

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude des quelques variables climatiques du sous bassin de sebaou (w. Tizi Ouzou).

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0010-17

APA Citation (APA توثيق):

Daif, Manel (2017). Etude des quelques variables climatiques du sous bassin de sebaou (w. Tizi Ouzou)[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مبداعات، مقالات، الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

DEPARTEMENT HYDRAULIQUE URBAINE

MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme master en Hydraulique

OPTION : ALIMENTATIO EN EAU POTABLE

THEME :

**Etude des quelques variables climatiques du sous bassin de
Sebaou (W.Tizi-Ouzou)**

Présenté par :

M^{lle} : Daif Manel .

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^f SALAH BOUALEM	Professeur	Président
M ^{me} MOKRANE WAHIBA	M.A.A	Membre
M ^{me} TAFAT LEILA	M.A.A	Membre
M ^f HACHEMI ABDELKADER	M.C.A	Membre
M ^{me} BELLABAS SALIMA	M.A.A	Promotrice

Avril 2017

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail particulièrement à :

✧ *Mes parents , merci maman merci papa pour votre soutien,
votre encouragement et votre confiance .*

✧ *Mon petit frère .*

✧ *Mes cousines et mes cousins.*

✧ *Mes tantes et oncles .*

✧ *Mes amies et mes collègues .*

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord Dieu le tout puissant de m'avoir donnée la chance et le courage pour réaliser ce travail.

À l'issus de ce modeste travail, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

- ❖ Ma promotrice Mme Bellabes .S qui m'a aidé par ses orientations et ses précieux conseils pour l'élaboration de cette étude ;*
- ❖ Tous les enseignants de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique qui ont participé à ma formation.*
- ❖ Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin ;*

Nos vifs remerciements iront directement aux membres de jury qui nous ferons l'honneur de juger et d'enrichir ce travail par leurs propositions , également pour ce qu'ils nous ont donné durant notre formation à l'ENSH ...Merci.

Daif Manel...

ملخص:

شهد العالم في الآونة الأخيرة ظاهرة التغير المناخي, و ذلك نتيجة لعدة عوامل طبيعية, جغرافية, صناعية... الخ. مما أدى إلى التأثير بشكل مباشر على كمية الأمطار المتساقطة في العالم عامة و في الجزائر خاصة. حيث تميزت بنقصان في هطولها و بالتالي انخفاض في مستويات المجاري المائية السطحية منها و الجوفية. لذا فان معرفة العوامل المناخية و دراسة تأثيرها على الموارد المائية أمر ضروري لحسن التسيير في مثل هذه الحالات.

تهدف هذه الدراسة إلى إظهار مدى اثر هذا التغير المناخي و بالضبط بيانات هطول الأمطار على منطقة السباعوب - تيزي وزو- وللقيام بذلك فقد تم الاستعانة بمؤشر هطول الأمطار, الذي يبين التغير في المناخ و تناوب المراحل الرطبة, العادية و الجافة للمنطقة المدونة سابقا .

Résumé :

Le monde a connu récemment le phénomène du changement climatique, qui est due à plusieurs facteurs naturels, géographiques, et industriels, etc. Ceci a eu un impact direct sur la quantité de précipitation dans le monde en général et en Algérie plus particulièrement. Cette pluviosité a connu une baisse qui a causé la réduction du niveau des eaux de surface et des eaux souterraines. De ce fait, il est primordial de connaître les facteurs climatiques et d'étudier leurs effets sur les ressources aquatiques pour une meilleure gestion dans de tels cas.

L'objectif de la présente étude est de démontrer à quel point ce changement climatique ou plus précisément la pluviosité affecte la région de Sabao à Tizi Ouzou. Pour atteindre cet objectif, on a eu recours à l'indice de pluviosité qui démontre le changement dans le climat et l'alternance entre les phases humides ordinaires et les phases sèches.

Abstract:

The world has recently known a climate change which is caused by many factors natural, geographic, industrial, etc. This has had a direct impact on the amount of precipitation in the world in general and in Algeria in particular. Thus, there has been a decline in rainfall which has reduced the levels of surface water and underground water. This is why knowledge about climatic factors and the study of their effects on water resources is deemed very necessary for a better management of such cases.

The present study seeks to show the extent to which this climate change and more particularly rainfall is affecting the region of Sbao in Tizi Ouzou. To reach this objective, a rainfall index is used which is liable to show the change in the climate and the alternation between ordinary wet phases and dry phases.

Sommaire

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.

Introduction	1
I.changement climatique :	2
a.climat :	3
b.changement climatique :	3
c. Variabilité climatique :	4
d.Le système cliatique :	5
I.1.2. Historique du climat avant 1850 :	6
a—la paléoclimatologie :	6
b--Reconstitution de paléoclimats :	7
I.1.3.Evolution du climat :	8
I.1.4.Les changements climatiques observés :	8
I.1.5. Les causes des changements climatiques :	9
I.1.6.Les principaux gaz à effet de serre et leurs sources :	11
Causes anthropiques :	12
Facteurs de forçage de courte et de longue durée	13
I.2. le changement climatique en Algérie :	14
I.3.Sécheresse :	15
I.3.1.Sécheresse en Algérie :	17
I.4.Les différents indices climatiques :	21
I.4.2. Indice de précipitation normalisé :	21
I.4.3. Description de l'indice normalisé de précipitations :	25

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.

Introduction :	28
II.1. Le bassin versant de sébaou :	28
II.1.1- Situation géographique :	28
II.1.2. Réseau hydrographique :	29
II.1.3.Etude hydrologique :	31
II.2.paramètres climatiques	32
II.2.1.Variation des précipitations	32
II.2. 2.Température	36
III.2.3.L'humidité relative de l'air :	36
II.2.4. Le vent :	37
Conclusion :	38

SOMMAIRE

CHAPITRE III : METHODE ET DISCUSSION

III.1. Etude des précipitations :	39
III.1.1. Inventaire des postes pluviométriques :	39
a- Critique des données :	39
b- Comblé les lacunes des séries observées :	40
III.1.2. Traitement statistique des données :	41
III.1.2.1. Test d'homogénéité :	42
III.1.2.2. Test d'indépendance :	45
III.1.2.3. Ajustement des pluies annuelles à une loi normale :	47
III.1.2.4. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Log-normale :	47
III.1.2.5. Test de validité de l'ajustement :	48
III.2. Calcul de l'indice 'SPI'	51
III.2.1. MÉTHODE DE CALCUL :	51
III.2.2. Résultats obtenus :	53
II.2.2.1. Indice de SPI sur 12 mois :	53
II.2.2.2. Indice de SPI sur Six (6) mois :	56
II.2.2.3. Indice SPI sur 3 mois	59
II.3. Etude comparative des résultats obtenus :	62

CONCLUSION GENERALE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.1 : Les différents types des indices de sécheresse.....	22
Tableau I.2 : Valeurs de l'indice SPI.....	26

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau II.1 : Répartition des superficies par sous bassin.....	30
Tableau II.2 : caractéristiques des stations pluviométriques utilisées (Source : ANRH).....	31
Tableau II.3: précipitations moyennes annuelles 1980-2010 (source : ANRH).....	33
Tableau II.4 : Précipitation moyennes mensuelles des stations pluviométriques 1980-2010.....	35
Tableau II.5: Températures moyennes mensuelles de la station d'AZAZGA (1968-2005).....	36
Tableau II.6: Moyenne mensuelle de l'humidité (1989-2005).....	37
Tableau II.7 : Moyenne mensuelles des vitesses du vent.....	37
Tableau II.8 : Les paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou (Source ANRH de Tizi-Ouzou).....	38

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau III-1 : Station utilisée pour les différents calculs.....	39
Tableau III-2: Caractéristiques des séries pluviométrique ANNUELS (45ans) STATION 21705.....	40
Tableau III-3: Caractéristiques des la séries pluviométrique ANNUELS (45ans) STATION 21501.....	41
Tableau III-4: Caractéristiques des la séries pluviométrique ANNUELE (45ans) STATION 21603.....	42
Le tableau III.5 Test de Wilcoxon appliqué aux donnes de pluies annuelles et MENSUELLE STATION 21705.....	43
Le tableau III.6 : état de l'homogénéité de chaque station.....	43
Tableau III.7 : Résultats du test de Wilcoxon.....	44
Tableau III.8 : Résultats du test de Wald-Wolfowitz STATION 21705.....	46
Tableau III.9 : Résultats du test de Wald-Wolfowitz STATION 21501.....	46
Tableau III.10 : Résultats du test de Wald-Wolfowitz STATION 21603.....	47
Tableau III.11 : Test d'ajustement (χ^2) des pluies annuelles (STATION 21705).....	50
Tableau III.12: Test d'ajustement (χ^2) des pluies annuelles (STATION 21501).....	50
Tableau III.13 : Test d'ajustement (χ^2) des pluies annuelles (STATION 21603).....	51
Tableau III.14: pourcentage des années sèches pour les trois périodes.....	63

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Figure I.1 : schéma explicatif de l'effet de serre11

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Figure II.1: Situation géographique du Bassin versant du Sébaou.....29

Figure II.2 : Carte du Réseau hydrographique du bassin du Sébaou30

Figure II.3 : Répartition des stations pluviométriques et hydrométriques dans le bassin versant du Sébaou..32

Figure II.4: Précipitations moyennes annuelles (1980-2010).....34

Figure II.5: évaluation des précipitations moyenne mensuelles à la station d'AZAZGA (1980-2010).....34

Figure II.6 : précipitations moyennes mensuelles des stations pluviométriques (1980/2010).....35

CHAPITRE III : METHODE ET DISCUSSION

Figure III.1: Ajustement des pluies annuelles par la loi-log Normale ,station 21705.....49

Figure III.2: Ajustement des pluies annuelles par la loi normale Station 21501.....49

Figure III.3: Ajustement des pluies annuelles par la loi LOG Normale ,station 21603.....50

Figure III.4:Histogramme représentatif des valeurs de SPI12 de la première station53

Figure III.5 : Histogramme représentatif des valeurs de SPI12 de la deuxième station54

Figure III.6 :Histogramme représentatif des valeurs de SPI12 de la troisième station.....55

Figure III.7:Histogramme représentatif des valeurs de SPI6 de la première station57

Figure III.8:Histogramme représentatif des valeurs de SPI6 de la deuxième station57

Figure III.9 :Histogramme représentatif des valeurs de SPI6 de la troisième station58

Figure III.10 :Histogramme représentatif des valeurs de Spi3 de la première station.....60

Figure III.11 :Histogramme représentatif des valeurs de SPI3 de la deuxième station.....61

Figure III.12:Histogramme représentatif des valeurs de SPI3 de la troisième station62

Introduction
Générale

INTRODUCTION GENERALE :

L'optique d'un éventuel changement climatique fait aujourd'hui l'objet de nombreuses recherches scientifiques. Le changement climatique est un défi global qui exige une réponse mondiale. Il est maintenant largement reconnu que le climat de la terre change comme en témoigne la décennie 1990, la plus chaude depuis dix siècles (GIEC, 2008). Le réchauffement climatique et ses variations régionales vont avoir un certain nombre de conséquences physiques sur l'environnement. Plusieurs de ces conséquences concernent le cycle des eaux, océans, glaciers, nuages et pluies. Cependant toutes les régions ne seront pas touchées de la même manière par les changements climatiques. Mais qu'en est-il des incidences de l'évolution du climat sur les régions du bassin méditerranéen ?

Du fait qu'elle soit située dans le Sud du bassin méditerranéen, l'Algérie reste une région touchée par ces changements climatiques et catastrophes naturelles. Cependant les résultats des études effectuées par Djellouli et Daget, (1993) ont montré que depuis 1881, l'Algérie a subi deux périodes de sécheresse: la pénurie a été ressentie de 1943 à 1948 qui avait une répercussion importante sur la récolte et le bétail, et la deuxième est celle que nous subissons depuis 1980. Durant les décennies 1980, 1990 le déficit pluviométrique a été estimé à 50 % pour les régions du Centre et de l'Ouest de l'Algérie, à l'Est; il était de 30 % et l'année 1988-1989 a été classée comme année sèche pour l'Algérie (Khetab et al, 2002). Cette sécheresse a été suivie par de nombreuses inondations qui ont été marquées sur tout le territoire algérien .

Dans ce contexte, le bassin versant de Sébaou wilaya de Tizi-Ouzou représente un réseau hydrographique très développé, Le drainage très dense s'effectue par une multitude de torrents plus ou moins long. De ce fait, La prédiction de la sécheresse est une nécessité pour anticiper ce que pourraient être les conséquences des changements climatiques futurs dans cette région et tenter de s'y adapter le mieux possible.

Actuellement la détection et la surveillance des conditions de sécheresse sont essentiellement basées sur certains indices. Les indices les plus couramment utilisés pour la surveillance de la sécheresse sont l'indice de sécheresse de Palmer (PDI) (Palmer, 1965) et l'indice de Précipitations Standardisé SPI (Mckee et al., 1993) et l'indice hydrométrique 'SDI'. Par ailleurs, divers outils et méthodes pour la prévision des indices de la sécheresse ont été proposés et testés dans différentes régions au cours des dernières décennies . Les modèles

Introduction générale

statistiques ont été utilisés depuis plus de 50 ans pour la prédiction de la sécheresse, citons l'étude de Gabriel & Neumann, 1962 par la chaîne de Markov et de (Torrain, 1976) par la régression.

Dans cette étude ,on se propose d'étudier et caractériser la sécheresse du sous bassin versant de Sébaou ,en se basant sur l'indice standardisé de précipitation (SPI). Pour se faire, on a procédé comme suit :Tout d'abord,on parle du changement climatique (causes et conséquences) , la définition de quelques notions climatiques ,la sécheresse généralement et en Algérie précisément, sont brièvement expliqués dans le chapitre I. Ensuite une représentation de la zone d'étude (bassin de Sébaou)dans le chapitre II. Le chapitre III comporte une étude sur l'ajustement et l'homogénéité des séries pluviométriques ,également sur l'indices de la sécheresse SPI et un modèle de son calcul, pour qu'on puisse discuter les résultats obtenus .le travail sera achevé par une conclusion générale.

De ce fait, la question à laquelle cette étude pourrait répondre une ou plusieurs réponses est : Quel est l'état de la sécheresse en Algérie, tout en visant la région du Sebaou?

Première Partie :

Etude Bibliographique

Introduction :

A la fin de ce siècle, le changement climatique est devenu l'un des sujets d'actualité. On lit souvent dans la presse les titres comme: "Le climat change t-il" ? "La terre se réchauffera telle" ? Etc... **(these khoualdia ,2012)**

Les changements climatiques désignent de lentes variations des caractéristiques climatiques, en un endroit donné au cours de temps. Ces changements observés de nos jours constituent des défis auxquels l'humanité a et aura à faire face (GIEC, 2001 et Wood, 2008). C'est dans ce contexte que, pour corroborer les conclusions des différents groupes de travail du GIEC, Villeneuve et Richard (2005) cités par Bryant et al.(2008) ont écrit : « Il ne s'agit plus de savoir si le climat se modifie, mais à quelle vitesse il se modifie et comment l'Homme va s'y adapter». Ce point de vue a été au centre des analyses qui ont conduit à la réalisation de ce travail. **(AZZI. A., 2016)**

La variabilité climatique correspond à l'évolution du climat par rapport à une tendance générale ou à une période de référence (souvent trois décennies).

Cependant, des variables afférentes aux pluies telles que les fréquences de jours de pluies et la durée des saisons pluvieuses, ont été généralement très peu étudié.

Il s'agit d'une part de caractériser la manifestation climatique à partir de l'analyse de la température de l'air, l'humidité relative d'air, la variation des indices pluviométriques , la référence des jours pluvieux , et la durée des saisons pluvieuses .

La variabilité climatique se manifeste par une dynamique spatio-temporelle régressive des pluies annuelles ,une récession des fréquences de jours pluvieux en général et en particulier ,celle de hauteur pluviométrique supérieure à 10 mm et une diminution de la durée des saisons pluvieuses (de 30 à 35 jours) à partir de 1970 ,malgré les perturbations des différentes saisons de l'année . Les régimes pluviométriques mensuels n'ont pas été changés. **(H.WU, M.J.HAYES, D.A. WILHITE et M.D.SVOBODA,2005)**

I.changement climatique :

I.1.1. Notions associées au changement climatique :

Etude Bibliographique

a. Le climat :

Le climat est l'état physique de l'atmosphère en un lieu et à un moment donnée . Il correspond à la distribution statique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période de temps donnée .La météorologie désigne la prévision du climat à venir à court terme et dans des zones ponctuelles .

Le climat est une ressource naturelle qui affecte une bonne partie des activités humaines telles que la production agricole, la consommation d'énergie et l'utilisation de certaines ressources telle que l'eau (OKM,1992) .Le climat est défini comme l'état moyen sur une période d'au moins 30 ans de l'atmosphère en un lieu donné ,en termes de températures et de précipitations ou encore d'humidité. La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établis à partir de mesures annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température , pression atmosphérique ,précipitations ,ensoleillement ,humidité , vitesse du vent ,sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels (Pagney , 1993).

Le terme climat est apparu dans la langue française au XII^e siècle comme dérivé du latin <climatis> qui provient du grec <Klima> qui désigne l'inclinaison de la Terre par rapport au soleil . Les premiers découpages climatiques ont été établis selon l'inclinaison des rayons du Soleil par rapport à l'horizon.

Selon le phénomène qui domine , on dit que le climat est chaud , froid ou tempéré ,sec ou humide ,calme ou venteux .On considère toutefois la chaleur qui exerce la plus grande influence, viennent ensuite les quantités d'eau tombée dans les diverses saisons de l'année ,l'humidité ou la sécheresse de l'air ,les vents dominats , le nombre et la répartition des orages au cours de l'année, la nébulosité de l'air ,la nature du sol et celle de la végétation qui le recouvre . (Donald A. Wilhite,2005)

b. Changement climatique :

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres.

On notera que la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit les « changements climatiques » comme étant des

Etude Bibliographique

«changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l’atmosphère mondiale et qui viennent s’ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables.

La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l’atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles. (WMO., 2008)

c. Variabilité climatique :

La variabilité climatique désigne des variations de l’état moyen et d’autres statistiques (écarts standards, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe) (ONERC, 2007).

Les évolutions possibles de ces variables climatiques peuvent être ramenées à deux types de modifications à analyser (Ouarda et al, 1999):

- Le changement de la moyenne
- Le changement de la variance.

De nombreuses études à travers le monde ont été menées pour la détection de ces changements. En Afrique sahélienne et non sahélienne beaucoup d’auteurs ont mis en évidence, à partir des séries hydro-pluviométriques, une phase sèche qui a débuté vers les années 1970 et qui perdure jusqu’à présent. Dans cette région, il a été constaté :

- Diminution de la pluviométrie annuelle (Hubert et Carbonnel, 1998; Paturel et al., 1995; Paturel. et al., 1997; Tarhule Aondover et Woo Ming-ko, 1998; Moron Vincent, 1994 ; Servat et al., 1999),
- Diminution du nombre de jours de pluie (Paturel J.E. et al., 1997; Servat et al., 1997; Houndénou et Hernandez., 1998; Tarhule Aondover et Woo Ming-ko, 1998; Servat et al., 1999),
- Diminution des débits des rivières (Sircoulon, 1987; Opoku-Ankomah et Amisigo., 1998),
- Diminution des niveaux des lacs (Sircoulon, 1987),
- Fortes intensités de pluies (Houndénou et Hernandez, 1998; Tarhule et Woo, 1998,GIEC, 2008),

Etude Bibliographique

- ainsi qu'un raccourcissement de la saison pluvieuse (Bello, 1998 ; Servat et al., 1999).

Assani (1999) a mis en évidence, à l'aide du filtre récursif passe-bas de Hanning d'ordre 2 :

- La succession de phases sèches et humides à Lubumbashi (Congo-Kinshasa);
- La dernière phase sèche en date a commencé vers les années 1980 et se prolonge jusqu'à nos jours ;

Les précipitations sont significativement corrélées aux indices d'oscillation australe pendant la saison de pluies.

Kadi (1995) a étudié aussi l'évolution pluviométrique par rapport à l'indice de normalité sur quelques pays méditerranéens (Italie, Algérie, France, Grèce, Espagne Maroc, Portugal et Moyen-Orient) et a montré que :

- Certaines zones sont plus affectées que d'autres, par exemple l'Algérie et l'Espagne dans la partie occidentale et la Grèce et le Moyen-Orient dans la partie orientale;
- Généralement, la sécheresse est apparue sur la majorité des pays du bassin méditerranéen depuis les débuts des années 80.

Les études effectuées par GIEC (2008) sur le changement climatique des pays du bassin méditerranéen, prévoient :

- Une augmentation des températures et;
- Une accentuation de la variabilité climatique.

Cela s'est particulièrement caractérisé par une modification de l'intensité, de la répartition des précipitations, et une amplification des phénomènes extrêmes tels que l'inondation et la sécheresse. La rapidité et la persistance de ces phénomènes, dans le temps et dans l'espace, présagent que cette tendance est en passe de devenir structurelle en relation avec le réchauffement climatique. (**FARAH ABDELHAFID KARIM ,2012**)

d. Le système climatique :

Le système climatique est l'ensemble Terre-atmosphère. Il évolue au cours du temps sous l'effet de processus internes et de contraintes externes, d'origine naturelle ou humaine. Les modèles de climat s'efforcent de simuler au mieux son fonctionnement.

L'étude des changements climatiques nécessite de définir le système climatique, un ensemble complexe constitué de cinq composantes principales :

- l'atmosphère

- les surfaces continentales
- l'hydrosphère (océans, lacs, rivières, nappes d'eau souterraines...)
- la cryosphère (glaces terrestres ou marines, manteau neigeux)
- la biosphère (tous les organismes vivants dans l'air, sur terre et dans les océans (U. S. PANU & T. C. SHARMA (2009))

I.1.2. Historique du climat avant 1850 :

Jusqu'à la révolution industrielle , le début du réchauffement climatique, a été marqué par une alternance de phase de réchauffement et de glaciation ponctuant des changement climatiques successifs (Tourre et al ,2006).

Une augmentation des périodes de sécheresse se traduit par une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépasserait 30⁰ C. Les événement extrêmes de type vagues de chaleur ,sécheresses ou inondations pourraient être plus fréquentes et violentes (Giannakopoulos et al ,2005).

Les températures ont augmenté de 0,7°C au XXe siècle et ,depuis que l'on a commencé à établir des statistiques en 1850, les dix années les plus chaudes ont été postérieures à 1994. Le dernier rapport du GIEC fournit les preuves les plus concluants à ce jour, de ce que les activités humains causent de dangereux changement climatiques.

a—la paléoclimatologie :

C'est la science qui étudie les climats passés et leurs variations .Elle tente d'établir les condition environnementales caractéristiques de chaque période géo-climattique , notamment en termes de paléo température de l'atmosphère , des océans et des continents .Le terme <Paléoclimat > désigne un climat ancien par opposition au climat actuel, sans référence à une échelle de temps .L'étude de flores et des faunes fossiles en tant que paleoforme est à l'origine de la paléoclimatologie , et en reste la base principale. L'un des objectifs de la paléoclimatologie est de mieux comprendre les climats passés, leurs impacts et leurs rétroactions avec les écosystèmes et leurs évolution. Il s'agit notamment de comprendre les

Etude Bibliographique

crises écologiques et climatiques , et les phénomènes d'extinction d'espèces .Les scientifiques utilisent des archives naturelles (fossiles) ou des (traceurs) tel que les cernes d'arbres, la croissance des coraux , les proportions d'isotopes, afin de reconstituer les conditions climatiques passées .Les changements climatiques récents dans les enregistrements naturels de ces traceurs peuvent ainsi être calibrés en utilisant les mesures globales de pression au niveau de la mer et de la température de surface maritime depuis 140ans (Kaplan et al ,1998).

Des études de diagnostics sont nécessaires afin de comprendre et prévoir les changements potentiels à venir du système climatique, pour appréhender la variabilité du climat ,de l'échelle saisonnière (Tourre et al ,2006) .Des études ont montré que la terre s'est réchauffée de 0,4 °C à 0,8 °C depuis 1860. Il est intéressant d'évaluer les mécanismes d'interactions et de rétroactions entre les oscillations climatiques de basse fréquence ainsi que les conséquences des activités anthropogéniques et de la révolution industrielle. L'utilisation des données paléoclimatiques peut aider à répondre aux questions suivantes :

- Pourquoi le changement climatique au cours du dernier siècle est-il sans précédent comparé aux changements durant les derniers 200 , 500 ou 20 000 ans ?
- Est-ce que les températures globales récentes représentent un nouveau maximum ?
- Pourquoi la vitesse du changement climatique récent est-elle unique ?

b--Reconstitution de paléoclimats :

La succession des couches de substrats est un excellent indicateur climatique.

Il offre par exemple (par la carottage) des indices de transition d'un milieu forestier vers un milieu plus aride ou plus froid .

Imaginons un cours d'eau en perte de vitesse et en voie d'épuisement : en premier lieu ,sa zone marécageuse s'étend et se trouve envahie par la forêt .Cependant ,un assèchement du climat conduit la forêt à devenir plus arbustive et sous forme de lichen et se transforme davantage en tourbière , lieu de décomposition des éléments végétaux.

La coupe stratigraphique pourra illustrer cette transition .Au départ, on retrouve les argiles ,témoins de la période plus chaude et humide. Ensuite, on retrouvera des alluvions de terrasses fluviales , avec des débris végétaux , viendront ensuite le bois et la tourbe ,témoins de la période plus froide , mélangés à des lichens (Chappell ,2002).

Etude Bibliographique

Cependant ,l'érosion d'une couche mise à nue ,sous l'action du vent ou de la glace peut biaiser les résultats . Il est aussi possible de dater les éléments végétaux comme le bois et la tourbe pour découvrir à quelle date les conditions ambiantes du climat étaient présentes. Il est également possible de comparer deux strates ,d'obtenir des datations absolues pour chacune d'elles et de déterminer en combien de temps la transition s'est effectuée (Chappell,2002).
(SELTZER, P., 1946)

I.1.3.Evolution du climat :

Différents paramètres d'origine externes au système climatique , sont à l'origine des variations climatiques notion de forçage (forçage radiatif ajoutant ses effets à ceux du forçage volcanique et à ceux ayant pour origine l'expansion et l'évolution de la vie (production d'oxygène , albédo modifiée par la couverture végétal , etc...)

Les variations d'insolation liées aux paramètres de l'orbite de la terre (théorie astronomique des paléoclimats) sont l'un des forçages que les modèles doivent prendre en compte ,pouvant être facilement reliées à des observations géologiques . Ces reconstructions des variations climatiques passées et éventuellement de leurs causes, apportent des données sur l'évolution du climat actuel et futur (GIEC, 2007). (**Michael J. Hayes.2005**) the effect ...

I.1.4.Les changements climatiques observés :

Les observations mettent en évidence un changement de la composition de l'atmosphère (augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre tels que le CO₂ et le méthane (CH₄), etc.), ainsi qu'un changement du climat mondial (températures, précipitations, niveau de la mer, glace marine, et dans certaines régions, phénomènes climatiques extrêmes, y compris vagues de chaleur, fortes précipitations, et sécheresses, etc.). Onze des douze dernières années (1995–2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850, date à laquelle ont débuté les relevés instrumentaux de la température à la surface du globe. Les températures ont augmenté presque partout dans le monde, bien que de manière plus sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord. Par ailleurs les terres émergées se sont réchauffées plus rapidement que les océans (GIEC, 2007). Cette évolution n'est pas uniforme et tend à varier d'une région à une autre, par exemple, le réchauffement en Afrique est légèrement plus élevé par rapport à la tendance mondiale en On ne peut dire à l'heure actuelle si l'accélération du rythme qui a été constatée entre 1993 et 2003 traduit une variation décennale ou un renforcement de la tendance à long terme. Entre 1900 et 2005, les

Etude Bibliographique

précipitations ont fortement augmenté dans l'Est de l'Amérique du Nord et du Sud, dans le Nord de l'Europe et dans le Nord et le Centre de l'Asie, tandis qu'elles diminuaient au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du Sud. Il est probable que la sécheresse a progressé à l'échelle du globe depuis les années 1970.

Il est très probable que les journées froides, les nuits froides et le gel ont été moins fréquents sur la plus grande partie des terres émergées depuis cinquante ans et que le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a au contraire augmenté. De plus, la fréquence des phénomènes ci-après s'est probablement accrue : vagues de chaleur sur la majeure partie des terres émergées, fortes précipitations dans la plupart des régions et, depuis 1975, élévations extrêmes du niveau de la mer dans le monde entier (GIEC, 2007). **(memoir de FARAH ABDELHAFID KARIM)**

I.1.5. Les causes des changements climatiques :

Les changements climatiques s'entendent d'une modification à long terme dans les conditions météorologiques mesurée par les changements dans la température, les précipitations, les vents, l'enneigement et d'autres indicateurs. Ils peuvent comprendre à la fois les changements des conditions météorologiques moyennes ainsi que de la variabilité, y compris, par exemple, les changements dans les conditions extrêmes.

Le climat de la Terre est naturellement variable à toutes les échelles temporelles. L'équilibre entre la quantité d'énergie solaire reçue et la quantité de chaleur rayonnante, qui détermine l'équilibre énergétique de la Terre, régule toutefois l'état climatique à long terme et la température moyenne de la planète. Tout facteur qui cause un changement soutenu de la quantité d'énergie solaire reçue ou de chaleur rayonnante peut mener à des changements climatiques. Ces facteurs étant externes au système climatique, ils sont appelés 'agents de forçage du climat', invoquant l'idée qu'ils forcent ou poussent le climat vers un nouvel état à long terme - un climat plus chaud ou plus froid selon la cause du changement. Des facteurs différents agissent à des échelles temporelles différentes, et les facteurs à l'origine des changements dans le climat de la Terre dans le passé éloigné ne jouent pas tous un rôle dans les changements climatiques contemporains. Les facteurs responsables des changements climatiques peuvent être divisés en deux catégories : ceux liés à des processus naturels et ceux liés à l'activité humaine. En plus des causes naturelles des changements climatiques, des changements internes dans le système climatique, comme les variations dans les courants

océaniques ou la circulation atmosphérique, peuvent aussi agir sur le climat pendant de courtes périodes. Cette variabilité interne naturelle du climat se superpose sur les changements climatiques forcés à long terme.

1-Causes naturelles

- Des facteurs naturels externes au système climatique, comme des changements dans l'activité volcanique, la production solaire et l'orbite de la Terre autour du Soleil, peuvent altérer le climat de la Terre. Parmi ceux-ci, les changements dans l'activité volcanique et les changements dans le rayonnement solaire constituent les deux facteurs pertinents à des échelles temporelles des changements climatiques contemporains. En ce qui a trait à l'équilibre énergétique de la Terre, ces facteurs agissent principalement sur la quantité d'énergie solaire reçue. Les éruptions volcaniques sont épisodiques et ont des effets relativement courts sur le climat. Les changements dans l'irradiation solaire ont contribué aux tendances climatiques au cours du dernier siècle mais, depuis la Révolution industrielle, l'effet des apports de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a été plus que cinquante fois plus marqué que l'effet des changements dans la production solaire.

a-L'effet de serre :

L'**effet de serre** est un processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol d'une planète. La prise en compte de ce mécanisme est nécessaire pour expliquer les températures observées à la surface de la terre et de vénus. Dans le système solaire, l'essentiel de l'énergie thermique reçue par une planète provient du rayonnement solaire et, en l'absence d'atmosphère, une planète rayonne idéalement comme un corps noir , l'atmosphère d'une planète absorbe et réfléchit une partie de ces rayonnements modifiant ainsi l'équilibre thermique. Ainsi l'atmosphère isole la Terre du vide spatial comme une serre isole les plantes de l'air extérieur.



Figure I.1 : schéma explicatif de l'effet de serre (www.effet-serre.fr)

I.1.6. Les principaux gaz à effet de serre et leurs sources :

Il existe un grand nombre de gaz à effet de serre naturellement présents dans l'atmosphère mais dont la concentration varie du fait des activités humaines. Leurs impacts sur le climat dépendent de leur capacité à absorber et émettre du rayonnement infrarouge, de leur concentration dans l'atmosphère et de leur durée de vie.

La vapeur d'eau est responsable à elle seule de la grande majorité de l'effet de serre naturel. Elle a également un effet de rétroaction important sur le changement climatique : lorsque la température augmente, l'évaporation augmente et la quantité de vapeur d'eau relâchée dans l'atmosphère aussi, accélérant encore le réchauffement.

- Le dioxyde de carbone, ou CO_2 , dont la concentration peut augmenter du fait de processus naturels comme les éruptions volcaniques et les feux de forêts ou de brousse. Mais ce sont les activités humaines avec l'utilisation de carbone fossile (pétrole, gaz naturel et charbon notamment pour l'industrie, le chauffage et les transports), ou encore la fabrication du ciment et les changements d'occupation des sols, qui sont responsables de l'essentiel de l'augmentation de sa concentration depuis 1750.

- Le méthane est un gaz à effet de serre bien plus puissant que le CO_2 , mais moins concentré. Il est souvent lié aux processus de fermentation (marécages, décharges, digestion des ruminants, etc.). L'agriculture intensive est ainsi l'un des responsables de l'augmentation des concentrations de méthane dans l'atmosphère au cours des derniers siècles.

Etude Bibliographique

- L'ozone. Présent naturellement dans la stratosphère, vers 20 km d'altitude, il nous protège du rayonnement solaire ultraviolet qu'il absorbe. De l'ozone est également produit dans les basses couches de l'atmosphère à partir de composés organiques volatiles semi par les activités humaines (transports).

- Le protoxyde d'azote, appelé également « gaz hilarant », est émis naturellement par les sols et provient notamment de l'utilisation d'engrais azotés.

b- L'activité solaire :

Il est raisonnable de supposer que des changements de l'activité solaire entraîneraient un changement climatique, puisque le soleil est la principale source d'énergie qui anime notre système climatique.

En effet, des études montrent que la variabilité solaire a joué un rôle dans les changements climatiques passés. Par exemple, une diminution de l'activité solaire pourrait avoir déclenché le petit âge glaciaire entre environ 1650 et 1850.

Mais plusieurs éléments révèlent que le réchauffement climatique en cours ne peut pas être expliqué par des changements dans l'intensité de l'activité solaire :

- Depuis 1750, l'énergie moyenne provenant du soleil est demeurée constante ou a légèrement augmenté.
- Si le réchauffement a été causé par une activité solaire plus intense, les températures auraient augmenté dans toutes les couches de l'atmosphère. Or, les observations mettent en évidence un refroidissement de la haute troposphère, et un réchauffement à la surface et dans les parties inférieures de l'atmosphère.

Causes anthropiques :

Les changements climatiques peuvent également être causés par les activités humaines, comme le brûlage de combustibles fossiles et la conversion de terres pour la foresterie et l'agriculture. Depuis le début de la Révolution industrielle, l'influence des humains sur le système climatique a considérablement augmenté. En plus d'autres incidences environnementales, ces activités modifient la surface terrestre et émettent diverses substances dans l'atmosphère. Ces substances, en retour, peuvent avoir un effet sur la quantité d'énergie solaire reçue et la quantité de chaleur rayonnante, ce qui peut avoir à la fois un effet de

Etude Bibliographique

réchauffement ou de refroidissement du climat. Le dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre, est le principal produit de la combustion de combustibles fossiles. L'effet global des activités humaines depuis le début de la Révolution industrielle a été un effet de réchauffement, actionné principalement par les émissions de dioxyde de carbone et aggravé par les émissions d'autres gaz à effet de serre.

L'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a mené à un accroissement de l'effet de serre naturel. Cet accroissement de l'effet de serre par l'activité humaine est préoccupant, car les émissions continues de gaz à effet de serre ont le pouvoir de réchauffer la planète à des niveaux jamais connus dans l'histoire la civilisation. De tels changements climatiques pourraient avoir des répercussions environnementales, sociales et économiques vastes et/ou imprévisibles.

Facteurs de forçage de courte et de longue durée

Le dioxyde de carbone est la principale cause des changements climatiques d'origine anthropique. Émis en vastes quantités lors du brûlage de combustibles fossiles, il a une très longue durée de vie, ce qui signifie qu'il continue d'altérer le système climatique durant sa longue durée de séjour dans l'atmosphère. Toutefois, le brûlage de combustibles fossiles, les processus industriels et les activités agricoles et forestières émettent d'autres substances qui agissent également comme agents de forçage du climat. Certains, comme l'oxyde nitreux, sont des gaz à effet de serre de longue durée de vie comme le dioxyde de carbone, et contribuent donc aux changements climatiques à long terme. D'autres substances ont une durée de vie plus courte dans l'atmosphère parce qu'elles en sont éliminées assez rapidement. Leur effet sur le système climatique est par conséquent d'aussi courte durée. Ensemble, ces facteurs de forçage climatique à courte durée de vie sont responsables en bonne partie des changements climatiques attribuables aux substances d'origine anthropique. Certains de ces facteurs ont un effet de réchauffement du climat ('facteurs de forçage climatique positifs'), tandis que d'autres ont un effet inverse ('facteurs de forçage climatique négatifs').

Si les niveaux atmosphériques des facteurs de forçage climatique à courte durée de vie sont continuellement renouvelés par des émissions continues, ces facteurs continuent à exercer un effet de forçage du climat. La réduction des émissions mènera toutefois assez rapidement à une réduction des niveaux atmosphériques de ces substances. Un certain nombre de facteurs de forçage climatique à courte durée de vie ont des effets de réchauffement climatique et, ensemble, contribuent le plus à l'accroissement d'origine anthropique de l'effet de serre après

Etude Bibliographique

le dioxyde de carbone. Ces facteurs incluent le méthane et l'ozone troposphérique - deux gaz à effet de serre - et le carbone noir, une petite particule solide issue de la combustion incomplète de carburants à base de carbone (p. ex. charbon, pétrole et bois).

D'autres facteurs de forçage climatique à courte durée de vie ont des effets de refroidissement du climat, plus particulièrement les aérosols de sulfate. Le brûlage de combustibles fossiles émet du dioxyde de soufre dans l'atmosphère (en plus du dioxyde de carbone), qui se combine ensuite avec la vapeur d'eau pour former de minuscules gouttelettes (aérosols) qui reflètent la lumière du soleil. Les aérosols de sulfate demeurent dans l'atmosphère quelques jours seulement (ils en sont éliminés par le biais des précipitations acides); ils n'ont donc pas le même effet à long terme que les gaz à effet de serre. Toutefois, le refroidissement attribuable aux aérosols de sulfate présents dans l'atmosphère a compensé une partie du réchauffement attribuable à d'autres substances. C'est-à-dire que, n'eût été les niveaux élevés d'aérosols de sulfate dans l'atmosphère, le réchauffement que nous avons connu jusqu'à maintenant aurait été encore plus marqué. (www.interscience.wiley.com)

I.2. le changement climatique en Algérie :

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

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

Le climat de l'Algérie est très variable. L'une des manifestations les plus préoccupantes de cette variabilité est la sécheresse. Cependant, aujourd'hui devant l'hypothèse d'un changement climatique et devant l'accroissement des besoins en eau, on s'interroge de plus en plus sur l'éventualité d'une augmentation de la fréquence de la sécheresse d'un côté et d'une amplification de ses impacts socio-économiques de l'autre. (**SELTZER, P., 1946**)

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

Etude Bibliographique

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

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

il y a diminution des pluies sur le Nord, et en printemps dans l'Est du pays.

On peut donc conclure qu'entre les périodes 1931-1960 et 1961-1990 :

- la hausse de température a été de l'ordre de 0,5°C ;
- la pluviométrie a baissé en moyenne de 10% ;
- le déficit hydrique sera plus important à l'Ouest qu'au Centre et qu'à l'Est du pays .

(Samah SOUALMIA, 2015)

I.3.Sécheresse :

Selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM), de 1967 à 1991, 1,4 milliards de personnes ont été affectées par les sécheresses (Obassi, 1994). Selon certains scénarios des changements planétaires, l'occurrence et l'impact des sécheresses risquent d'augmenter dans les années à venir (Watson et al. 1997). En 2000, la perte de bétail due à une sécheresse grave en Asie méridionale et au Proche-Orient a causé la mort de nombreuses personnes. Au sud de l'Afghanistan, la population entière (300 000 familles) du désert du Registan a fui lorsque leurs sources d'eau se sont asséchées. Au Pakistan, la sécheresse dans les provinces du Baloutchistan et de Sindh a été signalée comme étant l'une des pires de l'histoire du pays. En Iran, 18 des comtés et 28 provinces ont été confrontés également à une sécheresse grave. Le Tigre et l'Euphrate en Iraq ont également connu une baisse de leur niveau pour atteindre environ 20% de leur débit moyen (The Nation, 2000).

L'Hôte et al. (2002) montrent, suite à une analyse d'un indice des précipitations annuelles au Sahel ouest africain, que la sécheresse n'est pas encore terminée en fin de l'année 2000. Cependant, les modifications climatiques subies par l'Afrique durant le XXème siècle sont très nombreuses et n'ont pas les mêmes emprises (Paturel et al, 2004). En effet, pour l'Afrique

Etude Bibliographique

Centrale, les modifications les plus importantes sont survenues au cours de la première moitié du siècle avec une augmentation de la pluviométrie annuelle. Quant à l'Afrique de l'Ouest, une diminution très marquée de la pluviométrie depuis la fin des années 1960 a été détectée. Elle a de plus une étendue qui ne semble pas avoir eu d'équivalent au cours du XX^{ème} siècle. Les pays comme le Ghana, le Togo, le Bénin et la partie maritime du Nigeria n'ont connu aucun changement notable. L'Afrique sahélienne a été la plus sujette à de nombreux changements au cours du siècle: dans son ensemble, elle a subi une augmentation de la pluviométrie vers 1940 puis une diminution vers 1970; sa partie centrale a subi une augmentation de la pluviométrie vers 1919 puis une diminution vers 1970.

Les travaux de Aka et al, (2010) et Ardoïn-Bardin, (2004) ont signalé par le test de PETTIT, l'existence d'une rupture préférentielle autour des années 1970 au niveau des grands cours d'eau du Côte d'Ivoire. L'année 1970 a été aussi relevée comme année de rupture par Mahé et al., (2001) sur les débits du Bani à Douna au Mali, avec une diminution de 68 %. Ils mettent aussi, en évidence que les ruptures hydrologiques sont en phase avec les ruptures pluviométriques. Cette concordance des dates de rupture montre que le régime des cours d'eau est fortement lié à celui des précipitations. Ces années de rupture sont aussi en phase avec le découpage donné par le filtre passe-bas de Hanning de la station de Grand-Lahou. Ces années s'insèrent dans la période de rupture de la plupart des stations pluviométriques en Côte d'Ivoire, à savoir 1966-1971 (Servat et al., 1999).

Ces ruptures montrent aussi que la région de Grand-Lahou s'inscrit globalement dans la fluctuation du régime pluviométrique observée entre la fin des années 1960 et le début des années 1970 en Afrique de l'Ouest et Centrale (Olivry, 1997 ; Paturel et al., 1997, 1998 ; Servat et al., 1998 et 1999).

Kouame (2011) a signalé une tendance des coefficients de tarissement à la hausse à partir de la rupture de 1970 dans le bassin versant du N'zo à l'Ouest du Côte d'Ivoire. Les volumes mobilisés ont évolué inversement aux coefficients de tarissement. Ces volumes ont régulièrement baissés depuis l'année 1986 qui est caractérisée par une très faible pluviométrie. En effet, l'année 1986 est l'année qui a été marquée par une sécheresse particulièrement intense dans la région de Soubré. Cette sécheresse a contribué à la réduction des réserves d'eau de la région et a même affecté la recharge souterraine, ce qui a contribué à réduire les volumes mobilisés dans les différents bassins versants de la région. Les études de Lubes-Niel et al., (1998) ont également observé une augmentation des coefficients de tarissement dès 1969 sur cinq sous-bassins du fleuve Niger. Ces constatations ont également été faites par Nicholson, (1994) qui a signalé ce phénomène sur les bassins versants du Tchad.

Etude Bibliographique

Vissin (2007) a fait ce même constat dans le bassin béninois du fleuve Niger. Tout comme l'Afrique de l'Ouest et centrale, les pays d'Afrique du Nord n'échappent pas non plus à cette variabilité climatique. Les travaux sur la Tunisie, dans le même ordre d'idée, Kingumbi et al. (2006) ont mis en évidence une baisse significative (sans rupture de stationnarité des séries) des précipitations annuelles en Tunisie centrale, entre 1976 et 1989.

Une étude de la sécheresse météorologique et hydrologique dans la région de Siliana en Tunisie a été effectuée en se basant sur plusieurs indices (Bergaoui et Alouini, 2001). Les résultats obtenus montrent que la méthode des écarts à la moyenne donne un pourcentage de 60 % d'années sèches. L'analyse fréquentielle révèle que la sécheresse est de classe modérée (35 %). La fréquence d'apparition d'années successives sèches est relativement élevée : 55 % d'années sèches sont formées de deux, trois ou cinq années sèches consécutives. Quant à la sécheresse hydrologique, elle est plus accentuée, prouvant la dissymétrie des apports et la tendance générale des phénomènes hydrologiques à la faible hydraulité. Simultanément, Benzarti et al. (2001) a étudié la persistance de la sécheresse en Tunisie par utilisation des chaînes de Markov sur des séries de pluviométrie annuelle. Cette méthode a été déjà appliquée à l'échelle journalière et saisonnière (Bergaoui, 1983). L'auteur prouve que la persistance des années sèches est plus fréquente dans les régions du nord et du centre du pays. De plus, la probabilité d'avoir deux années sèches consécutives varie de 23 à 40 % suivant une croissance du sud-ouest au nord-ouest.

Les études effectuées sur la pluviométrie et les apports de l'oued Merguellil ont connu une baisse assez significative ces dernières décennies (Kingumbi, 2006), et l'année 1988-1989 est aussi apparue dans plusieurs variables comme une année de rupture (Bergaoui et al, 2001; Kingumbi, 2006; Lahache et Pillet, 2008). **(mémoire khoualdia , 2012).**

I.3.1.Sécheresse en Algérie

Plusieurs travaux sur la pluviométrie en Algérie ont été menés depuis le dernier siècle, mais la plupart d'entre eux en font une analyse superficielle sur quelques stations en se basant sur le calcul de la moyenne. Ce n'est qu'en 1946 grâce aux travaux de Seltzer sur le climat de l'Algérie qu'une analyse détaillée sur la pluviométrie est établie.

En Algérie, en considérant les stations du nord Demmak et al, (1994) par une méthode comparative des moyennes (1974-1992 par rapport à celle de Chaumont 1913-1963) et à la moyenne de longue durée (1922-1992), ont constaté que : L'ampleur du déficit pluviométrique de la dernière période 1974-1992 s'intensifie d'Est en Ouest ;

Etude Bibliographique

- Ils mettent en évidence la tendance à la sécheresse des vingt dernières années et font apparaître des sécheresses analogues durant les années 1913 et 1940. (**FARAH ABDELHAFID KARIM**)

Farmer et Wigly, selon Kadi (1995), donnent l'évolution d'un indice de sévérité de la sécheresse sur la même région et relèvent l'occurrence de sécheresse sévères et généralisées durant des années très isolées : 1937, 1961, 1970.

En étudiant aussi les données de 120 postes pluviométriques du Nord de l'Algérie, Laborde (1993) a mis en évidence par une analyse en composante principale une succession de quatre phases pluviométriques :

- Une longue phase où la pluviométrie est supérieure à la moyenne de 6 %, de 1922 à 1938.
- Une courte phase sèche débutant en 1939 et s'arrêtant en 1946 à l'ouest et au centre du pays avec un déficit de l'ordre de 11 %.
- Une phase pluvieuse qui dure jusqu'en 1972 environ.
- Une longue phase sèche qui s'affirme dès la fin de 1973.

Matari et al, (1999) appliquent une analyse en composantes principales avec rotation Varimax sur deux réseaux et sur deux périodes différentes ; ils ont abouti à une division régionale de l'ouest Algérien pour une analyse spatio-temporelle de la pluviométrie. Les auteurs ont remarqué que :

- ✚ La sécheresse des années 40 est principalement due à une baisse de pluie de printemps et que;
- ✚ Celles des années 80 à une baisse de pluie d'hiver.

Khaldi en 2005 a étudié la sécheresse sur les stations pluviométriques du nord-ouest algérien. Il abouti aux résultats suivants :

- ✚ A partir des variables centrées réduites des totaux annuels, l'analyse a mis en évidence la succession de deux phases, un long épisode globalement pluvieux qui s'est étendu entre le début des années 50 et la fin des années 70, une période globalement déficitaire, qui aurait commencé au début des années 80 et qui persiste jusqu'à son étude ;
- ✚ Les pluies d'hiver durant la décennie 1990-2000 ont connu généralement une baisse pour les stations d'étude ;
- ✚ Les résultats obtenus par l'étude de la sévérité de la sécheresse, en utilisant différentes méthodes comme celles des quintiles et des Terciles, confirment la persistance et

Etude Bibliographique

l'abondance des années déficitaires durant les deux décennies 1980-1990-2000 pour la région d'étude ;

✚ Il montre aussi, que le modèle Markovien ajuste bien les séquences pluvieuses, par contre l'ajustement des séquences sèches par ce modèle montre qu'il existe une grande différence entre les fréquences calculées et les fréquences théoriques surtout lorsque nous allons vers des seuils plus grands ;

✚ L'analyse de l'étude de la relation entre l'ONA et la pluviométrie à partir de la corrélation montre qu'il y a un lien entre cette oscillation et la pluviométrie dans cette région d'étude. (**R.A.SEILER, M.HAYES et L.BRESSAN, 2002**)

Meddi et Hubert (2003) et Khettab (2001) mettent, par des études de la sécheresse aux stations du nord de l'Algérie, en évidence une diminution pluviométrique au cours des dernières décennies. Ce déficit génère un grave problème d'ordre économique et social, compte tenu de la pression croissante qui exerce sur la ressource en eau (alimentation en eau potable, irrigation....).

Mebarkie (2010) signale par une étude sur les apports des cours d'eau de l'est algérien que 1987-1988 est l'année la plus marquée par la sécheresse hydrologique (faible hydraulité) suivie par les années 1993-1994 et 2001-2002.

Khoualdia et Djebbar, (2008, 2010, 2011,2012, 2013, 2014) mettent en évidence par des études de la sécheresse aux stations du nord-est de l'Algérie (région de la Medjerda) le suivant :

- Diminution pluviométrique au cours des dernières décennies (1970-1980-1990-2000) ;
 - Diminution des débits de la rivière de la Medjerda durant ces mêmes décennies;
 - Augmentation de la température et de l'évapotranspiration durant ces mêmes décennies
 - Fortes intensités de pluies ;
 - Diminution des apports liquides au niveau du barrage d'Ain Dalia, et les années 1988-1989, 1993-1994 et 2001-2002 ont connue une baisse jamais atteinte depuis sa mise en service.

D'autres études menées par Khettab et al., (2002) sur la sécheresse en Algérie montrent que, durant l'année 1988-1989 les barrages de l'Ouest et du Centre se sont asséchés. Ce ci est moins ressenti à l'Est de l'Algérie. C'est ainsi que, la situation de l'approvisionnement en eau potable est devenue de plus en plus difficile à gérer. L'année 1988-1989 a été classée comme année sèche pour l'Algérie. (**WMO., 2008**)

Etude Bibliographique

Récemment, Meddi et al., (2009) ont montrés que, suite a une étude des chaînes de Markov appliquée sur les stations pluviométriques de l'Algérie du Nord,

- ✓ pour avoir une année non sèche après une année sèche, la probabilité est plus importante au centre du pays qu'elle est à l'ouest et,
- ✓ pour avoir deux années sèches successives, la probabilité est plus importante à l'ouest qu'au centre.

Ces résultats des différentes approches méthodologiques des principaux indices de la sécheresse aident à une description d'état de préparation de gestion de la sécheresse en Algérie. Par ailleurs, plusieurs efforts pour le développement de nouvelles méthodologies d'estimation et de quantification des différents aspects liés à la sécheresse ont été déployés, tel que les différences spatiales de la sécheresse (Beersma et Buishand, 2004), la prédiction des sécheresses par les indices de la circulation atmosphérique (Lloyd et Saunders, 2002), et la mitigation des effets de la sécheresse (WMO, 2000). Cependant, plus d'efforts ont été fournis pour développer des indices de la sécheresse, permettant une identification précoce de son intensité et son ampleur. Ces indices sont primordiaux pour l'analyse et la planification continue des sécheresses dans le temps et dans l'espace (Svoboda et al. 2002).

Depuis 1994, prenant conscience des dégâts provoqués par les événements de sécheresse répétés dans l'État du Chihuahua au Mexique, les décideurs, les politiques, les scientifiques et les universitaires se sont concertés et leurs efforts ont abouti à la création du Centre de recherche sur la Sécheresse (Robles et al, 2006). Le but du centre NDMC (National drought mitigation center) développé aux Etats-Unis d'Amérique est de rassembler, mesurer, et cartographier les impacts de la sécheresse et fournir aux rapporteurs un accès aux résultats à travers des outils de recherche faciles et interactifs. Les utilisateurs peuvent soumettre leurs propres rapports des impacts de la sécheresse. Dans le même contexte, d'autre pays tels que le Canada, l'Italie, l'Espagne,..., ont développés des centres de mitigation et de planning semblables pour une meilleure compréhension et analyse du phénomène.

Récemment, le programme « MEDROPLAN » Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning a été développé par l'Europe Aid Co-operation Office avec la collaboration de scientifiques et d'acteurs de l'eau de Chypre, Espagne, Grèce, Italie, Maroc et Tunisie, comme initiative pour la préparation de directives de gestion et de mitigation des sécheresses dans les pays méditerranéens. Le guide permet de fournir une approche efficace et systématique pour mettre au point des plans de gestion de la sécheresse alliant science et politique.

Donc préparer un guide pratique de gestion de la sécheresse, en adaptant une méthodologie basée essentiellement sur l'expérience Algérienne, et celle des autres pays, tout en prenant en considération les connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques acquises dans ce domaine est nécessaire. Or, la sécheresse fait partie du climat (Jarraud, 2006), et les statistiques communément disponibles pour analyser les variables qui sont à l'origine des sécheresses, telles que, les précipitations ou les séries de débits, sont basées sur l'étude fréquentielle des étiages, l'étude des séries temporelles, la genèse de données synthétiques, la théorie des séquences, la régression multiple, etc. Cependant, on trouve dans la littérature toute une pléthore d'ouvrages sur le sujet. Si depuis des décennies, les lois statistiques classiques ont fait le bonheur des hydrologues statisticiens, aménageurs, concepteurs et autres, aujourd'hui, un constat amer se pose : toutes ces lois classiques, souvent utilisées abusivement, trouvent des limites dans l'étude des événements d'occurrence rare. Des études récentes (Hubert et Bendjoudi, 1998) ont montré que la loi de Laplace-Gauss qui est la plus utilisée pour la modélisation statistique des pluies annuelles, mais aussi toutes les autres lois à décroissance exponentielle, ne permettent pas d'ajuster d'une façon satisfaisante les queues de distribution des séries longues. Donc, il est important de modéliser les précipitations maximales probables afin de les utiliser dans la prévision des crues extrêmes telle que dans la gestion des inondations. **(Bonacci, O. (1993))**

I.4. Les différents indices climatiques :

I.4.1. Indice climatique :

La difficulté de définir la sécheresse pousse les chercheurs à définir des indicateurs de ce phénomène. Ces indicateurs permettent de déterminer d'une façon scientifique le seuil indiquant la sécheresse à différentes échelles de temps et de définir des classes d'appartenance à cet événement en fonction de sa sévérité et de sa position. Ils assurent également le suivi de la sécheresse et la détection à différents stades de son évolution. Ces indices constituent également un excellent moyen de communication avec le public et un outil de décision pour le gouvernement.

Etude Bibliographique

Tableau I.1 : Les différents types des indices de sécheresse.

Types des indices de sécheresse	Indices météorologiques	Indices hydraulique	Indices agricoles	Indices socio-économique
Indices	- - SPI (Standardized Precipitation index) - PDSI (Palmer Drought Severity Index) - CMI (Crop Moisture index) - SWSI (Surface Water Supply Index) -Deciles	-Groundwater levels. -Low flow caractéristique	-Moisture reserve -Expected yields of plants.	-Shortages in water supplies.

Ci-dessous sont présentés quelques indicateurs météorologiques (basés sur les données de précipitation).

Ces indices utilisent généralement les mesures de précipitation recueillies aux stations météorologiques pour décrire les conditions de sécheresse. Ils ont pour but de comparer les valeurs actuelles à la tendance historique. Ils sont simples, faciles et rapides à utiliser.

L'indice climatique, en climatologie, est à la fois une mesure de base et une composition à partir de ces mesures qui doit être bien différenciée de l'indice climatique, valeur quantitative ou qualitative, donc parfois adimensionnelle, caractérisant l'état d'un système de façon indirecte (carottes glaciaires, état des coraux par exemple)

L'indice de confort : en ergonomie se calcule l'indice climatique ou indice de confort à partir des mesures de la température, du vent et de l'humidité de l'air. C'est un indice mathématique des sensations physiques de confort ressenties par le corps.

Les six indices pour le climat sont :

Etude Bibliographique

- Le CEI (Climate extreme index)et le GCRI (Greenhouse gas climate reponse index) :

Sont des index <multi-indices> des extrêmes climatiques ;calculé à partir d'une somme pondéré de cinq indices ayant trait à la température et aux précipitation (Karl et al 1996).

- Le CSCI (Common Sense Climateindex) :

est le nombre d'écarts-types dont la température moyenne annuelle s'écarte de la climatologie ,donc une indication de l'anomalie de la température annuelle (Hazen et al 1998)

- Le GWP (Global Warming Potential) :
- Est un indice de réchauffement climatique calculé à partir de la durée de vie des GES et de leur forçage radiatif relatif (référence CO₂). (Hazen. et al 1998)
- Le NAO (North Atl.Osc.Index) et le SOI (Southern osc .Index)

Comparent la MSI entre deux endroits (les açores et l'islande dans le cas du NAO ,et Tahiti et Darwin-Aus .Dans le cas du sol).

- Le PDSI (Palmer Drought Severity .index)

Est un index de sécheresse qui considère la température , les précipitations ,et les caractéristiques du sol. (**WMO , N 1090**)

I.4.2. Indice de précipitation normalisé :

Au fil des ans, les météorologues et les climatologues ont mis au point et utilisé partout dans le monde de nombreux indices de sécheresse, allant des plus simples, notamment le pourcentage de la normale des précipitations ou les centiles de précipitations, aux plus complexes, tel l'indice de sécheresse de Palmer. Aux États-Unis d'Amérique, des spécialistes de la question ont pris conscience du fait qu'un indice devait être simple, facile à calculer et statistiquement adapté et significatif. De plus, la compréhension des différents effets que peuvent avoir des déficits de précipitations sur les eaux souterraines, sur le volume stocké dans les réservoirs, sur l'humidité du sol, sur le manteau neigeux et sur l'écoulement des cours d'eau a conduit les scientifiques américains McKee, Doesken et Kleist à mettre au point, en 1993, l'indice de précipitations normalisé (indice SPI).

Etude Bibliographique

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.

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).

L'indice de précipitation normalisé (SPI) a été élaboré pour la détection et la surveillance de la sécheresse. Toutefois, en raison de ses caractéristiques, le SPI peut également être utilisé comme un outil pour surveiller les conditions plus humides que la normale. L'objectif de cet article, basé sur les inondations récurrentes qui affectent la province de Cordoue méridionale en Argentine, est d'analyser le potentiel de la SPI comme un outil de surveillance des risques d'inondation dans cette région. Les résultats indiquent que le SPI explique de façon satisfaisante les conditions qui ont mené aux trois principales inondations qui se sont produites dans la région au cours des 25 dernières années. Ce fait soutient la proposition d'appliquer le SPI en tant que composante efficace d'un système régional de surveillance des risques climatiques. **(Seiler et al-2002)**

Les climatologues préféreraient travailler sur des séries de données complètes, c'est-à-dire des séries ne comportant aucune donnée manquante. Il est cependant bien plus probable que les jeux de données ne soient complets qu'à 90 % voire 85 %. Dans la réalité, de nombreux utilisateurs ne peuvent s'offrir un tel luxe et doivent souvent se contenter de jeux de données ne comprenant qu'entre 75 et 85 % des relevés, à moins d'avoir recours à des techniques d'estimation pour combler les lacunes. Dans la pratique, il est peu fréquent de disposer de séries chronologiques de longue durée dans leur intégrité, si bien que l'utilisateur doit demeurer conscient des limites statistiques des phénomènes extrêmes quand il traite des séries portant sur des périodes relativement courtes pour divers emplacements. En fin de compte, l'utilisateur devra prendre une décision subjective quant à la tolérance concernant les données manquantes qu'il est disposé à incorporer dans les calculs et les analyses de l'indice SPI. En fonction du seuil de confiance recherché et de la méthode de calcul utilisée, il est possible d'avoir recours à une estimation des valeurs manquantes. Naturellement, moins les valeurs estimées seront nombreuses et mieux cela sera. **(F.E.Benth and J.S.Benth ,2007)**

I.4.3. Description de l'indice normalisé de précipitations :

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.

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.

L'indice SPI a été conçu pour quantifier le déficit de précipitations à de multiples échelles de temps. Ces échelles de temps traduisent les incidences de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau. L'humidité du sol réagit relativement vite aux anomalies de précipitations, tandis que les eaux souterraines, le débit des cours d'eau et les volumes stockés dans les réservoirs sont sensibles aux anomalies de précipitations à plus long terme. C'est pourquoi McKee et al. (1993) ont initialement calculé l'indice SPI pour des laps de temps de 3, 6, 12, 24 et 48 mois. Le calcul de l'indice SPI en un lieu, quel qu'il soit, est basé sur un historique de précipitations sur une longue durée correspondant au laps de temps étudié. On ajuste une distribution de probabilité à cette longue série de relevés, puis on la transforme 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. Étant donné que l'indice est normalisé, il est possible de représenter de la même manière les climats humides et les climats arides; ainsi est-il possible aussi, grâce à l'indice SPI, d'assurer une surveillance des périodes humides. McKee et al. (1993) ont utilisé le système de classification présenté dans le tableau des valeurs de l'indice SPI figurant ci-après (tableau 2) 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 qu'elle 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. Pour obtenir ce que l'on peut appeler la «magnitude» de la sécheresse, il suffit d'ajouter toutes les valeurs de l'indice pour l'ensemble des mois sur lesquels porte l'épisode.

Etude Bibliographique

(Journal of Hydrologic Engineering, 2004)

Tableau I.2 : Valeurs de l'indice SPI.

2.0 et plus	Extrêmement humide
De 1.5 à 1.99	Très humide
De 1.0 à 1.49	Modérément humide
De -0.99 à 0.99	Proche de la normale
De -1.0 à -1.49	Modérément sec
De -1.5 à -1.99	Très sec
-2 et moins	Extrêmement sec

Quelques points essentiels:

- Étant donné que l'indice est normalisé, il est possible de représenter de la même manière les climats humides et les climats arides; l'indice SPI permet donc d'assurer aussi une surveillance des périodes humides. Il faut souligner toutefois que l'on ne peut se servir de l'indice SPI dans l'analyse des changements climatiques, puisque la température n'est pas un paramètre pris en compte.

- L'indice SPI a été conçu pour quantifier le déficit de précipitations à différentes échelles de temps.
- Ces échelles de temps traduisent les incidences de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau, ce qui était l'intention première des scientifiques qui ont conçu l'indice.
- La variation de l'humidité du sol en réponse aux anomalies de précipitations est relativement rapide, tandis que les eaux souterraines, le débit des cours d'eau et les volumes stockés dans les réservoirs sont sensibles aux anomalies de précipitations à plus long terme. La période sur laquelle porte l'indice SPI variera donc en fonction du type de sécheresse faisant l'objet des analyses et applications envisagées: on prendra par exemple l'indice SPI sur 1 à 2 mois pour une sécheresse météorologique, sur 1 à 6 mois pour une sécheresse agricole et sur 6 à 24 mois, voire plus pour une sécheresse hydrologique.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Il est possible de résumer les avantages et les inconvénients que présente l'indice SPI comme suit:

Avantages

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

Inconvénients

- L'indice SPI ne repose que sur les relevés de précipitations
- Le bilan hydrique du sol n'étant pas pris en compte, l'indice ne permet pas le calcul du rapport évapotranspiration/évapotranspiration potentielle (ET/ETP).
- Grâce à une variante de l'indice qu'ils ont mis au point, Vicente-Serrano et al. (2010) tentent de régler le problème mentionné ci-dessus en prenant en compte la température dans les calculs du nouvel indice qu'ils nomment indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé (SPEI). Les paramètres dont il faut disposer pour exécuter le programme sont les précipitations, la température moyenne et la latitude de la station. (<http://sac.csic.es/spei/index.html>, 12/03/2017)

Deuxième Partie :

Présentation de la zone

d'étude

Introduction :

Préalable et indispensable à toute étude efficace, la connaissance du milieu naturel du bassin doit s'acquérir dans de multiples domaines. Dans cette partie nous présentons la situation géographique, le réseau hydrographique du bassin versant de « Sebaou », nous analyserons les paramètres climatologiques, l'objectif est de nous permettre de mener à bien notre travail

II.1. Le bassin versant de sébaou :

II.1.1- Situation géographique :

Administrativement, la plaine alluviale du Sébaou se situe dans les Wilaya de Tizi-Ouzou et de Boumerdés, à 80Km à l'Est d'Alger. La surface drainée par l'oued Sébaou et ses affluents (bassin versant) est limitée entre les altitudes 36°27' N et 36°55' N Nord et les longitudes 3°55' E et 4°53' E Est. S'étalant sur une superficie de 2500Km²; Le bassin versant de Sébaou est caractérisé par un relief typiquement montagneux, couvrant 82% de la superficie totale, elle se limite :

- Au nord ouest par la mer méditerranée ;
- Au nord et nord est par la chaîne littorale ;
- Au sud et sud est par la chaîne de Djurdjura ;
- A l'ouest par les chaînons de Naciria et Sidi-Ali-Bounab orienté ENE –WSW ;

Présentation de la zone d'étude

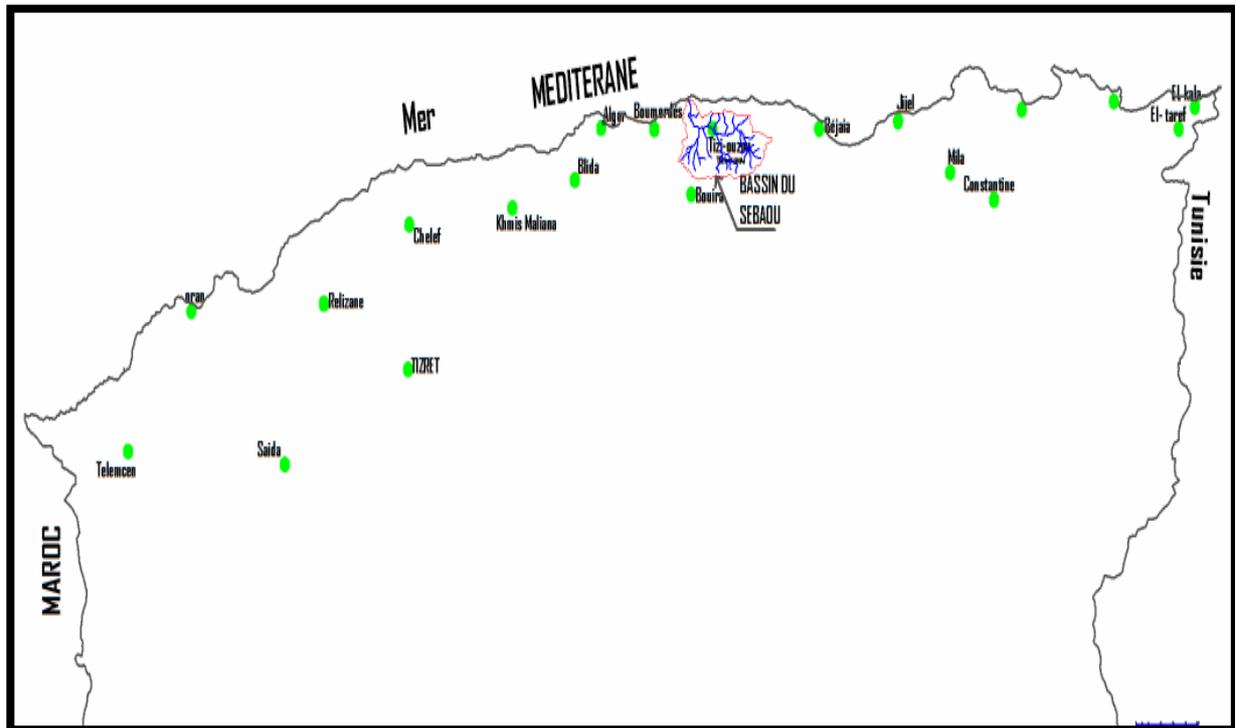


Figure II.1: Situation géographique du Bassin versant du Sébaou

II.1.2. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique du bassin du Sébaou est très dense, le drainage s'effectue par une multitude d'oueds répartis en trois axes d'écoulements principaux :

- Les oueds de rive droite proviennent de la chaîne littorale, l'oued Dis avec le plus fort débit, prend sa source du djbel Tamgout et débouche dans l'oued Sébaou juste après son premier coude majeur à la hauteur de Fréha.
- Les oueds de rive gauche prennent naissance dans le scole Kabyle ;
- L'oued Sébaou est le principal oued de la région, traverse toute la plaine alluviale, et d'une centaine de kilomètre environ

Depuis sa source au Djurdjura orientale jusqu'à l'embouchure en mer méditerranée, l'oued Sébaou change trois fois de direction :

- Haut Sébaou :

S'étend de la source Acif n'Boubehir jusqu'à la cluse de Belloua ou l'oued prend direction NNW-SSE

- Moyen Sébaou :

Présentation de la zone d'étude

Au niveau de la cluse de Belloua l'oued Sébaou forme son premier coude avec le haut Sébaou et prend une direction NE-SW,

- Bas Sébaou :

L'oued marque son deuxième coude au niveau de Tadmaït et empreinte la direction NNW-SSE.

Tableau II.1 : Répartition des superficies par sous bassin

	Code des sous bassins versant de sébaou	Superficie en km ²	Périmètre en km
Haut Sébaou	02-15	532	102,4
	02-16	432	112
	02-17	468	98,6
Moyen Sébaou	02-18	304	82
	02-19	544	94,2
Bas Sébaou	02-20	220	62,6

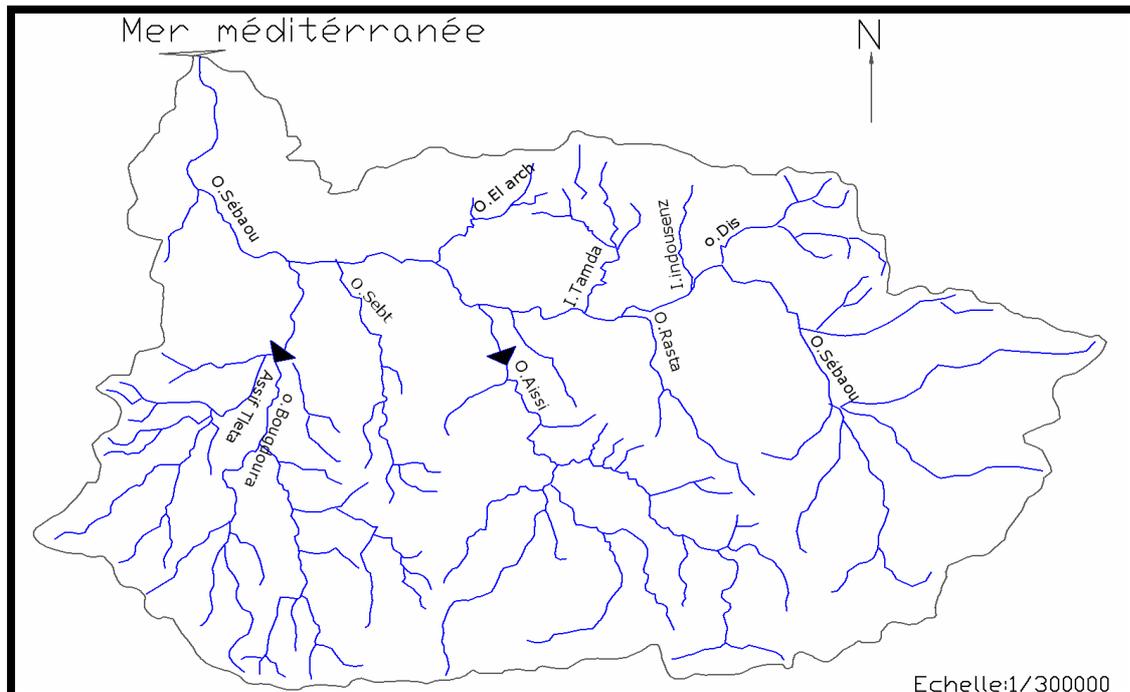


Figure II.2 : Carte du Réseau hydrographique du bassin du Sébaou (Source : ANRH)

Présentation de la zone d'étude

II.1.3. Etude hydrologique :

Dans cette partie, nous analyserons les paramètres climatologiques. Les objectifs majeurs de notre étude étant de rechercher et d'évacuer l'ensemble des éléments climatologiques et aussi la manière dont les différents composants du climat se comportent l'un par rapport à l'autre.

Pour mieux caractériser le régime climatique dans la région d'étude, nous avons choisie six stations climatiques, réparties sur la surface du bassin versant du haut Sébaou figure I.8, couvrant une période de 30ans (1980-2010), les différentes caractéristiques relatives à ces stations sont regroupées dans le tableau .

Tableau II.2 : caractéristiques des stations pluviométriques utilisées (Source : ANRH)

Station pluviométrique	Code (ANRH)	Coordonnées Lambert		Altitudes (m)	Période de fonctionnement
		X en km	Y en km		
AZAZGA ECOLE	02-15-04	449.4	384	430	1970-actuel
LARBAA N'ATH- IRATHEN	021705	634,9	370,8	980	1970-actuel
AGHRIBS (Adrar)	021601	645.1	391.25	680	1968-actuel
FREHA	021603	641,9	383,5	140	1968-actuel
TIGZIRT N BOUBHIR	021501	650.9	372.1	220	1968 -actuel
BENI YENNI	021712	635	365.25	760	1980-actuel

Présentation de la zone d'étude

Tableau II.3: précipitations moyennes annuelles 1980-2010 (source : ANRH)

Année	AZAZGA ECOLE	T4IGZIRT N BOUBHIR	AGHRIBS	LARBAA NATH IRTHEN	FREHA	BENI YENNI
1980	936.6	930.7	1138.4	1077.2	832	1027
1981	894.9	946.3	816.7	849. 1	709	894.3
1982	865.5	1042.9	1041.6	863.4	694.9	828.8
1983	924. 1	909.3	861.3	881.8	650.5	885.6
1984	1236. 1	1155.8	1296.6	1153	861.2	990.6
1985	930.7	897.8	1117.6	894.7	712.4	868.5
1986	1106	1208.6	1389.8	988.2	898.8	1040
1987	676.3	786. 1	710.5	638.9	580.3	721
1988	819.2	927.2	680.7	641.6	604.4	785 .2
1989	569	634.2	631. 1	607.9	425. 1	522.4
1990	890	913.2	1063	831.2	681.7	842.8
1991	828.2	908.5	1044. 1	821.4	647. 1	725.6
1992	867.7	925. 1	1030	786.8	667.7	702
1993	679	785.3	781.6	667.7	553. 1	618 .9
1994	1001.2	1135.2	1132.9	899.9	752.6	922.5
1995	1098. 1	1133.7	1137.2	1100.9	767.7	890.8
1996	591.8	707.7	738.6	664. 1	473	505.5
1997	1317.9	1237.2	1656.5	1319.6	948.7	1192.3
1998	855.3	775. 1	1140.4	859.7	678.7	768.4
1999	780.6	520	884	604.9	597.7	624.2
2000	826.6	808.9	992	706	604.3	785.3
2001	521	632. 1	761.5	522.7	387.7	479.6
2002	1535.8	1349.9	1650.6	1255	1192 .3	1366.5
2003	999.6	1004	1168. 1	961.9	825.3	903.6
2004	1178.2	859.8	1089.2	797.3	779. 1	879.5
2005	896.9	1040.8	1072.7	814.6	677.3	754.2
2006	1028.7	1125.5	1264.9	859.4	859.6	698.2
2007	1250.3	1306	1330.8	994	1145.9	955
2008	1348.2	1196.7	1100.8	1166.9	902	1197.9
2009	1075.8	600.2	917	957. 1	849.8	925. 8
2010	941.4	455. 1	1247.2	1063.7	666.9	1113.2

Présentation de la zone d'étude

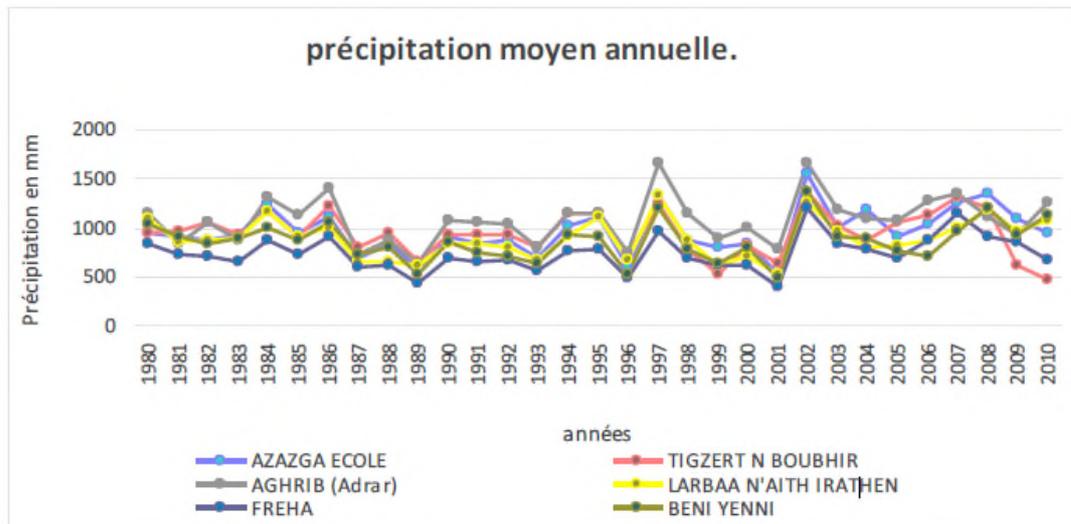


Figure II.4: Précipitations moyennes annuelles (1980-2010)

b) variation mensuelle

Le bassin versant de la grande Kabylie, jouie d'un climat méditerranéen, dont on distingue deux périodes à savoir, une période sèche allant du mois de mai au mois de septembre et une période humide allant du mois d'octobre au mois d'avril.

L'évolution des précipitations à la station d'AZAZGA montre bien ces deux périodes durant les deux années 1997/1998 et 2002/2003. (Figure I.11)

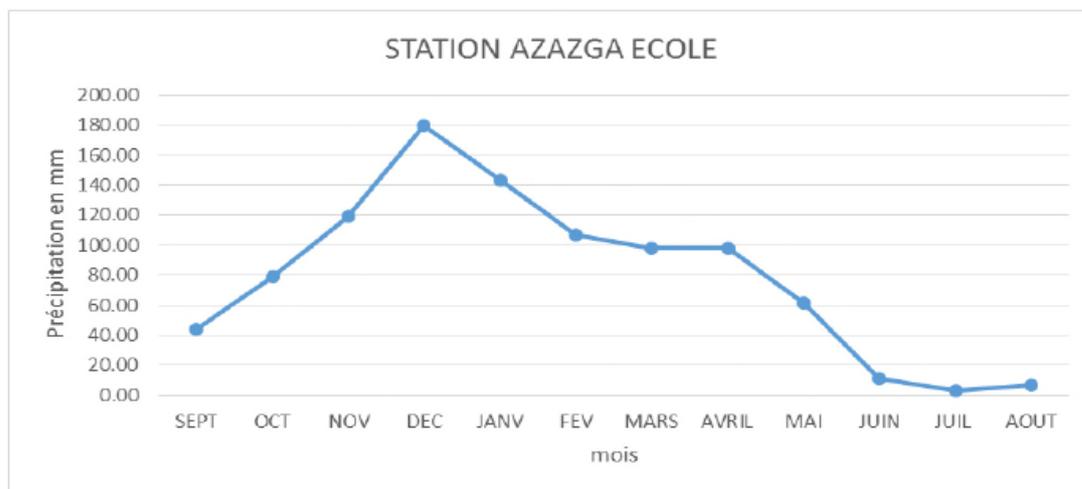


Figure II.5: évaluation des précipitations moyenne mensuelles à la station d'AZAZGA (1980-2010)

Les hauteurs moyennes des précipitations mensuelles enregistrées au niveau du bassin versant du Sébaou durant la période (1980-2010), pour les stations d'observation de LARBAA N'ATH-IRATHEN, AZAZGA ECOLE, BENI YENNI, AGHRIBS (Adrar),

Présentation de la zone d'étude

FREHA, TIGZIRT N BOUBHIR sont insérées dans le tableau 08. Nous constatons que les résultats des six stations corroborent ceux obtenus dans la station d'AZAZGA donc les précipitations sont réparties sur deux saisons :

- Une saison pluvieuse humide s'étalant du mois d'octobre à avril avec un maximum enregistré au mois de décembre.
- Une saison sèche s'étalant du mois de mai au mois de septembre. Figure.12

Tableau II.4 : Précipitation moyennes mensuelles des stations pluviométriques 1980-2010

Station	sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avri	mai	juin	Juil	Aout	Total
LARBAA N'ATH-IRATHEN	38,9	67,7	125,1	149,9	139,1	74,9	73,7	104,4	80,1	6,8	5,3	7,4	873,4
BENI YENNI	41,9	72,7	99,5	136,8	127,1	78,3	71,2	94,5	66,9	11,5	4,8	9,9	815,1
FREHA	24,4	64,5	120,6	162,1	121	70,5	72	87	41,5	4,7	1,3	2,8	772,4
AZAZGA ECOLE	43,69	79,02	118,92	179,95	143,48	107,03	98,35	97,94	61,64	10,98	3,32	6,44	941,01
AGHRIBS (Adrar)	3,95	94,01	142,22	183,90	165,49	126,21	106,25	118,34	65,61	8,17	3,36	9,45	1026,95
TIGZIRT N BOUBHIR	45,62	77,07	106,98	150,53	130,97	112,41	110,15	101,27	61,38	14,31	4,28	9,75	924,71
TOTAL	246,36	523,60	1489,310	1086,67	945,94	648,95	607,05	717,65	462,42	70,06	27,96	60,94	6201,07

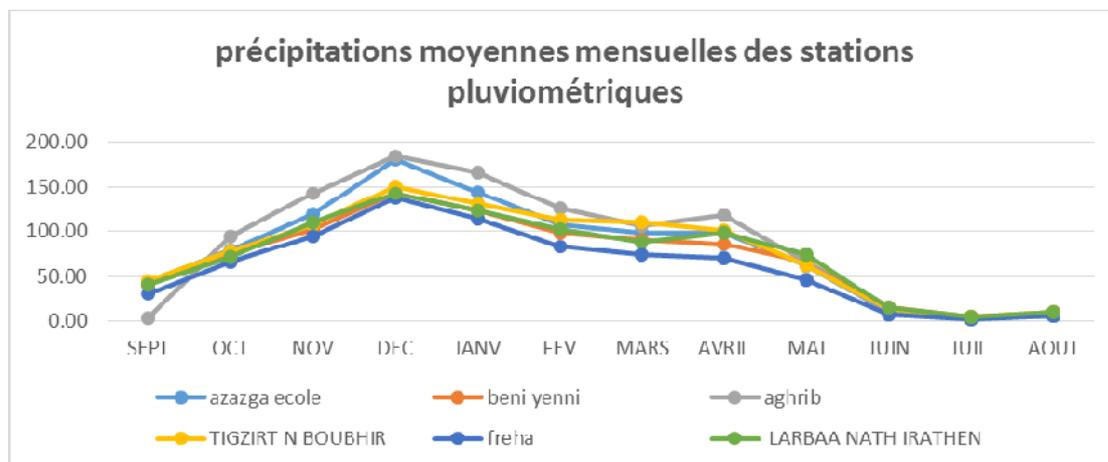


Figure II.6 : précipitations moyennes mensuelles des stations pluviométriques (1980/2010)

Le graphe de la figure I.12, montre que l'évolution saisonnière des précipitations est similaire dans toutes les stations. Toutefois, nous constatons que la région la plus arrosée est celle de d'AGHRIB avec une moyenne annuelle de 1026.95 mm, cela peut s'expliquer par sa position très élevée par rapport aux autres stations d'une part et l'influence maritime d'autre

Présentation de la zone d'étude

part. En revanche, la station de Fréha, qui est relativement loin de la mer, reçoit le minimum de pluie soit une lame d'eau précipitée de 772,4 mm par an.

II.2. 2.Température

Les températures conditionnent le déficit d'écoulement ainsi que son estimation et jouent un rôle dans le processus de condensation et d'évaporation de l'eau.

C'est pourquoi ses études s'avèrent nécessaire dans l'établissement du bilan hydrologique et la détermination du caractère climatique d'une région.

Tableau II.5: Températures moyennes mensuelles de la station d'AZAZGA (1968-2005)

Moi	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
Ten (C°)	24,23	19	12,27	10,15	10,05	10,23	12,21	13,9	17,32	22,46	25,11	25,2	16,84

Le tableau ci-dessus indique une température relative moyenne de 16 C° pour la période 1989-2005.

III.2.3.L'humidité relative de l'air :

L'humidité relative de l'air est le rapport, exprimé en %, de la tension de vapeur d'eau à la tension de vapeur d'eau saturante, c'est un élément atmosphérique très important puisqu'il donne le taux de condensation de l'atmosphère. Les seuls enregistrements disponibles pour ce paramètre sont ceux effectués à la station de

Tizi-Ouzou qui est tout près de notre zone d'étude pour une période de six ans (1989-2005) et dont les valeurs sont consignées dans le tableau ci-après :

Tableau II.6: Moyenne mensuelle de l'humidité (1989-2005).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Humidité(%)	58	71	76	78	74	76	71	70	60	58	51	50

Le tableau ci-dessus indique une humidité relative moyenne de l'air de 66% pour la période 1989-2005. Sur un autre plan, ces résultats montrent que l'humidité de l'air est relativement faible à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre avec un minimum de 50% au mois

Présentation de la zone d'étude

d'août et sensiblement élevée du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril, caractérisant la saison humide avec un maximum de 78% au mois de décembre.

II.2.4. Le vent :

Le vent est l'un des éléments caractéristiques du climat régissant l'évaporation à la surface du sol et de la végétation. Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrée au niveau de la station de Tizi-Ouzou sont présentés dans le tableau 11.

Tableau II.7 : Moyenne mensuelles des vitesses du vent.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vitesse (km/h)	1.92	1.63	1.45	1.75	1.57	1.63	1.57	1.85	2.13	2.63	2.21	2.07

D'après les données de l'ONM on constate que les vents dans la zone d'étude sont généralement d'orientation Ouest à Sud-ouest. Force des vents :

Elle est estimée d'après une échelle télégraphique dont les degrés sont les suivants :

- 0 : vent calme ;
- 1-2 : vent faible ;
- 3-4 : vent modéré ;
- 5-6 : vent assez fort ;
- 7-8 : vent fort ;
- 9 : vent violent ;

D'après les données disponibles, on constate que la région d'étude est caractérisée par des vents faibles.

Présentation de la zone d'étude

Conclusion :

Le bassin versant de l'oued Sébaou est de forme allongée, de direction E.W, il couvre une superficie de 2500 km², dont l'altitude moyenne est de 504m. La nappe alluviale représente environ 36% de la surface totale du bassin, dont l'altitude est inférieure à 200 m. Les différents paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II.8 : Les paramètres morphologiques du bassin versant du Sébaou (Source ANRH de Tizi-Ouzou).

Paramètres morphologiques	Valeurs
Surface	2500 km ²
Périmètre	240km
Longueur	93Km
Largeur	27Km
Altitude maximale	2305m
Altitude moyenne	504m
Altitude de fréquence $\frac{1}{2}$	510m
Altitude la plus fréquente	300m
Indice de compacité de Gravelius	1,40
Indice de pente globale (Ig)	1,15 %

Méthodes et discussions

Introduction :

Cette section, a pour but de présenter les différents outils dont nous disposons pour répondre aux problématiques de ce travail tout en vérifiant l'homogénéité des séries ,et fournissant des informations sur la méthode de SPI.

III.1.Etude des précipitations :

L'étude des précipitations est importante dans toute analyse hydrologique, puisqu'elle permet de caractériser le régime pluviométrique .

Les données utilisées nous ont été fournies par l'Office National de la Météorologie (O.N.M) et l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH).

III.1.1.Inventaire des postes pluviométriques :

Trois stations peuvent être exploitées dans le cadre de notre étude, dont les principales caractéristiques sont présentées comme suit :

Tableau III-1 : Station utilisée pour les différents calculs.

Poste	Code	X	Y	Z	Période	Moyenne
LRBAA NATHIRAHEN	21705	709.5	318.4	980	1968-2012	927
Tigzirtb	21501	650.9	372.1	220	1968-2012	956
Freha	21603	641.9	383.5	140	1968-2012	849

Dans notre mémoire, nous avons exploité les trois stations du bassin versant Sebaou .Cependant, les séries que nous avons choisies d'exploiter comportent quelques données manquantes.

a-Critique des données :

Afin de garantir la qualité des données, nous devons suivre les étapes suivantes :

- Comblent les lacunes des séries observées si elles existent.
- Détecter et corriger les valeurs douteuses.
- Vérifier l'homogénéité et l'indépendance des données.

b-Comblé les lacunes des séries observées :

Nous pouvons estimer les valeurs manquantes ou erronées d'une station à partir des valeurs provenant des stations voisines soumises aux mêmes conditions climatiques et situées dans la même zone géographique.

Plusieurs méthodes sont proposées pour cela, (El jabi et al., 1987, Bermad 2004) :

- Remplacer la valeur manquante par la moyenne inter-mensuelle. cette méthode est utilisée dans le cas d'une faible corrélation et lorsque les séries comportent des années d'observations relativement longues.

- Remplacer la valeur manquante par une moyenne pondérée par la tendance annuelle des stations pluviométriques.

- Les méthodes basées sur l'analyse de régressions et corrélations :

Le calcul de régression se fait en déterminant les valeurs des paramètres de la relation entre la variable expliquée et la (ou les) variable(s) explicative(s). Cette régression peut être simple ou multiple.

Caractéristiques de chaque station :

Tableau III-2: Caractéristiques des séries pluviométrique ANNUELS (45ans) STATION 21705

Statistiques de base	Nombre d'observations	45
Minimum	523	
Maximum	1460	
Moyenne	927	
Ecart-type	209	
Médiane	895	
Coefficient de variation (Cv)	0.225	
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.449	
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.75	

Méthodes et discussions

Tableau III-3: Caractéristiques des la séries pluviométrique ANNUELS (45ans)
STATION 21501

station 21501		
Statistiques de base	Nombre d'observations	45
Minimum	500	
Maximum	1390	
Moyenne	956	
Ecart-type	211	
Médiane	950	
Coefficient de variation (Cv)	0.220	
Coefficient d'asymétrie (Cs)	-0.175	
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.37	

Tableau III-4: Caractéristiques des la séries pluviométrique ANNUELE (45ans) STATION 21603

Statistiques de base	Nombre d'observations	45
Minimum	387	
Maximum	1460	
Moyenne	849	
Ecart-type	265	
Médiane	779	
Coefficient de variation (Cv)	0.312	
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.652	
Coefficient d'aplatissement (Ck)	2.72	

III.1.2. Traitement statistique des données :

Après avoir analysé et critiqué les données recueillies, il est indispensable de vérifier leur homogénéité et leur indépendance.

III.1.2.1. Test d'homogénéité :

Les échantillons sont dits homogènes, s'ils sont caractérisés par une même loi de probabilité et par les mêmes paramètres, les données recueillies sont alors considérées comme extraites d'une même population.

Il existe plusieurs tests pour vérifier l'homogénéité des séries de données, nous avons utilisé dans ce cas celui de Mann Whitney.

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que N_1 et N_2 : représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries en considérant généralement $N_2 > N_1$.

On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant. A ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quelle sous-série appartient-elle.

D'après Wilcoxon, la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée. Avec :

$$W_{\min} < W_X < W_{\max}$$

W_X : Somme des rangs de l'échantillon x . ;

Avec : $U_{1-\alpha/2} = 1.96$

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right]$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min}]$$

N_1 : taille de l'échantillon $X = 17$

N_2 : taille de l'échantillon $Y = 26$

Les calculs effectués pour les séries de pluies annuelles et maximales journalières et sont détaillés comme suit (**Tableau III.5**)

Méthodes et discussions

Et les résultats sont dans (**Tableau III.5**)

Le tableau III.5 Test de Wilcoxon appliqué aux données de pluies annuelles et MENSUELLE STATION 21705

Pluies annuelles
$X = 18$
$Y = 27$
$W_X = \text{Somme des rangs} = 514$
$W_{\min} = 306,4$
$W_{\max} = 521,6$
$W_{\min} < W_X < W_{\max}$
Notre série est homogène

Le tableau III.6 : état de l'homogénéité de chaque station :

STATION	ANNUELLE	MENSUELLE
21705	Notre série est homogène	Notre série est homogène
21501	Notre série est homogène	Notre série est homogène
21603	Notre série est homogène	Notre série est homogène

Méthodes et discussions

Tableau III.7 : Résultats du test de Wilcoxon

Xi	Le rang	X	Rang X	Y	Rang Y
522,7	1	1086	35	988,2	30
604,9	2	1204,8	41	725	8
607,9	3	974,1	29	641,6	4
641,6	4	1000	32	607,9	3
664,1	5	1275	43	845	16
667,7	6	1463,4	45	821,4	13
700	7	843,5	15	786,8	11
725	8	1364,6	44	667,7	6
770	9	903	25	899,9	24
785	10	847,7	17	1100,9	36
786,8	11	825	14	664,1	5
814,6	12	856,5	19	1190	40
821,4	13	1077,2	34	770	9
825	14	849,1	18	604,9	2
843,5	15	863,4	20	785	10
845	16	881,8	22	522,7	1
847,7	17	1153	38	1255	42
849,1	18	894,7	23	905	26
856,5	19	W _x	514	880	21
863,4	20			814,6	12
880	21			700	7
881,8	22			994	31
894,7	23			1166,9	39
899,9	24			957,1	28
903	25			1110	37
905	26			1015	33
950	27			950	27
957,1	28			W _y	17482,8
974,1	29				

Xi	Rang
988,2	30
994	31
1000	32
1015	33
1077,2	34
1086	35
1100,9	36
1110	37
1153	38
1166,9	39
1190	40
1204,8	41
1255	42
1275	43
1364,6	44
1463,4	45

III.1.2.2. Test d'indépendance :

L'application des méthodes statistiques repose sur la validité de certaines hypothèses de base relatives à la constitution de l'échantillon observé.

Dans cette étude, nous avons appliqué le test de Wald-Walfowitz à toutes les séries recueillies sur des pas de temps journaliers et mensuels.

La statistique du test est calculée comme suit :

$$R = \sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1} + x_n x_1 \tag{III-10}$$

Pour n suffisamment grand, cette statistique suit une distribution normale de moyenne et de variance :

$$E[R] = \frac{(S_1^2 - S_2)}{n-1} \tag{II-11}$$

$$Var[R] = \frac{(S_2^2 - S_4)}{n-1} + \frac{(S_1^4 - 4S_1^2 S_2 + 4S_1 S_3 + S_2^2 - 2S_4)}{(n-1)(n-2)} - \{E[R]\}^2 \tag{II-12}$$

$$S_k = \sum_{i=1}^n x_i^k \tag{II-13}$$

S_k : Moment d'ordre k de l'échantillon.

La valeur statistique $T = \frac{R - \bar{R}}{\sqrt{\text{Var}(R)}}$ suit une distribution normale centrée réduite $N(0,1)$, et est utilisée pour tester à un niveau de signification, l'hypothèse d'indépendance en comparant la valeur absolue de T avec la valeur normale centrée réduite $U_{\alpha/2}$ correspondant à la probabilité de dépassement de $\alpha/2$.

Si $|T|$ est inférieure à $U_{\alpha/2}$ l'hypothèse d'indépendance est vérifiée, celle-ci est rejetée dans le cas contraire. Le tableau II-5 présente les résultats de ce test.

Tableau III.8 : Résultats du test de Wald-Wolfowitz STATION 21705

	Pluies annuelles
T	0.88
$U_{\alpha/2}$ ($\alpha=5\%$)	1.96

Les résultats illustrés dans **le tableau II-5**, montrent que les observations de toutes les données de la station **sont indépendantes**.

Tableau III.9 : Résultats du test de Wald-Wolfowitz STATION 21501

	Pluies annuelles
T	0.63
$U_{\alpha/2}$ ($\alpha=5\%$)	1.96

Tableau III.10 : Résultats du test de Wald-Wolfowitz STATION 21603

	Pluies annuelles
T	0.523
U_{α/2} (α=5%)	1.96

III.1.2.3. Ajustement des pluies annuelles à une loi normale :

Les pluies annuelles s'ajustent à une loi normale, dont la fonction de densité s'écrit :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

Avec $u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$ dépend de deux paramètres qui sont la moyenne \bar{x} et l'écart-type σ , qui dans notre cas sont estimés par la méthode des moments.

III.1.2.4. Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Log-normale :

Dans cette loi, on introduit des changements de variable qui consiste à prendre comme variable gaussienne le logarithme ou une fonction linéaire du logarithme de la variable étudiée.

La loi de Galton s'exprime selon la formule suivante :

Paramètres d'ajustement à la loi Log-normale :

$$\overline{\text{Log}P_{\max j}} = \frac{\sum (\log P_{j\max} - \overline{\log P_{j\max}})^2}{N}$$

$$\text{Log}P_{j\max} = \overline{\log P_{j\max}} + \sigma_{\log} U_{P\%} \quad : \text{L'équation de la droite d'ajustement.}$$

Avec : $U_{P\%}$: variable de Galton pour différentes fréquences.

L'équation de la droite de Galton est la suivante :

$$\text{Log } x_p \% = \text{Log}x + \bar{b} \cdot \text{Log}u_p$$

III.1.2.5. Test de validité de l'ajustement :

Le test d'adéquation (ou d'ajustement) consiste à vérifier la compatibilité des données avec une distribution choisie a priori. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. Plusieurs tests peuvent être exploités tels que le test d'Akaike, les tests bayesiens. Cependant, l'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2) :

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour le quel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune n_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N[F(X_i) - F(X_{i+1})]$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i}$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec : P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ . Les résultats du test de χ^2 a été fait par le logiciel Hyfran :

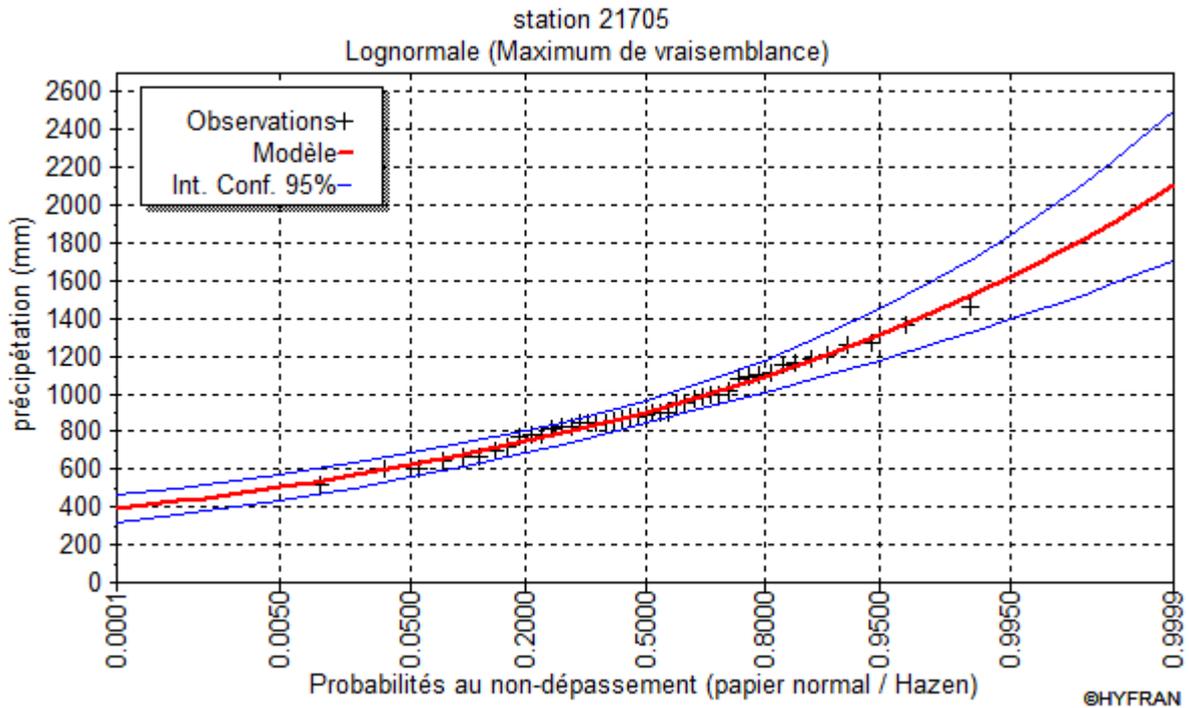


Figure III.1: Ajustement des pluies annuelles par la loi-log normale ,station 21705

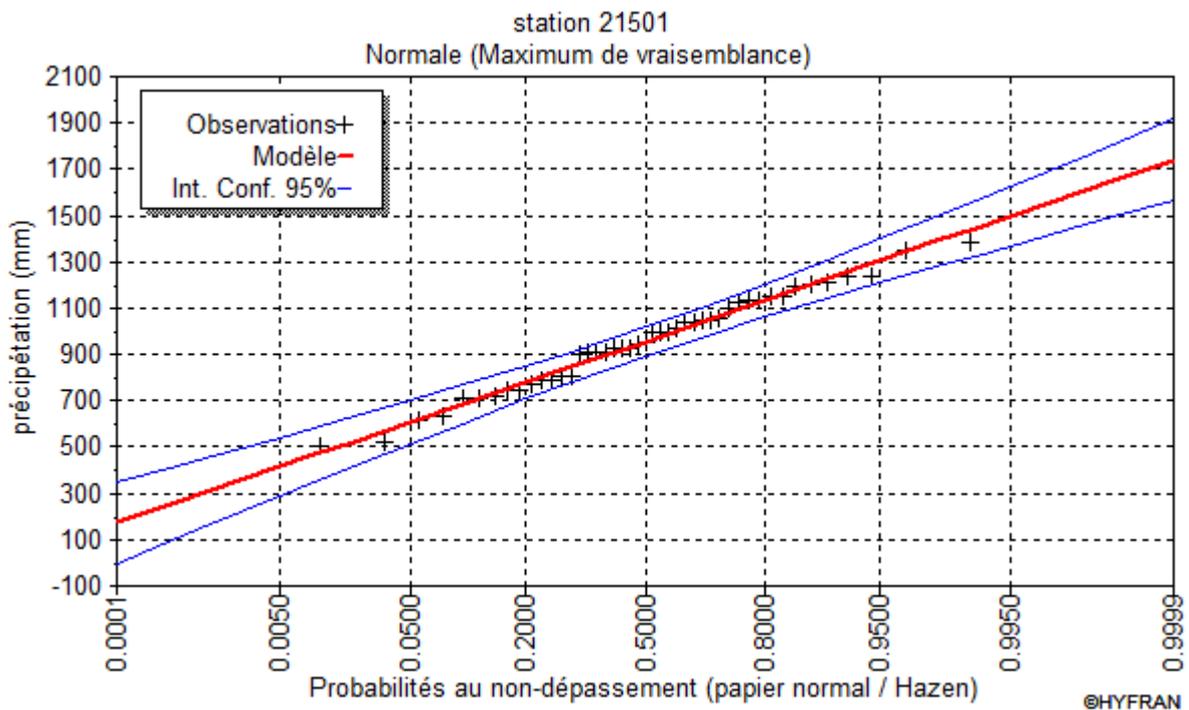


Figure III.2: Ajustement des pluies annuelles par la loi normale Station 21501

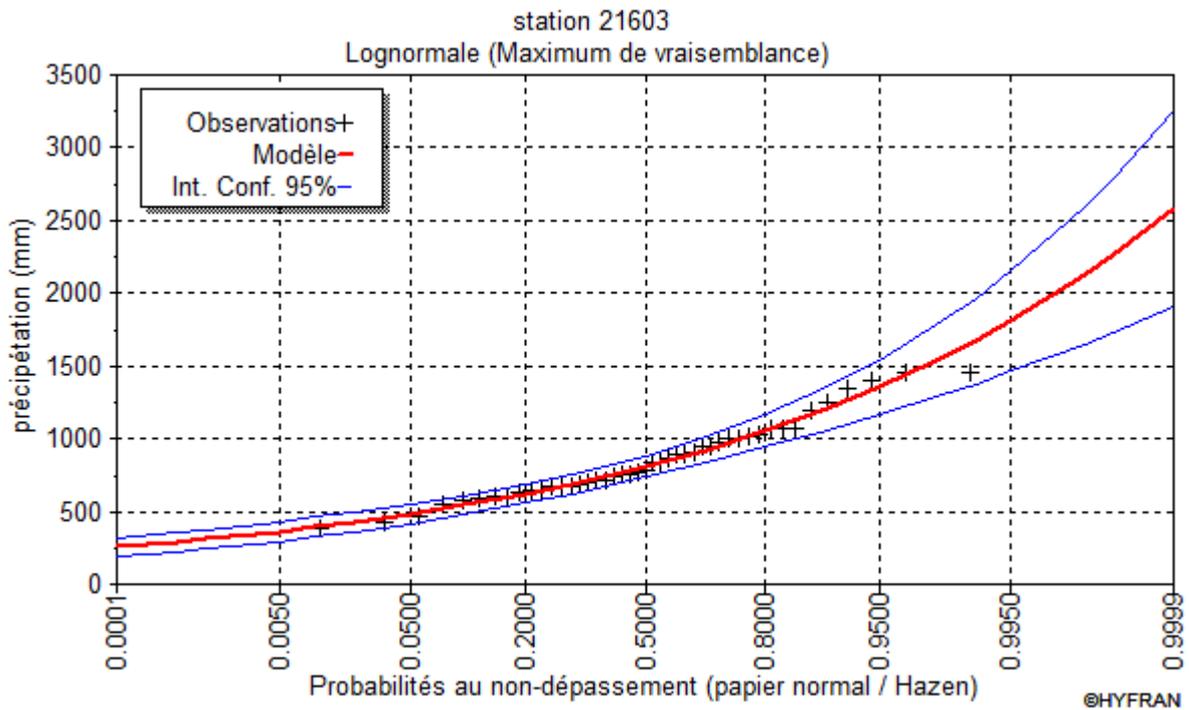


Figure III.3: Ajustement des pluies annuelles par la loi LOG normale ,station 21603

Tableau III.11 : Test d'ajustement (χ^2) des pluies annuelles (STATION 21705)

Loi de distribution	5%	Khi-carré
Normale	X^2 théorique= 9.96	8,00
Log normal	X^2 théorique= 9.96	6,80

A partir du tableau , on voit que la série de pluies annuelles présente un ajustement adéquat avec les deux lois. Cependant, le test de khi-carré, montre un ajustement meilleur avec la loi log-normale. Dans ce cas, cette loi sera exploitée pour l'extrapolation des pluies annuelles pour des fréquences rares, telle que détaillé dans le tableau suivant :

Tableau III.12: Test d'ajustement (χ^2) des pluies annuelles (STATION 21501)

Loi de distribution	5%	Khi-carré
Normale	X ² théorique= 9.96	6 ,8
Log normal	X ² théorique= 9.96	12,6

A partir du tableau, on voit que la série de pluies annuelles présente un ajustement adéquat avec LA LOIS NORMAL. Cependant, le test de khi-carré, montre un ajustement meilleur avec la loi normale. Dans ce cas, cette loi sera exploitée pour l'extrapolation des pluies annuelles pour des fréquences rares,

Tableau III.13 : Test d'ajustement (χ^2) des pluies annuelles (STATION 21603)

Loi de distribution	5%	Khi-carré
Normale	X ² théorique= 9.96	6
Log normal	X ² théorique= 9.96	2.80

A partir du tableau, on voit que la série de pluies annuelles présente un ajustement adéquat avec LA LOIS NORMAL. Cependant, le test de khi-carré, montre un ajustement meilleur avec la loi normale. Dans ce cas, cette loi sera exploitée pour l'extrapolation des pluies annuelles pour des fréquences rares,

III.2. Calcul de l'indice 'SPI'

III.2.1. MÉTHODE DE CALCUL :

L'indice SPI est déterminé par une normalisation des précipitations pour une station donnée après qu'on y a ajusté une densité de probabilité suivant la description qu'en donnent McKee et al. (1993, 1995), Edwards et McKee (1997) et Guttman (1998). La procédure de calcul de l'indice SPI est décrite en détail par McKee et al. (1993, 1995) et Edwards et McKee (1997). Les éléments fondamentaux tels que les présente Edwards (1997) sont exposé ci-après

Méthode

Méthodes et discussions

- 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.

L'indice (McKee et al., 1993; Hayes, 1996) standardisé des précipitations « SPI » (Standardised Precipitation Index) a été développé en vue de quantifier le déficit des précipitations pour des échelles de temps multiples qui vont refléter l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau pour une période donnée. Il est exprimé mathématiquement comme suit :

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

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.

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

III.2.2. Résultats obtenus :

Les valeurs de SPI pour chaque station sont résumées dans les tableaux (**voir Annexe**)

II.2.2.1. Indice de SPI sur 12 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. Pour certaines stations, l'indice SPI sur 12 mois présente une bonne corrélation avec l'indice Palmer et les deux indices peuvent mettre en évidence des conditions analogues.

Les résultats sont résumés dans les histogrammes :

Station de **LRBAA NATHIRAHEN** :

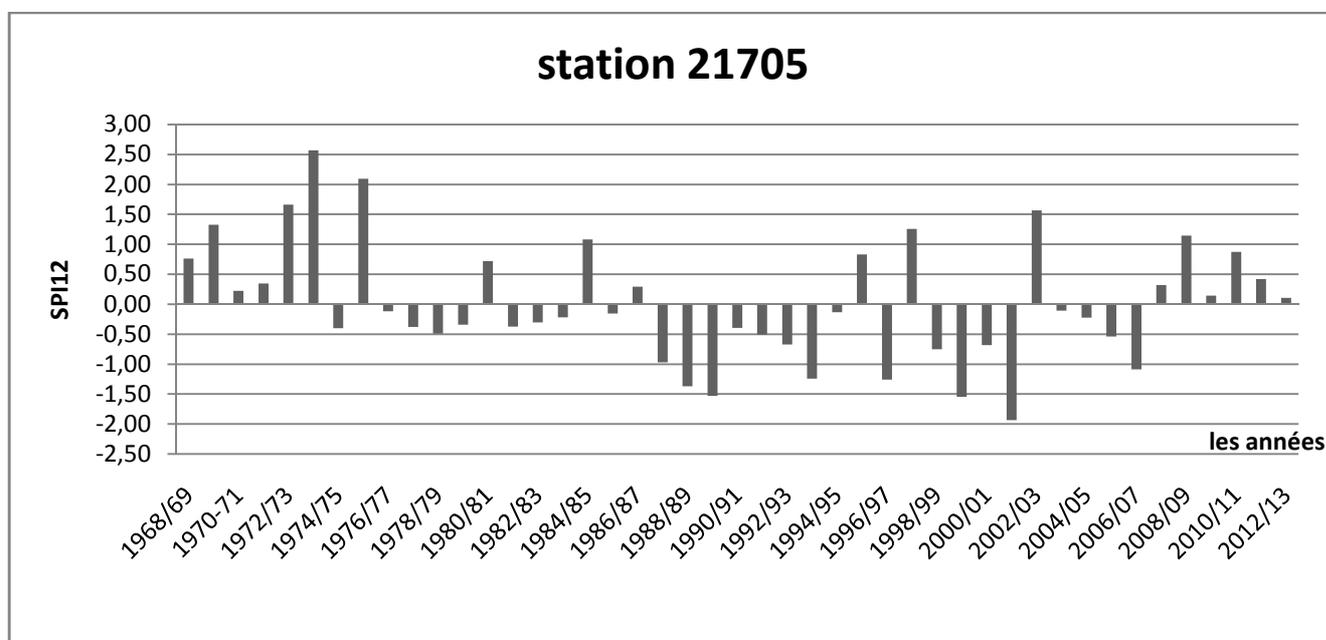


Figure III.4: Histogramme représentatif des valeurs de SPI12 de la première station :

Description:

Trois intervalles sont remarquables :

- ✓ Premier intervalle (1968-1977) == > période humide .
- ✓ Deuxième intervalle (1978-2002) == > période sèche .
- ✓ Troisième intervalle (20003-2013) == > période humide .

Station de **Tigzirtb** :

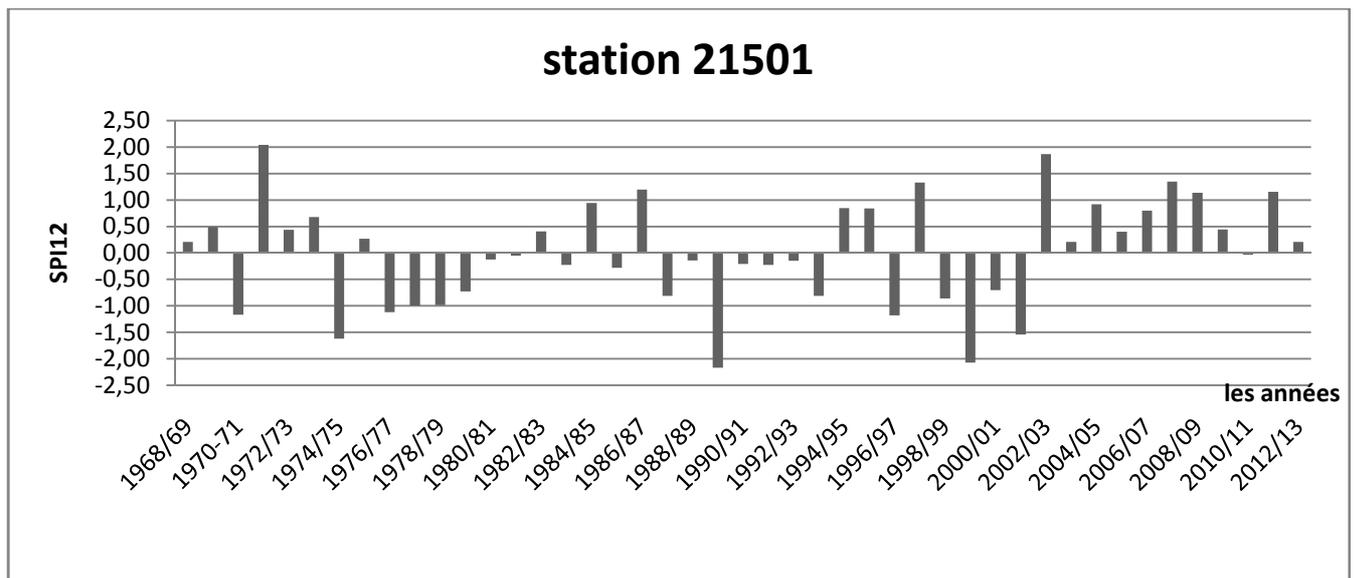


Figure III.5 :Histogramme représentatif des valeurs de SPI12 de la deuxième station :

Description du graphe :

Il est à peu près similaire au premier graphe , on distingue Trois intervalles sont remarquables :

- ✓ Premier intervalle (1968-1977) == > période humide .
- ✓ Deuxième intervalle (1978-2002) == > période sèche .
- ✓ Troisième intervalle (20003-2013) == > période humide .

La station de Freha :

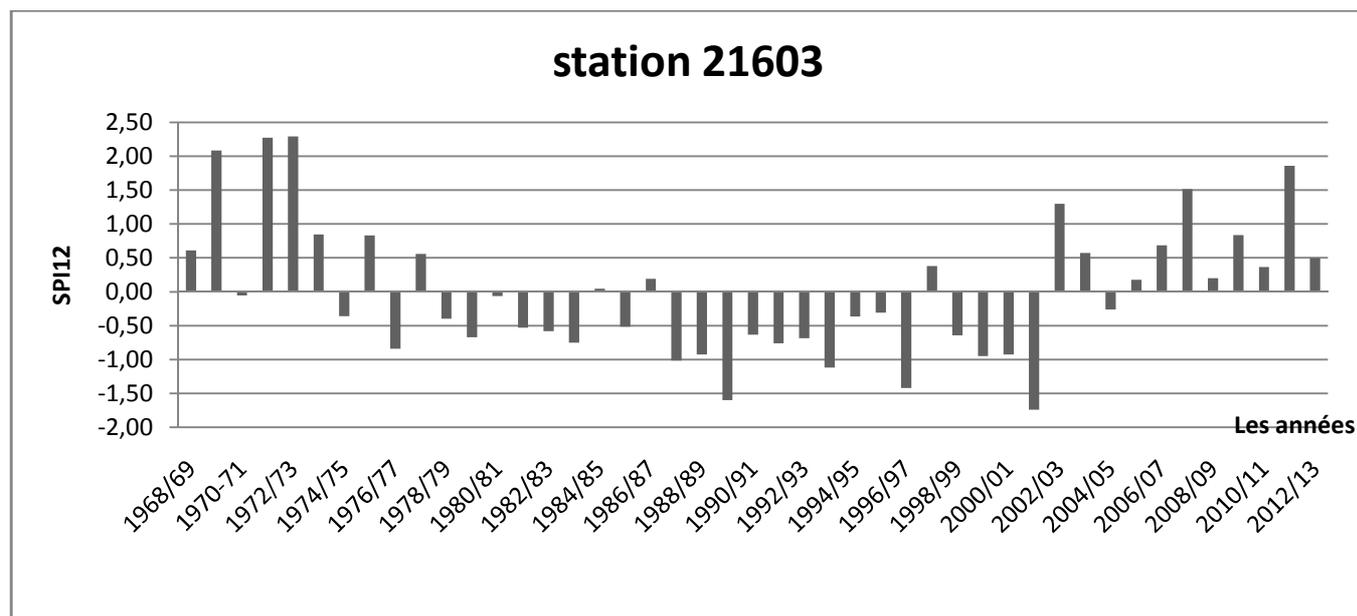


Figure III.6 :Histogramme représentatif des valeurs de SPI12 de la troisième station :

Description du graphe :

On peut clairement distinguer qu'on a trois intervalles le long des années :

- ✓ Premier intervalle (1968-1978) == > période humide .
- ✓ Deuxième intervalle (1978-2002) == > période sèche .
- ✓ Troisième intervalle (2003-2013) == > période humide .

Interprétation :

On remarque que la région a passé par trois périodes le long du 45 ans (1968-2013) pour les trois stations , ces trois période sont respectivement :humide ,sèche ,humide . les graphe sont globalement les mêmes .

Mais on remarque par fois qu'on a des valeurs exceptionnelles par rapport à une des stations précédentes .comme par exemple on remarque dans l'intervalle (1977-2002) une période qui est sèche quelques années fortement humides (1985,1995,1996) dans la première station et n'ont pas dans les autres stations ,malgré que les station sont voisines .On peut traduire ça par :

- ✓ L'altitude de chaque station .
- ✓ Conditions météorologique .
- ✓ Années exceptionnelle (crue ...)
- ✓ Erreur des valeurs d' enregistrement

- ✓ Mal estimation des valeurs manquantes .

II.2.2.2.Indice de SPI sur Six (6) mois :

mois L'indice SPI sur 6 mois établit la comparaison entre les précipitations sur la période de six mois examinée et les totaux des précipitations pour cette même période de six mois de toutes les années pour lesquelles on dispose de relevés. À titre d'exemple, un indice SPI sur 6 mois se terminant fin septembre permet de comparer le cumul des précipitations d'avril à septembre de l'année examinée aux cumuls de précipitations de cette même période pour toutes les années écoulées.

L'indice SPI sur 6 mois fournit une indication sur les tendances des précipitations sur une saison et jusqu'à moyenne échéance; on considère que pour cette échelle de temps, il présente encore davantage de sensibilité aux conditions que l'indice Palmer. Un indice SPI sur 6 mois peut se révéler très performant pour mettre en évidence les précipitations sur des saisons bien précises. À titre d'exemple, un indice SPI sur 6 mois se terminant fin mars fournirait une très bonne indication des quantités de précipitations observées au cours de la saison humide allant d'octobre à mars, qui revêt une grande importance pour certaines zones méditerranéennes. À partir de 6 mois, on peut aussi commencer à associer l'information que fournit un indice SPI avec les anomalies du débit des cours d'eau et des niveaux des réservoirs, selon la région et la période de l'année considérées.

La station de LRBAA NATHIRAHEN :

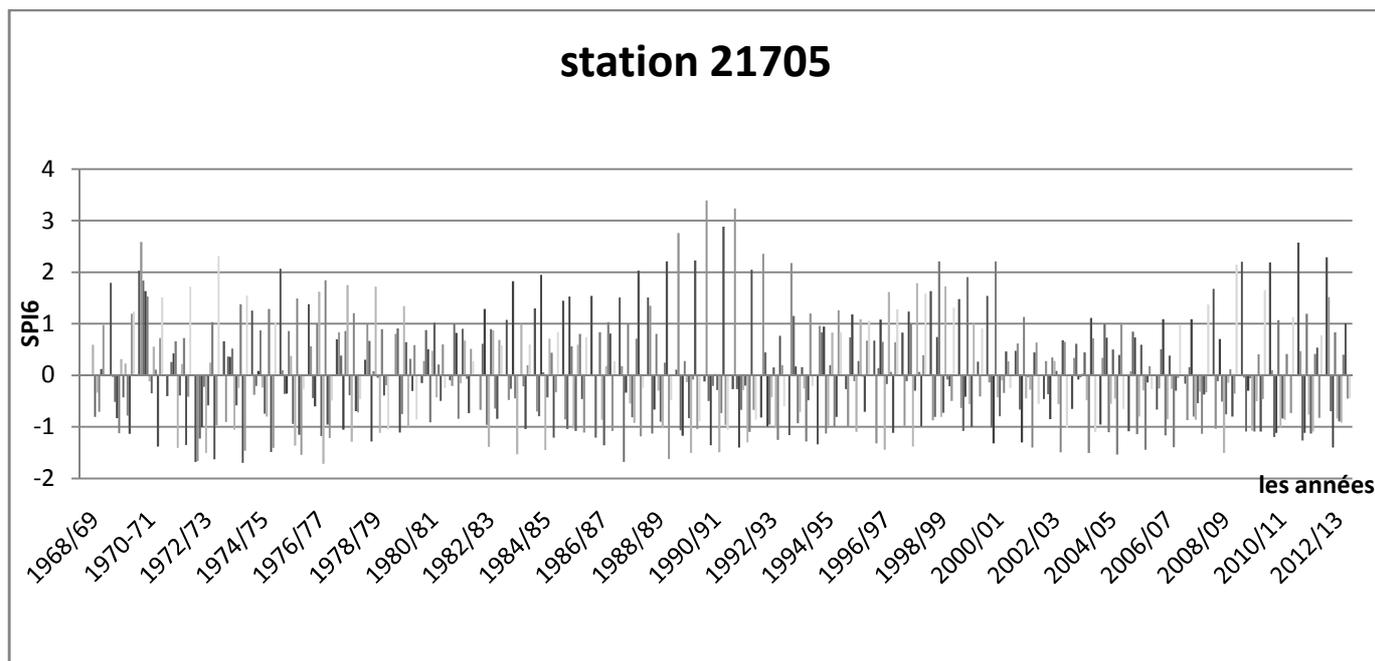


Figure III.7: Histogramme représentatif des valeurs de SPI6 de la première station :

Description:

Un intervalle périodique de six ans se répète le long de 45ans ,avec une apparition de barres humide à moyen terme.

Station de Tigzirtb :

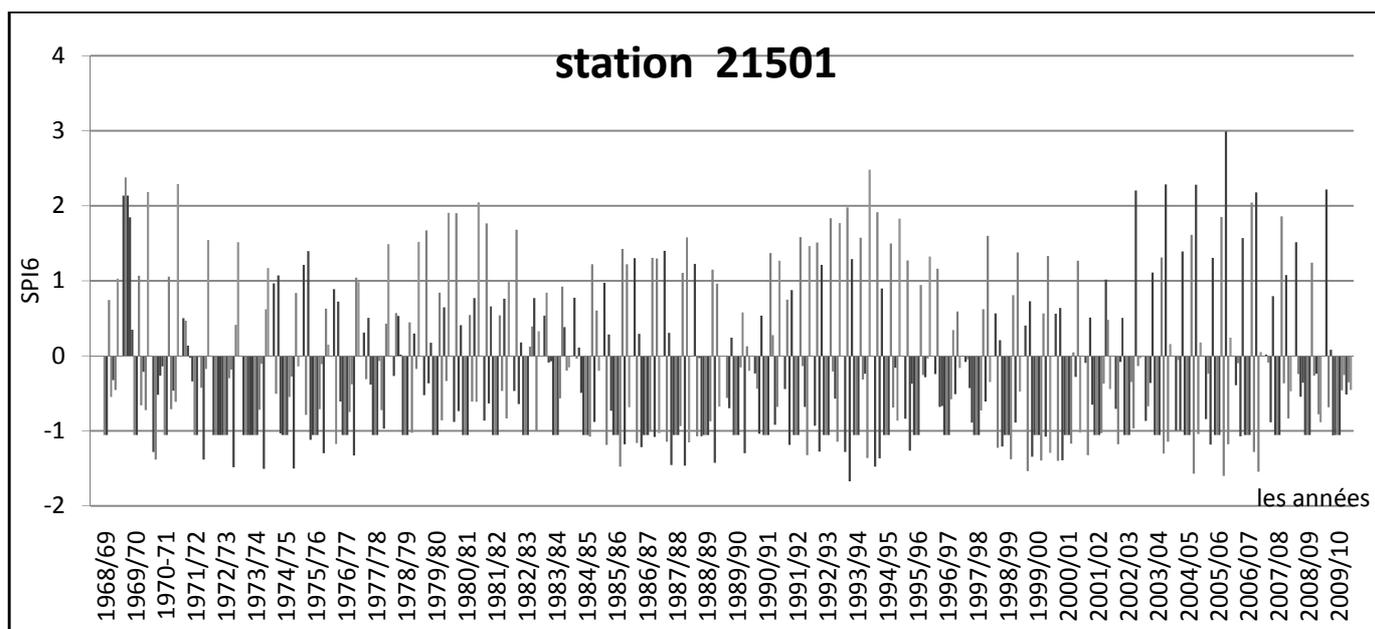


Figure III.8: Histogramme représentatif des valeurs de SPI6 de la deuxième station :

Description :

Une période de 5 à 6 ans aussi se répète à chaque fois , avec l'augmentation des années sèches de point de vu densité , et les années humides de point de vu quantité ,tel que elle atteint son max en 2006.

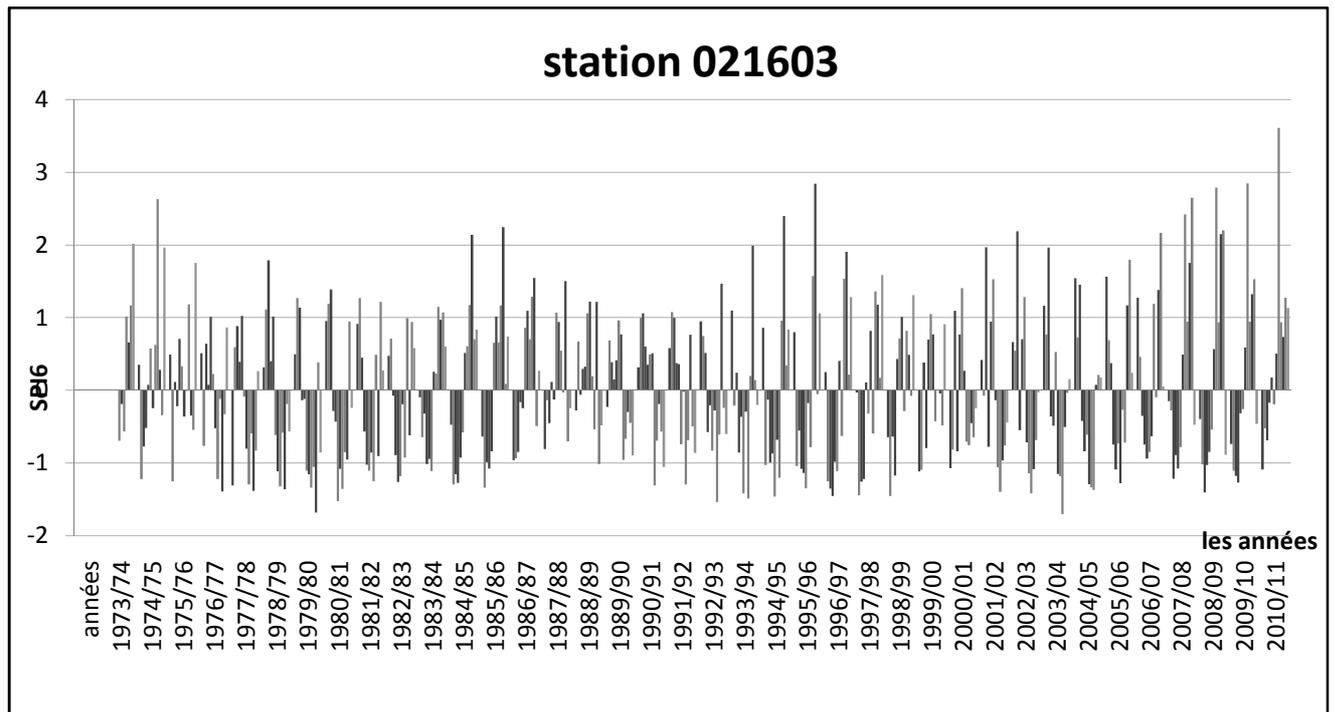


Figure III.9 : Histogramme représentatif des valeurs de SPI6 de la troisième station :

Description :

Les barres sont disposées de la même manière que les précédentes , avec une valeur maximal en 1996 , 2010 .

Interprétation :

- ✓ On a une alternance des périodes sèches et d'autres humides le long des 45 ans .
- ✓ Apparition de autre périodes sèches et humides à moyen terme , qui en avaient pas.

II.2.2.3.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. 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 .

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. Dans les régions essentiellement agricoles, l'indice SPI sur 3 mois peut se révéler plus performant que l'indice Palmer à réponse lente ou que d'autres indices hydrologiques actuels pour mettre en évidence la nature des conditions d'humidité en cours. Dans la zone de culture du maïs aux États-Unis, l'analyse de l'indice SPI sur 3 mois se terminant fin août peut permettre de détecter les tendances des précipitations au cours des stades importants de la reproduction et du début du remplissage des grains à la fois du maïs et du soja. Quant à l'indice SPI sur 3 mois se terminant fin mai, il fournit une indication sur les conditions d'humidité du sol au début de la phase végétative.

Il importe de comparer l'indice SPI sur 3 mois à des laps de temps plus longs. Il est possible que des conditions relativement normales voire humides se produisent durant trois mois au milieu d'une sécheresse s'étalant sur une durée plus longue, ce qu'on ne pourrait mettre en évidence qu'en examinant une période relativement longue. En analysant des laps de temps relativement longs, on évite de confondre la présence temporaire d'une période humide avec la fin d'une sécheresse. Il est donc essentiel d'assurer un suivi constant pour déterminer à quels moments un épisode de sécheresse débute et prend fin et pour se garder ainsi d'annoncer à tort le début et la fin d'une sécheresse. Pour veiller à cela, on peut mettre en place une série de «déclencheurs» de mesures fixées selon un programme de lutte contre la sécheresse.

Méthodes et discussions

Tout comme l'indice SPI sur 1 mois, l'indice SPI sur 3 mois peut prêter à confusion dans le cas de régions au climat normalement sec durant la période de 3 mois examinée. Des valeurs négatives ou positives importantes de l'indice SPI peuvent être associées à des cumuls de précipitations ne s'écartant que peu de la moyenne. Cette mise en garde peut s'expliquer dans le cas du climat méditerranéen de la Californie, de l'Afrique du Nord et du sud de l'Europe, à savoir des régions qui ne reçoivent que très peu de pluie durant certaines périodes de l'année et où on s'attend à ce qu'il en soit ainsi. Ces périodes se caractérisant par de faibles pluies, les cumuls historiques correspondants seront faibles, si bien que des écarts relativement petits, dans un sens ou dans l'autre par rapport à la moyenne, peuvent donner des valeurs négatives ou positives importantes de l'indice SPI. En revanche, cette période de trois mois peut constituer un indicateur bien adapté à certaines régions soumises au régime de la mousson.

La station de LRBA NATHIRAHEN :

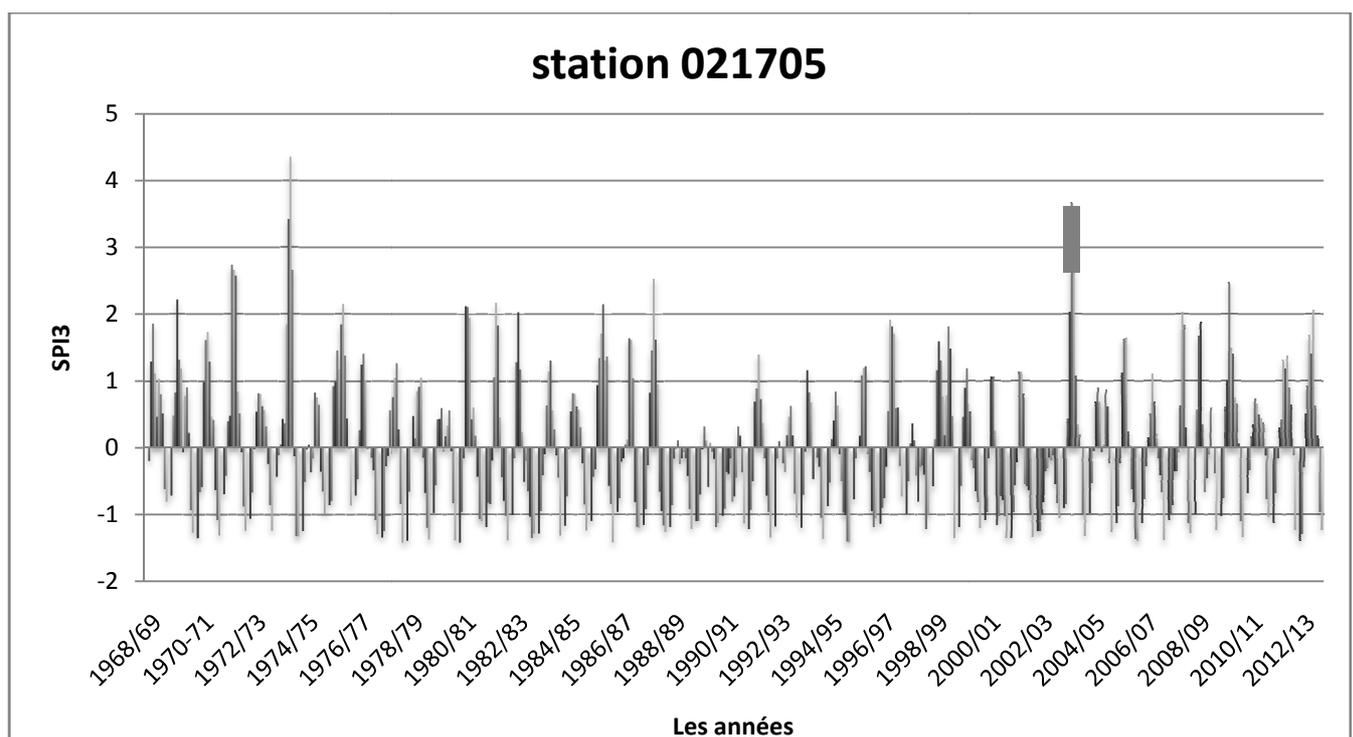


Figure III.10 :Histogramme représentatif des valeurs de Spi3 de la première station

Description :

- ✓ Diminution des Intensités des années sèches , avec élévation des valeurs des années humides.
- ✓ Condensation des barres , et apparition des sous périodes humides et sèches

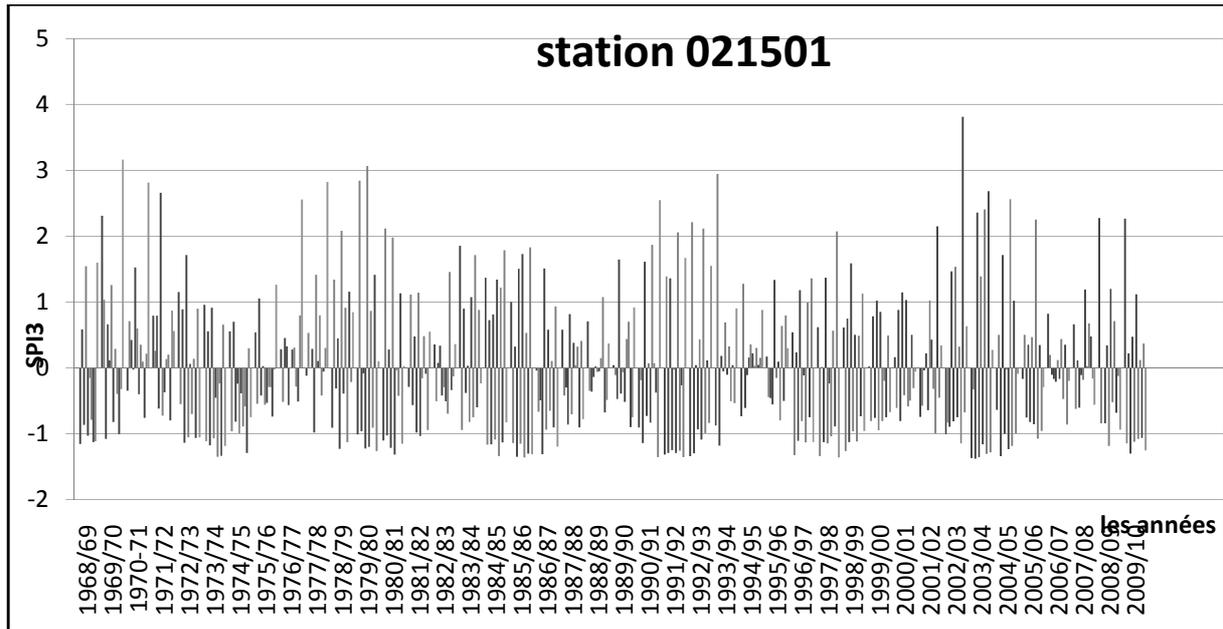


Figure III.11 : Histogramme représentatif des valeurs de SPI3 de la deuxième station

Description :

- ✓ Apparition de nouveaux périodes à court terme .
- ✓ Un intervalle périodique de 6 ans .

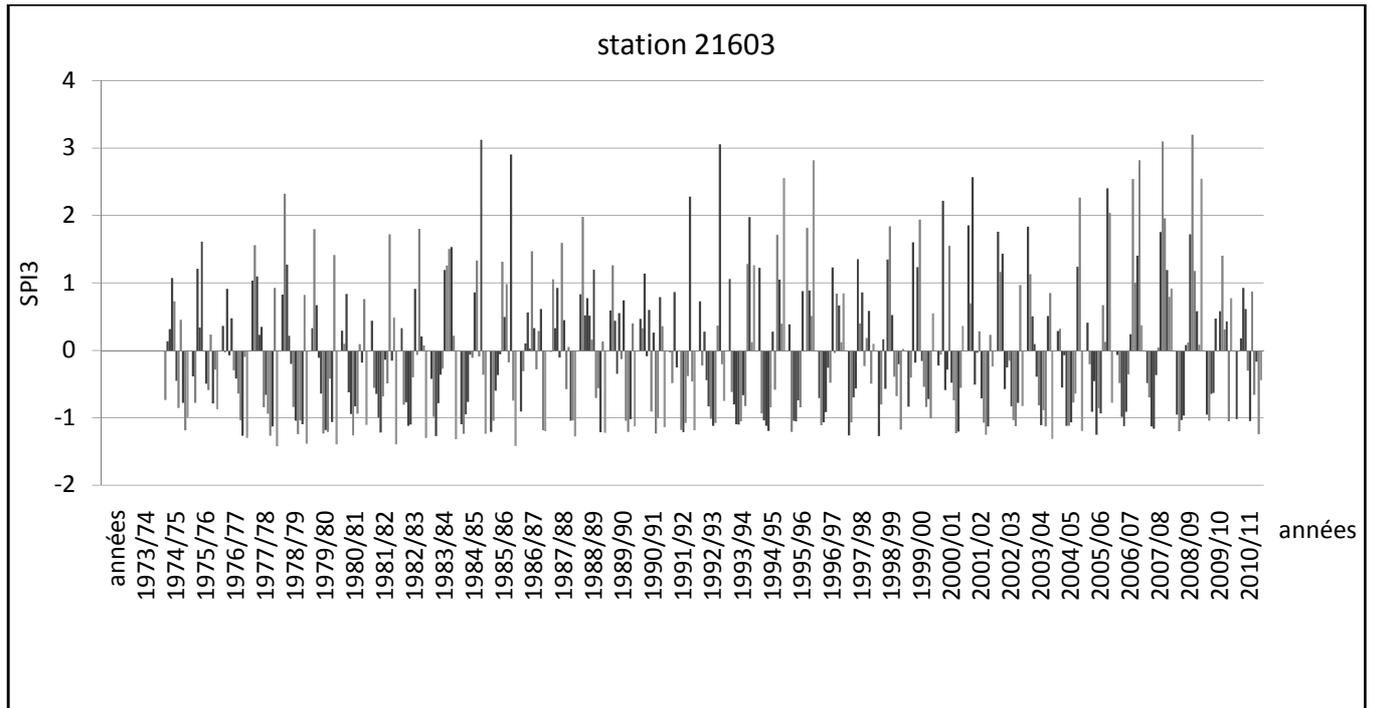


Figure III.12: Histogramme représentatif des valeurs de SPI3 de la troisième station :

Description :

- ✓ Des valeurs élevées ,et une humidité donc importante en 1985 ,1993.
- ✓ Répartition égale est uniforme des années sèches.

Interprétation :

Les barres de SPI3 sont plus proches ,et sont plus condensé , donc le spi3 décrit une période à court terme , c'est-à-dire on peut avoir une idée globale sur une ou deux années si on a le SPI3.mais si on a une séries des années ,ça sera difficile de déterminer l'état d'une région .

II.3.Etude comparative des résultats obtenus :

Supposons un coefficient

$$\alpha = \frac{\text{nombre des années seches}}{\text{nombre totale des années}}$$

avec :

α : le pourcentage des années sèches .

tableau III.14: pourcentage des années sèches pour les trois périodes

code station	21507	21501	21603
3 mois	18,41	17,43	21,75
6 mois	19,63	39,47	17,53
12 mois	15,9	15,9	11,36

Interprétation :

Première Station :

$\alpha_3 < \alpha_6$: ça nous montre qu'il y'a des barres de sécheresses sont apparues de nouveau à moyen terme

$\alpha_{12} < \alpha_6$: ça nous montre que il y'a des barres d'humidité à long terme sont apparues

deuxième station :

$\alpha_3 < \alpha_6$: en passant de Spi3 vers Spi6 ,il y'a des barres d'humidité sont disparues , autrement dit , des valeurs de sécheresse à moyen terme sont apparues .

$\alpha_{12} < \alpha_6$: donc ,la sécheresse a diminuée , ça se traduire par l apparition des barres d'humidité à long terme .

troisième station :

$\alpha_6 < \alpha_3$:l'humidité a augmentée ,donc des les valeurs de la sécheresse à moyen terme sont diminuées .

$\alpha_{12} < \alpha_6$: donc , des barres d'humidité à long terme sont apparues .

II.3 .Conclusion :

- Pour caractériser une série à court terme (une année) on calcule le SPI3 .
- Pour caractériser une série à moyen terme (quelques années) on calcule le SPI6.
- Pour caractériser une série à long terme (une série des années) on calcule le SPI12.

Conclusion Générale

Conclusion générale

CONCLUSIONS GENERALE :

Dans ce travail on s'est intéressé par le phénomène du changement climatique, qui désigne une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus), et qui peut être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, et par la suite on passe à décrire et caractériser la sécheresse.

Notre zone d'étude est le bassin versant de Sebaou (wilaya de Tizi-Ouzou). L'examen des données climatiques nous a permis de définir deux périodes différentes :

- Une saison sèche, avec un climat sec qui s'étend de mai à septembre.
- Une saison froide, avec un climat humide tempéré qui s'étend d'octobre à avril.
- La température moyenne est d'environ de 16.84°C.

A travers cette étude, on a vérifié la série pluviométrique du sous bassin, pour qu'on puisse par la suite calculer l'indice normalisé de précipitations pour mieux caractériser la sécheresse de cette région. Les résultats obtenus affirment ce qui était écrit auparavant :

- la région a connu une diminution pluviométrique (sécheresse) au cours des dernières décennies (1970-1980-1990-2000).
- Une phase pluvieuse qui dure jusqu'en 1972 environ.
- Une longue phase sèche qui s'affirme dès la fin de 1974.

Ainsi, les résultats obtenus indiquent le potentiel du SPI en tant qu'outil de surveillance hydrologique et des risques d'inondation et de sécheresse. La possibilité de calculer le SPI pour différentes échelles de temps améliore sa capacité d'analyser, puisqu'il repose sur une bonne répartition statistique de la précipitation.

Références Bibliographique

- [1] **Benyahia.A**,2016 .Contribution à l'analyse de la sécheresse dans les bassin d'alimentation du barrage Bni Bahdel (Nord-Ouest de l'Algerie) en utilisant les copules .mémoire de master.
- [2] **Bonacci, O**, (1993) . Hydrological identification of drought. *Hydrol. Processes* **7**, 249–262.
- [3] **FARAH ABDELHAFID KARIM**, 20013. changement climatique ou variabilite climatique dans l'est algerien .memoire de magistère en ecologie et environnement
- [4] **F.BEKHOUCHE ET F.Z.BOUKHEDIMI**, 2015. l'environnement une dimension integree dans les strategies du developpement durable en algerie.
- [5] **F.E.Benth and J.S.Benth** ,2007 « the volatility of temperature and pricing of weather derivatives , »,Quantitative Finance ,vol.7,no.5,pp.553-561.
- [6] **H.WU, M.J.HAYES, D.A. WILHITE et M.D.SVOBODA**, 2005.the effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation. edition drought mitigation center faculty publications.
- [7] **R.A.SEILER, M.HAYES et L.BRESSAN**, 2002. using the standarized precipitation index for flood risk monitoring. edition intertional journal of climatology. doi : 10.1002/joc.799 disponible sur : www.interscience.wiley.com
- [8] **SELTZER, P.**, 1946. Le climat de l'Algérie. Alger. Carbonel. 1946 ; 219p.
- [9] **U.S.PANU et T.C. SHARMA**, 2009. analysis of annual hydrological droughts/ the case of northwest ontario. edition hydrological sciences journal, 29-42. DOI : 10.1623. ISSN : 0262-6667. Disponible sur : <http://dx.doi.org/10.1623/hysj.54.1.29>
- [10] **WJ.Gibbs et JV.Maher** ,(1967). Précipitation déciles comme indicateurs de sécheresse .Bureau de météologie Bulletin N°48 , Commonwealth d'Australie Melbourne.
- [11] **WMO.**, 2008. Guide to meteorological instruments and methods of observation ; 681p. Organisation météorologique mondiale, 2012. GUIDE D'UTILISATION DE L'INDICE DE

AUTRES RESSOURCES EN LIGNE

http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_wmo_fr.html

http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index_fr.html.

<http://dx.doi.org/10.1623/hysj.54.1.29>

Annexes

Valeur de SPI3 ,station de **LRBAA NATHIRAHEN**

code station 21705

1968/69			-0,19591017	1,28969631	1,85083075	1,12172114	0,45773234	1,03347331	0,80098594	0,51372406	-0,61158785	-0,80390725
1969/70	-0,72052827	0,47781632	0,82715599	2,21903719	1,32986428	1,19049358	-0,06871158	0,77664171	0,91236078	0,2185503	-0,94145213	-1,28409713
1970-71	-1,35773842	-0,67123121	-0,58359199	0,98478486	1,60677987	1,73519567	1,28969631	0,45529791	0,41208691	-0,63045463	-1,09421216	-1,32183069
1971/72	-0,69983568	-0,413791	0,39297669	0,46953929	2,74781565	2,67624362	2,58081425	0,83993671	0,51787506	-0,0801354	-0,88536449	-1,23976553
1972/73	-1,07432094	-0,6774022	-0,02516861	0,54306788	0,81777908	0,80734885	0,62217951	0,56762055	0,31028958	-0,23822216	-0,85529313	-1,23976553
1973/74	-0,42570005	-0,12074483	0,04327186	0,43095369	0,36644148	1,83805003	3,41616457	4,36376362	2,67610005	-0,13383239	-1,33095977	-1,33765443
1974/75	-1,25305824	-0,51238513	-0,03036942	0,03475138	-0,36631976	-0,16487128	0,82715599	0,75655773	0,63909683	-0,35475625	-0,6493214	-0,99683525
1975/76	-0,8519871	-0,79538677	0,93244477	0,98721928	1,449151	1,17953868	1,84048445	2,15513359	1,37855274	0,4321709	-0,02124034	-0,87207109
1976/77	-0,71748524	-0,477086	0,25689246	1,24709391	1,40593999	1,00730327	-0,02306616	-0,01637149	-0,15391638	-0,33710669	-1,09056053	-1,30113809
1977/78	-1,35104376	-1,25366685	-0,27137727	-0,13200657	0,56484694	-0,09792465	0,75290609	1,04199379	1,26352626	0,271499	-0,84407522	-1,42164202
1978/79	-1,39912361	-0,65662467	0,01588461	0,47294748	0,14247459	0,84115392	0,91296939	1,04077658	-0,13809263	-0,68705496	-1,20193537	-1,38451707
1979/80	-0,98405453	-0,56107358	0,41695575	0,42425902	0,5934514	-0,05288783	0,17229627	0,32627351	0,55571785	-0,05167062	-0,82277402	-1,39364616
1980/81	-1,42042481	-0,96701357	-0,15330777	2,12348609	2,11253119	1,94638184	0,41695575	0,60258049	0,18081675	-0,43813523	-1,0662163	-1,10455846
1981/82	-1,19341489	-0,82155681	-0,84894407	-0,19104132	1,05903475	2,1673057	1,83439839	0,44799464	-0,44361268	-0,79660398	-1,03213438	-1,39364616
1982/83	-1,01874506	-0,14783032	1,27995861	2,03523827	1,17223541	0,23924289	-0,51481955	-0,19408435	-0,65114722	-1,04004625	-1,36139006	-1,29992088
1983/84	-1,29992088	-0,95727588	-0,40953077	-0,09731605	0,64153125	1,13571907	1,30978029	0,55571785	0,27332481	-0,11070537	-0,4454385	-1,31939626
1984/85	-1,16192361	-0,73035811	-0,01939153	0,54306788	0,81777908	0,80734885	0,62217951	0,56762055	0,31028958	-0,23822216	-0,85529313	-1,23976553
1985/86	-1,09212327	-0,43721978	-0,32858621	0,93487919	1,34507942	1,70902562	2,1453959	1,31404053	1,36698923	-0,56898545	-0,83251172	-1,41677317
1986/87	-0,96883939	-0,75947903	-0,20808228	-0,15026474	0,0475321	0,12847666	1,64025318	1,61651756	1,03834216	-0,80999331	-1,17880835	-1,20010955
1987/88	-1,15385552	-0,92136815	-0,27076867	0,82289575	1,45036821	2,53186051	1,6213864	0,94400828	-0,65723328	-0,95605867	-1,15811576	-1,27618526
1988/89	-1,18015369	-0,86489594	-0,16317359	-0,01819731	0,10717546	-0,25494492	-0,16121965	-0,06323413	-0,1453959	-0,42596312	-0,91832512	-1,22141075
1989/90	-1,10029822	-1,09360355	-0,70531313	-0,02489197	0,31653582	0,10839267	-0,60063295	0,07126773	-0,05653947	-0,16791431	-1,1836772	-1,12829408
1990/91	-1,02969996	-0,91345627	-0,36327673	-0,39066399	-0,14904753	-0,80695028	-0,72965735	-0,44787292	0,32018745	0,18203396	-0,36875418	-1,13681456
1991/92	-1,22019354	-0,94206074	-0,50325604	0,68772122	0,8782148	1,40039848	0,73099629	0,37617917	-0,15269917	-0,71687664	-0,9700566	-1,34739212
1992/93	-1,17576532	-0,16243686	0,09074311	0,01710182	-0,23851257	-0,36571116	0,19785771	0,46199258	0,6360538	0,19177165	-0,69374962	-1,04856673
1993/94	-1,20193537	-0,70896476	-0,05471365	1,15884608	0,82654738	0,67561317	-0,46491388	0,00066947	-0,14235287	-0,28963545	-1,05221837	-1,3766052
1994/95	-0,87450551	-0,52273142	0,1327369	0,40478364	0,83689368	0,64031404	-0,09670744	-0,49473556	-0,97735987	-1,02239669	-1,40764409	-1,41859899

1995/96	-0,77834581	-0,14843893	0,02318788	0,17899093	1,08459619	1,18988497	1,20936036	-0,09792465	-0,36388534	-0,95666728	-1,18550301	-1,05891303
1996/97	-1,13864037	-0,90006695	-0,75156716	-0,29024405	0,54719737	1,90682247	1,81066277	1,70415678	0,58919116	0,59953746	-0,27928915	-0,73087457
1997/98	-0,9913578	-0,50325604	0,05848701	0,36035543	0,09804638	-0,42474591	-0,80451585	-0,2951129	-0,27624612	-0,39675005	-1,22262796	-1,0023127
1998/99	-0,59211247	0,13151969	1,15945469	1,59765078	1,30552005	0,76142657	0,19851313	0,77668853	1,81010098	1,48323291	0,47355608	-1,36199866
1999/00	-1,19037186	-0,57141988	0,46199258	0,89592843	1,18613971	0,65969579	0,54588653	-0,19550938	-0,31236167	-0,6580497	-0,82094821	-1,21715051
2000/01	-1,08569168	-0,96640497	-0,16182825	1,0535573	1,05599172	0,25689246	-1,16907066	-1,03943765	-0,73391759	-0,78504047	-1,03943765	-1,3662589
2001/02	-1,35773842	-0,97066521	-0,57507151	-0,22634045	1,13267604	1,14241373	0,80646339	-0,55803055	-0,57933175	-0,63593208	-1,01935366	-1,34739212
2002/03	-1,248798	-1,248798	-1,01813645	-0,82764287	-0,36205952	-0,31519688	-0,14052705	-0,18678108	-0,10644513	-0,54951007	-0,83555474	-1,06560769
2003/04	-0,9055444	-0,8519871	0,42669345	2,03097803	3,68151665	2,65236443	1,07607571	0,34088004	0,19846631	-0,0066338	-1,01935366	-1,32609093
2004/05	-0,9810115	-0,53916378	-0,04862759	0,68413365	0,90444891	0,69143692	-0,06201692	0,04022884	0,86184651	0,614144	-0,23546954	-1,28023578
2005/06	-1,13051878	-0,87794742	-0,23645985	1,11951362	1,63013379	1,64086179	0,23924289	0,03231696	-0,63349766	-0,81790518	-1,37843101	-1,40581827
2006/07	-1,1416834	-0,77591139	-0,29024405	0,14186599	0,51007242	1,10772321	0,69143692	0,20698679	-0,14783032	-0,41622543	-0,66575376	-1,398515
2007/08	-1,08873471	-0,9804029	-0,86841945	-0,3602337	-0,36145092	-0,06871158	0,63118496	2,03158664	1,83135536	0,30558091	-1,13438014	-1,29107143
2008/09	-0,99528906	0,56152428	1,66520601	1,88186964	0,34270586	-0,66514515	-0,46795691	-0,09670744	0,59771164	0,00614692	-0,39431562	-1,23480007
2009/10	-1,02969996	-0,75765322	0,60440631	1,00060861	2,48378066	1,49601363	1,39741951	0,7431684	0,66161524	0,05057513	-1,10638427	-1,34678352
2010/11	-0,68827217	-0,35049601	0,15525531	0,34940052	0,73038768	0,65552918	0,48755401	0,43460532	0,37496196	-0,1131398	-0,77591139	-1,04734952
2011/12	-1,13316292	-0,6935974	-0,15032017	0,29700501	0,41066205	1,31343193	1,17832147	1,37611831	0,89714564	0,64579149	-0,10827095	-1,23662589
2012/13	-1,41251293	-1,30722415	-0,30180756	0,50642079	0,93183616	1,68042116	1,40898302	2,06079971	0,62205587	0,17044076	-0,97909662	-1,23728073

Valeurs de SPI6 de la station **LRBAA NATHIRAHEN**

code station 21705

1968/69						0,59686517	-0,80259263	-0,3358156	-0,70827659	0,12353841	0,97603869	-0,01968223
1969/70	1,79531865	-0,03140292	-0,51673568	-0,82708301	-1,12002806	0,31522702	-0,42707509	0,22658741	-0,78163351	-1,1305155	1,19392619	1,23961147
1970-71	2,02994489	2,58710812	1,83650969	1,63172164	1,53216583	-0,11487156	-0,34804175	0,55582023	0,11393215	-1,38115162	0,72392982	1,50815017
1971/72	-0,40043954	0,02441925	0,26239257	0,42919222	0,66105247	-1,40778717	-0,39170658	0,22222093	0,72261988	-1,35102289	-0,41397564	1,72167119
1972/73	-1,67763582	-1,66235313	-1,22526818	-1,0012676	-0,22534358	-1,50559639	-0,58470513	0,24667323	1,03220352	-1,62611132	-0,96458915	2,31638617
1973/74	0,66541895	-0,90634606	0,36456828	0,36194839	0,52219831	-1,05410205	-0,58470513	-0,24062627	1,37933892	-1,69597505	-1,46193156	1,54919511
1974/75	1,25489416	-0,37996157	-0,20351116	0,08773325	0,8710803	-0,23625978	-0,74364511	-0,80171933	1,28985961	-1,4885671	-1,40473063	1,04006319
1975/76	2,07055318	0,10190391	-0,35633807	-0,35502812	0,86016409	0,38072426	-0,93926354	-1,36368569	1,49508431	-1,15453116	-1,54445809	-0,25940214
1976/77	1,38064887	0,56237011	-0,44017454	-0,59998782	1,0121177	1,62342532	-1,17549027	-1,71780746	1,84614954	-0,95541953	-1,21566192	-0,49038909
1977/78	0,69816758	0,83720425	0,38116091	-1,05497534	0,86147404	1,75485646	-0,38083633	-1,29076543	1,20776973	-0,69343055	-0,71613626	-0,45633053
1978/79	0,30387416	0,99515397	0,66760219	-1,28290576	0,08031023	1,7190513	-0,04461714	-1,11523281	0,89818608	-0,39257987	-0,18953842	-1,04405914
1979/80	-0,00090635	0,80304687	0,90819541	-1,10868308	-0,74932153	1,34615365	0,64485052	-0,99995766	0,32268363	-0,30132038	0,58769556	-0,85368048
1980/81	-0,14718353	0,27666238	0,87937662	0,50560568	-0,91186678	0,47853348	1,01905811	-0,42882168	0,21130472	-0,49388228	0,59904841	-0,24193621
1981/82	-0,09478574	-0,2052031	0,99814496	0,82304899	-0,84239374	-0,15242331	0,90116307	0,67284197	-0,06902349	-0,73229225	0,51564859	0,27374543
1982/83	0,01786953	-0,6656693	0,61345781	1,28764278	-0,95933287	-1,38595475	0,89635994	0,87151695	-0,64452594	-0,83970773	0,68987126	0,58289242
1983/84	1,076305	-0,47514595	-0,2572189	1,82384689	-0,4428127	-1,53145056	0,0113198	0,99727166	-0,21006089	-1,04274919	0,19864192	0,6016683
1984/85	1,29812234	-0,69907553	-0,79298636	1,94916495	0,06391033	-1,45023398	-0,42489185	0,70908378	0,4422245	-1,20954884	-0,32795593	0,83702173
1985/86	1,448766	-0,85724298	-1,04274919	1,52736269	0,56651491	-1,03148826	-1,07506117	0,59380863	0,80595253	-0,45720382	-1,10824644	0,74052246
1986/87	1,54395533	0,00495882	-1,20998549	-0,0140058	0,83720425	-0,85857554	-1,35669932	0,18248593	1,03562953	0,80863959	-1,07855435	0,26981559
1987/88	1,51251665	0,1774663	-1,68069236	-0,33144911	0,99515397	-0,54244217	-0,81132559	-0,91961437	0,71192404	2,03125483	-1,17985676	-0,2436828
1988/89	1,50989676	1,35095678	-1,12702231	-0,66155523	0,80304687	-0,29879242	-0,90040185	-1,01960683	0,25038679	2,21028063	-1,62523802	-0,48121948
1989/90	0,10869237	2,76133079	-1,06283501	-1,1693772	0,27666238	-0,12753436	-0,83010147	-1,5021032	-0,07928267	2,23036646	-1,03838271	-0,89297883

1990/91	-0,1170548	3,39490747	-0,49300898	-1,35320613	-0,2052031	0,03271557	-0,28647434	-1,49511683	-0,72807487	2,8870855	-0,96153261	-1,05311954
1991/92	-0,26551522	3,23989732	-0,26376863	-1,40036415	-0,6656693	-0,28603769	-0,19608814	-1,2977518	-1,09616938	2,04653752	-0,67116149	-0,85808673
1992/93	-0,81612872	2,35612117	0,44665816	-0,99209799	-0,95327584	-0,42008872	0,15541374	-1,02397331	-1,24986958	0,76846795	0,19558538	-0,59871764
1993/94	-1,1558411	2,17709536	1,1540284	0,17156973	-0,92613264	-0,70303682	0,16152682	-0,25197912	-1,28115916	-0,48558596	1,19943982	-0,20180433
1994/95	-1,33879674	0,9614665	0,83745838	0,94705711	-1,12403509	-0,97943519	0,19514874	0,83003536	-0,98816815	-0,80783241	1,26581036	0,83567202
1995/96	-0,26638852	-0,99384458	0,73615598	1,1802273	-0,11162628	-1,09383704	0,2807318	1,09202434	-0,02186547	-0,7074033	0,67327862	1,0596726
1996/97	0,67240533	-1,32133081	0,14318759	1,08241808	0,65253965	-1,44228238	-0,16508611	1,61643895	0,06546419	-1,1169794	0,64489648	1,28312732
1997/98	0,82741547	-0,98030848	-0,11225167	1,23786487	0,99159523	-1,38115162	-0,29477066	1,79197156	0,06939403	-0,98511162	0,38881996	1,58718351
1998/99	1,63303158	-0,872893	-0,80783241	0,74576224	2,21115393	-0,80608581	-0,72355929	1,73040415	-0,08168629	-0,21180748	-0,49364625	1,30991184
1999/00	1,48064133	-0,62924325	-1,07549781	-0,41790548	1,90899331	-0,55632299	-1,00519744	1,02347056	0,01306639	0,26326587	-0,40980978	0,9108153
2000/01	1,54177209	-0,13888721	-1,00738068	-1,31696432	2,20809739	-0,42707509	-0,79036647	-0,10046216	-0,34105538	0,46237749	0,26961497	-0,24237286
2001/02	0,474167	0,61957088	-0,66330182	-1,30124498	1,13219598	-0,44759756	-0,02972514	-0,27992461	-1,4008008	0,44753145	0,63727284	-0,54889997
2002/03	-0,45720382	0,28116845	-0,36769092	-0,84538416	0,34666569	0,27942186	0,08555001	-0,56025282	-1,4903137	0,67895505	0,64993564	-1,01436705
2003/04	-0,65151232	0,34142592	0,6160777	-0,08037634	-0,03452827	0,038392	0,44665816	-0,48121948	-1,50559639	1,11560335	0,71869005	-1,10257001
2004/05	-0,95323629	0,34011597	0,99552507	0,73047955	-1,10213336	-0,55020991	0,49905595	-0,4515274	-1,53616177	0,3973169	1,01561089	-0,64889243
2005/06	-1,08073759	0,07812699	0,85012118	0,73615598	-1,14099506	-0,7969162	0,59468193	-0,28953088	-1,44097244	-0,13888721	0,1776828	-0,26813511
2006/07	-0,66522307	-0,25547231	0,50560568	1,09115104	-1,16457407	-0,84887735	0,3837808	-0,26158539	-1,39163118	-0,29898667	-0,04719107	0,99028529
2007/08	-0,16403816	-0,86459669	0,16327341	1,09202434	-0,80171933	-0,85804696	-0,540167	-0,31747637	-1,13531863	-0,36928705	-0,33013917	1,37540909
2008/09	1,67575146	-1,03532617	-0,11443491	0,70297071	-0,50960162	-1,50341315	-0,75325137	-0,14019716	0,11742534	-0,79763903	-0,35109829	2,14827658
2009/10	2,20322261	-0,04500783	-1,09121715	-0,29433401	-0,05592404	-1,06894809	-1,08859726	-0,50174195	0,4082331	-1,08697406	-0,45589388	1,6531174
2010/11	2,18968651	0,09821281	-1,19775934	-1,11435951	1,07019193	-1,01786024	-0,8340313	-0,86066685	0,41740272	-0,00670617	-0,73316555	1,13435793
2011/12	2,57524696	0,47023716	-1,26369323	-1,11479616	1,19507334	-0,76111104	-1,12876891	-1,08772397	0,41347288	0,5408508	-0,82529834	0,77726482
2012/13	2,29283179	1,51644649	-0,6929939	-1,39861755	0,83833168	-0,83839779	-0,89123223	-0,91612118	0,40517657	1,00878731	-0,45109075	-0,44020771

Valeurs de SPI3 de la station **Tigzirtb Nboubhir**

code de station 21501

1968/69			-1,15685734	0,58379741	-0,86497204	1,54174958	-1,03252486	-0,15154041	-0,78859637	-1,12666231	-1,11245288	1,59503493
1969/70	2,31083479	1,0349467	-1,07988961	0,66135719	0,11488633	1,25933723	-0,82056758	0,28658357	-0,39487684	-1,00469806	-0,32264559	3,1616242
1970-71	-0,34538349	0,71109019	0,42512548	-0,02898411	1,52635603	0,59623066	-0,3984292	0,34934187	0,09238807	-0,76017752	0,21435232	2,81290119
1971/72	0,79077857	0,25816472	0,78983409	-0,61926737	2,66014985	-0,72702219	-0,36941829	0,13087194	0,20014289	-0,7968852	0,87153829	0,55715473
1972/73	1,15217447	-0,54940436	0,8875239	-1,13495114	1,71285475	-1,05561517	0,06041687	-0,69978745	0,13975283	-1,06212783	0,89818097	-1,05443106
1973/74	0,95561073	-1,11482112	0,55597061	-1,17521118	0,91357451	-1,06923254	-0,45349073	-1,35046077	-0,23738903	-1,33506723	0,65425248	-1,18586825
1974/75	0,55301032	-0,9602936	0,7022093	-0,81819934	-0,24094139	-0,99463305	-0,38481183	-0,89043059	-0,58492792	-1,29007071	0,29605652	-0,75070456
1975/76	0,53820883	-0,545852	1,05566878	-0,41974334	0,0248933	-0,55946937	-0,53223463	-0,28949026	-0,29363468	-0,73945543	-0,02306352	1,26466576
1976/77	0,28303121	-0,51743315	0,45472845	0,32921185	-0,56657408	0,00772358	0,27770268	0,30848977	-0,28534585	-0,51151255	0,79693881	2,55653945
1977/78	-0,11779303	0,53110412	0,00417122	0,28954387	-0,98101569	1,4114965	0,10422926	0,79812292	-0,41974334	-0,05799502	0,30197712	2,82237414
1978/79	-0,90996855	1,34163349	-0,3137647	0,44584756	-1,23027271	2,08052367	-0,39211871	0,91179834	-1,12903054	1,15395065	-0,21725901	0,84785592
1979/80	-1,00884248	2,84368828	-0,96443802	-0,0846377	-1,22612829	3,06571057	-1,20205602	0,86620976	-0,90700826	1,41268062	-1,26342804	0,09955055
1980/81	-1,10357199	2,11486311	-1,02364396	0,27947886	-1,21606328	1,98105768	-1,31869173	-0,03608882	-0,4232957	1,13322857	-1,15034468	0,0244312
1981/82	-0,29008232	1,1136906	-0,56657408	0,47485847	-0,97983157	1,13974122	-1,03726133	-0,15746101	0,48018701	-0,08996623	-0,9413477	0,54975074
1982/83	0,35822276	-0,50559196	0,07462629	0,33454038	-0,4203354	-0,29422674	-0,50618402	-0,69445892	1,4553089	-0,33685502	-0,13081833	0,36082602
1983/84	1,85317284	-0,94312388	0,90114127	-0,38066742	0,03022183	-0,82115964	1,07402262	-0,74774427	1,71167064	-0,59676911	0,87805095	-0,23722622
1984/85	1,36709204	-1,16692235	0,72352343	-1,16277793	0,80996411	-1,08640227	1,34044937	-1,34098782	1,21966924	-1,13435908	1,78567807	-0,82471199
1985/86	1,00119931	-1,14146379	0,32151508	-1,35046077	1,50444983	-1,15093674	1,7282483	-1,35815755	0,52873588	-1,30250396	1,8288984	-1,31138485
1986/87	-0,03964118	-0,6684083	-0,49256665	-1,31020073	1,51096249	-0,93601917	0,57787681	-0,65123858	0,10600544	-0,9034559	0,9313363	-1,19652532
1987/88	0,57965299	-0,42151952	-0,29659498	-0,86201174	0,81706883	-0,70630011	0,37835278	0,04206302	0,3197389	-0,90286384	0,40930269	-0,77853136
1988/89	0,70398547	-0,34632797	-0,36112945	-0,13910717	0,02015682	-0,06095532	-0,05266649	0,14922578	1,07224644	-0,67728919	-0,48825942	0,37124807
1989/90	0,04147096	-0,11128037	-0,47539693	1,64772822	-0,38836419	-0,06806003	-0,51624903	0,44051902	0,70161724	-0,90167972	-0,74935763	0,91712687
1990/91	-0,90404796	-0,18884016	-1,14383203	1,60924435	-0,72998248	0,06811364	-0,83359289	1,86679021	0,06929776	-0,37415476	-1,35578931	2,54647444
1991/92	-1,31671339	1,3895903	-1,29125483	1,35880321	-1,24803449	-0,02483969	-1,29007071	2,05624923	-1,25869156	-0,26521583	-1,35342107	1,66785824
1992/93	-1,33861959	2,21492116	-1,29599131	0,03969478	-0,93483505	0,43519049	-1,08817844	2,11367899	-0,9910807	0,11133398	-0,83892142	1,54767017
1993/94	-0,87740528	2,94256221	-1,18053972	0,18297317	-0,04970619	0,68977605	-0,10595184	0,32625155	-0,50855225	0,04147096	-0,53756317	0,90410156
1994/95	-0,73353484	1,27769107	-0,60979442	-0,10891213	0,15751461	0,3576307	0,21908879	0,02962977	0,30316123	0,04739156	0,15159402	0,88101125
1995/96	0,1723161	-0,44342572	-0,45763514	-0,55591701	1,33452877	-0,15272453	0,09179602	-0,79806932	0,63945099	-0,50381578	0,79516263	0,29605652
1996/97	0,53998501	-1,32618634	0,23625852	-1,10890052	1,17822508	-0,80576609	-0,11364861	-1,13021466	0,98876606	-0,74833633	1,36057939	-1,12725437
1997/98	0,61991303	-1,33861959	0,01246005	-1,12784643	1,3706444	-1,14501615	-0,23324462	-1,04140575	0,56544357	-0,88983853	2,07341895	-1,36230196
1998/99	0,61399244	-1,2610598	0,74898199	-1,12547819	1,58793021	-0,96443802	0,50268526	-1,11541318	0,48492348	-0,73353484	1,12434767	-0,95555713

1999/00	0,02370918	-0,80635815	0,78036114	-0,7589934	1,01777698	-0,94667624	0,85200033	-0,80813433	-0,19712899	-0,74774427	0,49143614	-0,6713686
2000/01	0,16343521	-0,60683412	0,87805095	-0,80813433	1,14506975	-0,41619098	1,02843405	-0,58315174	-0,49848724	0,49972497	-0,30665999	-0,05458363
2001/02	-0,74419191	-0,57663909	-0,03608882	0,22145703	-0,64058151	1,02310551	0,42867784	-0,316725	-0,99640923	2,14979462	-0,45467485	0,34032001
2002/03	-1,00469806	-0,83181671	-0,89398295	1,46596597	-0,81227875	1,53464486	-0,74952045	0,32388331	-1,14620027	3,81348164	-0,67728919	0,63279737
2003/04	-1,36822256	-0,32856619	-1,38183992	2,35642336	-1,35756549	1,38663	-1,16277793	2,40674842	-1,30842455	2,68087193	-1,28355806	0,27355826
2004/05	-0,63762121	0,50031703	-1,34217194	1,71344681	-1,00232982	-0,02483969	-1,23204889	2,56186799	-1,18409207	1,02192139	-0,99522511	-0,09055829
2005/06	-0,16574984	0,50327732	-0,75248074	0,35052599	-0,82056758	0,4671617	-0,85490703	2,25103678	-1,07633725	0,34815775	-0,95970155	-0,29304262
2006/07	0,82239736	0,19599848	-0,1065439	-0,16871014	-0,2101543	0,11666251	-0,16811808	0,43874285	-0,47243663	0,34934187	-0,86141968	-0,19902358
2007/08	0,66313337	-0,6245959	0,11370221	-0,60328176	-0,10832007	-0,18291956	1,18947421	0,02430124	0,67615868	0,47781877	-0,16101336	-0,56254807
2008/09	2,27471916	-0,84128966	-0,00589379	-0,8436579	0,33986892	-1,18468413	1,20013128	-0,5209855	0,71168225	-0,67906537	-0,1225295	-0,93672964
2009/10	2,26465415	-1,14442409	0,21968085	-1,30428014	0,47130611	-1,12488613	1,11901914	-1,07752137	0,11903075	-1,06508813	0,37065601	-1,25454715

Valeurs des SPI6 de la station de **Tigzirtb Nboubhir**

code de station 21501

1968/69						-1,05670018	-1,05670018	0,74498655	-0,55062753	-0,32504426	-0,45741482	1,02973222
1969/70	2,13679274	2,37812428	2,13806963	1,84566264	0,34787488	-1,05670018	-1,05670018	1,06761319	-0,6595885	-0,211827	-0,72130468	2,18361191
1970-71	-1,28185781	-1,38230621	-0,51827974	-0,2650306	-0,1394701	-1,05670018	-1,05670018	1,05441869	-0,70938707	-0,46209674	-0,61276933	2,28746534
1971/72	0,50024999	0,47003035	0,13591173	-0,02667847	-0,34164378	-1,05670018	-1,05670018	-0,01603775	-0,42421577	-1,38400873	-0,17437166	1,54601996
1972/73	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,29822965	-0,18458676	-1,4870109	0,41257046	1,51367217
1973/74	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,72087905	-0,1054198	-1,50744108	0,62325672	1,16848721
1974/75	0,96486437	-0,5059365	1,07144385	-1,03456748	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,5472225	-0,27779946	-1,50148228	0,83819926	-0,14032136
1975/76	1,2140295	-0,78855403	1,395773	-1,11884198	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,71236647	-0,11180423	-1,29632919	0,62793863	0,14995749
1976/77	0,88927472	-1,17459935	0,72540763	-0,6093643	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,75024744	-0,37697097	-1,32867698	1,04207546	0,98418994
1977/78	0,31169643	-0,30972162	0,50663442	-0,38122726	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,06753883	-0,72343282	-0,97029753	0,42874435	1,48813445
1978/79	-0,26843563	0,57090437	0,53217215	0,01758693	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	0,44619513	-1,02392676	0,29679942	-0,17394604	1,51750283
1979/80	-0,52296165	1,67115483	-0,36760714	0,17464396	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	0,84330681	-0,85835715	0,6466663	-0,33653624	1,9082716
1980/81	-0,87921296	1,90099439	-0,73407354	0,40788854	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	0,54664353	-0,60723616	0,77180117	-0,61106682	2,04537598
1981/82	-0,86389033	1,76394191	-0,63405077	0,66071205	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	0,54111036	-0,46762991	0,76371422	-0,83409631	1,00355372
1982/83	-0,4689068	1,67966741	-0,64086083	0,17847461	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	0,12229161	0,39299153	0,7722268	-1,00349657	0,32978332
1983/84	0,53770533	0,84117866	-0,0892459	-0,07392327	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,56467328	0,92502754	0,38447896	-0,19692999	-0,15415663
1984/85	0,77307805	-0,03944733	0,11165089	-0,49572141	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,07840724	1,22083956	-0,88134111	0,60580593	-0,19884766
1985/86	0,97610299	-1,18524007	0,28360493	-0,73151977	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,47679581	1,42514138	-1,1797069	1,21956267	-0,68453165
1986/87	1,30256029	-1,15970235	0,29254313	-1,21673661	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,00690161	1,30553969	-1,07968413	1,29958089	-1,03189666
1987/88	1,39832677	-1,14310282	0,30573763	-1,45679125	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,93497034	1,10549415	-1,46572946	1,57678228	-1,15374354
1988/89	1,22467022	-1,07074593	-0,02965787	-1,07202281	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,87027476	1,14975955	-1,42444346	0,96259992	-0,67703928
1989/90	0,00013615	-0,56169388	-0,69704384	0,24146768	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,15266459	0,57941695	-1,29888296	0,12964435	-0,20203754
1990/91	-0,23438533	-0,43996404	-1,03669562	0,53600281	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,37108652	0,27849738	-0,91922207	-0,68160415	1,26978687
1991/92	-0,44166655	0,74881721	-1,18907073	0,8756546	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,58432656	-0,13521381	-0,6787418	-1,3251549	1,46472486
1992/93	-0,93369345	1,5111184	-1,27462212	1,21190135	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,83502192	-0,20927323	-0,56935519	-1,14298577	1,77075197
1993/94	-1,28185781	1,97845883	-1,67215943	1,28723765	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,57538835	-0,31695731	-0,24034413	-1,36230166	2,47942393
1994/95	-1,47509329	1,91631702	-1,36783483	0,89736167	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,49834954	-0,68810563	-0,15777214	-0,86516721	1,83119126
1995/96	-0,83962949	1,27234064	-1,26185326	-0,37228906	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	0,94460646	-0,25396425	-0,28333264	-0,03263727	1,32426736
1996/97	-0,24374916	1,1608259	-0,68001868	-0,66682419	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,57914466	0,34404422	-0,50934153	0,5904833	-0,1616028
1997/98	-0,08286147	-0,04498051	-0,4306002	-0,89027931	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,72854037	0,62325672	-0,60681053	1,59837231	-0,34717696
1998/99	0,56409431	-1,22652607	0,20826863	-1,20992654	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,37677304	0,80712836	-0,89070494	1,37874784	-0,47529123
1999/00	0,40405788	-1,53425569	0,72966392	-1,34399962	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,39464945	0,56792497	-1,07670473	1,33022616	-1,29420105
2000/01	0,56196617	-1,39975699	0,63900498	-1,39294693	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,16906618	0,04695531	-0,28163012	1,26893561	-1,01977181

2001/02	-0,09477908	-1,32229255	0,51131634	-0,65107592	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-1,03073682	-0,36888403	1,01696336	0,48024544	-0,44347041
2002/03	-0,70640767	-1,17885564	-0,08286147	0,50706005	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,3493051	-0,9668925	2,20276521	-0,13478819	-0,02890795
2003/04	-0,86729536	-0,67363425	-0,36335085	1,11187858	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,30979598	-1,30015985	2,2853372	-1,14437971	0,15624058
2004/05	-0,99455837	-0,05604686	-0,9920046	1,38981419	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,61284369	-1,56873163	2,27895276	-1,04350568	0,17837327
2005/06	-0,84260889	-0,23736473	-1,18481445	1,30468843	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,84991893	-1,59895127	2,99060412	-1,17800438	0,24306885
2006/07	-0,3935705	-0,09648159	-1,07117155	1,57155769	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	2,04443129	-1,28143218	2,17722748	-1,5431939	0,05240336
2007/08	0,0171613	-0,09052279	-0,88432051	0,79691327	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,85800588	-0,36633025	1,07697702	-0,8323938	-0,47069444
2008/09	1,51494906	-0,24417479	-0,54637124	-0,35568953	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	1,24254663	-0,26332808	-0,23906724	-0,77919019	-0,88525689
2009/10	2,21808785	-0,68299809	0,08015436	-1,06010521	-1,05670018	-1,05670018	-1,05670018	-0,46039422	-0,25524114	-0,51572596	-0,35398702	-0,45732675

Valeurs de SPI3 de la station de Freha

code de station 21603

années	spi											
1974/75			0,13572198	0,31752503	1,07412643	0,72829056	-0,44932842	-0,85257578	0,45285211	-0,77944448	-1,18330696	-0,99683525
1975/76	-0,38642867	-0,7767106	1,21013698	0,34144648	1,61201739	-0,00985715	-0,49580439	-0,58875632	0,23482515	-0,78969653	-0,28454378	-0,87207109
1976/77	0,36263405	-0,03104472	0,91077707	-0,0727364	0,47882397	-0,29691459	-0,41925574	-0,64001658	-1,03437883	-1,26402478	-0,0967262	-1,30113809
1977/78	1,03448516	1,56075714	1,095314	0,22935739	0,35101506	-0,84369067	-0,65847027	-0,94005995	-1,26675866	-1,13074811	0,92786383	-1,42164202
1978/79	0,82807719	2,3228263	1,27301622	0,21637145	-0,1984949	-0,84027332	-1,04531435	-1,24010333	-1,03779618	-1,09452419	0,82192596	-1,38451707
1979/80	0,32982749	1,79723779	0,67156254	-0,11169419	-0,64001658	-1,23326862	-1,17859102	-1,21003064	-0,41857227	-1,06445151	1,41517801	-1,39364616
1980/81	0,29360357	0,09676419	0,83627883	-0,62019595	-0,94279383	-1,2612909	-0,83138821	-0,93869301	0,09266337	-0,18345855	0,76178059	-1,10455846
1981/82	0,44054965	-0,55663323	-0,64480087	-0,99815491	-1,21686534	-0,68580908	-0,13971647	-0,48828622	1,72000567	-0,15338587	0,48634214	-1,39364616
1982/83	0,33119443	-0,80609981	-0,7698759	-1,12049606	-1,10067543	-0,40080205	0,91351095	-0,06795211	1,80202208	0,20885328	0,0735262	-1,29992088
1983/84	-0,42540697	-0,98516898	-1,27290989	-0,78217836	-0,36252772	-0,27230967	1,19031634	1,25934682	1,50334565	1,53341833	0,21705492	-1,31939626
1984/85	-1,09323927	-1,23531903	-0,95099547	-0,76235773	-0,06453476	-0,11032725	0,85883335	1,33452853	-0,09136096	3,12590366	-0,36184425	-1,23976553
1985/86	-1,20942919	-1,04394741	-0,59764143	-0,36457813	-0,05701659	1,31539137	0,49659419	0,98459184	-0,17884513	2,90719323	-0,74732139	-1,41677317
1986/87	-0,90391805	-0,30716664	0,10291542	0,56015691	0,02499983	1,46985561	0,32982749	-0,27914437	0,28523107	0,61210064	-1,18542572	-1,20010955
1987/88	-0,02215961	1,05362232	0,32982749	0,92444647	-0,10417602	1,5935637	0,44943476	-0,57577039	0,05233863	-1,041897	-1,03984659	-1,27618526
1988/89	0,83217801	1,98109125	0,51846524	0,77544999	0,51436442	0,15895996	1,19851798	-0,70904706	-0,56141752	-1,2154984	0,13093769	-1,22141075
1989/90	0,59159654	1,26413111	0,43849923	-0,34954179	0,55058833	-0,13014789	0,74127649	-1,04394741	-1,20798023	-1,02002595	0,40227532	-1,12829408
1990/91	0,46788845	0,3318779	1,1411065	-0,08503886	0,59774777	-0,90383604	0,26148048	-1,23190168	-1,00772349	0,78706898	0,35990017	-1,13681456
1991/92	-0,02489349	-0,48350193	0,86635152	-0,25248903	-0,00849021	-1,18200837	-1,21618187	-1,07880438	-0,38166488	2,27908421	-0,46094741	-1,18586825
1992/93	0,72897403	-0,2258337	0,27856723	-0,44044331	-0,83070474	-1,01524166	-1,11844565	-1,07880438	0,3660514	3,05618971	-0,20396266	-0,75070456
1993/94	1,06114049	-0,61951248	-0,79994858	-1,09452419	-1,09794155	-1,05488293	-0,66257109	-0,82387004	1,28395175	1,9779424	0,12273605	1,26466576
1994/95	1,22517332	-0,93322525	-1,03984659	-1,11912912	-1,19431083	-0,84232373	0,2792507	-0,58397203	1,71112056	1,05115695	0,39544062	2,55653945
1995/96	0,38518857	-1,20934717	-1,04258047	-1,05146558	-0,74253709	-0,84574108	0,87933745	-0,00165551	1,81774189	0,88644066	0,5102636	2,82237414
1996/97	-0,70631318	-1,1081936	-1,06786886	-0,91750544	-0,25864026	-0,48008458	1,2279072	-0,0406133	0,84311353	0,66677825	0,12142607	0,84785592
1997/98	-1,26060743	-1,06581845	-0,69879501	-0,56551834	1,3536657	0,40090838	0,85814988	-0,23540228	0,18288142	0,58612878	-0,4920453	0,09955055
1998/99	-1,27290989	-0,79994858	0,16237732	-0,56756875	1,34614753	1,83961294	0,52598341	-0,39123346	-0,67760744	-0,20669654	-1,17716712	0,0244312
1999/00	-0,83412209	-0,40285246	1,60244881	-0,18140814	1,23405843	1,93803263	-0,1595371	-0,54228036	-0,84164026	-0,72066605	-1,0102621	0,54975074
2000/01	-0,22241635	-0,06111741	2,2175719	-0,59012326	-0,28392866	1,55118855	-0,47940111	-0,74048668	-1,22780086	-1,20524635	-0,55345726	0,36082602
2001/02	1,85669969	0,69890134	2,57092594	-0,50605644	-0,03514554	0,28130111	-0,71246441	-1,07128621	-1,25035538	-1,12801423	0,23145119	-0,23722622
2002/03	1,76101387	1,16297754	1,43294823	-0,57645386	-0,25385597	-0,1527024	-0,83070474	-1,0350623	-1,12254647	-0,77807754	0,96803668	-0,82471199

2003/04	1,83756253	1,13085444	0,50616277	0,09471378	-0,38781611	-0,81566839	-1,1081936	-0,88948317	-1,12938117	0,50889666	0,85268211	-1,31138485
2004/05	0,28540193	0,3182085	-0,55321588	-0,0727364	-1,11981259	-1,11981259	-1,0692358	-0,77466019	-0,64275046	1,23952619	2,26541481	-1,19652532
2005/06	0,40979349	-0,20464613	-0,90862033	-0,45411271	-1,24967191	-0,85872701	-0,93459219	0,67087907	0,12820381	2,40347577	2,03713579	-0,77853136
2006/07	-0,06658517	-0,48486887	-0,98516898	-1,12528035	-0,90862033	-0,35500955	0,23960944	2,54290367	1,00236207	1,40560942	2,82175947	0,37124807
2007/08	-0,48623581	-0,69947848	-1,1286977	-1,16013732	-0,36457813	0,0393527	1,75417917	3,1	1,9592202	1,19305022	0,79185328	0,91712687
2008/09	-0,95372935	-1,20114553	-1,03301189	-0,96603182	0,07694355	0,11453441	1,72273955	3,2004019	1,17596347	0,57861061	0,08446172	2,54647444
2009/10	-0,95372935	-1,04394741	-0,64343393	-0,62908106	0,47403968	0,0003949	0,58271143	1,40697636	0,31205727	0,43166453	-1,05419946	0,77726482
2010/11	-1,02139289	-0,01805879	0,17946407	0,92649688	0,61210064	-0,30033194	-1,0487317	0,8759201	-0,65847027	-0,16842221	-1,24215374	-0,44020771

Valeurs de SPI6 de la station Freha

code de station 21603

années	Spi											
1973/74						-0,69100017	-0,18588117	-0,56681481	1,01457726	0,65877636	1,16820736	2,0154565
1974/75	0,35373377	-1,21878792	-0,77034081	-0,51802771	0,07579512	0,57845012	-0,24353865	0,62526603	2,63194366	0,28375631	-0,3400287	1,962154
1975/76	0,49516709	-1,24983426	0,11768303	-0,2198843	0,70657787	0,33254341	-0,35934642	-0,00650232	1,18163613	-0,34653365	-0,54409678	1,7512543
1976/77	0,51044386	-0,76097763	0,6415284	0,07480952	1,01112767	0,22511322	-0,5209845	-1,21977352	-0,1163965	-1,38831079	-0,3287436	0,865411
1977/78	-1,30552055	0,59421969	0,88546392	0,39217209	1,02541884	-0,08535016	-0,80089435	-1,29467897	-0,58899077	-1,37944041	-0,82696342	0,2654186
1978/79	0,31629583	1,11264427	1,78827173	0,40005688	1,01704126	-0,61510912	-1,11332893	-1,32079732	-0,58110598	-1,36071404	-0,18632469	-0,563214
1979/80	0,49713828	1,27132555	1,13876262	-0,13512287	-0,1183677	-1,10544415	-1,15423125	-1,33607409	-1,04975786	-1,68103341	0,38532219	-0,85368048
1980/81	0,95544138	1,19297051	1,39058292	-0,28394817	-0,42883109	-1,51988813	-1,07636901	-1,35677165	-0,84869586	-0,94971966	0,94849291	-0,24193621
1981/82	0,91256786	1,27132555	0,45081518	-0,56582922	-1,02265391	-1,10248735	-0,85658064	-1,24835587	0,4897463	-0,90191815	1,21613206	0,27374543
1982/83	0,47446953	0,71249146	-0,07303019	-0,89058377	-1,25722625	-1,1803496	-0,19327315	-0,92360131	0,9953581	-0,61905151	0,94115021	0,58289242
1983/84	-0,09717734	-0,64270586	-0,31696571	-1,01329073	-0,94331327	-1,10790814	0,25665236	0,22905561	1,1486186	0,97121095	1,07124915	0,6016683
1984/85	-0,47274933	-1,29418618	-1,15275285	-1,27151742	-0,9260653	-0,57617799	0,51635745	0,60801806	1,17214975	2,14111583	0,70362108	0,83702173
1985/86	-0,63537301	-1,33607409	-0,98815798	-1,07291941	-0,83686868	0,65729797	1,01457726	0,65877636	1,16820736	2,24460363	0,08762229	0,74052246
1986/87	-0,96062037	-0,93395009	-0,84573906	-0,16222681	-0,24550985	0,86131676	1,0939179	0,70460667	1,28746472	1,54482901	-0,48796697	0,26981559
1987/88	-0,80637428	-0,13315167	-0,45002144	0,11472624	-0,12378849	1,06730676	0,94115021	0,54493979	-0,03027987	1,5004771	-0,70036335	-0,2436828
1988/89	-0,27415133	0,67356034	-0,05923182	0,29410509	0,32761542	1,06090037	1,22007446	0,19653088	-0,53589167	1,21761046	-1,01279793	-0,48121948
1989/90	-0,22733542	0,68785151	0,3882297	0,14971497	0,41286965	0,96381896	0,77014894	-0,95612604	-0,66746901	-0,29626815	-0,44657185	-0,89297883
1990/91	0,31923784	0,9968365	1,05843637	0,60309007	0,35373377	0,49516709	0,51044386	-1,30552055	-0,69100017	-0,18588117	-0,56681481	-1,05311954
1991/92	0,57992852	1,07765554	0,9963437	0,37492413	0,36260415	-0,73978727	-0,0148799	-1,29122938	-0,68212979	0,76472816	-0,49240216	-0,85808673
1992/93	0,95002059	0,74649459	0,51487905	-0,5717428	-0,20411473	-0,8279983	-0,27409219	-1,5327009	-0,60919553	1,46598117	-0,24008906	-0,59871764
1993/94	1,10032429	-0,20953552	0,24383958	-0,85263825	-0,36279602	-1,41442914	-0,29134016	-1,4844066	0,19702368	1,99149853	0,14084459	-0,20180433
1994/95	0,86328796	-1,02363951	-0,12723808	-0,99111477	-0,86939342	-1,46173784	-0,67769459	-1,20104716	0,95642698	2,39904332	0,34584898	0,83567202
1995/96	0,80119528	-1,03694508	-0,55301644	-1,0778474	-1,13649049	-1,34395888	-0,17454679	-0,78118239	1,57242576	2,84059125	-0,04937584	1,0596726
1996/97	0,25369557	-1,24786307	-1,34888687	-1,45286746	-0,9802732	-1,10889374	0,40547767	-0,6254579	1,53152344	1,9047659	0,21870683	1,28312732
1997/98	-0,02769268	-1,44350428	-1,25574785	-1,21681673	0,11275504	-0,3204153	0,81795045	-0,59293316	1,36347897	1,17838014	0,17390319	1,58718351
1998/99	-0,64221306	-1,45089627	-0,63679227	-1,16950802	0,43307441	0,71446265	1,01112767	-0,28542657	0,81992165	0,4879687	-0,07179819	1,30991184
1999/00	-1,11283613	-1,09164578	0,38330171	-0,79448796	0,70115708	1,04907319	0,76817775	-0,4224247	-0,00108153	-0,04099825	-0,48299791	0,9108153
2000/01	-1,07144102	-0,81469272	1,09293231	-0,83539028	0,76916335	1,40536689	0,27094353	-0,70578414	-0,75555684	-0,44854305	-0,6430168	-0,24237286
2001/02	0,41878324	-0,07500139	1,96863618	-0,7762544	0,9431214	1,52708825	-0,13660126	-1,05665704	-1,39225318	-0,96450363	-0,75597728	-0,44347041

2002/03	0,66616835	0,54592539	2,18645335	-0,54858125	0,70460667	1,28512393	-0,71613292	-1,13944728	-1,41837153	-1,08277539	-0,68402863	-0,02890795
2003/04	1,16241697	0,76916335	1,96173699	-0,35934642	-0,48648857	0,52818462	-1,14683927	-1,17739281	-1,70173097	-0,50422934	-0,03258938	0,15624058
2004/05	1,54236502	0,73121782	1,4526756	-0,4194679	-0,83489748	-0,60673153	-1,28679419	-1,3331173	-1,36712043	0,07825911	0,2136048	0,17837327
2005/06	1,56306258	0,68883711	0,37590972	-0,74520806	-1,08622499	-0,73140969	-1,27496701	-0,26472901	-0,71908971	1,16980895	1,798159	0,24306885
2006/07	1,27477515	0,46362795	-0,34751925	-0,74520806	-0,93690688	-0,84623186	-0,62841469	1,19001371	-0,09372775	1,37826294	2,16466068	0,05240336
2007/08	-0,14695004	-0,27704899	-1,21484553	-0,89107657	-1,07242661	-0,78118239	0,49171749	2,41905449	0,94706379	1,7518046	2,64722043	-0,47069444
2008/09	-0,39433515	-1,01575473	-1,40210916	-1,02610351	-0,84771026	-0,53872527	0,56613015	2,78914655	0,93819341	2,14801502	2,20222291	-0,88525689
2009/10	-0,73781608	-1,10445855	-1,17640721	-1,26708223	-0,31548731	-0,25782982	0,5907701	2,84581844	0,9455854	1,32257665	1,52758105	-0,45732675
2010/11	-1,08918178	-0,51950611	-0,68656498	-0,1706044	0,17632612	-0,19031636	0,50650147	3,60916413	0,93572942	0,73663861	1,27231115	1,13435793

Valeurs de SPI annuels pour les trois stations :

Années	21705		21501		21603	
	LRBAA NATHIRAHEN		TIGZIRT N'BOUBHIR		FREHA	
1968/69	1086	0,76	1000	0,21	1010	0,61
1969/70	1204,8	1,33	1059,7	0,49	1400	2,08
1970-71	974,1	0,22	710,9	-1,17	835	-0,05
1971/72	1000	0,35	1386,8	2,04	1450	2,27
1972/73	1275	1,66	1048,3	0,44	1455	2,29
1973/74	1463,4	2,57	1099,5	0,68	1073	0,85
1974/75	843,5	-0,4	615,4	-1,62	753	-0,36
1975/76	1364,6	2,09	1013,2	0,27	1069	0,83
1976/77	903	-0,12	721,4	-1,12	626	-0,84
1977/78	847,7	-0,38	747,6	-0,99	997	0,56
1978/79	825	-0,49	749,3	-0,98	743	-0,4
1979/80	856,5	-0,34	803,3	-0,73	671	-0,67
1980/81	1077,2	0,72	930,7	-0,12	832	-0,06
1981/82	849,1	-0,37	946,3	-0,05	709	-0,53
1982/83	863,4	-0,31	1042,9	0,41	695	-0,58
1983/84	881,8	-0,22	909,3	-0,22	650,5	-0,75
1984/85	1153	1,08	1155,8	0,95	861,2	0,05
1985/86	894,7	-0,16	897,8	-0,28	712,4	-0,52
1986/87	988,2	0,29	1208,6	1,2	898,8	0,19
1987/88	725	-0,97	786,1	-0,81	580,3	-1,01
1988/89	641,6	-1,37	927,2	-0,14	604,4	-0,92
1989/90	607,9	-1,53	500	-2,17	425,1	-1,6
1990/91	845	-0,39	913,2	-0,21	681,7	-0,63
1991/92	821,4	-0,51	908,5	-0,23	647,1	-0,76

1992/93	786,8	-0,67	925,1	-0,15	667,7	-0,68
1993/94	667,7	-1,24	785,3	-0,81	553,1	-1,12
1994/95	899,9	-0,13	1135,2	0,85	752,6	-0,36
1995/96	1100,9	0,83	1133,7	0,84	767,7	-0,31
1996/97	664,1	-1,26	707,7	-1,18	473	-1,42
1997/98	1190	1,26	1237,2	1,33	948,7	0,38
1998/99	770	-0,75	775,1	-0,86	678,7	-0,64
1999/00	604,9	-1,54	520	-2,07	597,7	-0,95
2000/01	785	-0,68	808,9	-0,7	604,3	-0,92
2001/02	522,7	-1,94	632,1	-1,54	387,7	-1,74
2002/03	1255	1,57	1349,9	1,87	1192,3	1,3
2003/04	905	-0,11	1000	0,21	1000	0,57
2004/05	880	-0,23	1150	0,92	779,1	-0,26
2005/06	814,6	-0,54	1040,8	0,4	895	0,17
2006/07	700	-1,09	1125,5	0,8	1030	0,69
2007/08	994	0,32	1240	1,35	1250	1,52
2008/09	1166,9	1,15	1196,7	1,14	902	0,2
2009/10	957,1	0,14	1050	0,44	1070	0,84
2010/11	1110	0,87	950	-0,03	945	0,36
2011/12	1015	0,42	1200	1,16	1340	1,86
2012/13	950	0,11	1000	0,21	980	0,5