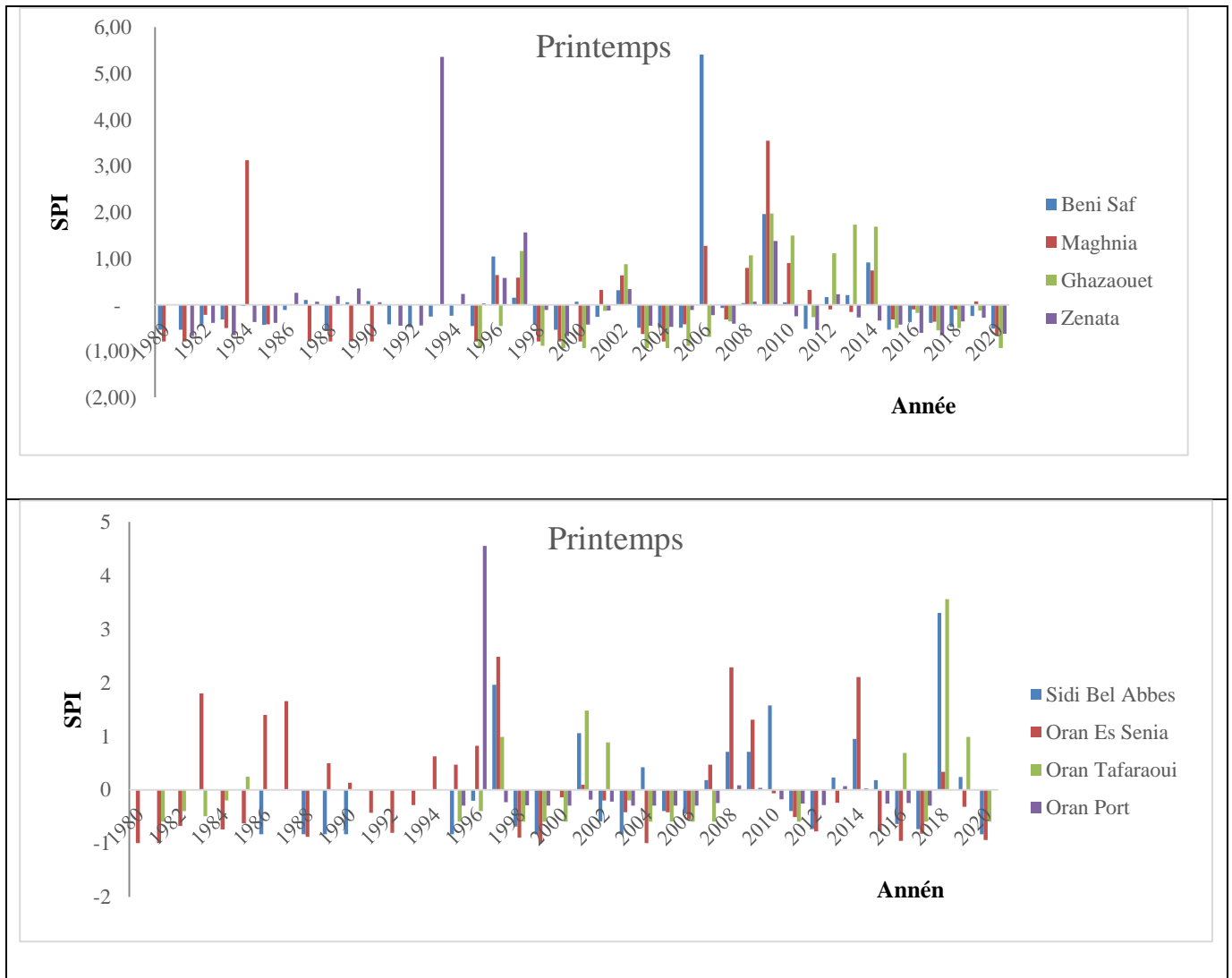


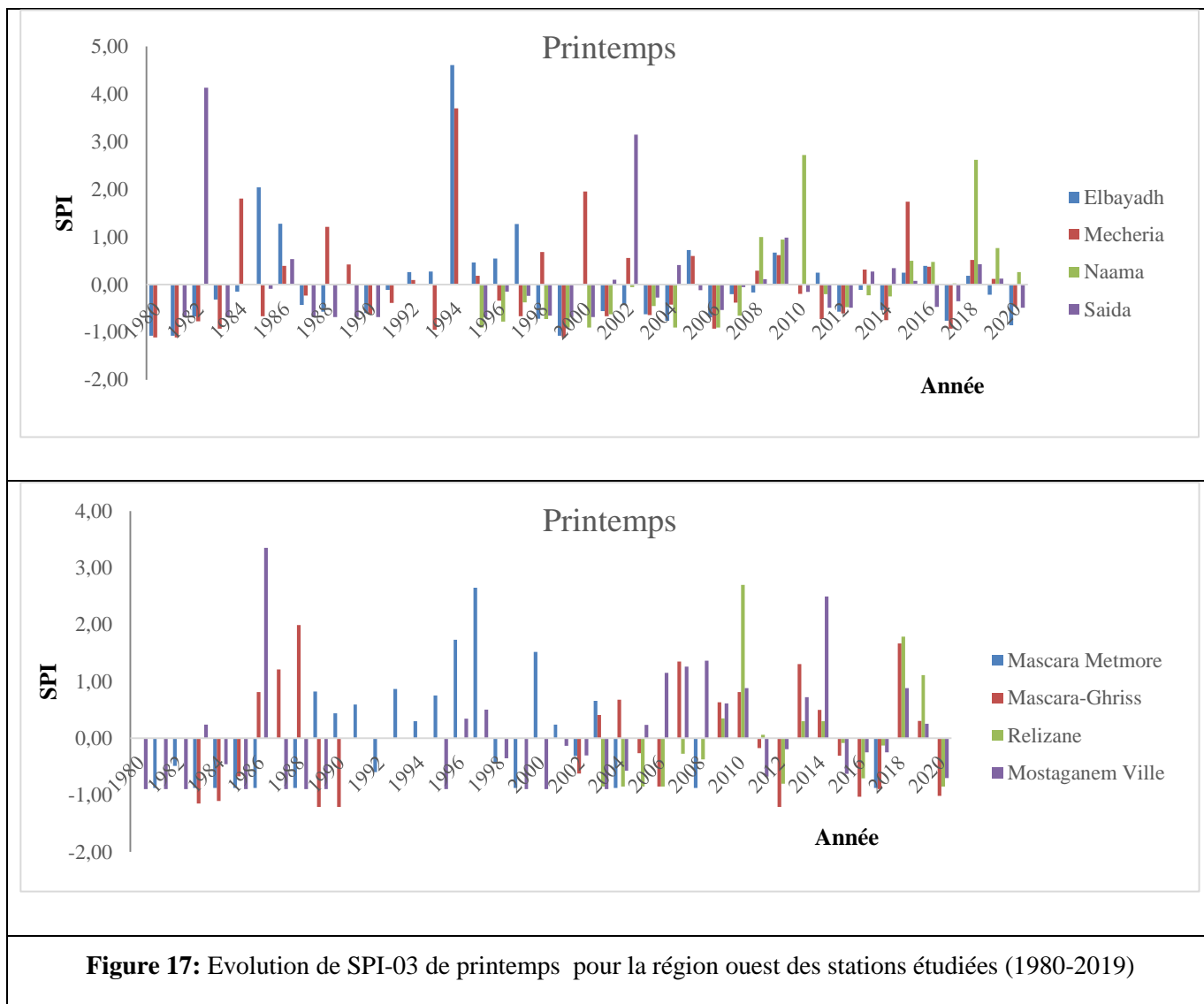


L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03de hiver sur 39ans pour la région de l'Est des stations étudiées (1980-2019), montre que plus de 40% des années ont un hiver sec où la

période la plus long est entre 2012 jusqu'à 2018 définie une durée de 06 années sèches. Une période humide se manifeste dès 2002 à 2012 avec une durée de 10 ans.

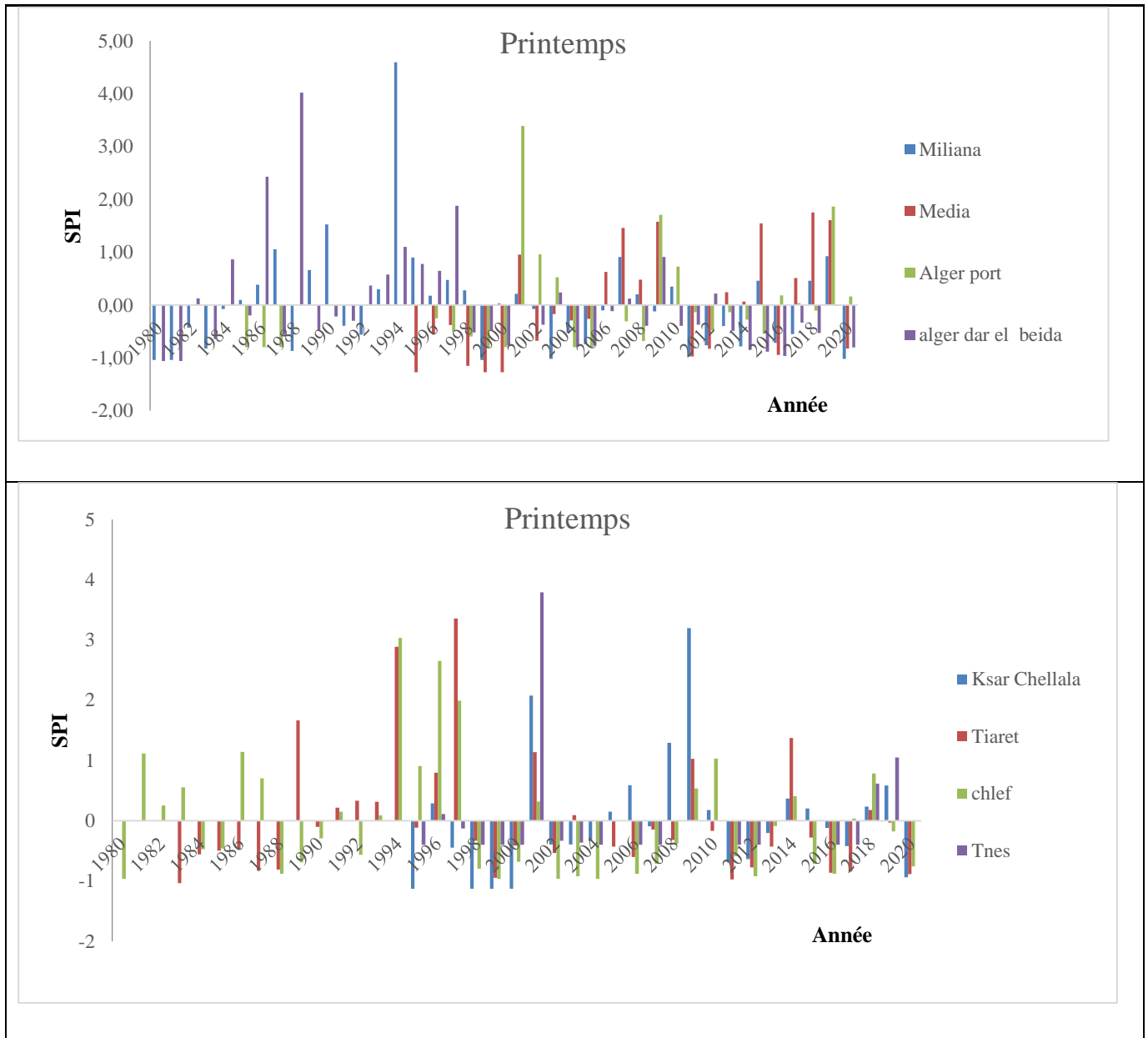
IV.2.3.7 Région d'Ouest (Printemps)

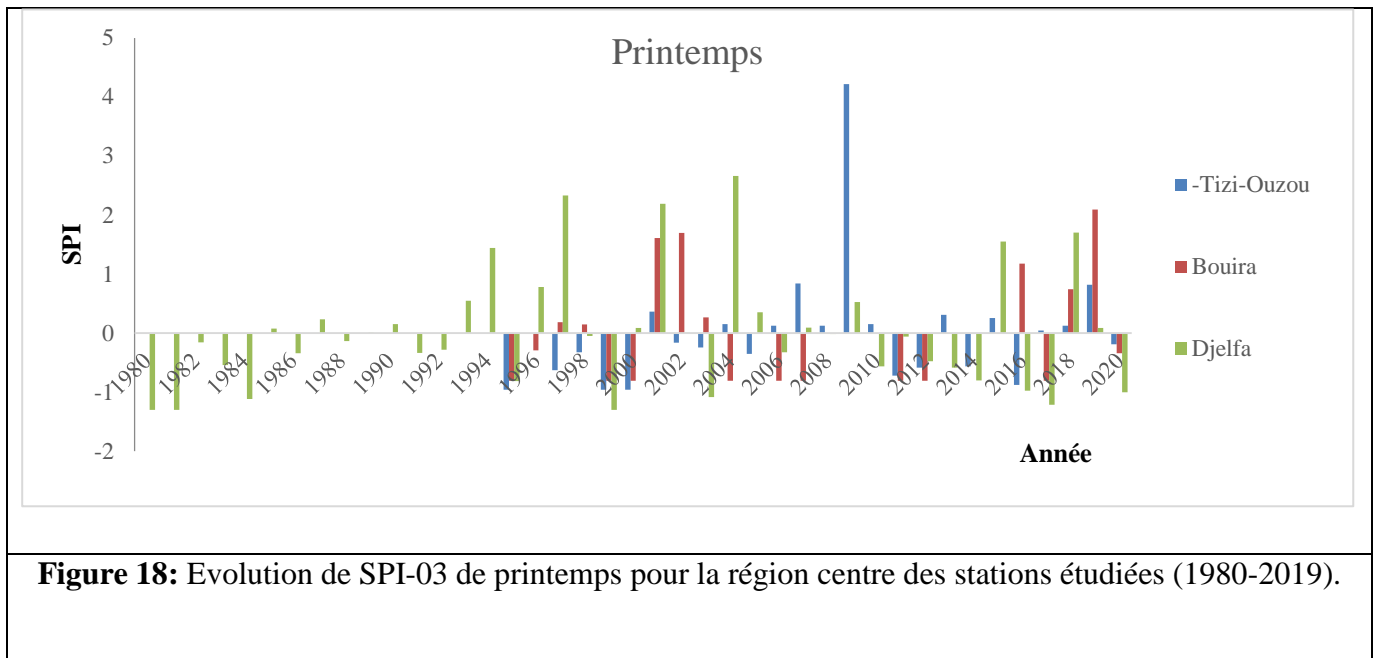




L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03 de printemps sur 39 ans pour la région de l'ouest des stations étudiées (1980-2019), montre que plus de 60% des années ont un printemps sec où la période la plus long est entre 1982 jusqu'à 1996 définie une durée de 14 années sèches. Une période humide se manifeste dès 2008 à 2012 en une durée de 2 ans. Nous avons enregistré des valeurs extrêmes de SPI-03 indiquant un hiver extrêmement humide en 2014 pour la stations de Beni saf, avec un SPI déficitaire en 1982 pour la station de Oran Es Senia.

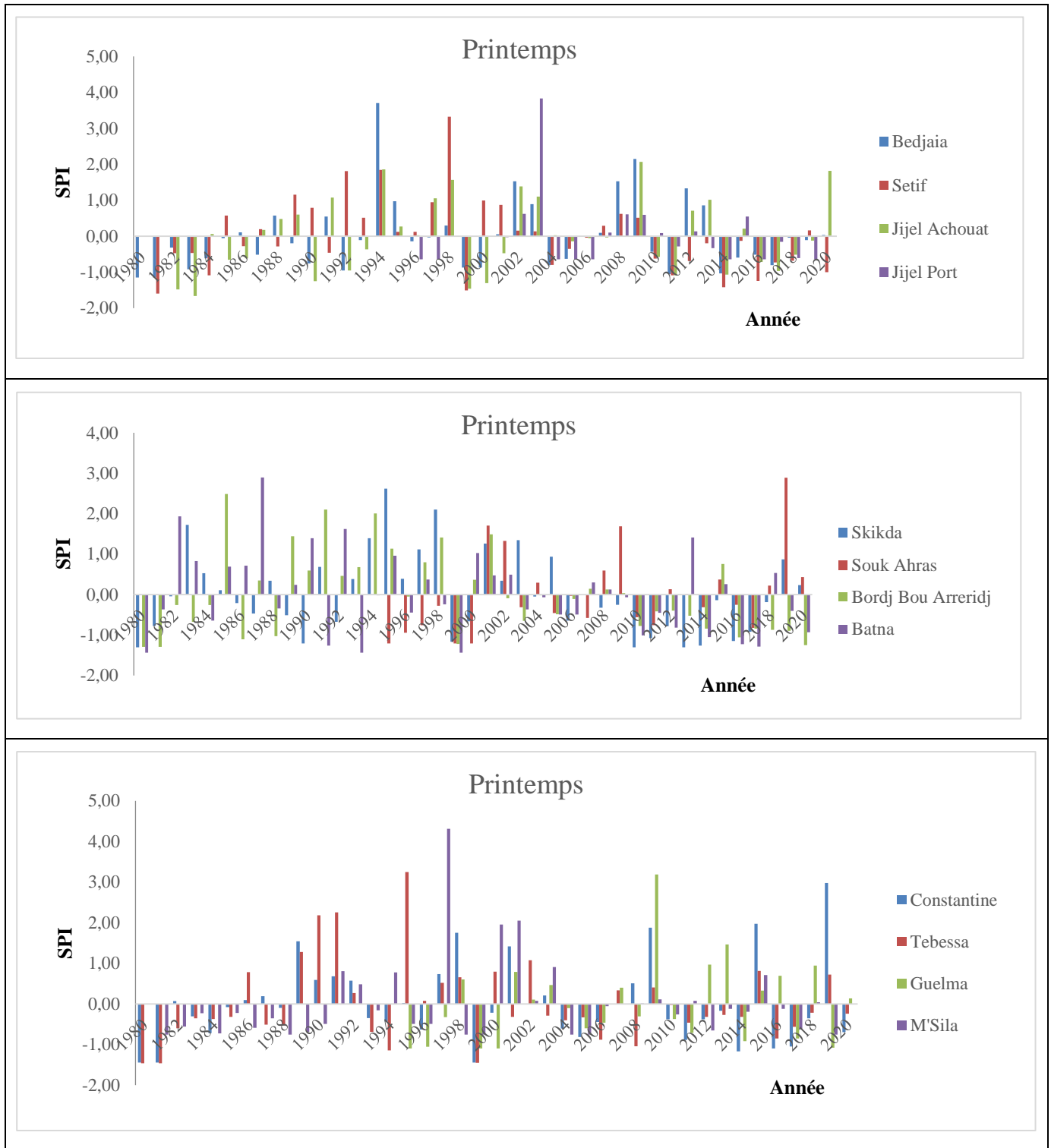
IV.2.3.8 Région de centre (Printemps)

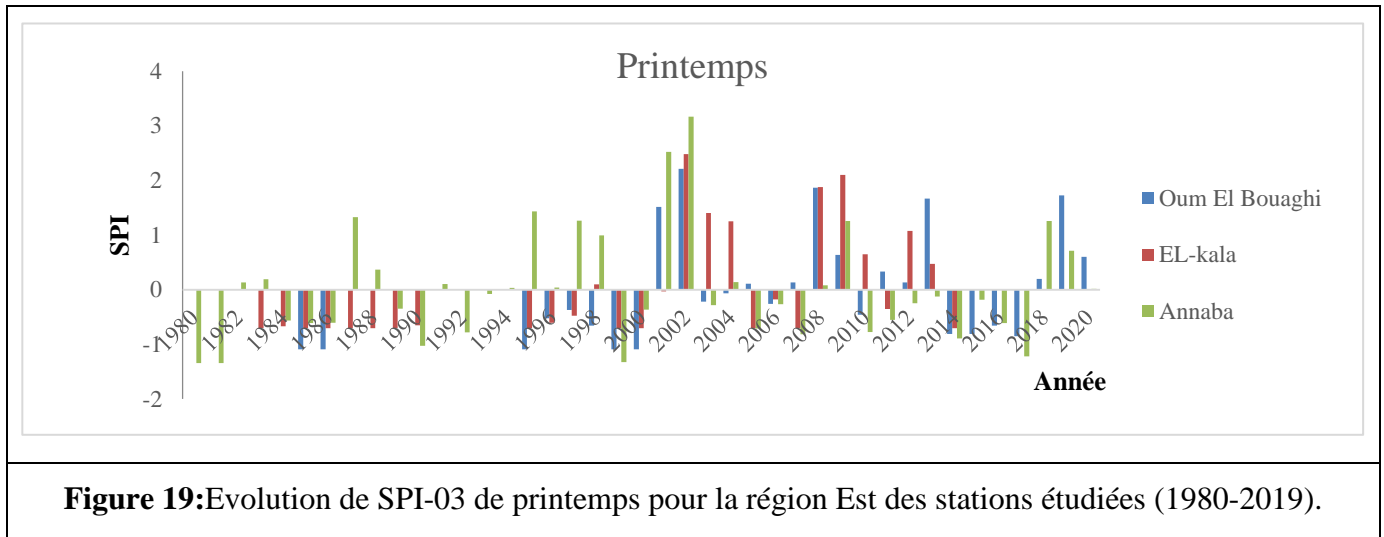




L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03 de printemps sur 39 ans pour la région de centre des stations étudiées (1980-2019), montre que plus de 50% des années ont un printemps sec où la période la plus long est entre 2002 jusqu'à 2008 définie une durée de 06 années sèches. Une période humide se manifeste dès 2008 à 2010 avec une durée de 2 ans.

IV.2.3.9 Région de l'Est (Printemps)



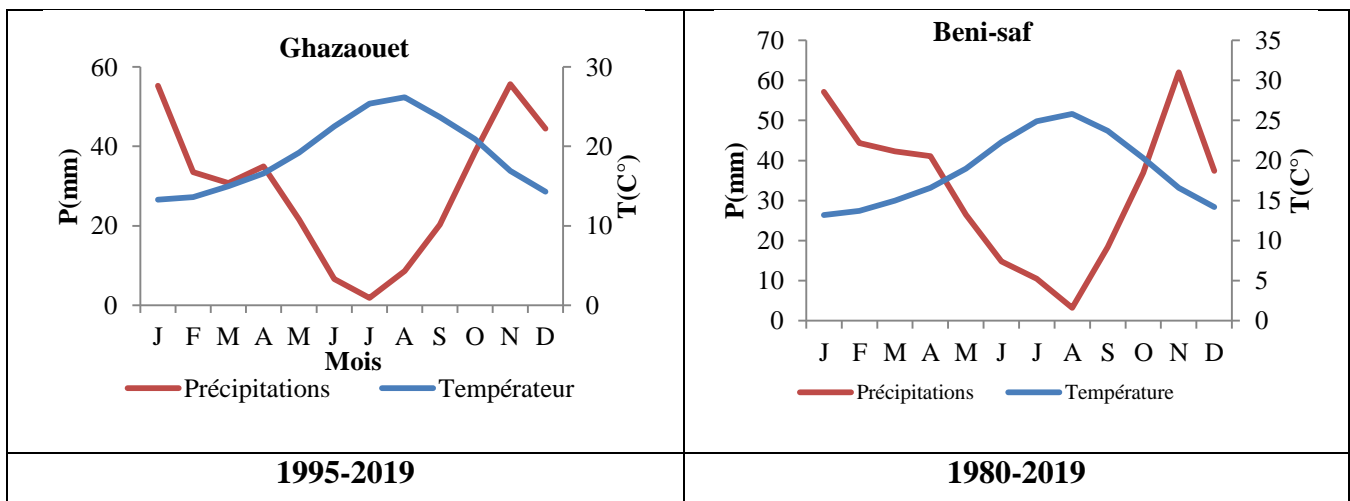


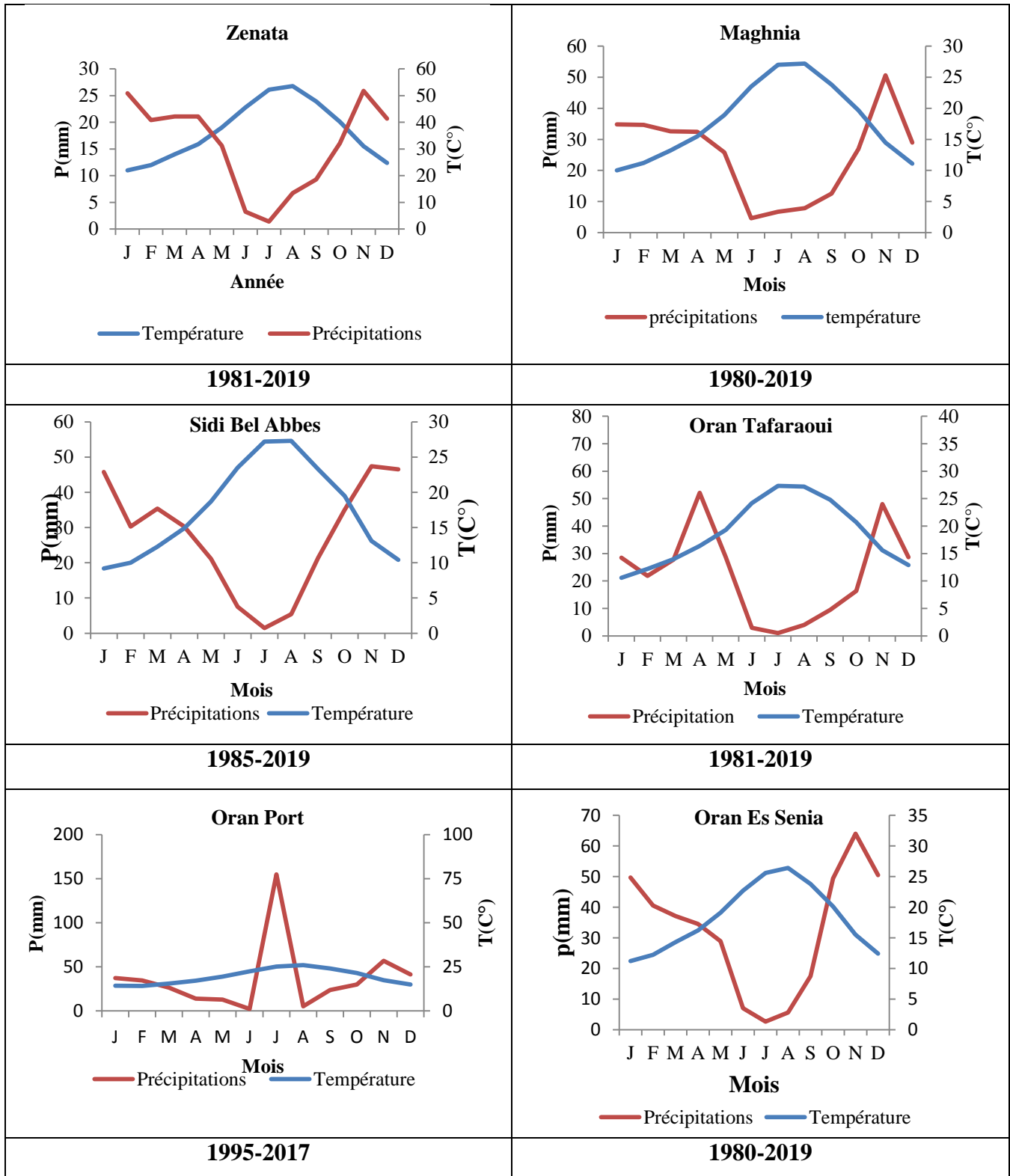
L'analyse de l'intensité de la sécheresse par l'indice SPI-03 de printemps sur 39 ans pour la région de l'Est des stations étudiées (1980-2019), montre que de 50% des années ont un printemps sec où la période la plus longue est entre 1980 jusqu'à 2002 définie une durée de 22 années sèches. Une période humide se manifeste dès 2002 à 2005 avec une durée de 03 ans. Nous avons enregistré des valeurs extrêmes de SPI-03 indiquant un printemps extrêmement humide en 1997 pour la station M'Sila, avec un SPI déficitaire en 1999 pour la station de Annaba.

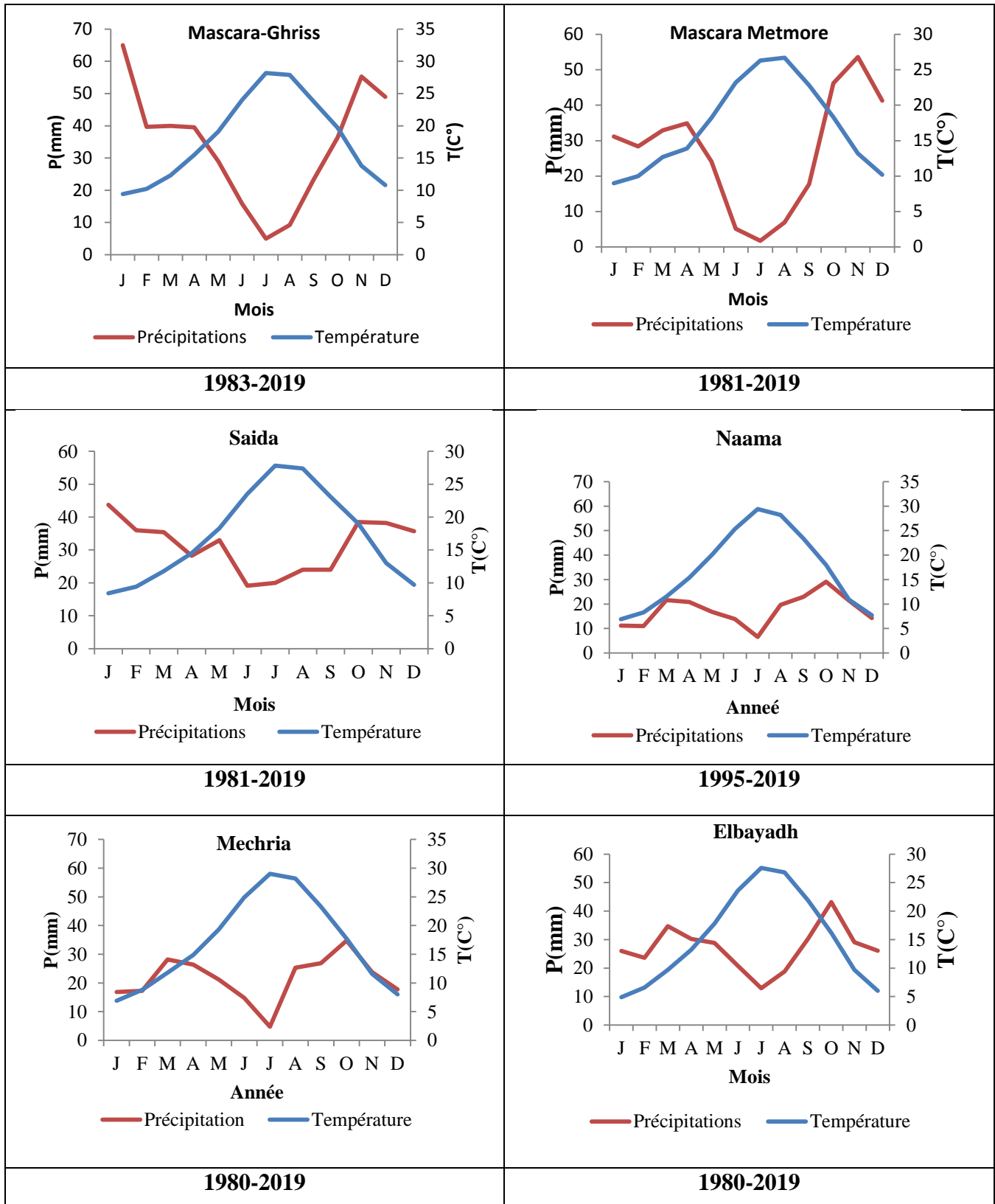
IV.3 Diagramme ombrothermique

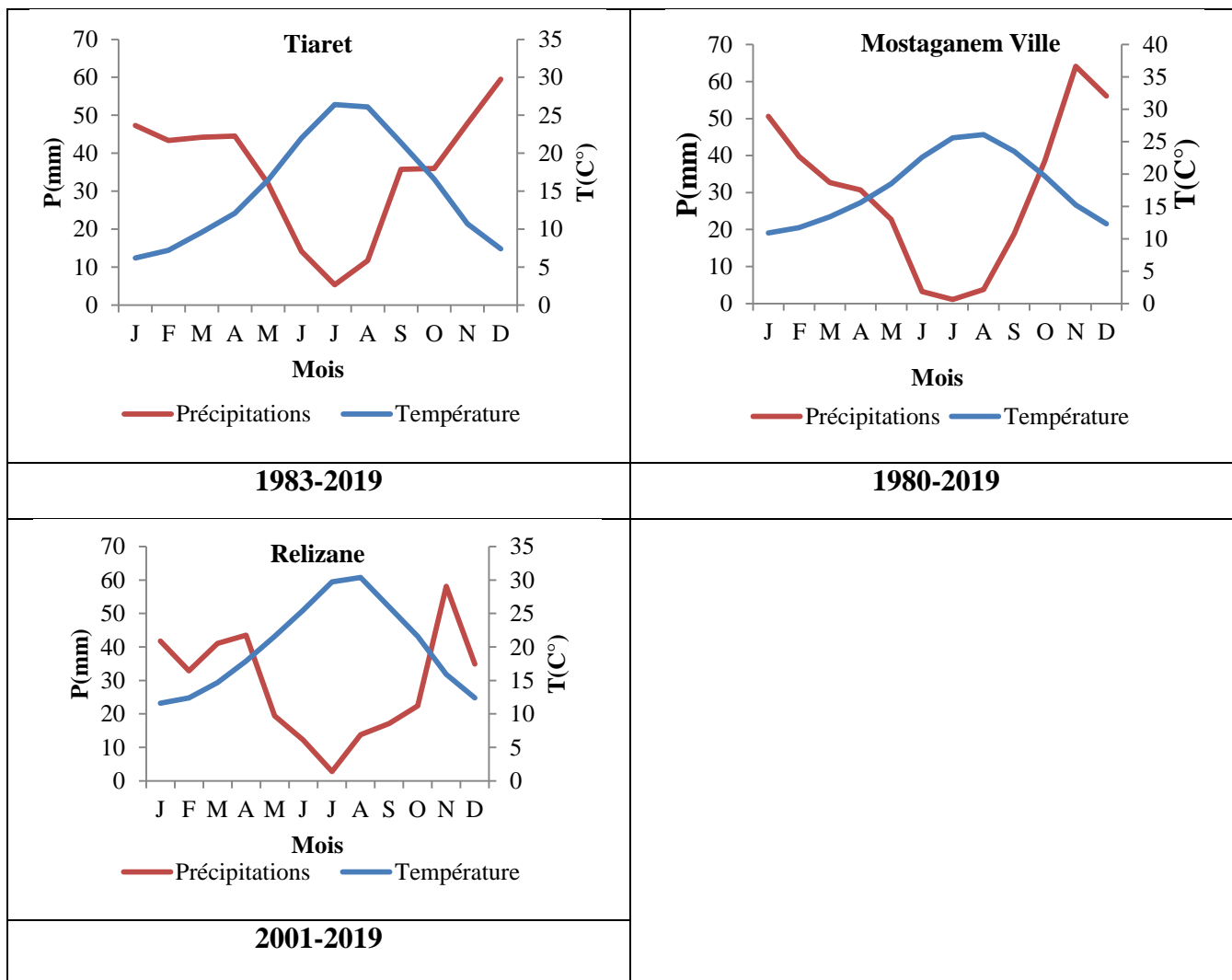
IV.3.1. Région d'ouest

Table 7: Analyse de Diagramme ombrothermique la région ouest des stations étudiées (1980-2020).





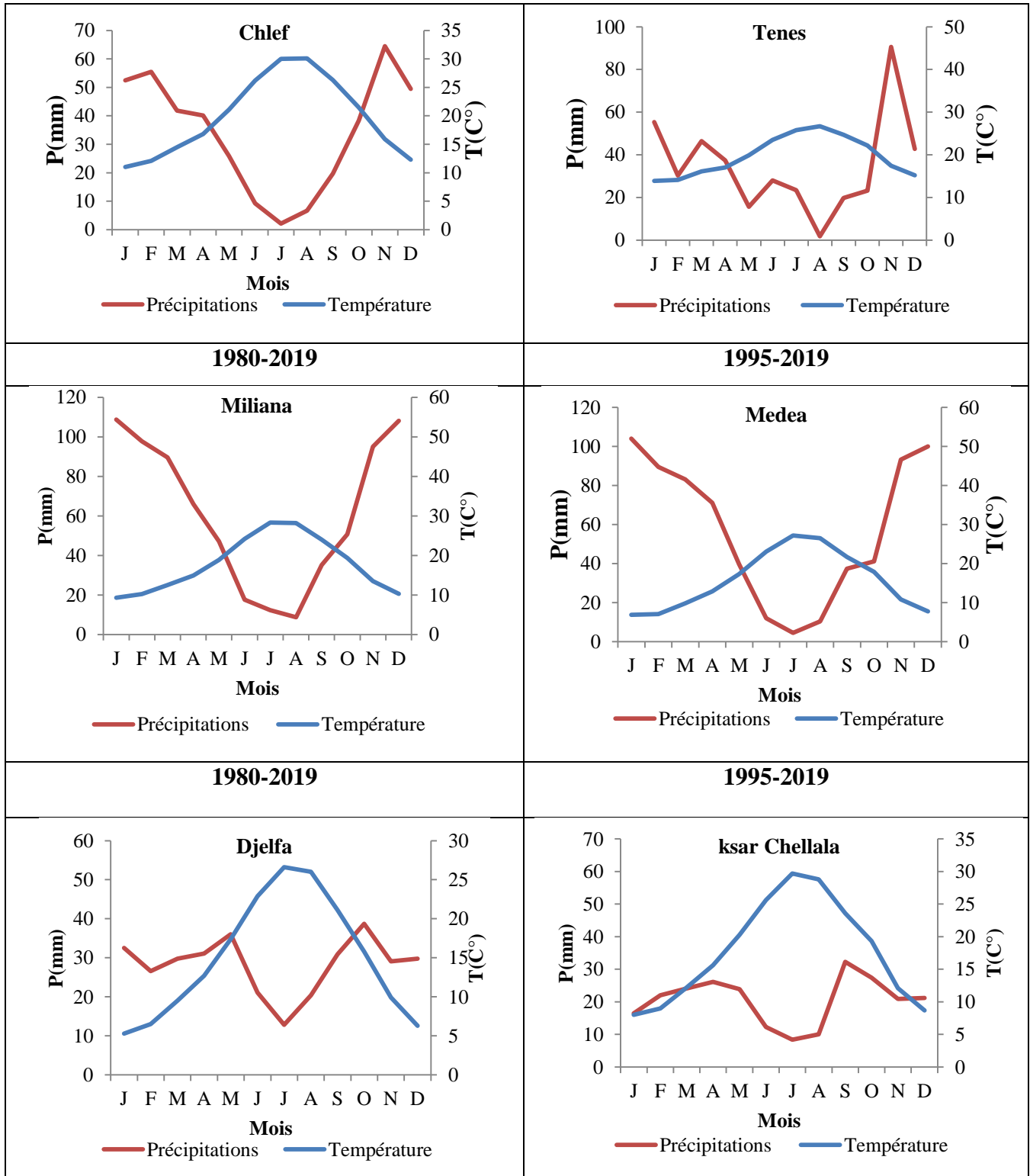


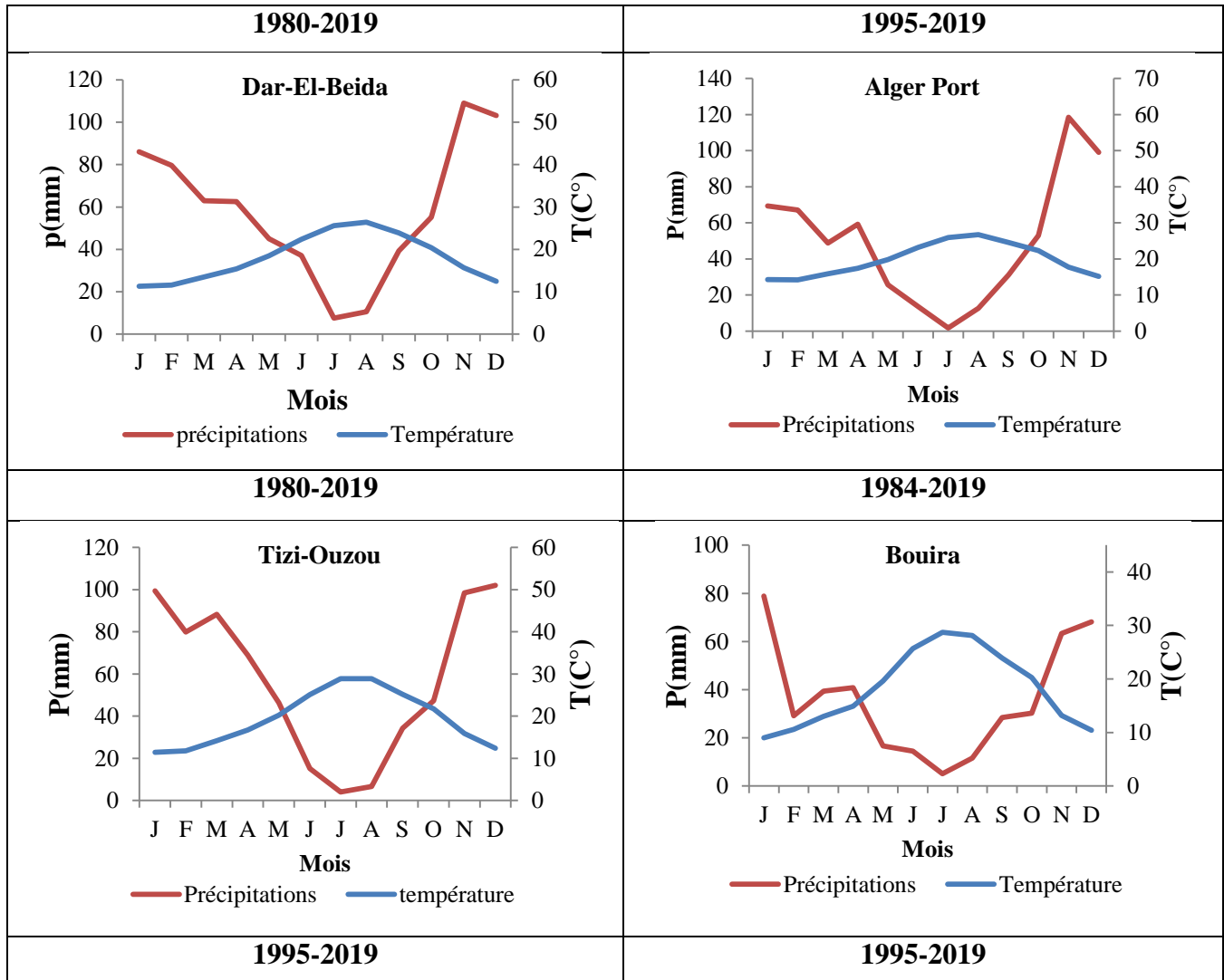


Pour l'ensemble des stations de la région ouest la période de sécheresse estivale est de 6 à 8 mois. Dans certaines stations comme Naama, Mechria et Elbayadh toute l'année est considérée une saison sèche, la période sèche est plus accentuée durant les mois de juin juillet et aout pour l'ensemble des stations.

IV.3.2 Région centre

Table 8: Analyse de Diagramme ombrothermique de la région centre des stations étudiées (1980-2020).

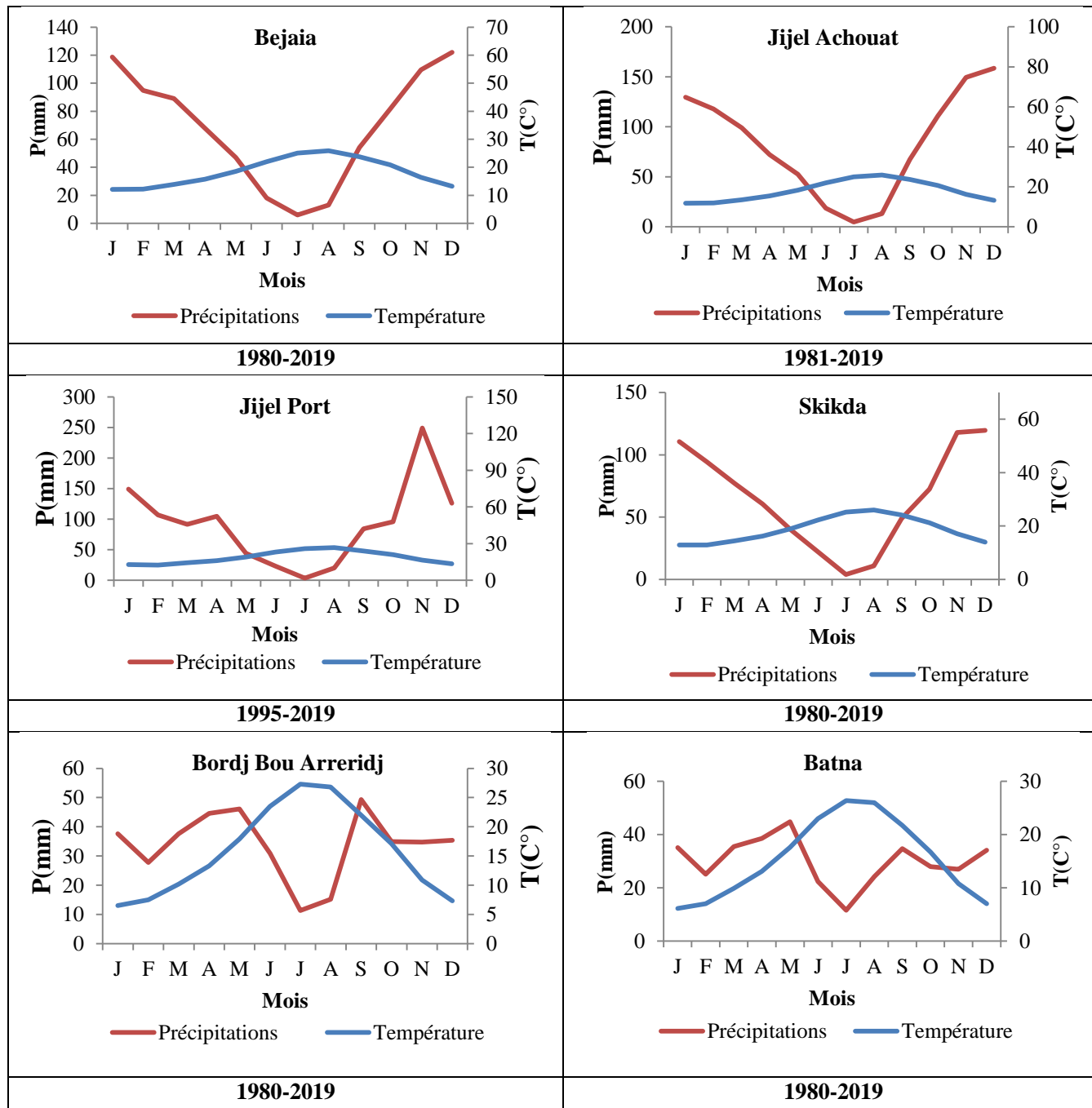


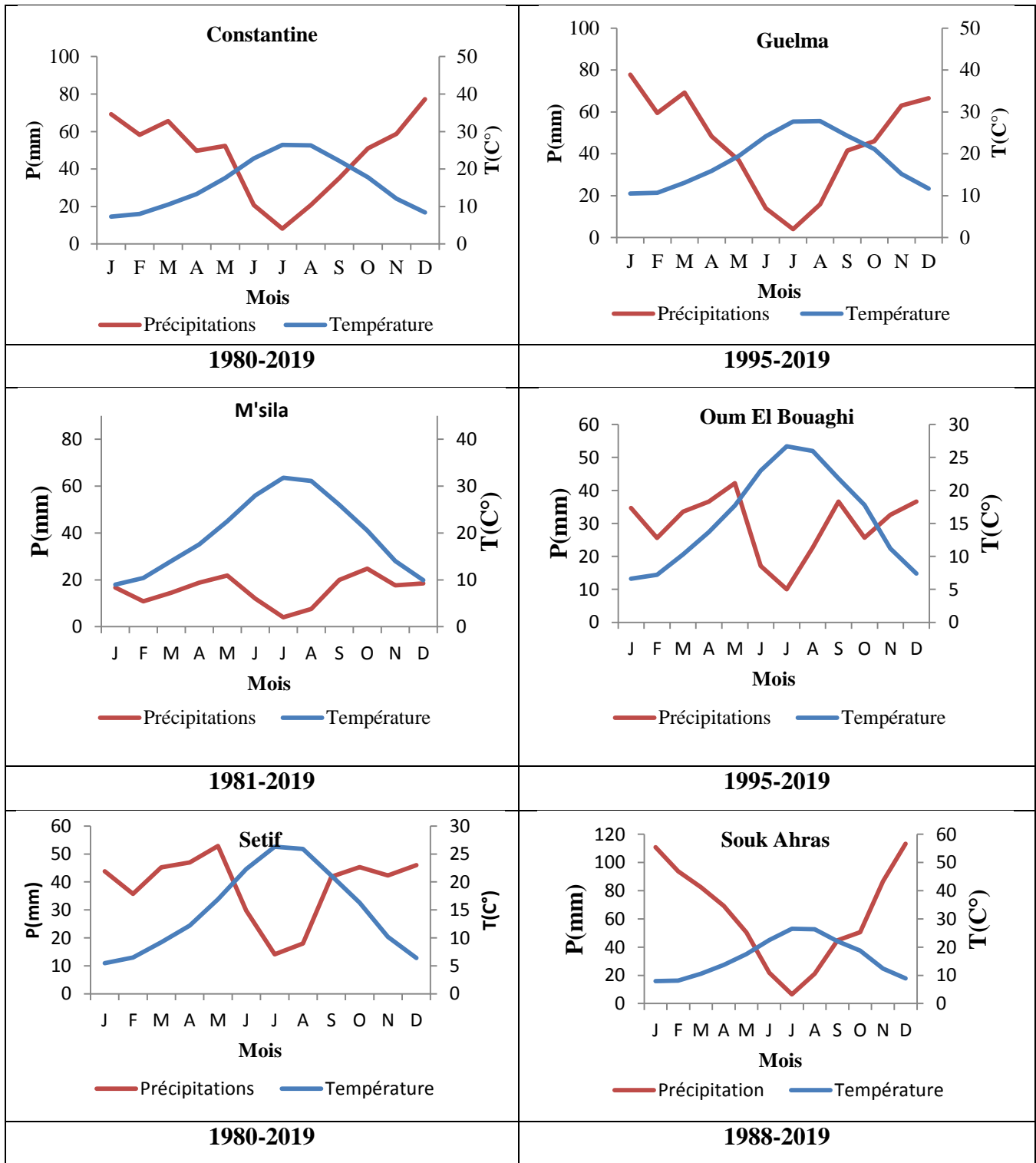


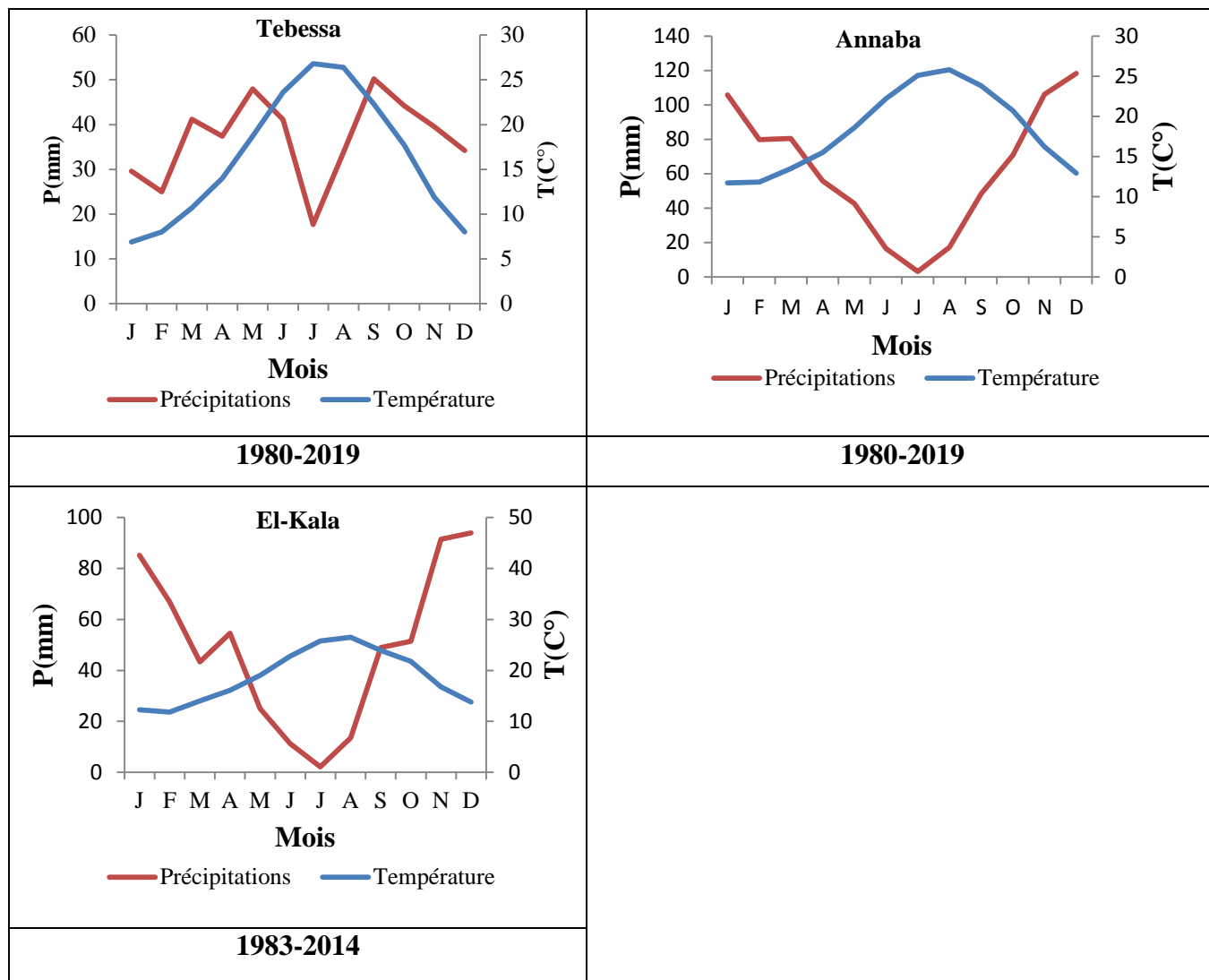
Pour l'ensemble des stations de la région Centre la période de la sécheresse estivale est de 3 à 8 mois. Dans la station de Ksar Chellala, toute l'année est considérée comme une saison sèche. Pour les autres stations, la période sèche est plus accentuée durant les mois de juin juillet et aout. La comparaison entre les diagrammes calculés montre que la durée de la période sèche varie de plus d'un mois, le cas de la station d'Oran port où le diagramme des stations de Tizi-Ouzou Dar el Beida indique que la période sèche est courte par rapport aux autres stations.

IV.3.3 Région Est

Table 9: Analyse de Diagramme Ombrothermique de pour la région Est des stations étudiées (1980-2020).







Pour l'ensemble des stations de la région Est la période de sècheresse estivale est de 3 à 6 mois une exception à la station de M'Sila atteindre plus de 9 mois, toute l'année est considérée une saison sèche, la période sèche est plus accentuée durant les mois de juin juillet et aout pour l'ensemble des stations.

IV.4 Indice d'aridité de Martonne

IV.4.1 Région ouest

Table 10: Analyse de l'Indice d'aridité de Martonne de la région ouest des stations étudiées (1980-2019).

Station.	Valeur	Type de climat
Beni-Saf	13.08	Semi-aride
maghnia	10.54	Semi-aride
Ghazaouet	10.12	Semi-aride
Tlemcen Zenata	13.68	Semi-aride
Sidi Bel Abbes	12.56	Semi-aride
oran Es Senia	13.76	Semi-aride
Oran Tafaraoui	10.60	Semi-aride
Oran Port	10.01	Semi-aride
Elbayadh	12.67	Semi-aride
Mecheria	9.32	Désert (aride)
Naama	8.58	Désert (aride)
Saida	14.02	Semi-aride
Mascara Metmore	12.69	Semi-aride
Mascara-Ghriss	14	Semi-aride
Relizane	10.78	Semi-aride
Mostaganem Ville	12.36	Semi-aride
Tiaret	16.44	Semi-aride

Selon la classification de "De Martonne", les stations sont caractérisées par un climat semi-aride avec un écoulement temporaire. Donc on peut dire que la région du ouest appartient au climat semi-aride. Avec certaines stations caractérisées d'un climat désertique comme Naama et Mechria.

IV.4.2 Région de centre

Table 11: Analyse d'Indice d'aridité de De Martonne de la région centre des stations étudiées (1980-2019).

Station	Valeur	Type de climat
Ksar Chellala	8.93	Désert (aride)
chelef	13.55	Semi-aride
Tenes	15.54	Semi-aride
Miliana	26.36	Semi-humide
Medea	26.95	Semi-humide
Alger Port	21.1	Semi-humide
alger dar- elbeida	24.24	Semi-humide
Tizi-Ouzou	24.24	Semi-humide
Bouira	19.74	Semi-aride
Djelfa	13.16	Semi-aride

La classification de "De Martonne", les stations sont caractérisées par un climat semi-humide avec un écoulement temporaire. Donc on peut dire que la région du centre appartient au climat semi-humide. Avec certaines stations caractérisé un climat semi-aride et désertique comme indiqué dans le tableau.

IV.4.3 Région d'Est

Table 12: Analyse d'indice d'aridité de De Martonne de la région Est des stations étudiées (1980-2019).

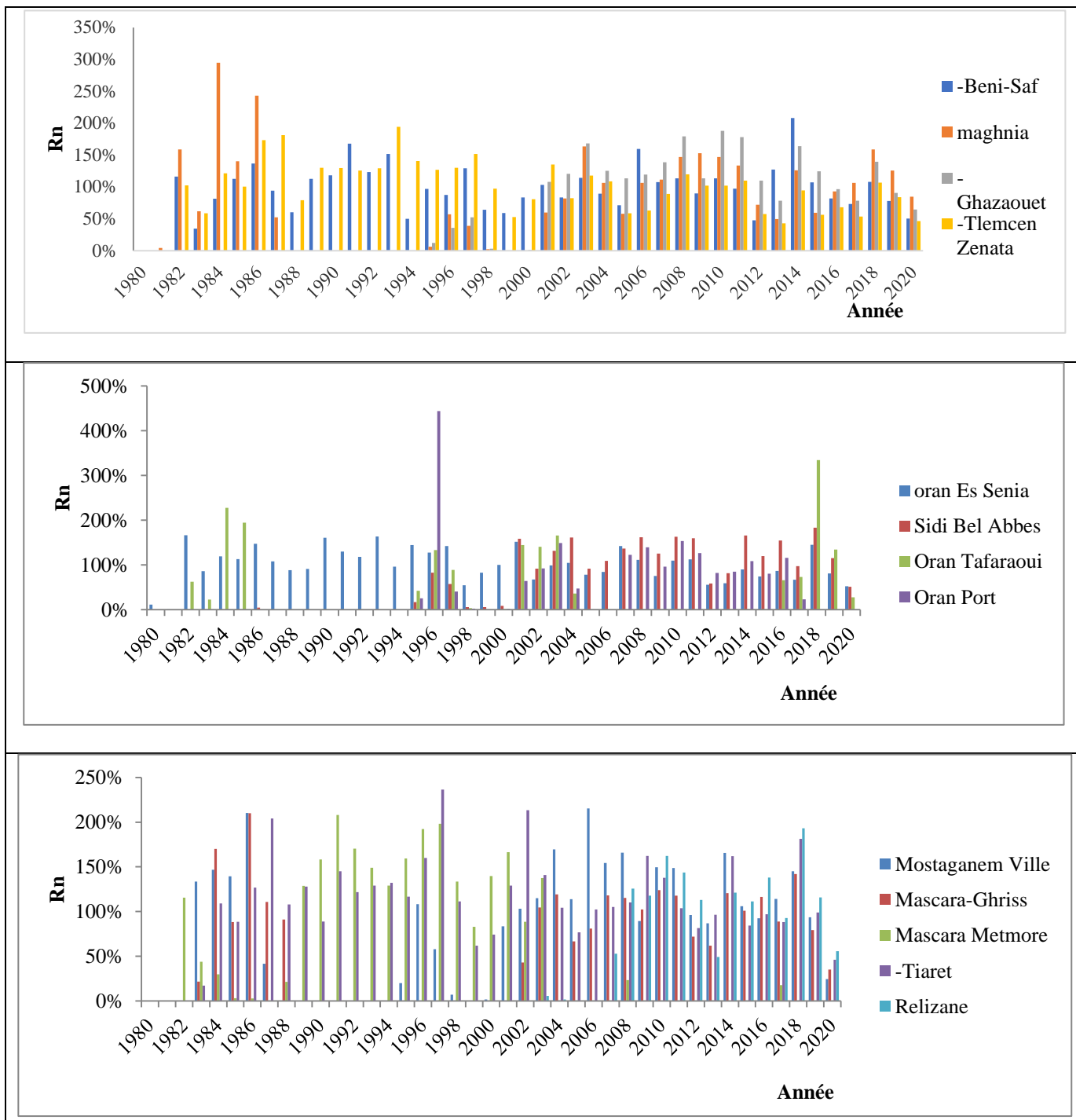
Station	Valeur	Type de climat
Bejaia	28.30	Semi-humide
Sétif	18.50	Semi-aride
Jijel Achouat	36.32	Humide
Jijel Port	35.08	Humide
Skikda	25.94	Semi-humide
Souk Ahras	29.59	Semi-humide

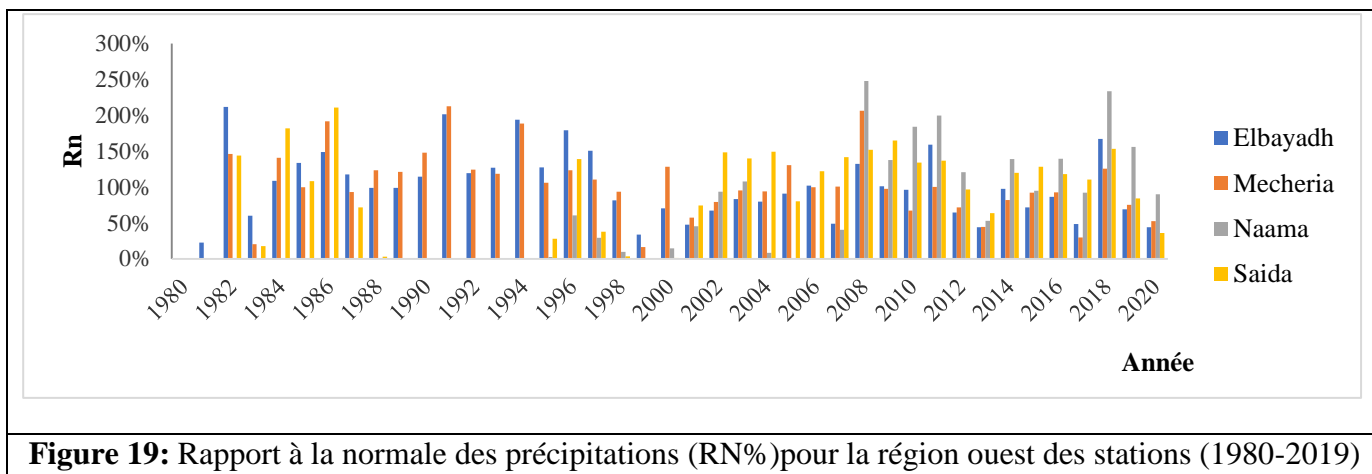
Bordj Bou Arreridj	16.17	Semi-aride
Batna	14.02	Semi-aride
Constantine	21.87	Semi-humide
Tebessa	16.71	Semi-aride
Guelma	19.06	Semi-aride
M'Sila	6.20	Désert (aride)
Oum El Bouaghi	14.15	Semi-aride
EL-kala	24.97	Semi-humide
Annaba	26.57	Semi-humide

La classification de "De Martonne", les stations sont caractérisées par un climat semi-humide avec un écoulement temporaire. Donc on peut dire que la région de l'Est appartient au climat semi-humide. Avec la plus part des stations caractérisé par un climat semi-humide et certaine région désertique comme M'sila et humide comme Jijel Port et Jijel Achouat.

IV.5 Rapport à la normale

IV.5.1 Région d'Ouest

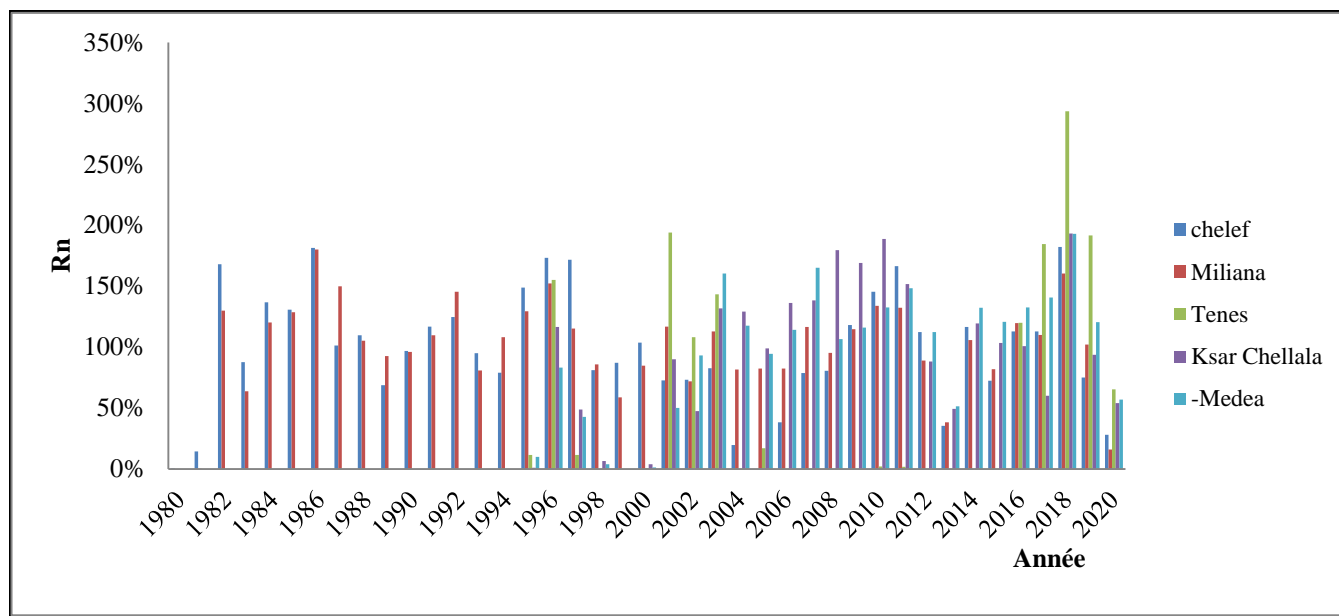


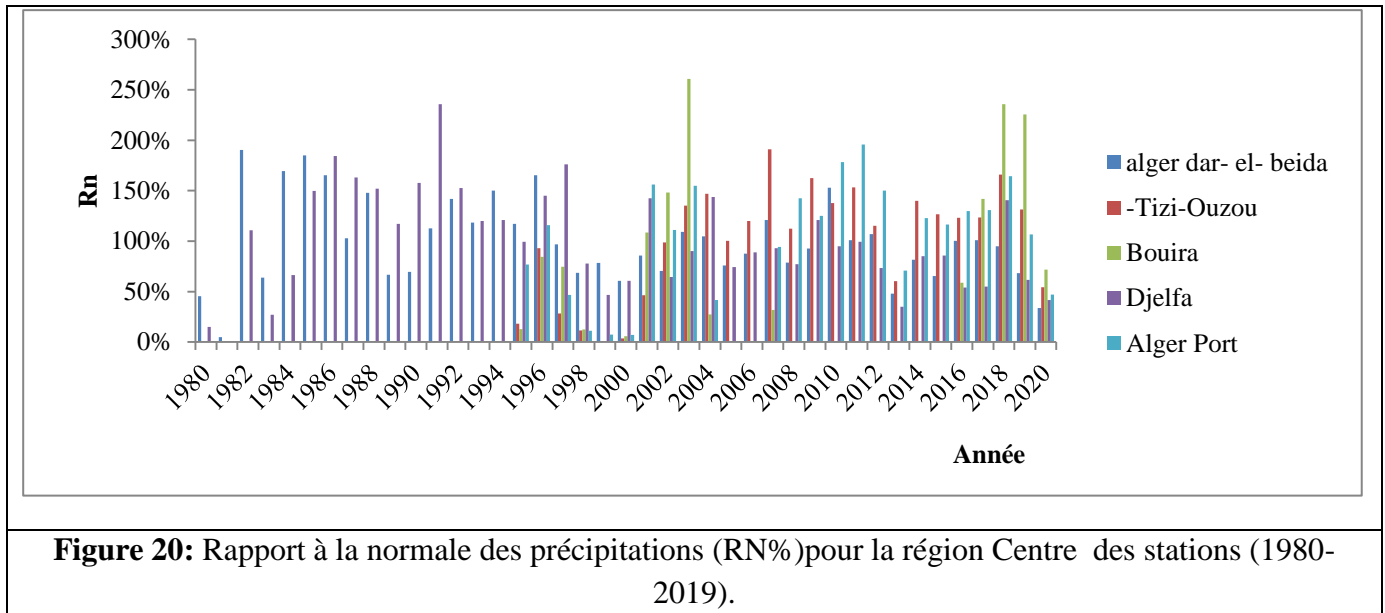


La représentation graphique de RN (%) permet de déceler les remarques suivantes :

- A partir des années 1980 jusqu’au 2006 il y a une alternance entre des années humides et sèches avec des durées variables entre 2 et 3 ans pour les années humides où les valeurs de RN(%) sont supérieures à 100 ; et entre 1 et 2 ans par les années sèches où les valeurs de RN(%) sont inférieures à 100. Nous avons enregistré les années extrêmement sèche en 1993 où le RN(%) ne dépasse pas 50, et une extrêmement humide en 1995 où le RN(%) dépassant 120.

IV.5.2 Région de Centre

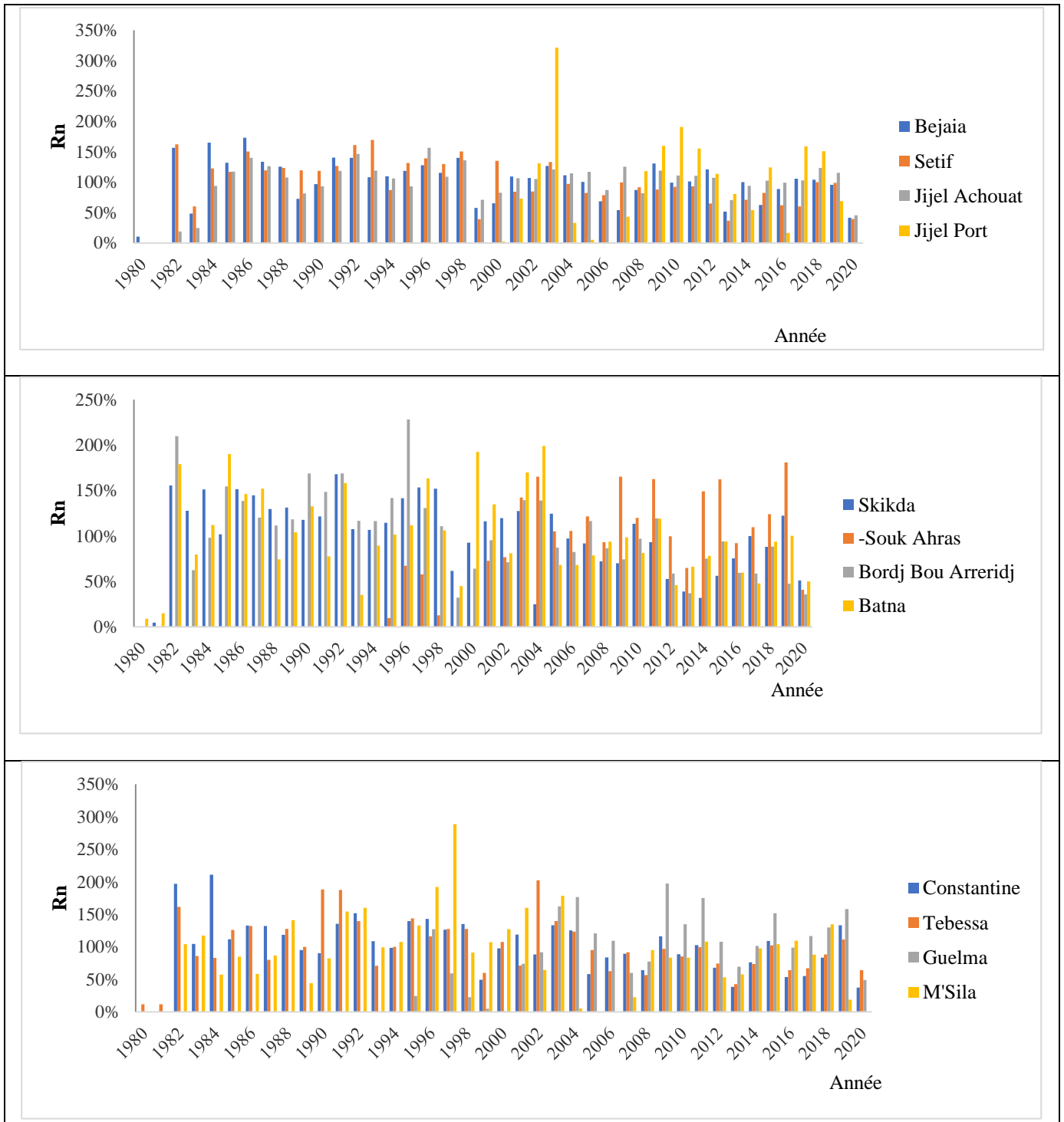


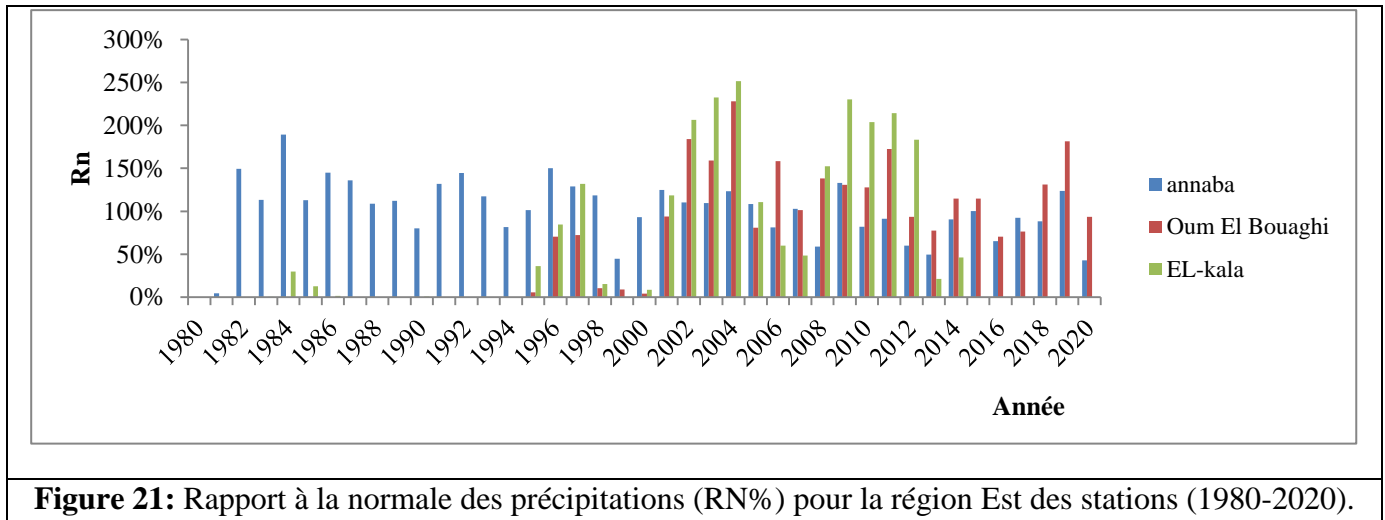


La représentation graphique de RN(%) pour le deuxième groupe de station à partir des données recueillies durant 39 ans permet de révéler les remarques suivantes :

- La première période humide débute de 1980 jusqu'à 1986 dont les valeurs de RN(%) sont supérieures à 100 sauf une seule année sèche en 1981 pour les stations.
- Une deuxième période de 1987 à 2006 classifiée comme sèche si la pluviométrie se situe au-dessous de la normale de RN(%) inférieur à 100 avec un passages des années humide en 2002 et 2010 pour toutes les stations .
- Une troisième période 2007 à 2018 est marquée par le retour des années humides sauf pour l'année 2013 qui est marquée comme sèche.

IV.5.3 Région Est





La représentation graphique de RN (%) permet de déceler les remarques suivantes :

- A partir des années 1980 jusqu'au 2006, il y a une alternance entre des années humides et sèches avec des durées variables entre 2 et 3 ans pour les années humides où les valeurs de RN (%) sont supérieures à 100% et entre 1 et 2 ans par les années sèches où les valeurs de RN(%) sont inférieures à 100%.

IV.6 Discussion

IV.6.1 Rapport à la normale des précipitations (RN%) et l'indice standardisé de précipitation (SPI-12):

La comparaison entre les résultats de rapport à la normale des précipitations RN et l'indice de précipitation standardisé SPI-12, pour les trois régions d'étude, nous avons observé que les années des périodes sèche données par l'indice RN sont les mêmes définies par l'indice SPI-12 pour toutes les stations (1981, 1983, 1987, 1989, 1992, 1993, 1996, 1999, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007 et 2013). Donc il y a 14 années sèches touchent les stations sur le période étude (1980-2019).

IV.6.2 Comparaison entre le 2 indice de précipitation standardisé SPI-12 et SPI-3

D'après les résultats de l'occurrence de catégorie des années sèche pour les 2 indices SPI-12 et SPI-3, nous avons observé qu'il ya une même occurrence de catégorie sécheresse légères (0 à -0,99), pour les 3 saisons de SPI-3 (automne, hiver et printemps) et le SPI-12 sur le période études avec une occurrence d'une année et saisons légères sèche (1 fois tous les 3 ans). Il est observé que les valeurs du SPI-3 de printemps interprètent mieux les valeurs du SPI annuel avec la même variation entre l'année sèche et humide et les mêmes occurrences. En cas de stress hydrique (disponibilité en eau par an et par habitant < 1700 m³), les réserves d'eau sont trop faibles pour irriguer correctement les cultures, la production agricole diminue et l'on observe une baisse voire des pertes de récolte. En cas de sécheresse, le niveau des rivières, lacs, fleuves et nappes phréatiques est très bas et cela entraîne des restrictions d'eau pour l'irrigation des cultures, les usages domestiques de l'eau (ex : pour arroser des jardins) ou les usages industriels.

IV.6.3 Indice d'aridité De Martonne et diagramme ombrothermique

Il est permet de positionner les 2 régions de l'ouest et centre sur l'Abaque de l'indice d'aridité de De Martonne dans l'étage bioclimatique semi-aride et l'Est sur l'étage semi-humide.

À partir les diagrammes ombrothermique pour les 03 régions l'Est centre et l'ouest entre (1980-2019) nous avons observé que la période sèche de 6 à 8 mois pour les régions d'Ouest de la plus part des stations et 3à 8 mois pour les régions de centre et l'Est.

IV.7 Conclusion

Nous concluons de ce chapitre à travers un ensemble d'indices que la région ouest du nord de l'Algérie est caractérisée par une grave sécheresse que les régions de l'est et central.



Conclusion générale

Conclusion générale

A l'instar de plusieurs régions dans le monde, la sécheresse est un risque majeur qui touche l'ensemble de l'Algérie. Elle survient parfois sur une longue période avec une intensité plus ou moins forte variant dans le temps. Le nord Algérie est dans une situation alarmante, elle est exposée aux phénomènes de sécheresse qui a entraîné des perturbations dans l'approvisionnement en eau, en particulier et un déficit dans les cours d'eau et les réserves de barrages.

Ce mémoire a pour objectif de donner une identification de la sécheresse et permettre de caractériser ce phénomène par le calcul des indices climatiques appliqués au nord de l'Algérie. En effet, la connaissance de la sévérité de la sécheresse par le calcul de différents indices climatique. Ces indices sont importants, ils permettent la prévision du phénomène et incitent à sa lutte.

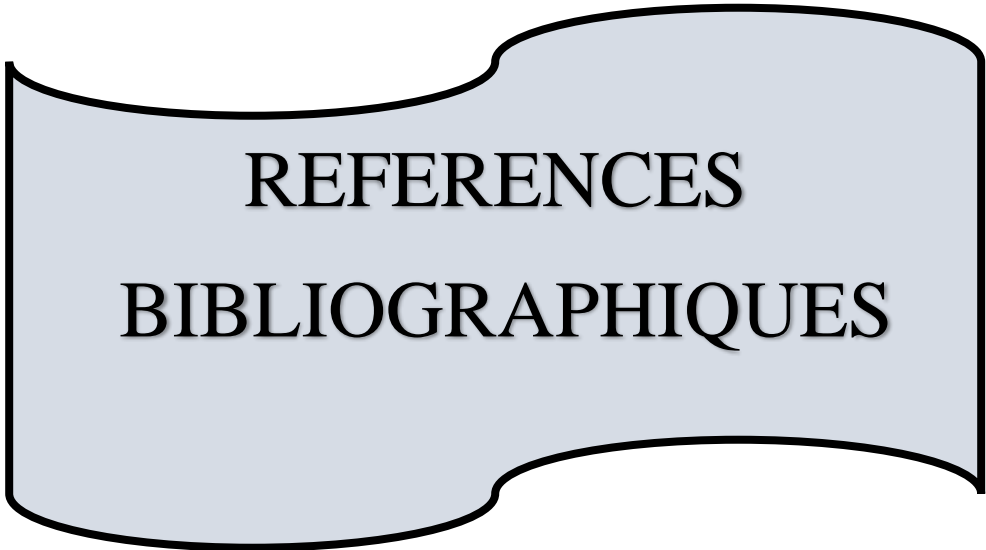
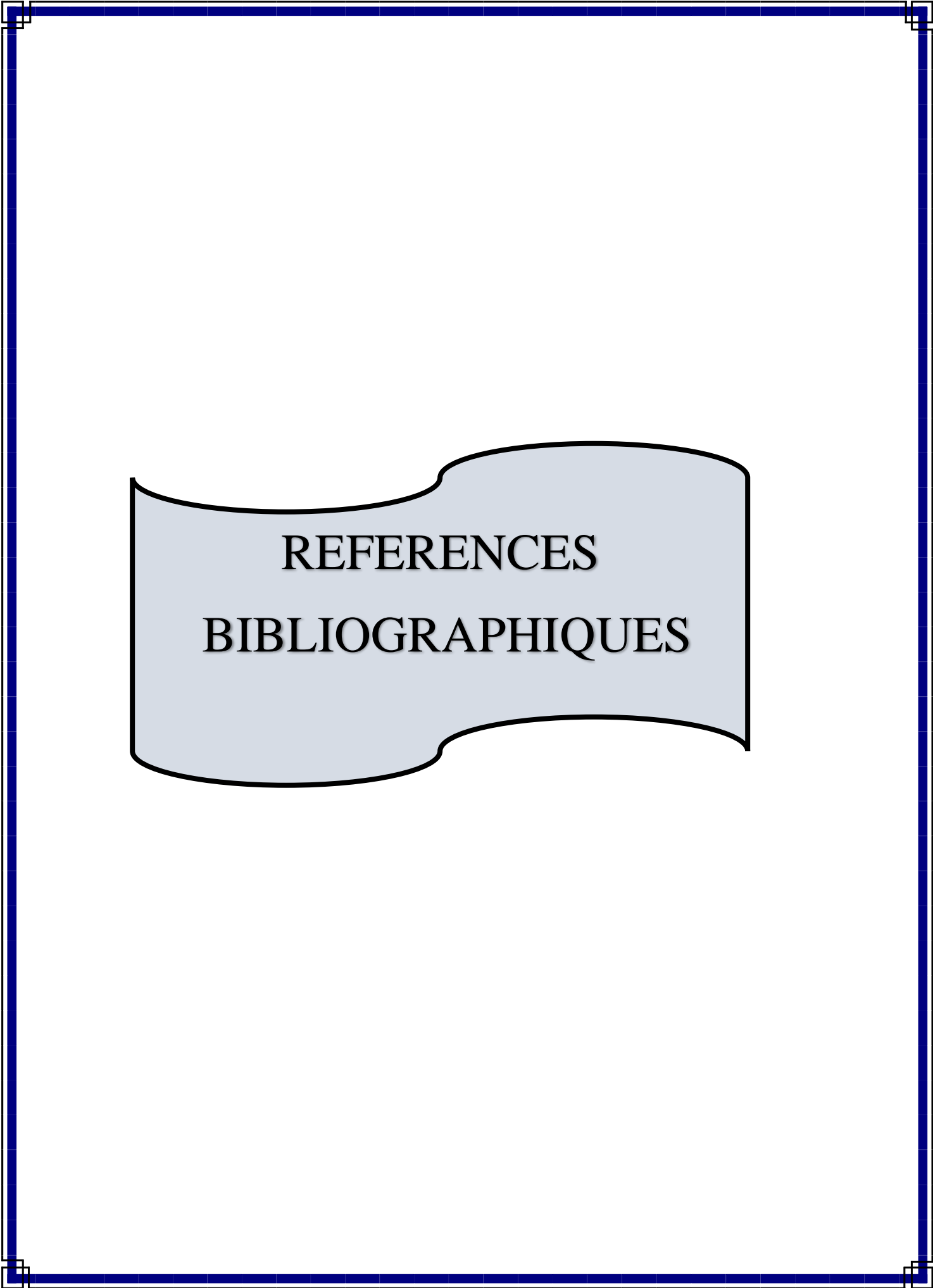
Les résultats obtenus après le calcul des indices climatiques (SPI, RN, et l'indice De Martonne) et diagramme ombrothermique nous ont permis de localiser les séquences de sécheresse dans la région du nord algérien:

- ❖ La station la plus sèche est Naama dans la région de l'ouest Algérie
- ❖ La station la plus humide est Jijel Achouat de l'est Algérie.
- ❖ La durée sèche maximale est de 6ans de 2012 à 2018.dans l'ouest Algérie
- ❖ La durée humide maximale est de 4 ans de 1984 à 1989. Dans l'est Algérie
- ❖ D'après l'indice De Martonne le type de climat du nord Algérie est 60 % semi-aride de l'ouest et 60% est semi humide dans le center et Est de nord Algérie.

En conclusion ce mémoire présente les descriptions de trois indices de sécheresse. Il a mis l'accent sur les indices de sécheresse les plus utilisés. À l'aide de cette liste exhaustive, un moyen est fourni pour comparer les indices de sécheresse dans chaque groupe d'applications et approfondir les tendances en matière d'élaboration d'indices de sécheresse dans chaque catégorie.

La caractérisation de la sécheresse est essentielle pour les opérations de gestion de la sécheresse. L'utilisation d'indices de sécheresse est un moyen pragmatique d'assimiler de grandes quantités de données en informations quantitatives pouvant être utilisée dans des applications telles que la prévision de la sécheresse et la déclaration des niveaux de sécheresse.

L'adaptation d'une méthode simplifiée d'indice de sécheresse a facilité la caractérisation de la sécheresse pour différents utilisateurs et institutions. Les indicateurs de sécheresse aident actuellement à mettre en œuvre divers processus, y compris l'alerte précoce et le suivi de la sécheresse, ainsi que la planification d'urgence.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Khaldi, A. , (2005).** Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida (Thèse de doctorat). UNIVERSITE D'ORAN, Oran, p20.
- BENYAHIA, A., 2016.** Contribution a l'analyse de sécheresse dans le bassin d'alimentation du barrage Bni Bahdel(nord-ouest de l'Algérie) en utilisant les copules (Mémoire de master). ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-, p03-33.
- Boudjadja, A., Messahel, M., Pauc, H., 2005.** Ressources hydriques en Algérie du Nord. Rev. Sci. Eau 16, 295–296. <https://doi.org/10.7202/705508ar>, p295-296.
- CCNUCC, 2014.** Neutralité en matière de dégradation des terres (No. 2100). algerien, p07-08.
- CCNUCC, 2010.** seconde communication de l'algerie sur les changements climatiques, p27.
- Eslamian, S., Eslamian, F.A. (Eds.), 2016.** Principles of drought and water scarcity. CRC Press, New York, 49.
- Evans, E.C., 2008.** Canadian Prairie Drought: Characteristics of Precipitation at the Surface and Aloft with Attendant Atmospheric Conditions for the Summer Months of 2001 and 2002. McGill, canada, p04.
- GHERBI, khadidja, 2017.** PREVISION DE LA SECHERESSE PAR LES MODELES STOCHASTIQUE (W.M'SILA) (IRRIGATION ET DRAINAGE). ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-, p04.
- Hamlaoui, L., 2016.** Variabilité Spatio-temporelle des Champs de Précipitations dans la Région du Nord Algérien (Doctorat). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, alger, p23.
- Jouilil, I., Bitar, K., Salama, H., Amraoui, A., Mokssit, A., Tahiri, M., 2013.** Sécheresse météorologique au bassin hydraulique OUM ER RBIA durant les dernières décennies. LARHYSS J. P-ISSN 1112-3680E-ISSN 2521-9782, p112.
- Kogan, F., 2019.** Remote Sensing for Food Security, Sustainable Development Goals Series. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96256-6>, p76.
- Layelmam, M., 2015.** Calcul des indicateurs de sécheresse à partir des images NOAA/AVHRR, p 10-11.
- Mishra, A.K., Singh, V.P., 2010.** A review of drought concepts. J. Hydrol. 391, 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012> , p206.
- Mozas, M., Ghosn, A., 2013.** État des lieux du secteur de l'eau en Algérie , p03.
- Nichane, M., Khelil, M.A., 2015. Changement Climatique et ressources en eaux en algérie. Vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. Larhyss J. 21 2015 15-23, p 16.
- OMM, 2016.** Manuel des indicateurs et indices de sécheresse (No. 1173), p 03.
- OMM, 2014.** ACCROÎTRE LA RÉSILIENCE À LA SÉCHERESSE POUR RÉDUIRE LA PAUVRETÉ, p01-03.
- OSS, 2013.** Vers un système d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb. Observatoire du Sahara et du Sahel, Tunis, p15-33.
- PNUD, 2015.** Etude diagnostique sur la Biodiversité & les changements climatiques en Algérie (scientifique), p13.
- Soro, G.E., Anouman, D.G.L., BI, T.G., Srohorou, B., Savane, I., 2014.** Caractérisation des séquences de sécheresse météorologique à diverses échelles de temps en climat de type soudanais: cas de l'extrême nord-ouest de la Cote d'Ivoire. LARHYSS J. P-ISSN 1112-3680E-ISSN 2521-9782, p112.
- Taibi, S., 2011.** Analyse du régime climatique au Nord de l'Algérie (PhD Thesis), p15.
-

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Taibi, S., Meddi, M., Souag, D., Mahe, G., 2013. Evolution et régionalisation des précipitations au nord de l'Algérie (1936–2009) ,p 192.

Wilhite, D.A., Glantz, M.H., 1985. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. WATER Int,p 17

Wilhite, D.A. (Ed.), 1993. Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies. Springer US, Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3224-8> p15.

Site web

Sonia, M., 2016. Causes and Effects of Drought [WWW Document]. Earth Eclipse. URL

<https://www.eartheclipse.com/natural-disaster/causes-and-effects-of-drought.html> (accessed 9/28/20).
