



جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID - ELTARF



جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID - ELTARF

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

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
الطارف الشاذلي بن جديد جامعة
Université Chadli Bendjedid El Tarf

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques

Spécialité : Agro environnement et bio indicateur

Mémoire de Mastère

Thème :

Effet de la sécheresse sur la dynamique de la végétation au
niveau du PNEK

Présenté par : Abed Zahra

Gasmi Fatma Zohra

Devant de jury :

Président	Slimani Ali	UCBET
Encadreur	Malkia Rabia	UCBET
Co-encadreur	Gasmi Taher	UCBET
Examineur	Boulahbel Raouf	UCBET

Année université 2019-2020

Dédicace

Il est agréable au moment de présenter ce travail d'adresser mes dédicaces à:

A mes chers parents, qui m'ont soutenu tout au long de mes études, m'ont apporté amour, conseils et encouragements.

À la famille de mon père et à la famille de ma mère qui m'encouragent toujours.

A mes précieux frères Hani ,Baro , Faycel et Hassan pour leur soutien moral.

Mes chères soeurs : Latifa et Asma que Dieu lui offre tout ce qui est beaux.

aux les petits de ma famille : Rodaina ,Ishak , Sadjia Serine , Hadil , Bayane et Mayar

A tous mes collègues

A toutes mes copines : zizou , marwa , maryem ,asma rania ,sabrina .

A tous ce que j'aime et qui m'aiment.

Fatma

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

A celle qui m'a arrosé de tendance et d'espoirs, à la source d'amour, a la mère des sentiments fragiles

qui ma bénie par ces prière.....ma mère

A mon support dans ma vie.....mon père

A ma grande et la seule sœur Wafa que Dieu lui offre tout ce qui est beaux.

A mes précieux frères :Wahid ;Adel ;Issam pour leur soutien moral.

A toutes les personnes de ma grande famille

A mes meilleurs amis : Fatouma ; Marwa ;Meryem ;Asma et Rania

A mon fiance abd el hak pour son soutien et ses encouragements

Zahra

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions **DIEU** le tout puissant pour nous avoir aidé à réaliser ce travail.

Premièrement, nous tenons à remercier très chaleureusement notre encadreur **Mr Malkia Rabia**, professeur à la faculté de sciences de la nature et de vie, université de Chadli ben djdid El Tarf , pour son aide fructueuse, de nous avoir aidé, orienter, conseiller et soutenir pendant toute la durée de ce travail.

Nous remercions aussi **Mr Gasmi Taher et Mr Sadouki Rami**, les responsables de service informatique dans la conservation de foret d`El Tarf , pour son aide durant tout le temps de ce travail .

Monsieur Slimani Ali, Monsieur Boulahbal Raouf , ont été très aimables d`avoir accepté d`examiner et de porter un jugement à cette thèse. Leur appartenance au jury est un honore pour nous .

Finalement, nous remercions tous nos enseignants qui nous ont suivis le long de nos études.

Table des matières

Désignations	Pages
Dédicaces	
Remerciements.....	
Table des matières.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Introduction	01
Chapitre 1 : le phénomène de la sécheresse.....	04
I.1. Définition de la sécheresse	04
I.2. Les différents types de sécheresse	04
I.2.1. Les sécheresses météorologiques.....	04
I.2.2. Les sécheresses hydrologiques	04
I.2.3. Les sécheresses agricoles	05
I.2.4. Les sécheresses socio économiques.....	05
I.3. Les indicateurs de la sécheresse	05
I.3.1. Indice standardise des précipitations SPI.....	06
I.3.2. Indice de reconnaissance de sécheresse RDI.....	07
I.3.3. Indice d'humidité des cultures(CMI).....	08
I.3.4. Indice de l'approvisionnement en eau de la surface (SWSI).....	08
I.3.5. Les déciles	09
Chapitre II : Cartographie, SIG et Télédétection	10
II.1. Définition de La cartographie	10
II.1.1.Les différentes branches de la cartographie.....	10
II.2.Définition du SIG	10
II.2.1. Domaines d'application du SIG	12
II.2.2. Les composantes d'un SIG	12
II.2. La télédétection.....	14
II.2.1. Qu'est-ce que la télédétection ?.....	14
II.2. 2. Les satellites d'observation de la terre.....	15
II.2.3. L'application de la télédétection pour l'étude de la végétation	19

II.2.4.	Définition de l'imagerie satellite.....	20
II.2.5.	Utilité des images satellites dans la foresterie	21
II.2.6.	Présentation générale des satellites utilisés dans la télédétection	21
II.1.1.	Les principaux indices de végétation.....	22
II.1.1.1.	Les indices Simple	22
II.1.1.2.	Les indices prenant en compte l'influence des sols	24
II.1.1.3.	Les indices prenant en compte les effets de l'atmosphère	25
II.1.1.4.	Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et l'atmosphère	26
II.1.1.5.	Les indices prenant en compte la température de surface La température de surface des sols.....	26
Chapitre III : Matériel et Méthode.....		28
III.1.	Présentation de la zone d'étude	28
III.2.	Les composants du PNEK	30
III.2.1.	Relief	30
III.2.2.	Sol	31
III.2.3.	Le climat	31
III.2.4.	Réseau hydrographique.....	32
III.2.5.	Patrimoine floristique.....	33
III.2.6.	Patrimoine faunistique.....	34
III.3.	Présentation de Drinc	34
III.4.	Présentation d'Arcgis.....	39
III.5.	La création des cartes d'occupation de sol.....	
Chapitre IV :résultat et discussions		
IV.1.	résultat de SPI.....	43
IV.2.	Analyse de l'occupation du sol.....	54
Conclusion		
المخلص.....		
Résumé		
Abstract		
Références bibliographique		

Liste des tableaux

	Pages
Tableau 1. Valeurs de l'indice SPI et types de sécheresse correspondants d'après Mckee (1993)	08
Tableau 2. Valeurs de l'indice RDI et types de sécheresse correspondants	09
Tableau 03 : Les bandes spectrales de l'instrument OLI (wikipedia, 2013).	19
Tableau 04 : Les bandes spectrales de l'instrument TIRS (wikipedia, 2013).	20
Tableau 05. Coordonnées géographiques des différentes stations.	32
Tableau 06 :La richesse des familles représentant la flore du PNEK.	36
Tableau 06 : Classe de sévérité de sécheresse selon (Mckee et <i>al.</i> , 1993)	39

Liste de figure

	Page
Figure 01. Les composants d'un SIG	16
Figure 02 : satellite géostationnaire	16
Figure 03 : satellite à défilement	17
Figure 04:L'étude de la végétation par la télédétection	21
Figure05. Localisation de la zone d'étude	31
Figure 06 : L'interface de DrinC	37
Figure 07 : Méthode de calcule de SPI dans drinC	38
Figure 08 : les résultats de SPI	39
Figure 09: Méthode de calcule de RDI dans DrinC	40
Figure 10 : l'interface de Arcgis	42
Figure 11 . SPI 01 mois station Ain El Assal.	45
Figure 12 . SPI 03 mois station Ain El Assal.	45
Figure 13 . SPI 06 mois station Ain El Assal.	46
Figure 14 . SPI 12 mois station Ain El Assal.	47
Figure 15. SPI 01 mois station Boutelja	47
Figure 16. SPI 03 mois station Boutelja	48
Figure 17. SPI 06 mois station Boutelja	49
Figure18. SPI 12 mois station Boutelja	49
Figure 19. SPI 01 mois station EL Kala	50
Figure 20. SPI 03 mois station EL Kala	51
Figure 21. SPI 06 mois station EL Kala	51
Figure 22 .SPI 12 mois station EL Kala	52
Figure 23. SPI 01 mois station Ain El Karma	53
Figure 24. SPI 03 mois station Ain El Karma	53
Figure 25. SPI 06 mois station Ain El Karma	54
Figure 26. SPI 12 mois station Ain El Karma	55
Figure 27: les cartes de l'indice NDVI des images LANDSAT8 (2015/2017)	57

Introduction

INTRODUCTION :

L'objectif de cette étude est de caractériser la sécheresse climatique et ses effets sur la dynamique de la végétation au niveau du PNEK. Quatre stations ont été choisies en fonction de la disponibilité des données à savoir : Ain El Asel (1968/2019), Ain El Karma (1968/2019), El Kala (1968/2019) et Boutheldja (1968/2019) pour le calcul de l'indice de précipitation normalisé (SPI) à l'aide du logiciel DrinC et l'utilisation des images satellitaires des années 2002 ; 2013 ; 2014; 2015et 2016 ;2017.pour déterminer l'indice de végétation NDVI. Cette région est caractérisée par un climat subhumide avec des précipitations interannuelles allant jusqu'à 900 mm. Néanmoins ces pluies sont irrégulières dans le temps et dans l'espace avec des périodes de sécheresse plus ou moins longues entraînant certaines perturbations du fonctionnement des écosystèmes.

La sécheresse peut se définir comme un épisode de manque d'eau, plus ou moins long mais suffisant pour que les sols et la flore soient affectés. Lorsque le manque d'eau se manifeste en hiver, il empêche le bon remplissage des réserves d'eau souterraines et superficielles, qui s'effectue à cette période de l'année. Car au-delà du mois d'avril, l'eau de pluie se trouve essentiellement absorbée par les plantes en pleine croissance, ou s'évapore du fait de la chaleur. La sécheresse peut également être accentuée par des températures élevées, notamment en été, qui provoquent un assèchement des sols et une évaporation plus importante de l'eau disponible.

Quand le phénomène de la sécheresse se prolonge toute une saison, ou au cours d'une période plus longue encore, les précipitations sont insuffisantes pour répondre aux besoins de l'environnement ce qui demande une surveillance faisant appel à bon nombre de méthodes différentes. Cette sécheresse est l'un des facteurs qui favorise l'assèchement des points d'eau.

INTRODUCTION

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.

Dans la "Déclaration de Lincoln sur les indices de sécheresse", des experts provenant de toutes les régions du monde ont adopté un indice de sécheresse météorologique universel destiné à faciliter la surveillance des sécheresses et la gestion des risques liés au climat. Ils ont convenu d'un Indice de précipitations normalisé (SPI) auquel les Services météorologiques et hydrologiques nationaux du monde entier devraient se référer pour décrire les sécheresses météorologiques. Le SPI est un indice basé sur la probabilité de survenance des précipitations, quelle que soit l'échelle de temps considérée, par référence aux relevés effectués sur de longues périodes.

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 (Guttman, 1994).

SPI ayant une méthodologie de calcul complexe, différents programmes de calcul peuvent être téléchargés gratuitement dont les plus connus sont: SPI_SL_6.exe et le logiciel DrinC.

Les études du suivi de la végétation permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus de déforestation, de dégradation et de perte en biodiversité, Depuis une vingtaine d'années, la télédétection spatiale a été appliquée à l'étude des écosystèmes africains dans divers domaines : suivi de la végétation, détection des feux, mesure de la dégradation forestière (Philippe, 2003). La meilleure procédure pour mesurer les changements de la

INTRODUCTION

végétation due à l'activité anthropique est l'étude multi-date de la couverture végétale (Lambin et al. La présente étude vise à comprendre comment évoluent le couvert végétal naturel et agricole d'un secteur méditerranéen situé au Nord-est de l'Algérie, le secteur du Parc National d'El Kala, (PNEK). Comme cet espace est devenu un parc national, il est susceptible de connaître une évolution favorable en raison des mesures de protection qui y sont développées depuis plus de 30ans.

Chapitre 1

Le phénomène de la sécheresse

Chapitre 1 : le phénomène de la sécheresse

I.1 Définition de la sécheresse :

Une sécheresse se définit comme un déficit hydrique d'une composante (au moins) du cycle hydrologique (Wilhite, 2000). La sécheresse est un phénomène naturel qui pose de nombreux problèmes à travers le monde notamment dans les pays sous-développés ou les effets peuvent être néfastes (Soro et al., 2014). Selon Obassi (1994), près de 1,3 milliards de personnes sont mortes pour des causes directes ou indirectes de la sécheresse. L'Algérie est particulièrement concernée par les effets de la sécheresse causée principalement par les changements climatiques.

I.2 Types de sécheresse

Il existe plusieurs types de sécheresse à savoir météorologique, hydrologique, agricole et socio-économique.

I.2.1 Sécheresses météorologiques

Elles sont basées sur le degré d'aridité d'une période sèche par rapport à la normale (médiane ou moyenne). Sur la durée de cette période sèche, les définitions doivent être considérées spécifiques à une région puisque les conditions météorologiques normales changent grandement d'une région à l'autre (Mellouk et Ghali, 2019).

I.2.2 Sécheresses hydrologiques :

Tate et Gustard(2000), décrivent deux autres types de définitions des sécheresses basées sur les eaux souterraines et la gestion des opérations. Les sécheresses en eaux souterraines existent lorsque la recharge des aquifères est inférieure à la recharge annuelle moyenne sur

une période de plus d'un an, puisque peu de données concernant les aquifères sont disponibles.

I.2.3 Sécheresses agricoles

Elles font un rapport entre les caractéristiques des sécheresses météorologiques ou hydrologiques et les impacts sur le milieu agricole. Elles portent sur l'insuffisance des précipitations, la différence entre l'évapotranspiration réelle et potentielle, et le manque en eau des sols et des réserves hydriques. Ces sécheresses dépendent grandement des conditions climatiques, des caractéristiques biologiques et phénologiques des cultures ainsi que des propriétés physiques et biologiques des sols (Beaudin, 2007).

I.2.4 Sécheresses socio-économiques

Elles définissent le lien entre l'offre et la demande d'un bien économique. Certains éléments des sécheresses météorologiques, hydrologiques ou agricoles dépendent de la variation temporelle et spatiale de l'offre et de la demande de ce bien économique. Il y a une sécheresse socio-économique lorsque la demande pour un bien excède l'offre à cause d'un manque hydrique relié au climat (Gherbi, 2017).

Les indicateurs de sécheresse

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.

I.3.1 Indice Standardisé des Précipitations (SPI)

L'indice standardisé des précipitations (SPI) (Standardized Précipitation Index) a été développé par McKee et al (1993). 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 (1):

$$SPI = \frac{P_i - P_m}{S} \dots \dots \dots (1)$$

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.

L'Etude de cet indice permet également de distinguer les années sèches des années humides ou bien 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.

Les valeurs de l'indice SPI et types de sécheresse correspondants (McKee, 1993) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 1. Valeurs de l'indice SPI et types de sécheresse correspondants d'après McKee (1993)

2,0 ou plus	Extrêmement humide
1,5 à 1.99	Très humide
1 à 1,49	Modérément humide
-0.99 à 0.99	Proche de la normale

-1 à -1.49	Modérément sec
-1,5 à -1,99	Très sec
-2,0 et moins	Extrêmement sec

I.3.2 Indice de reconnaissance de sécheresse (RDI)

L'indice de reconnaissance de sécheresse (RDI) (Reconnaissance Drought Index) est utilisé pour mesurer la gravité de la sécheresse en termes agricoles, parce que notre intérêt réside dans l'élaboration d'un outil pour aider les agriculteurs à se couvrir contre les risques de chute des rendements agricoles (Tsakiris et Vangelis, 2005).

Pour toute période au cours d'année i , le RDI peut être calculée comme(2) :

$$RDI_i = \frac{\sum_{j=1}^m P_{ij}}{\sum_{j=1}^m PET_{ij}} \dots \dots \dots (2)$$

$$i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, m$$

Où P_{ij} et PET_{ij} sont la précipitation et l'évapotranspiration potentiel, respectivement, le mois j de l'année i , m est le nombre de mois observés dans l'année i , et N est le nombre d'années observées

Tableau 2. Valeurs de l'indice RDI et types de sécheresse correspondants

2,0 ou plus	Extrêmement humide
1,5 à 2,0	Modérément humide
1 à 1,5	Normale à l'humidité légère
0 à 1	Normale à la sécheresse légère
-0,99 à 0	Une sécheresse légère

-1,0 à -1,5	Sécheresse modérée
-1,5 à -2,0	Sécheresse sévère
-2,0 ou moins	Sécheresse extrême

I.3.3 Indice d'humidité des cultures (CMI)

L'indice d'humidité des cultures (CMI) (CropMoisture Index) utilise une approche météorologique pour comparer les conditions d'humidité à différents endroits, parce qu'il est conçu pour surveiller les conditions d'humidité à court terme affectant un développement des cultures. La CMI n'est pas un bon outil à long terme de suivi de la sécheresse (Gherbi, 2017).

Cet indice définit les sécheresses en fonction de la magnitude et du déficit en évapotranspiration avec(3) :

$$\text{CMI} = \text{EAI} + \text{WI} \dots \dots \dots (3)$$

Où :

WI : (Wetness Index) recharge du sol combinée au ruissèlement.

EAI : (Evaporation Anomaly Index) indice d'anomalie d'évaporation.

I.3.4 Indice de l'approvisionnement en eau de surface (SWSI)

L'indice d'approvisionnement en eau de surface (SWSI) (Surface Water Supply Index) est un indicateur normalisé qui permet de comparer différentes régions, généralement pour des périodes mensuelles. C'est un indicateur des conditions hydriques spécialement développé pour les régions où la fonte des neiges est la principale source d'écoulement des eaux superficielles.

Le SWS+/I est simple à calculer et donne une mesure de l'approvisionnement en eau superficielle, par contre, un réarrangement des stations amène à refaire les distributions de fréquence de chaque station et un changement dans l'exploitation du bassin signifie le

développement d'un nouvel algorithme. Il est donc difficile de maintenir une série temporelle de cet index (Gherbi, 2017)(4) :

$$\text{SWSI} = [(a * \text{PNsp}) + (b * \text{PNpcp}) + (c * \text{PNrs}) - 50] \dots \dots \dots (4)$$

Où : a, b, c sont les poids associés à chaque composante et $a+b+c=1$

sp : couverture neigeuse équivalente en eau (mm) ; pcpc : précipitation (mm)

rs : réservoir (mm), PN : probabilité de ne pas excéder (%).

I.3.5 Les déciles

Cette notion a été développée par Gibbs et Maher (1967) pour pallier aux faiblesses du pourcentage à la normale. Cette approche permet de connaître la fréquence d'un événement. Elle divise la distribution des fréquences des événements en 10 parties représentant chacune 10 % de la distribution. Ces déciles continuent jusqu'à ce que la quantité de pluie identifiée par le dixième décile soit la plus grande quantité de précipitations dans l'enregistrement à long terme. Par définition, le cinquième décile est la médiane, qui est la quantité de précipitations ne dépassent pas 50% des occurrences sur la période d'enregistrement.

Chapitre II : Cartographie, SIG et Télédétection

II.1 Définition de La cartographie

L'Association internationale de cartographie (AIC) définit la cartographie comme la discipline qui s'occupe de la conception, de la production, de la diffusion et de l'étude des cartes. La cartographie englobe donc tout le processus de la création de cartes (AIC, 2016). En outre, la cartographie a pour objet la conception, la préparation, la rédaction et la réalisation de tous les types de plans et de cartes. Elle implique notamment l'étude de l'expression graphique des phénomènes, de la surface terrestre, à représenter (Poidevin, 1998). Une carte est selon le dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés « une représentation fondée sur un langage, caractérisé par la construction d'une image analogique d'un espace » (Lussault & Lévy, 2003).

Les différentes branches de la cartographie

La cartographie, comme toute autre discipline, a plusieurs branches qui ont pour objet d'étude, une partie restreinte du domaine général de cette discipline : la cartographie mathématique, la cartographie topographique, la cartographie thématique et la cartographie numérique (Cavayas, 2011).

➤ La cartographie thématique

Elle traduit les relations spatiales entre plusieurs phénomènes ou thèmes en les exposant sous forme de représentations graphiques. C'est un outil de communication, d'analyse et d'aide à la décision mettant en lumière plusieurs variables (Esri France)

➤ La cartographie topographique

Elle propose une illustration détaillée et exacte des éléments anthropiques et naturels qui se trouvent sur le terrain, par exemple, les routes, les chemins de fer, les lignes de transport d'électricité, les courbes de niveau, les altitudes, les rivières, les fleuves, les lacs et les noms géographiques (ressources naturelles Canada, 2014).

➤ **La cartographie numérique**

Est une branche relativement nouvelle de la cartographie. Son objectif est de rendre le processus cartographique reproductible par l'ordinateur et ses périphériques. La cartographie thématique se définit comme « une opération qui consiste à transcrire, sur un fond topographique représentant le relief, l'hydrographie, les localités, les voies de communication, ou une partie seulement de ces éléments, les indications relatives à la localisation d'un phénomène supplémentaire qui constitue le thème » (Ozenda, 1986).

➤ **La cartographie mathématique**

Étudie les projections cartographiques et les propriétés géométriques des cartes résultantes.

II.1.1 Définition du SIG

De nombreuses définitions d'un système d'information géographique (SIG) existent. On ne retiendra que les définitions les plus simples, on peut se référer aux deux définitions suivantes : Selon Berger et al. (2005), un SIG peut être défini comme un ensemble de coordonnées d'opérations généralement informatisées destinées à transcrire et à utiliser des données géographiques sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes sources accessibles : bases de données, savoir-faire, capacité de traitement selon les applications demandées.

La seconde définition retenue est comme suit : Le SIG est l'ensemble des matériels et logiciels informatiques ainsi que des données géographiques avec lesquels les utilisateurs interagissent pour intégrer, analyser et visualiser les données, identifier les relations, les schémas et les tendances et trouver des solutions aux problèmes. Ce système est destiné à la capture, au stockage, à la mise à jour, à la manipulation, à l'analyse et à l'affichage des informations géographiques. Un SIG sert habituellement à représenter des cartes sous forme de couches de données qui peuvent être étudiées et utilisées à des fins d'analyse (ESRI, 2004).

II.1.2 Domaines d'application du SIG

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Habert (2000), donne une liste de ces principales applications :

- ✓ Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- ✓ Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- ✓ Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement)
- ✓ Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- ✓ Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- ✓ Hydrologie
- ✓ Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- ✓ Géologie (prospection minière)
- ✓ Biologie (études du déplacement des populations animales)
- ✓ Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

II.1.3 Les composants d'un SIG

Un SIG est constitué de cinq composants majeurs tels que présentés par la Figure 2

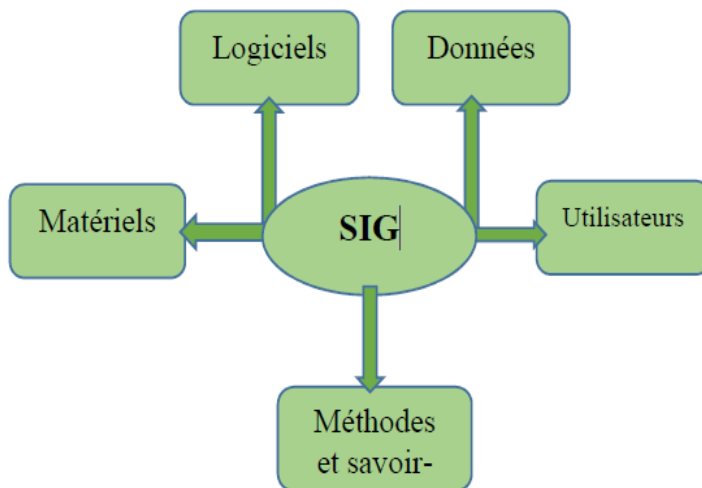


Figure 3. Les composants d'un SIG (Source : ESRI, 2004)

➤ Les matériels informatiques

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

➤ Les logiciels

Ils assurent les fonctions suivantes : saisie des informations géographiques sous forme numérique (Acquisition) ; gestion de base de données (Archivage) ; manipulation et interrogation des données géographiques (Analyse) ; mise en forme et visualisation (Affichage) ; représentation du monde réel (Abstraction) ; la prospective (Anticipation). Selon la même source (ESRI, 2004), les logiciels qui sont utilisables dans le domaine des systèmes d'information géographique il y a : L'ARCGIS, MAPINFO, ENVIE, ERDAS, SURFER...

➤ Les données

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

➤ **Les utilisateurs**

Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur internet, la communauté des utilisateurs du SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

II.2 Télédétection

Qu'est-ce que la télédétection ?

La télédétection renvoie aux activités d'enregistrement, d'observation et de perception (détection) des objets ou des événements dans des endroits éloignés (à distance). Dans la télédétection, les capteurs ne sont pas en contact direct avec l'objet ou l'évènement observés. Plus précisément, la télédétection désigne la science et la technologie d'acquisition de l'information existante sur la surface terrestre (continents, océans) et l'atmosphère, en utilisant des capteurs fixés sur des aéroportés (avions, aérostat) ou sur les satellites (Weng, 2010). On peut également trouver que la télédétection est définie comme la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à

analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (CCT, 2008). D'une manière générale on distingue deux moyens de télédétection : 'active' et 'passive'. La Télédétection passive est l'enregistrement du rayonnement naturel, fourni par la lumière ou la chaleur, qu'il soit émis, réfléchi ou réfracté (ex : photographies aériennes) du paysage éclairé par la lumière du soleil ainsi que certaines images satellitaires comme SPOT, LANDSAT, IKONOS. La télédétection active est l'enregistrement du rayonnement que réfléchit l'objet ou le paysage illuminé par l'opérateur (ex: images radar).

Les satellites d'observation de la terre :

Les satellites d'observation de la Terre occupent différentes orbites (figures 02 et 03) :

➤ **Orbite géostationnaire** : Un satellite géostationnaire est placé sur une orbite équatoriale (l'angle entre le plan orbital et le plan équatorial, ou inclinaison, est nul) à 35. 800 km d'altitude. Il tourne à la même vitesse angulaire que la Terre. Il apparaît immobile pour un observateur terrestre. Il ne peut observer qu'une partie de la Terre. Les satellites METEOSAT (France), GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites, USA), GMS (Japon) et INSAT (Inde) sont géostationnaires (Figure 02).

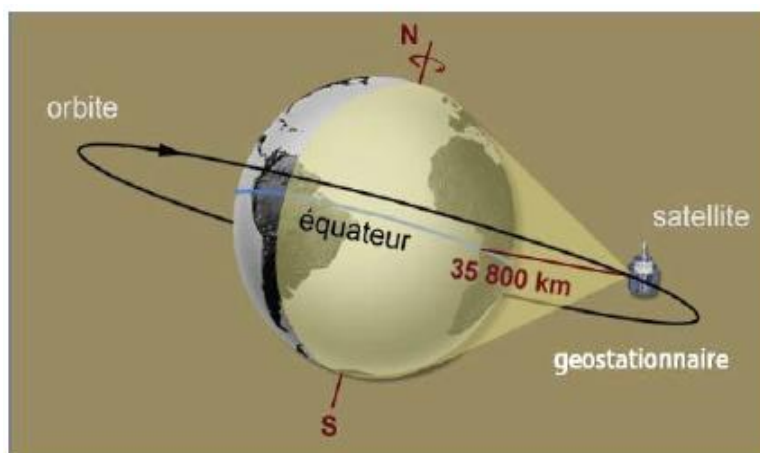


Figure 02 : satellite géostationnaire

➤ **Orbite héliosynchrone** : Les satellites ont une orbite quasi-circulaire polaire (inclinaison $\approx 90^\circ$) à une altitude située entre 700 et 900 km. Le plan orbital est théoriquement fixe, et la trace (projection de la trajectoire du satellite sur la surface terrestre) se décale d'un certain angle vers l'ouest du fait de la rotation de la terre. Ce sont des satellites à défilement qui peuvent observer la totalité de la surface terrestre. Le satellite français SPOT et le satellite américain LANDSAT circulent sur ce type d'orbite.

➤ **Orbite circulaire quelconque** : comme pour les satellites TIROS, NOAA et ERS-1. (Figure 03).

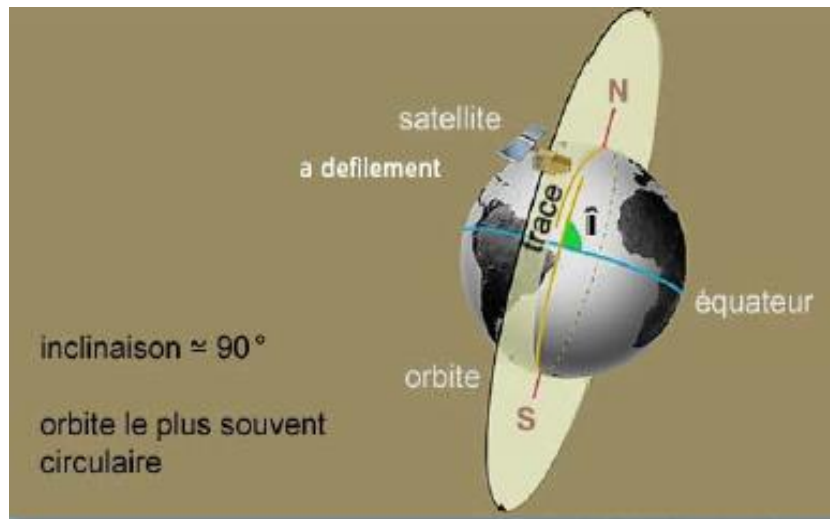


Figure 03 : satellite à défilement

Le satellite Landsat-8/LDCM :

Selon wikipedia (2013), le satellite Landsat-8/LDCM (Landsat Data Continuity Mission), qui a été lancé le 11. février 2013. par une fusée Atlas V 401, est entièrement différent de la génération précédente. Sa masse au lancement est de 2623. kg et il emporte 386 kg d'hydrazine. Il utilise une plateforme stabilisée 3. axes SA-2000HP utilisé précédemment par les missions Deep Space 1 et Coriolis. Le contrôle d'attitude utilise 3. viseurs d'étoiles, une

centrale à inertie, 12. senseurs de Soleil, deux récepteurs GPS redondants et deux magnétomètres tri-axial. Les changements d'orientation sont réalisés à l'aide de 6 roues de réaction, trois magnéto-coupleurs et 8 moteur-fusées d'une poussée unitaire de 22. Newtons avec un delta-V total de 334. m/s. Les panneaux solaires sont positionnés sur une aile unique dotée d'un degré de liberté et fournissent 4300 Watts en fin de vie. Les télécommunications se font en bande X pour les données (débit 440 mégabits/s) et bande S pour la télémétrie et la réception des commandes³. La capacité d'enregistrement des données de LANDSAT-8 est insuffisante pour permettre au satellite d'observer toutes les terres émergées à chaque passage. Seuls les Etats-Unis seront observés systématiquement, pour le reste du monde, le système de programmation utilisant des prévisions météorologiques devrait toutefois permettre d'observer 80% des pixels non nuageux, selon les études de la NASA.

Les instruments embarqués sont les suivants :

- OLI (Operational Land Imager) est l'instrument principal. Ce radiomètre multispectral acquiert des images dans neuf bandes spectrales allant du visible au moyen infra-rouge. 7 de ces bandes spectrales étaient déjà présentes sur l'instrument ETM+ de Landsat-7, Deux canaux supplémentaires ont été ajoutés, destinés principalement à la correction atmosphérique (canal bleu à 440 nm) et à la détection des nuages (1380 nm).

Enfin, les bandes dans l'infrarouge thermique sont maintenant confiées à l'instrument TIRS. La technologie utilisée sur OLI est radicalement différente de celle des instruments précédents. Le scanner à miroir oscillant (whiskbroom) est remplacé par une barrette fixe de détecteurs qui capte les données sur toute la largeur du champ optique (capteur en peigne ou pushbroom). L'instrument utilise une technologie testée à bord du satellite expérimental EO-1. La résolution optique est de 30 mètres sur toutes les bandes sauf sur la bande panchromatique (15. m) (Tableau 01).

Tableau 01 : Les bandes spectrales de l'instrument OLI (wikipedia, 2013).

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 1 - Côtier/aérosol	0,433 – 0,453 μm	30 m
Bande 2 – Bleu	0,450 – 0,515 μm	30 m
Bande 3 – Vert	0,525 – 0,600 μm	30 m
Bande 4 – Rouge	0,630 – 0,680 μm	30 m
Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 – 0,885 μm	30 m
Bande 6 - Infrarouge à ondes courtes	1,560 – 1,660 μm	30 m
Bande 7 - Infrarouge à ondes courtes	2,100 – 2,300 μm	30 m
Bande 8 – Panchromatique	0,500 – 0,680 μm	15 m
Bande 9 – Cirrus	1,360 – 1,390 μm	30 m

➤ TIRS (Thermal Infrared Sensor) est un radiomètre multispectral infrarouge à deux canaux qui fournit des données dans des longueurs d'ondes utilisées par les anciens satellites Landsat mais non repris dans l'instrument OLI. L'objectif est d'assurer la continuité des mesures effectuées par le passé. Comme OLI, TIRS utilise la technologie du pushbroom. La

résolution des images est de 100 mètres, contre 60m pour les bandes thermiques de Landsat-7. Pour répondre aux caractéristiques propres à l'infrarouge thermique il met en œuvre des capteurs QWIP relevant d'une technologie arrivée à maturité récemment. La décision d'inclure cet instrument dans la charge utile a été prise tardive et le développement est effectué par la NASA. Sa durée de vie nominale est de trois ans (Tableau 02).

Tableau 02 : Les bandes spectrales de l'instrument TIRS (wikipedia, 2013).

Bande spectrale	Longueur d'onde
Bande 10 - Infrarouge à grande longueur d'onde	10,30 – 11,30 μm
Bande 11 - Infrarouge à grande longueur d'onde	11,50 – 12,50 μm

II.2.1 L'application de la télédétection pour l'étude de la végétation

Le champ d'application de la télédétection pour l'étude de la végétation est très vaste. Les Acquisitions ont été utilisées dans maintes études : description, identification et cartographie de la végétation et de l'occupation du sol, déforestation tropicale, photosynthèse et évapotranspiration, biomasse, productivité des systèmes agricoles, phénologie forestière, coupes et régénération, défoliation foliaire et dépérissement des couverts forestiers (Soudani, 2005). Le principe de la télédétection pour l'étude de la végétation selon le centre canadien de télédétection (CCT) (2008), repose sur la chlorophylle qui absorbe fortement le rayonnement aux longueurs d'onde du rouge et du bleu, mais réfléchit le vert. Les scientifiques utilisent d'ailleurs l'infrarouge pour déterminer l'état de santé de la végétation (Figure 10). D'après le CCT (2008), Les applications de la télédétection sont résumées dans les points suivants :

- ✓ La surveillance de la diminution des ressources forestières.
- ✓ La mise à jour du couvert forestier.
- ✓ La mesure des propriétés biophysiques des forêts.
- ✓ La collecte d'informations sur les récoltes forestières.
- ✓ Les types de forêts et l'identification des espèces.
- ✓ La mise à jour des inventaires pour la demande de coupe.
- ✓ La densité de végétation.
- ✓ La surveillance de la qualité et la santé des forêts.
- ✓ Les mesures de biomasse.
- ✓ L'identification des dommages subit par les forêts.
- ✓ La surveillance de la diversité des forêts de la Terre.
- ✓ La cartographie des zones en feu ou brûlées.

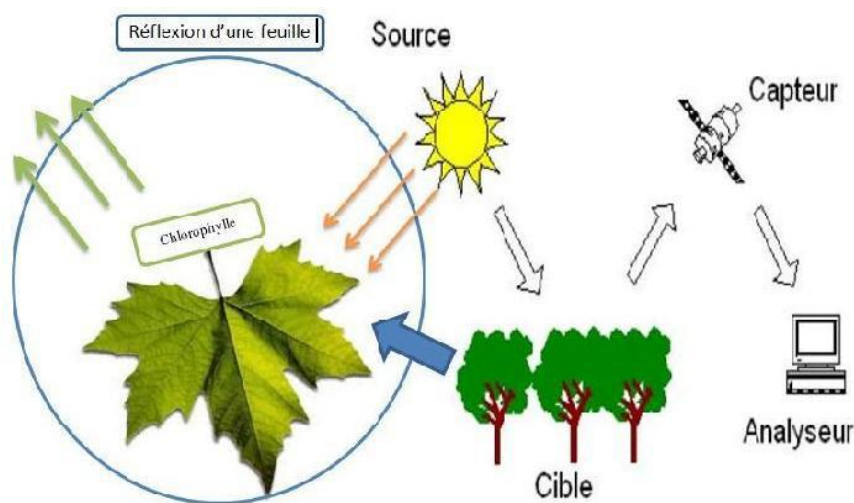


Figure 04 :L'étude de la végétation par la télédétection (Source : ESRI, 2004)

II.2.3 Définition de l'imagerie satellite

Les images recueillies par les satellites d'observation sont, dans leur quasi-totalité, diffusées à la fois sous forme de reproductions photographiques et sous forme de données numériques. Cette seconde forme de diffusion est produite sur des supports magnétiques

et elle bénéficie du perfectionnement actuel de la technologie des matériels d'affichage et de visualisation en couleur, ainsi que de l'abondance des logiciels de traitement informatique qu'a notamment suscité l'implantation massive de la micro-informatique (Gérard, 1987).

II.2.3 Utilité des images satellitaire dans la foresterie

Nous pouvons citer les avantages suivants (ESRI, 2008) :

- ✓ Cartographie de la composition forestière
- ✓ Capacité à mesurer un ensemble de caractéristiques, telles que la surface totale et la
- ✓ Surface terrière des forêts, la hauteur dominante du peuplement, le volume de bois, la
- ✓ Croissance du peuplement, la productivité, la densité de végétation.
- ✓ Mise à jour des cartes topographique et l'occupation des sols
- ✓ Détection des risques d'incendie de forêts
- ✓ Fusion des données optiques et radar pour la cartographie forestière
- ✓ Détection des changements des étendues forestières dans le temps

II.2.4 Présentation générale des satellites utilise dans la télédétection

Les satellites d'observation de la Terre varient selon leur type d'orbite, leur charge utile et, du point de vue des instruments d'imagerie, de la résolution spatiale des capteurs, de leurs caractéristiques spectrales et de la largeur de leur bande d'acquisition. Tous ces paramètres sont configurés au début de la phase de définition de la mission en fonction de l'application à laquelle est destiné le satellite (The Global Land Cover Facility).

La première étape d'un projet utilisant des données de télédétection selon Lassieur (2006), est de choisir le capteur qui convient le mieux à l'étude. Ce choix doit répondre à plusieurs conditions :

- ❖ Dans le cas d'une analyse multi temporelles, la période de « revisite », la disponibilité des données d'archives et la continuité du programme doivent être considérées.
- ❖ L'emprise de chaque scène individuelle doit également correspondre à l'échelle de la zone à étudier. En effet, il est plus facile d'analyser une scène unique qu'une mosaïque de scènes.
- ❖ La résolution et les propriétés spectrales doivent permettre d'identifier le phénomène.

Tous ces paramètres doivent être combinés de façon à obtenir le meilleur compromis. De plus, le coût des images joue un rôle important dans la décision finale. La plupart des capteurs disponibles aujourd'hui ont la capacité d'acquérir des images dans différents modes spectraux.

II.2.5 Les principaux indices de végétation

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années. Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes. On a l'habitude de les classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux, tels que l'influence de l'atmosphère, la contribution spectrale des sols, la teneur en eau des végétaux (indices de sécheresse) etc (université de paris).

Nous présentons dans ce qui suit les Cinq familles d'indices utilisés

II.2.5.1 Les indices simples

Les indices de végétation les plus simples sont basés sur des opérations arithmétiques entre deux bandes spectrales, généralement le rouge et le proche infrarouge, mais également les bandes du proche et du moyen infrarouge. Il existe cinq indices simples

a) **IB** : Indice de Brillance (en anglais Index Brightness) Il permet de faire clairement la distinction entre les surfaces végétalisées et les sols nus. Sa formule est la suivante :

$$IB = \sqrt{\rho R^2 - \rho PIR^2} \dots \dots \dots (5)$$

b) **DVI** : Indice différentiel de végétation cet Indices est le plus élémentaire et le plus ancien, renseigne sur une couverture suffisante ou non du sol par la végétation. Permet une bonne discrimination des éléments du paysage qui est égal à la simple différence des bandes du proche infrarouge et du rouge sa formule est la suivante (BENKAHLA, 2011) (6) :

$$DVI = \rho PIR - \rho R \dots \dots \dots (6)$$

Où ρR : Réflectance dans la bande rouge

ρPIR : Réflectance dans la bande proche infrarouge

c) **RVI** : L'indice de végétation par quotient s'exprime également de façon très simple. Il est égal au rapport entre les bandes du PIR et du rouge son expression est (7):

$$RVI = \rho PIR / \rho R \dots \dots \dots (7)$$

Remarque : L'inconvénient de ces indices est qu'ils sont très sensibles aux variations atmosphériques, ainsi qu'à la contribution spectrale des sols. En outre, lorsque la végétation est très dense, la réflectance dans la bande rouge devient très faible, ce qui entraîne une saturation des valeurs de l'indice RVI(Cours EnvCAL) .

D) **NDVI** : L'indice de végétation par différence normalisé il permet de mesurer l'intensité de vert des forêts d'une zone donnée, et indique la masse de végétation présente dans celle-ci, résultant de l'analyse de données satellitaires(cours EnvCAL)Sa formule est la suivante(8):

$$\text{NDVI} = (\rho_{\text{PIR}} - \rho_{\text{R}}) / (\rho_{\text{PIR}} + \rho_{\text{R}}) \dots \dots \dots (8)$$

E) NDWI (Normalized Difference Water Index) Indice de stress hydrique Il permet de déceler lorsque les végétaux sont en état de stress hydrique et sont par conséquent très utiles pour le suivi de la végétation en zone sèche. Il utilise la bande spectrale du moyen infrarouge à la place de la bande rouge. Ce indice varie en fonction de la teneur en eau des feuilles(cours EnvCAL)(9).

$$\text{NDWI} = (\rho_{\text{PIR}} - \rho_{\text{MIR}}) / (\rho_{\text{PIR}} + \rho_{\text{MIR}}) \dots \dots \dots (9)$$

Où :

ρ_{MIR} : Reflectance dans la bande infrarouge moyenne.

ρ_{PIR} : Réflectance dans la bande proche infrarouge.

II.2.5.2 Les indices prenant en compte l'influence des sols

Ces indices ont été proposés pour et réduire l'influence des sols sous-jacents aux couverts végétaux sur le signal mesuré au niveau du capteur satellitaire. Les indices les plus développés sont :

a) PVI (Perpendicular Vegetation Index) : L'indice perpendiculaire de végétation Il permet de produire des isolignes de végétation parallèles à la droite des sols, ce qui n'est pas très représentatif de la réalité(université paris)(10).

$$\text{PVI} = 1 / (\rho_{\text{PIR}} / a\rho_{\text{R}}) \dots \dots \dots (10)$$

Où :

a : pente de la droite des sols dans l'espace (R, PIR)

b : ordonnée à l'origine de la droite des sols.

b) SAVI (Soil-AdjustedVegetation Index) : Indice de végétation ajusté pour le sol qui introduit un paramètre d'ajustement, noté L, qui caractérise le sol et son taux de recouvrement par la végétation. Le paramètre L prend la valeur de 0,25 pour une forte densité et de 1 pour une très faible densité de végétation. Pour des densités intermédiaires, il est égal à 0,5(11).

$$\text{SAVI} = (\rho_{\text{PIR}} - \rho_{\text{R}}) / (\rho_{\text{PIR}} + \rho_{\text{R}} + L) (1 + L) \dots \dots \dots (11)$$

Où :

L est une constante égale à 0,5. (université de Paris)

II.2.5.3 Les indices prenant en compte les effets de l'atmosphère

a) ARVI (AtmosphericallyResistantVegetation Index) : Un indice qui permet de réduire les effets atmosphériques en utilisant la bande bleue.

$$\text{ARVI} = \rho_{\text{PIR}} - \rho_{\text{rb}} / \rho_{\text{PIR}} + \rho_{\text{rb}} \dots \dots \dots (12)$$

Où :

ρ_{rb} : une combinaison des réflectances dans les bandes spectrales bleu et rouge.

$$\rho_{\text{rb}} = \rho_{\text{rouge}} - Y (\rho_{\text{bleu}} - \rho_{\text{rouge}})$$

y: est un facteur d'autocorrection atmosphérique qui dépend du type d'aérosols présents. Il est calculé à partir des réflectances intrinsèques de l'atmosphère dans les bandes bleue et rouge.

b) GEMI (Global Environmental Monitoring Index) Un indice qui a une relation non linéaire pour minimiser l'influence de l'atmosphère sur la mesure de l'indice de végétation(cours EnvCAL)(13)(14).

$$\text{GEMI} = \eta(1 - 0.25 \eta) - (\rho_{\text{rouge}} - 0.25) / (1 - \rho_{\text{rouge}}) \dots \dots \dots (13)$$

avec :

$$\eta = 2(\rho PIR^2 - \rho R^2) + 1.5 \rho PIR + 0.5 \rho PIR / (\rho PIR - \rho R + 0.5) \dots \dots \dots (14)$$

II.2.5.4 Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère

En combinant les indices présentés ci-dessus, notamment le SAVI et l'ARVI, Ils permettent de corriger les effets conjugués des sols et de l'atmosphère, Comme EVI (Enhanced Vegetation Index)(cours EnvCAL)(15).

$$EVI = G [(\rho PIR - \rho R) / (\rho PIR + C1\rho R - C2 \rho R + L)] \dots \dots \dots (15)$$

Où :

G: facteur de gain (égal à 2,5).

L: facteur d'ajustement des sols.

C1 et C2 : coefficients de correction de la diffusion atmosphérique

II.2.5.5 Les indices prenant en compte la température de surface La température de surface des sols :

Est reliée à l'indice de végétation par une relation linéaire décroissante.

La végétation régule la température de surface en absorbant l'énergie rayonnante et en la réémettant sous forme de chaleur latente via le processus d'évapotranspiration. (université de Paris)

a) TDVI (Temperature Vegetation Dryness Index)

Son expression est la suivante(16) :

$$TDVI = (TS - TS (min)) / (a + b NDVI - TS (min)) \dots \dots \dots (16)$$

Où :

TS : température de surface.

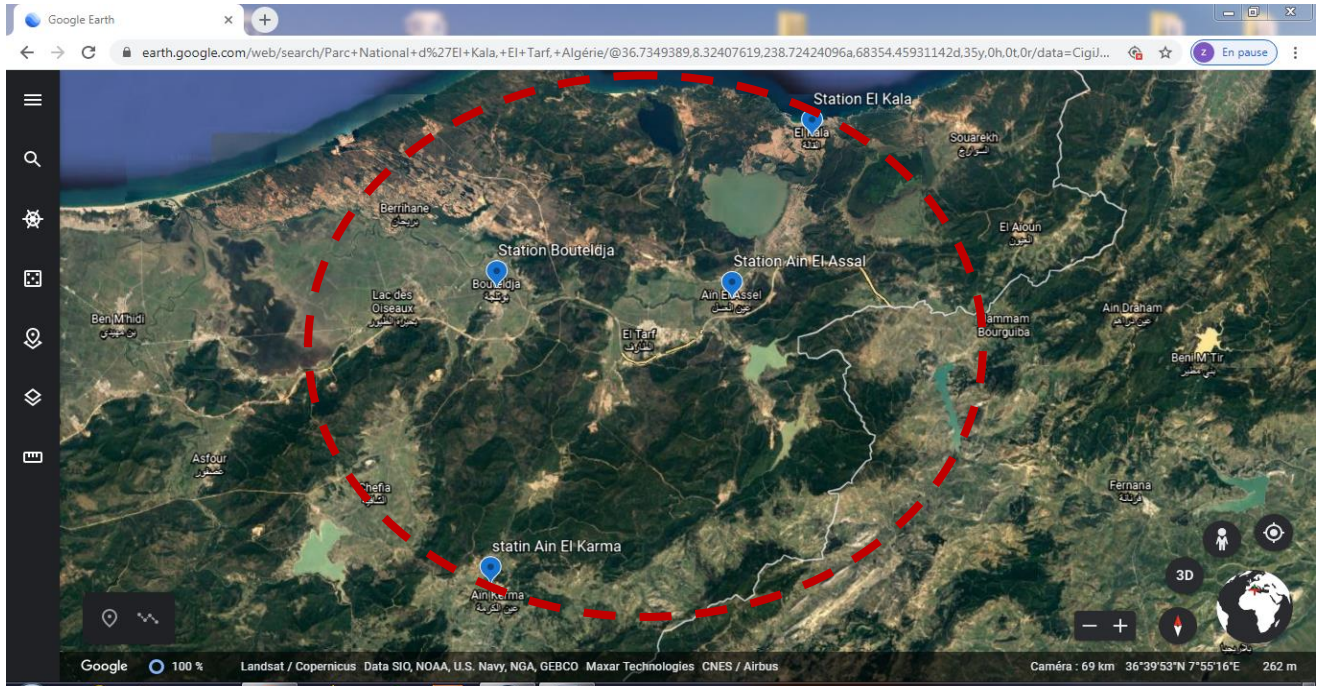
TS (min): température de surface minimum.

b: respectivement ordonnée à l'origine et pente de la droite reliant la température de surface au NDVI maximum.

Chapitre III : Matériel et Méthode

III.1 Présentation de la zone d'étude

Le parc national d'El Kala est situé au nord-est de l'Algérie à 70km de la ville d'Annaba et est limitrophe avec la frontière de la Tunisie. Le parc d'El-Kala a été classé parc national en 1983 et réserve mondiale de la biosphère en 1990 par l'UNESCO. Géographiquement, il est situé entre 36°52' de latitude Nord et 8°27' de longitude Est. Le parc s'étend sur une superficie de 76 438 ha ce qui en fait l'un des plus grands parcs nationaux d'Algérie. Le parc comprend plusieurs ensembles naturels et variés comme des lacs, montagnes, et rivières ainsi qu'une grande façade maritime. L'écosystème forestier est principalement composé de forêts de chênes zéen, de chênes-liège, de bruyères, d'oliviers, de filaires, d'arbousiers, de myrtes, de diss et d'eucalyptus. L'écosystème lacustre abrite une flore variée avec une prédominance d'espèces rares comme le peuplier blanc et noir, le cyprès chauve, l'aulne glutineux et des nénuphars à fleur jaune. L'écosystème marin et littoral abrite des formations de corail rouge et d'herbier à posidonies. Au niveau des dunes on note un peuplement de pins maritime, pins d'Alep et de chênes kermès. Le point culminant du parc est le Mont El Ghorra à 1202 mètres d'altitude.



Source (Google Earth ,2020)

Figure05. Localisation de la zone d'étude

Comptant parmi les régions de l'Algérie la plus arrosée, le parc national d'El Kala reçoit, selon les données de SELTZER(1946) pour la période de 1913 à 1938, une moyenne de précipitation de l'ordre de 865 mm dont une quantité tombe en altitude en hiver sous forme de neige. De même, les données récentes donnent une moyenne de 810 mm pour la période s'étalant entre 1984 et 1997. Selon BOUMEZBEUR& BOUTELDJI(2005), El-Kala bénéficie d'une forte pluviométrie qui fait d'elle une des régions les plus arrosées d'Algérie, se situant dans l'étage bioclimatique Subhumide chaud, le minimum absolu a été observé en décembre avec 6°C. et le maximum en août avec 39°C. Les vents de Nord-Ouest, les plus dominants et avec une vitesse moyenne variant de 3,3 à 4,8 m/s, apportent les précipitations les plus importantes venues de l'atlantique. A l'opposé, le Sirocco souffle principalement en été venant du Sud-Est, assèche l'atmosphère et favorise, avec les T° élevées, les incendies de forêts.

Tableau 03. Coordonnées géographiques des différentes stations.

Station	Longitude Est	Latitude Nord	Altitude (m)	Période d'observation	Annual P, mm	CV,%
Boutheldja	8° 22' 50''	36° 47' 10''	486	1968/2019	763.57	57
Ain El karma	8° 11' 39''	36° 35' 25''	157	1968/2019	739.79	31
Ain El Assel	8° 11' 54''	36° 47' 18''	52	1968/2019	786.8	50
El Kala	8° 26' 25''	36° 53' 10''	52	1968/2019	739.41	21

III.2 Les composants du PNEK

III.2.1 Relief

La barrière montagneuse est constituée d'un ensemble de montagnes à pente abrupte et d'une couverture forestière souvent en dégradation. Cette zone s'étale sur plus de 70 % du territoire et abrite d'importantes espèces végétales et animales. Le relief de cette zone est très accidenté marqué par un faciès argilo-gréseux d'âge Numidien à sous-sol imperméable favorisant l'écoulement de surface et développant un chevelu hydrographique très dense. Le pendage est important : 09% de pentes faibles, 11% moyennes et 80% fortes à très fortes, ce qui constitue exceptionnellement un paysage montagneux fortement disséqué par un réseau hydrographique dense (De Bélair, 1990). Des prolongements vers la mer de ce mouvement du relief sont observables aux Cap Rosa et Segleb. Cette barrière est marquée par un tapis végétal persistant de forêts de chêne lièges, oléastres, maquis....

III.2.2 Les sols :

Les sols sont intimement liés à la nature du substrat géologique et au climat d'une part.

D'autre part, à la présence ou à l'absence d'une hydromorphie, qu'elle soit permanente ou temporaire. En fonction de ces critères, les types de sols su PNEK sont du Nord au Sud .

➤ **L e s s o l s d u n a i r e s**

- Sur la partie littorale, le profil est très comparable à un régosol avec un pH élevé et une teneur en matière organique faible.

- Sur les dépressions et les parties inondées (hydromorphes), le profil présente un pH faible et une faible incorporation de la matière organique, ce qui donne une litière épaisse, ce qui donne la formation des tourbières de plusieurs mètres de profondeur.

➤ **L e s s o l s i n t e r - c o l l i n a i r e s**

Le profil présente un horizon B, cendrex et très lessivé, qui peut atteindre quelques mètres dans certains endroits, avec un pH acide.

➤ **L e s s o l s d e s m i l i e u x f o r e s t i e r s**

Sous bonne couverture végétale, Chêne liège et Chêne zen, sur des terrains en pente et sur un matériel géologique homogène (grès et argile de Numidie), le profil présente un pH largement acide, une bonne humification des horizons supérieurs, avec une litière de type Mull ou Moder. Il présente les caractéristiques des sols bruns forestiers.

III.2.3 Le climat

La région d'El Kala est située dans le climat méditerranéen chaud avec des températures pouvant atteindre 45 C°. Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver, avec 5 a 6 mois de gelée blanche par an. Au niveau de la mer, les températures atteignent très rarement 0 °C (Oumeddour et Bouden ,2000).

Le Parc National d'El Kala, en présence des zones humides est considéré comme un site particulièrement humide, avec un taux d'humidité qui varie entre 67% et 76% pour la période 2004 - 2010, avec un pic au mois de décembre (Djelloul, 2014).

III.2.5 Réseau hydrographique

➤ Les Oueds

Il prend sa source dans les hautes montagnes de Bougous pour rejoindre la mer méditerranéenne après avoir parcouru plus de 100 Km à travers les montagnes et le domaine des plaines côtières dessinant de nombreux méandres vu la faible pente d'écoulement dans les plaines d'El-Tarf, de Bouteldja... . Ce cours d'eau a subi un aménagement en amont de la localité de Mexna par la réalisation de deux retenues Il s'agit du barrage de Mexna à la confluence de d'Oued Bougous et Balouta pour former Oued El Kebir en amont de la station hydrométrique du pont d'Ain Assel, retenue dont la capacité de stockage est de l'ordre de 60 millions de m³.

➤ Les Lacs

cet écosystème est constitué par le complexe des zones humides qui sont représentées essentiellement par :

-Le lac Tonga : il occupe une vaste dépression côtière d'une superficie de 2600 ha. Et s'étend sur 7,5 km de long et 04 km de large. avec une profondeur moyenne de 1,5 à 2m.

-Le lac Oubeira : C'est une stagnation d'eau permanente d'environ 2200 ha, profond de 01 à 02 mètres au maximum comportant une lame de vase dépassant 50 cm d'épaisseur.

-Le Lac Mellah : C'est une lagune marine en communication avec la mer par un chenal de 900 m de longueur.

-Le lac Bleu : Avec une altitude moyenne de 03 m le lac Bleu constitue l'affleurement de la nappe aquifère du chapelet du cordon dunaire littoral (Nappe de Mziraa/Boumalek).

-Le lac noir : Le lac noir occupe une dépression dunaire en communication avec le niveau de la nappe phréatique (nappe du massif dunaire de Bouteldja), d'une superficie de 5 ha et d'une altitude moyenne de 35 m .

III.2.6 Patrimoine floristique

Riche d'environ 840 espèces, la flore se caractérise par un taux particulièrement élevé d'espèces endémiques, rares et très rares (De Bélair, 1990). Les familles présentant une richesse spécifique élevée en espèces rares sont indiquées dans le tableau 04.

Les forêts représentent un peu plus de la moitié (57%) des 305 000 hectares que compte la superficie de la wilaya d'El Tarf (174 000 hectares). Ceci met en évidence l'étendue de la couverture végétale et la place qui revient au secteur, qui s'en charge de la protection de la nature. Ce chiffre concerne toutes les formations végétales, aussi bien les forêts proprement dites que celles des pelouses qui bordent les zones humides ou couvrent les dunes littorales.

Les chênes sont dominants. 2000 ha de chênes zéen couvrent les reliefs dans les secteurs au-delà de 800m d'altitude, le chêne-liège et sa forme dégradée, le maquis, se partagent équitablement quelques 130 000 ha. Les ripisylves, avec les peupliers, l'orme et le frêne, et les aulnaies se partagent aussi un peu plus de 3000 hectares.

Tableau 04 :La richesse des familles représentant la flore du PNEK.

(Source : Benyacoub et al., 1998).

Famille	Nombre d'espèces
---------	------------------

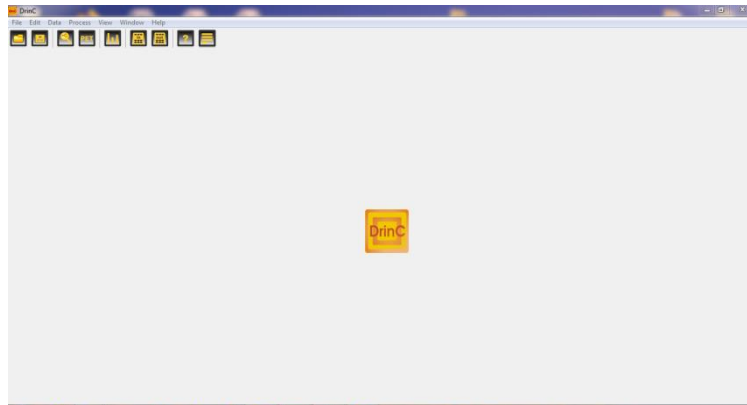
Apiacées	23
Fabacées	16
Astéracées	15
Poacées	15
Cypéracées	14
Brassicacées	12
Lamiacées	11
Caryophyllacées	10
Scrofulariacées	8
Orchidées	7
Onagracées	6

III.2.7 Patrimoine faunistique

La diversité des habits rencontrés au sein du parc a pour conséquence la présence d'une faune particulièrement riche et diversifiée. En effet, les principaux groupes systématiques y sont rencontrés, à savoir les mammifères, les oiseaux et les reptiles. Parmi ces différents groupes systématiques, ce sont incontestablement les oiseaux qui constituent la richesse faunistique la plus spectaculaire du parc. Concernant les mammifères, leurs effectifs ne cessent de régresser suite à l'action humaine destructive. Ils sont représentés par 37 espèces. Parmi ces espèces, le cerf de Barbarie constitue le mammifère le plus précieux de la région.

III.3 Présentation du DrinC

DrinC est un logiciel autonome qui fonctionne sous Windows (figure 06), l'objectif principal du logiciel est de faciliter la procédure de calcul des indices de sécheresse, qui peut être une tâche compliquée en particulier dans le cas de l'évaluation de distribution spatiale des indices.



Figur 06 :Interface de drinc

Les données nécessaires pour le fonctionnement de DrinC sont les précipitations annuelles ou mensuelles. Une série d'au moins 30 années des données doivent être disponibles pour obtenir des résultats fiables.

La base de référence primaire en DrinC est l'année hydrologique (Octobre - Septembre), donc la période de calcul par défaut commence à partir d'Octobre et les principales étapes de temps sont mensuelles, 3 mois, 6 mois et annuelles. Cependant, il est possible de définir d'autres étapes de temps (par exemple un, deux ou vingt-quatre mois).

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.

Description de l'indice normalisé de précipitations (SPI) :

L'indice SPI (MCKEE et al. 1993) 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 (figure 07) .

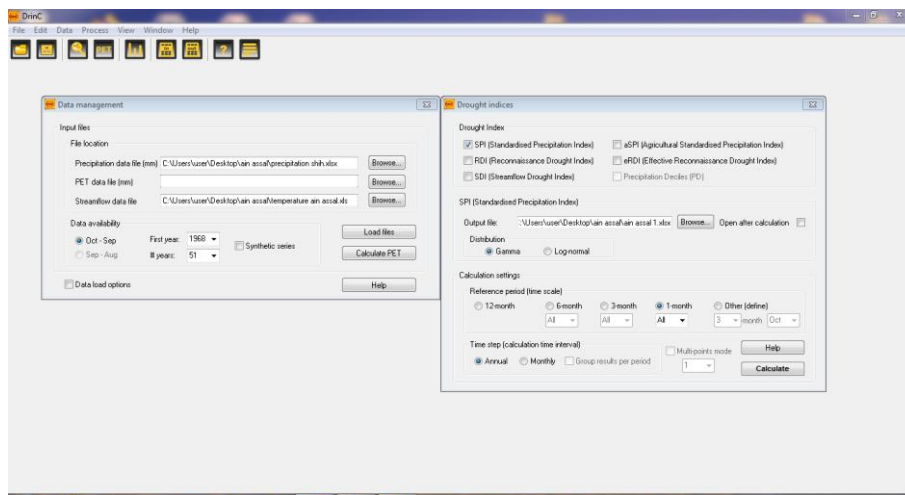


Figure 07 :Methode de calcul l'indice de SPI a partir de Drinc

SPI est calculé en prenant la différence de la précipitation de la moyenne pour une échelle de temps particulière, puis en le divisant par le déviation standard:

$$SPI = (X_{ik} - \bar{X}_i) / \sigma_i \dots \dots \dots (17)$$

σ_i = Écart standardisé pour la ith station

X_{ik} = Précipitation pour la ith station et kième observation

\bar{X}_i = Précipitations moyennes pour la ith station

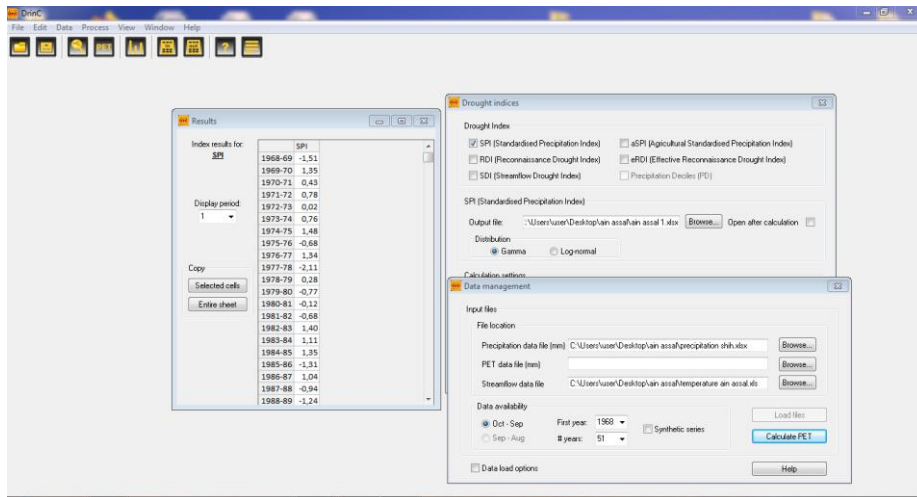


Figure 08 : Les resultat de SPI

Les responsables de la planification en matière de sécheresse sont nombreux à apprécier la souplesse d'utilisation de l'indice SPI. Ce dernier 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.

Tableau 07 : Classe de sévérité de sécheresse selon (Mckee et al., 1993)

Valeurs de l'indice SPI	Type de sécheresse
2.0 et plus	Extrêmement humide
1.5 à 1.99	Très humide
1.0 à 1.49	Modérément humide
-0.99 à 0.99	Proche de la normale
-1.0 à -1.49	Modérément sec
-1.5 à -1.99	Très sec
-2 et moins	Extrêmement sec

Description de l'indice de la reconnaissance de sécheresse(RDI) :

L'indice de sécheresse de reconnaissance (RDI) a été développé pour aborder le déficit hydrique d'une manière plus précise, comme une sorte d'équilibre entre les intrants et les extrants dans un système d'eau (Tsakiris et Vangelis 2005; Tsakiris et al. 2007c). Il est basé à la fois sur les précipitations cumulées (P) et l'évapotranspiration potentielle (PET), qui sont un déterminant mesuré (P) et un déterminant calculé (PET). La valeur initiale (α_k) du RDI est calculée pour la i-ième année sur une base temporelle de k (mois) comme suit:

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}} \dots \dots \dots (18)$$

i= 1 (1) N et j = 1(1) K

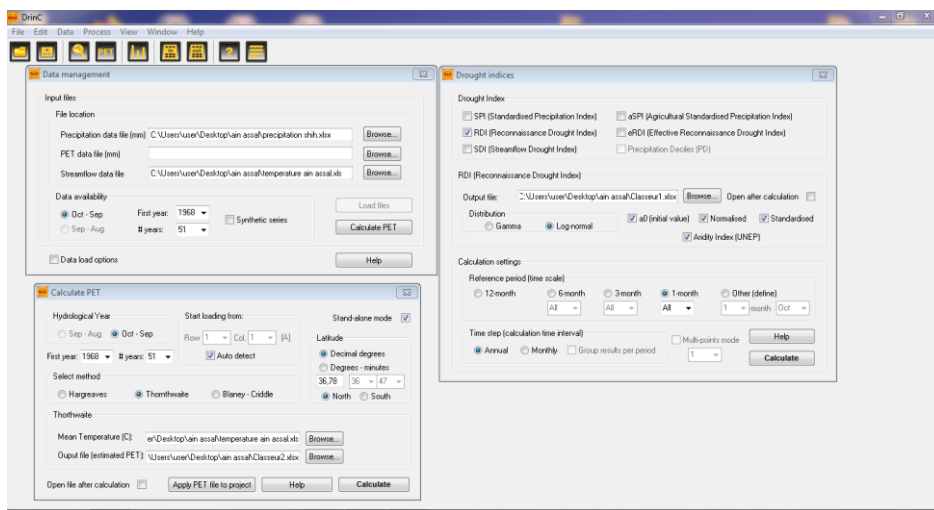


Figure 09: Methode de calcul l'indice de RDI a partir de Drinc

Dans laquelle P_{ij} et PET_{ij} sont les précipitations et l'évapotranspiration potentielle du j-ème mois de la i-ème année et N est le nombre total d'années des données disponibles. Les valeurs de α_k suivent de manière satisfaisante à la fois les distributions log-normales et gamma dans une large gamme d'emplacements et à différentes échelles de temps, dans lesquelles elles ont été testées (Tigkas 2008; Tsakiris et al. 2008). En supposant que la distribution log-normale est appliquée, l'équation suivante peut être utilisée pour le calcul du RDIst:

$$RDI_{st}^{(i)} = \frac{y^i - \bar{y}}{\hat{\sigma}_y} \dots \dots \dots 19$$

Où y^i est $\ln(\alpha_k^{(i)})$, \bar{y} est sa moyenne arithmétique et $\hat{\sigma}_y$ est son écart type. Dans le cas où la distribution gamma est appliquée, le RDIST peut être calculé en ajustant la fonction de densité de probabilité gamma (pdf) à la distribution de fréquence donnée de α_k (Tsakiris et al. 2008; Tigkas 2008). Pour de courtes périodes de référence (par exemple, mensuelle ou de 3 mois) qui peuvent inclure des valeurs nulles pour les précipitations cumulées de la période, le RDIST peut être calculé sur la base d'une fonction de distribution cumulative composite comprenant la probabilité de précipitations nulles et la probabilité cumulative gamma. Des valeurs positives de RDIST indiquent des périodes humides, tandis que des valeurs négatives indiquent des périodes sèches par rapport aux conditions normales de la zone. La sévérité de la sécheresse peut être classée en classes légère, modérée, sévère et extrême, avec des valeurs limites correspondantes de RDIST (-0,5 à -1,0), (1,0 à -1,5), (-1,5 à -2,0) et (<-2,0), respectivement.

III. PRESENTATION DU MODELE ARCGIS

ArcGIS est un logiciel de système d'information géographique (SIG) qui permet de gérer et d'analyser des informations géographiques en visualisant des statistiques géographiques via des cartes de création de couches telles que des données climatiques ou des flux commerciaux. Il est utilisé par toute une série d'établissements et de départements universitaires, à la fois en sciences humaines et en sciences, pour développer et illustrer des recherches novatrices. De plus, il est utilisé par plusieurs gouvernements et

institutions privées / commerciales du monde entier.



Figure 10 :L'interface de l'Arcgis

Le système a la capacité de créer des informations géographiques accessibles dans toute une entreprise, une institution, de manière privée ou publique sur Internet. Par conséquent, le logiciel fonctionne essentiellement comme une plate-forme par laquelle les informations géographiques peuvent être liées, partagées et analysées.

III.1 Description de l'indice de végétation normalisé

NDVI C'est un indice qui consiste à soustraire la bande spectral infra rouge (où la couverture végétale a des fortes réflectances) à le bande spectral rouge (où les surfaces minéralisées ont de fortes réflectances). Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et 1.

Les valeurs négatives : correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge.

Valeurs NDVI proches de 0 : c'est des sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge.

Valeurs de NDVI positives : c'est des formations végétales, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs plus élevées correspondent aux couverts plus denses.

III.2 La création des cartes d'occupation de sol

La télédétection, à travers les images qu'elle fournit, permet d'interpréter les caractéristiques

La zone des différents objets situés à la surface de la terre. En effet, la génération de cartes de couverture terrestre à partir d'images multispectrales ou hyperspectrales est l'une des fonctions les plus utiles de la technologie de télédétection (Halder et al., 2011). L'utilisation du sol est en fait une description physique de l'espace et de l'occupation biophysique observée

surface de la terre. Il distingue plusieurs catégories telles que les zones de végétation (arbres, arbustes, champs, prairies), les sols dénudés (même en l'absence de couvert), les surfaces dures (roches, bâtiments), les surfaces humides. Plans d'eau (eaux souterraines, ruisseaux, Zones inondables) (OPOCE, 2001).

Pour l'identification des différentes classes correspondant à l'occupation de sol de la zone d'étude de l'année 2015 et 2017 (image landsat 8) , nous avons réalisé une reclassification. Par défaut 5 classes ont été générées pour chacune des images.

III.3 La surface

Les données de surface raster représentent une surface en tant que grille de cellules de taille égale contenant les valeurs attributaires pour représenter la valeur z et les coordonnées de localisation x,y.

Pour calculer la surface il faut passe par deux étapes principales

- **La reclassification :**

Les outils de reclassification permettent de reclasser ou de modifier des valeurs de cellules à l'aide de diverses méthodes. Vous pouvez reclasser une valeur à la fois ou des groupes de valeurs un par un à l'aide des champs secondaires, en fonction de critères tels que les intervalles définis (par exemple, regrouper les valeurs en 10 intervalles) ou par superficie (par exemple, regrouper les valeurs en 10 groupes contenant le même nombre de cellules). Les outils sont conçus pour vous permettre de redéfinir facilement plusieurs valeurs d'un raster en entrée sur les valeurs souhaitées ou sur d'autres valeurs spécifiées (Esri,2018) .

Les outils de reclassification modifient les valeurs d'un raster. L'outil de reclassification selon les valeurs individuelles remplace une valeur par une autre, pour chaque valeur. Par exemple, dans notre étude on a remplacé les valeurs des intervalles de l'indice de végétation NDVI

- **Fusionner par attribue :**

Utilisez l'outil Fusionner par attribut lorsque vous voulez agréger et fusionner des entités en fonction d'un ou de plusieurs attributs donnés. Par exemple, vous pouvez prendre une couche qui contient des données de polygone et utiliser l'option Fusionner par attribut pour créer une couche contenant des classes de polygones qui a la même valeur

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV. Résultats et discussions

➤ Résultats de SPI

SPI (1 mois) : les mois de l'année d'octobre à septembre sont considérés

SPI (6 mois/1) : le premier semestre (Octobre, novembre, décembre, janvier, février et mars).

SPI (6 mois/2) : le second semestre (avril, mai, juin, juillet, août et septembre).

SPI (3 mois/1) : le premier trimestre (octobre, novembre et décembre).

SPI (3 mois/2) : le second trimestre (janvier, février et mars).

SPI (3 mois/3) : le troisième trimestre (avril, mai et juin).

SPI (3 mois/3) : le quatrième trimestre (juillet, août et septembre).

SPI annuel : concerne toute l'année.

Les résultats des SPI des quatre stations du PNEK fournis par DrinC sont mentionnés dans les figures suivantes :

1/ Zone de Ain El Asel

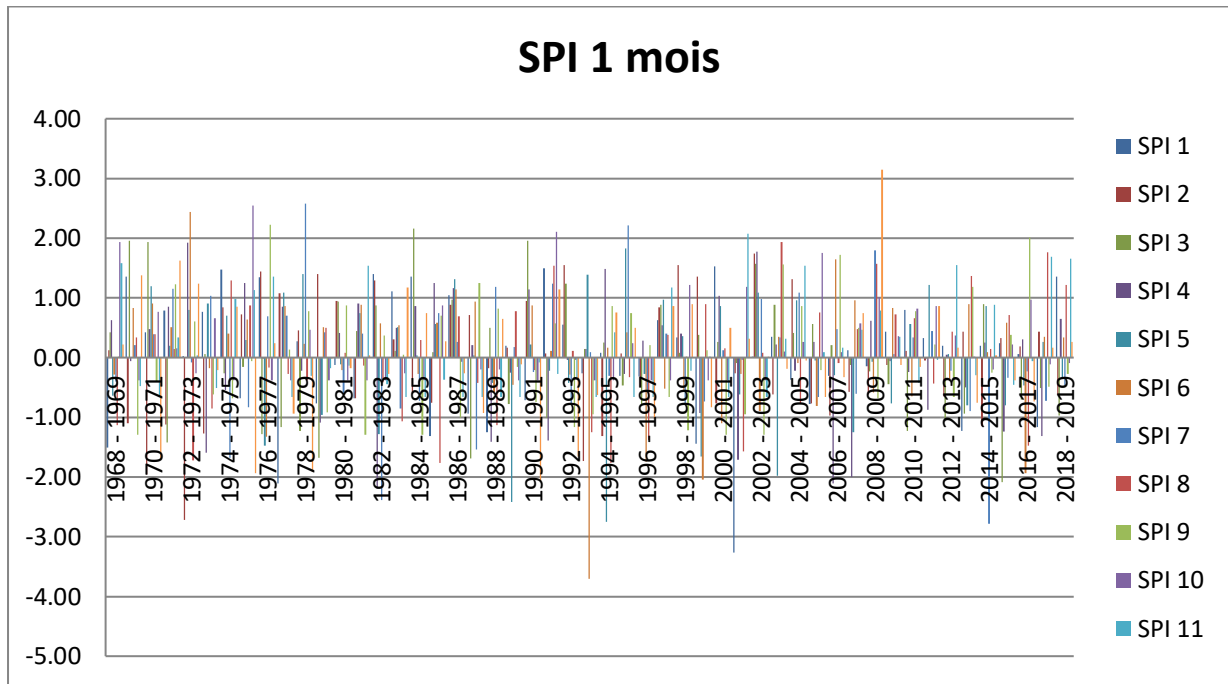


Figure 11. SPI 01 mois station Ain El Asel.

En accord avec la **figure 11**, on distingue que les années modérément sèche enregistré presque pendant toute la période d'étude (51 ans) sauf les années 2018/19 ; 2011/12 ;2008/09 ;2006/07 ;2005/07 ;2004/05 ;2001/02

Une période extrêmement sèche a été enregistré pendant les années en 1972/03 ; 1976/77 ;1982/83 ;1988/89 ;1992/93 ;1994/95 ;2000/01 ;et 2014/15.

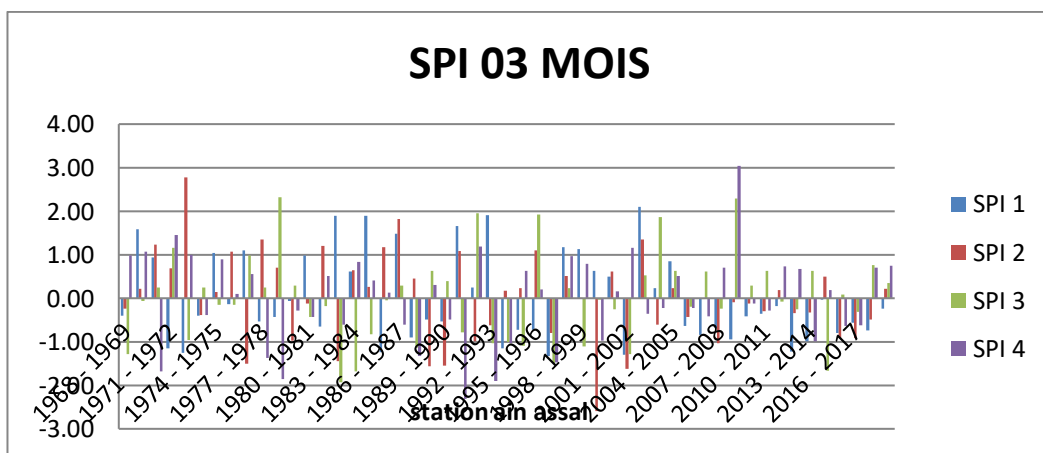


Figure 12. SPI 03 mois station Ain El Asel.

Sur la **figure 12**, on distingue que les années modérément sèche sont enregistré pendant les années :

1968/69 ;1971/72 ;1972/73 ;1977/78 ;1982/83 ;1985/86 ;1987/88 ;1992/93 ;1993/94 ;1994/95 ;1996/97 ;1998/99 ;2001/02 ;2007/08 ;2012/13

alors que les périodes extrêmement sèches ont été enregistrées pendant les années:1990/91,1999/2000.

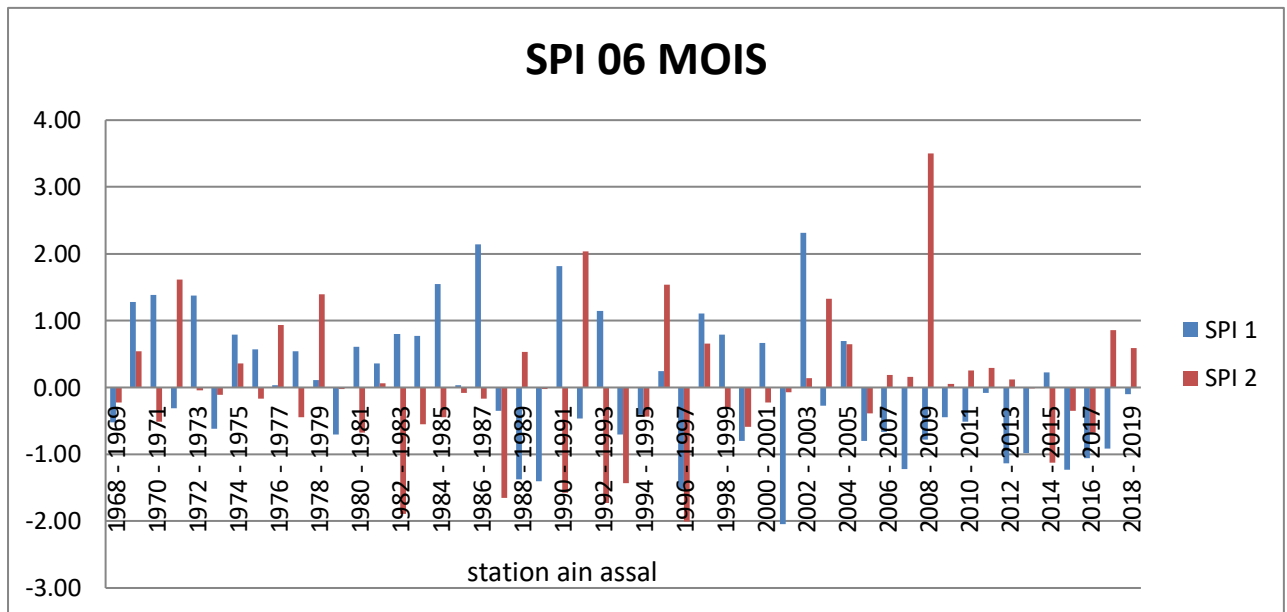


Figure 13. SPI 06 mois station Ain El Asel.

En observons la **figure 13**, on distingue une année extrêmement sèche a été enregistrée dans la première trimestre en 2001/02.et une autre année extrêmement sèche dans la 2 éme trimestre en 1996/07.

Les années très sèches ont été enregistrées sont durant les années:1982/83,1987/88,1990/01,1992/03 ,1996/07.

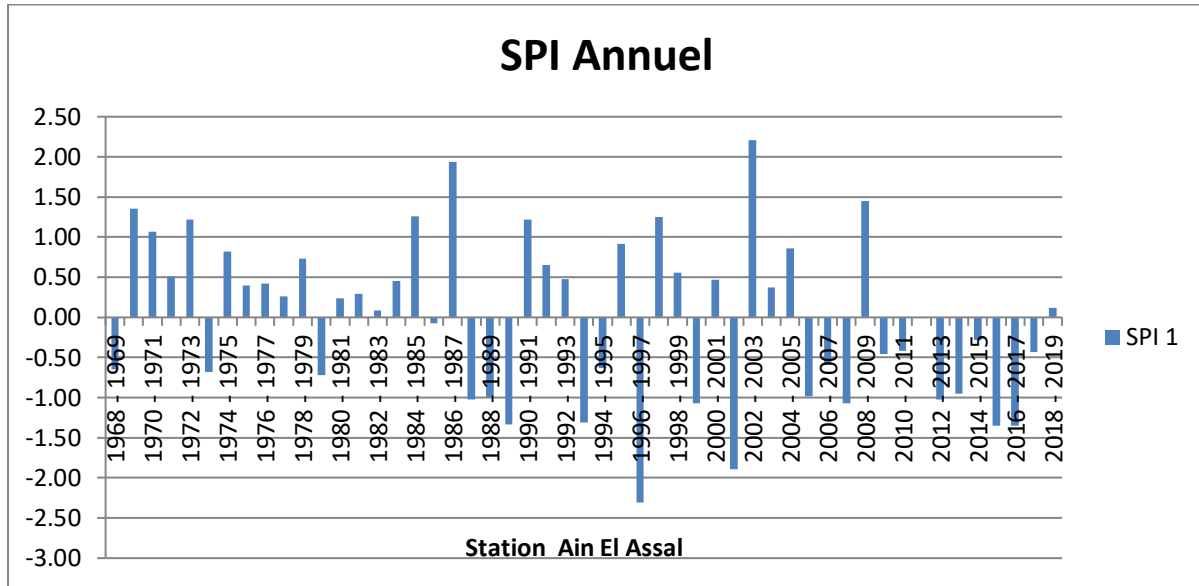


Figure 14. SPI 12 mois(annuel) station Ain El Asel.

En accord avec la **figure 14**, SPI-12 les valeurs montrent qu’une seule année extrêmement sèche en :1996/07. Les périodes modérément sèches qui ont été enregistrées sont :1987/88,1998/90,1993/04,1999/00,et 2007/08.

année très sèche en 2001/02.

2/ Zone Bouteldja

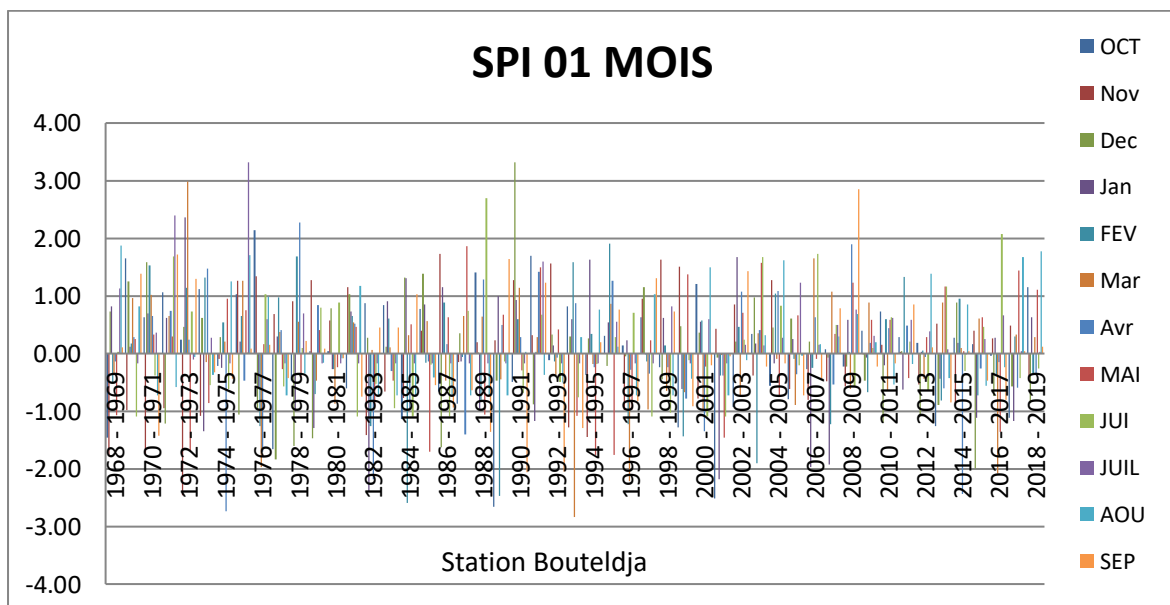


Figure 15. SPI 01 mois station de Bouteldja

En accord avec la **figure 15**, les années extrêmement sèches enregistrées comme suit: 1972/73, 1974/75, 2 mois en 1982/83, 1984/85, 2 mois en 1989/90, 1993/94, 1996/97, 2 mois en 2001/02, et 2014/15, 2016/17.

Les périodes modérément sèches enregistrés sont : 1968/69, 1970/71, 1972/73, la période de 1976/77 jusqu'au 1978/79, 1985/86, la période de 1994/95 à 1995/96, 2003/04, 2007/08, 2015/16.

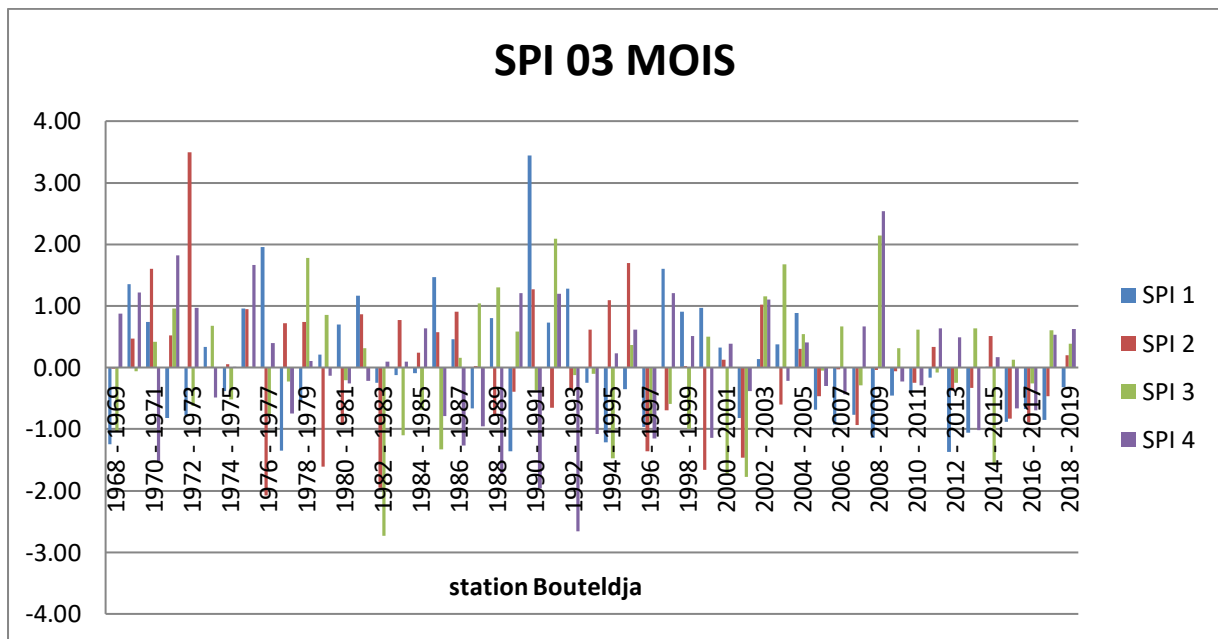


Figure 16. SPI 03 mois station de Bouteldja

En accord avec la **figure 16**, trois périodes extrêmement sèches enregistrés dans les trois dernier trimestre sont : 1976/77 ; 1982/83 et 1992/93. les périodes très sèche enregistré comme suit :

-3 années dans la 2^{ème} trimestre dans les années : 1978/79 ; 1982/83 ; 199/00

-3 années dans la 3^{ème} trimestre : période de 2000 jusqu'au 2002 ; et 2014/15

- 2 années dans la 4^{ème} trimestre :1988/89 et 1990/91

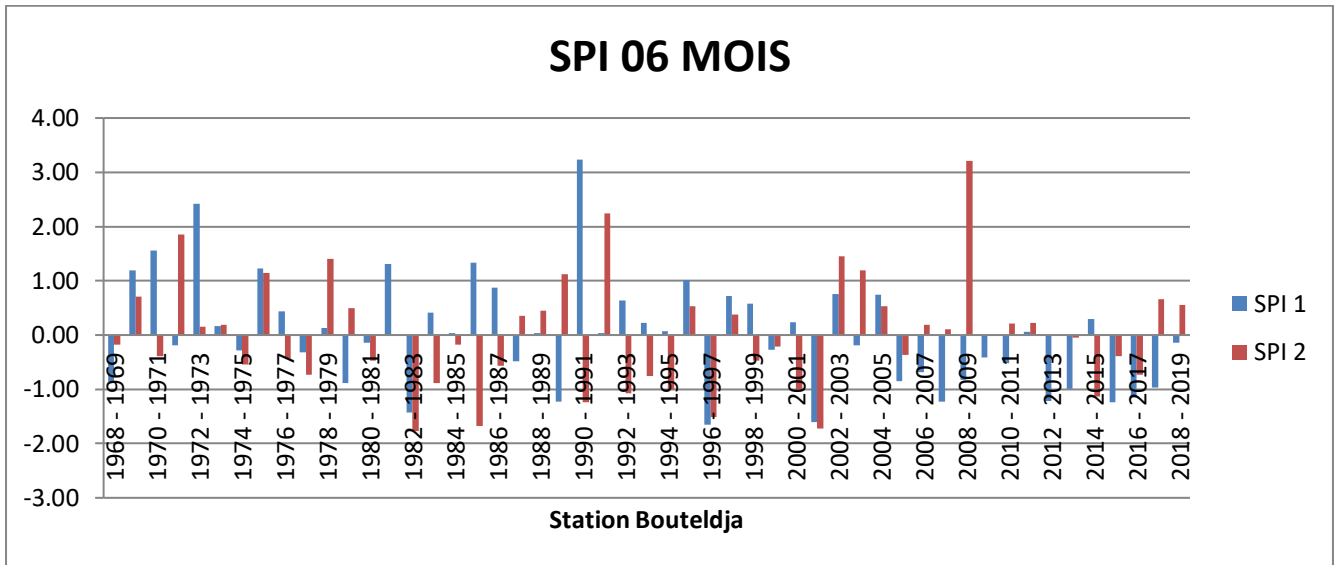


Figure 17. SPI 06 mois station de Bouteldja

Dans la **Figure 17** : pas des années extrêmement sèche pendant tout la période de notre étude

Les années très sèche sont :2 années dans la première semestre en 1996/97 et 2001/02 ;et dans la deuxième semestre y'à les années 1982/83 ;1985/86 ;1996/97 et 2001/02.

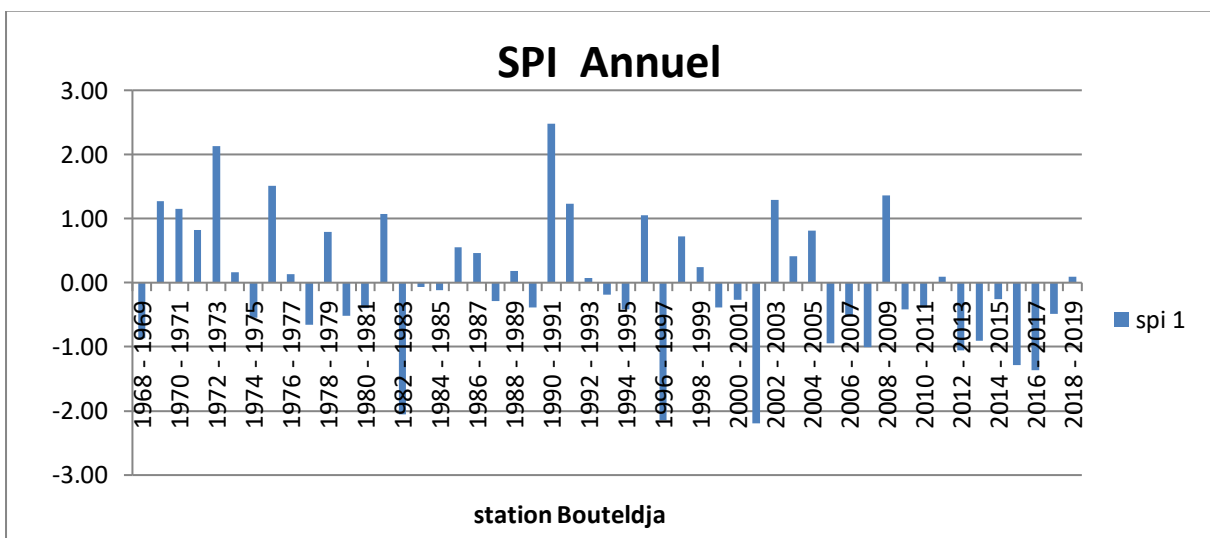


Figure 18.SPI Annuel(12 mois)station de Bouteldja

En accord avec la **figure 18**, SPI-12 mois les valeurs montrent 3 année extrêmement sèche en :1982/83 ;1996/97 et 2001/02.

Et pas des année très sèche.

3/ Zone d'El Kala

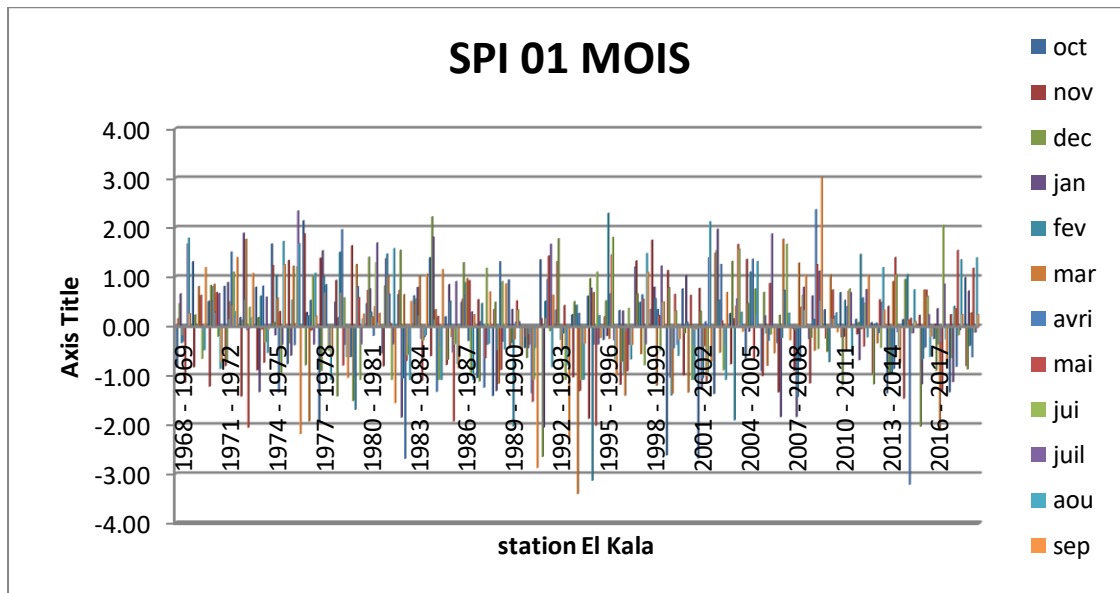


Figure 19 : SPI 01 mois station EL Kala

En accord avec **la figure 19**, on distingue que les années modérément sèche enregistré presque pendant toute la période d'étude (51 ans) sauf les années d`ou 2001/02 a 2005/2006

Une période extrêmement sèche a été enregistré pendant les années en 1975/1976, 1982/1983 et la période entre 1990/1995, 2000/2002 et entre 2014/2017.

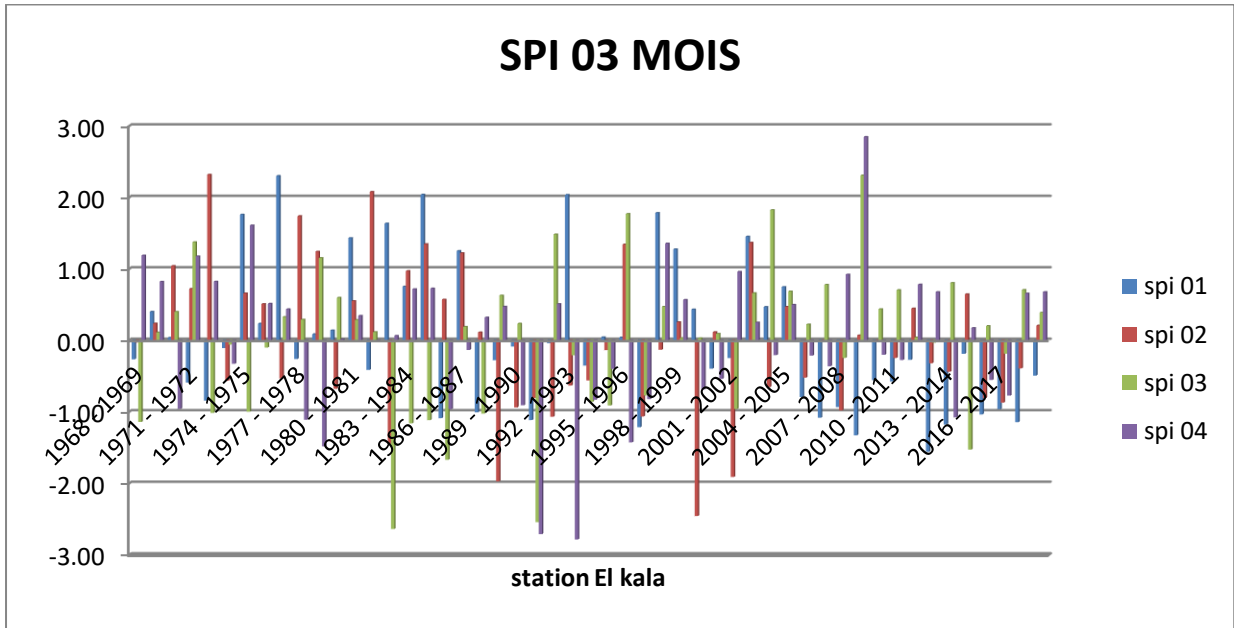


Figure 20 : SPI 03 mois station EL Kala

Sur la figure 20, on distingue que les années modérément sèches sont enregistrées pendant tout les années études , alors que les périodes très sèches ont été enregistrées pendant les années:2012/13et 2014/15, et une période extrêmement sèche a été enregistrée1982/1983, 1990/1991 , 1992/1993 et 1999/2000 .

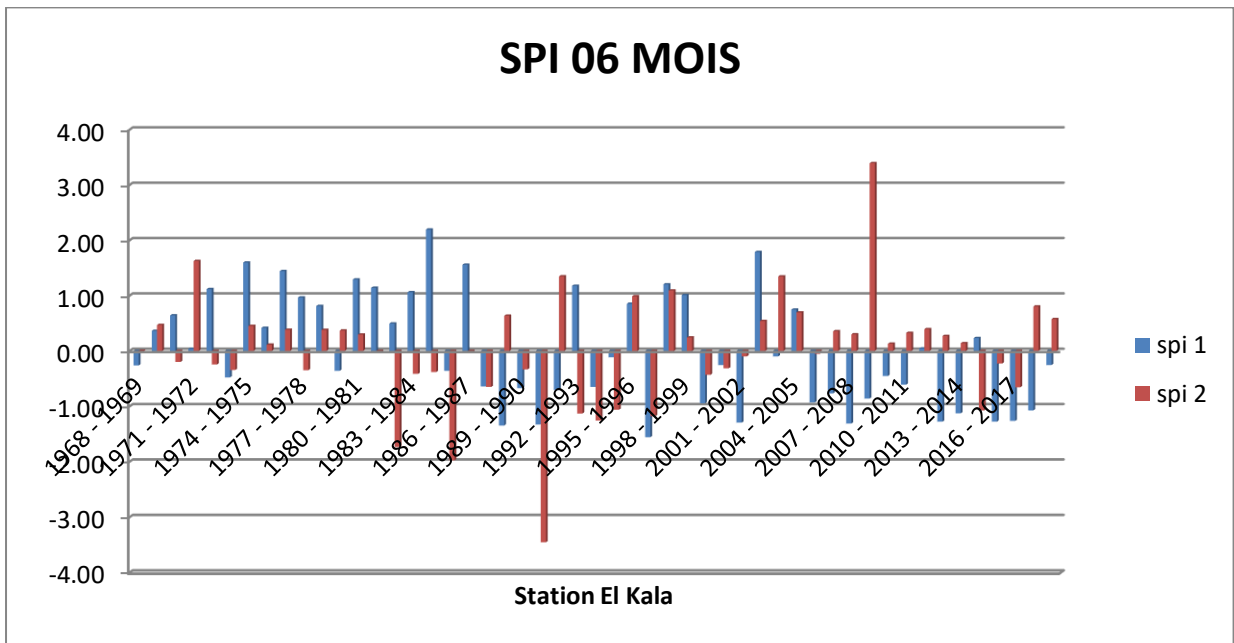


Figure 21 : SPI 06 mois station EL Kala

En observons **la figure 21**, on distingue une période modérément sèche a été enregistrée durant 1997/1998 jusqu'a 2018/2019

Les années très sèches ont été enregistrées sont durant les années:1982/1983 ,1985/1986 et 1996/1999. une périodes extrêmement sèche a été enregistrées dans l'année 1990/1991.

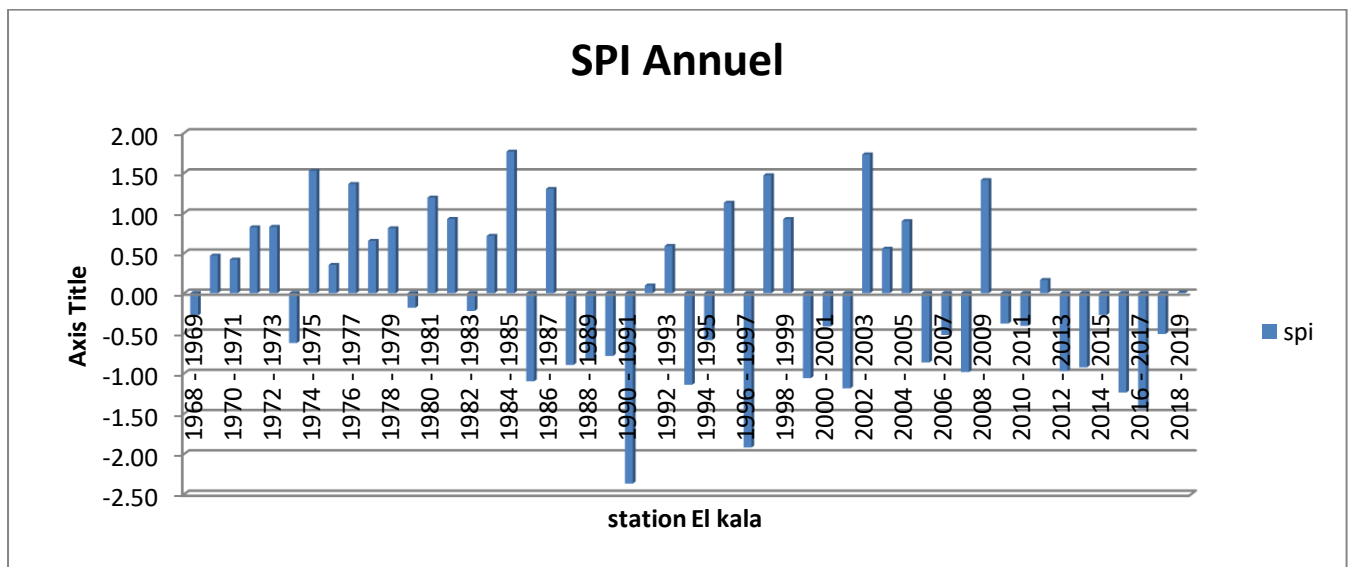


Figure 22 : SPI Annuel(12 MOIS) mois station EL Kala

En accord avec **la figure 22**, SPI-12 mois les valeurs montrent que les années modérément sèches enregistrées durant tout les années étudiées .

La périodes extrêmement sèche a été enregistrées en 1990/1991 et on ne note pas de période très sèche.

4/ Zone de Ain El Karma

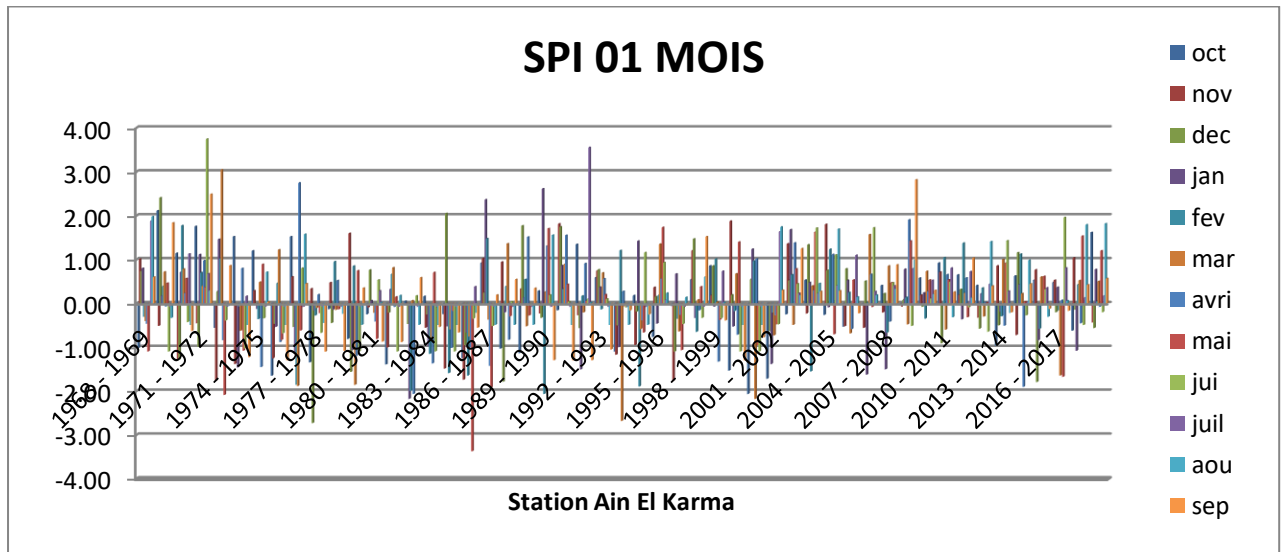


Figure 23 : SPI 01 mois station Ain El Karma

En accord avec **la figure 23**, les années modérément sèches enregistrées dans tous les années étudiées.

Les années très sèches sont enregistrées dans les périodes suivant :1972/1988 et les années 1994/1995, 1996/1997 ,2003/2004 ,2006/2007et 2007/2008.

Les période extrêmement sèche enregistrée dans les années : 1972/1973, 1977/1978 ,1982/1983 , 1985/1986 , 1993/1994 et l'année 2000/2001 .

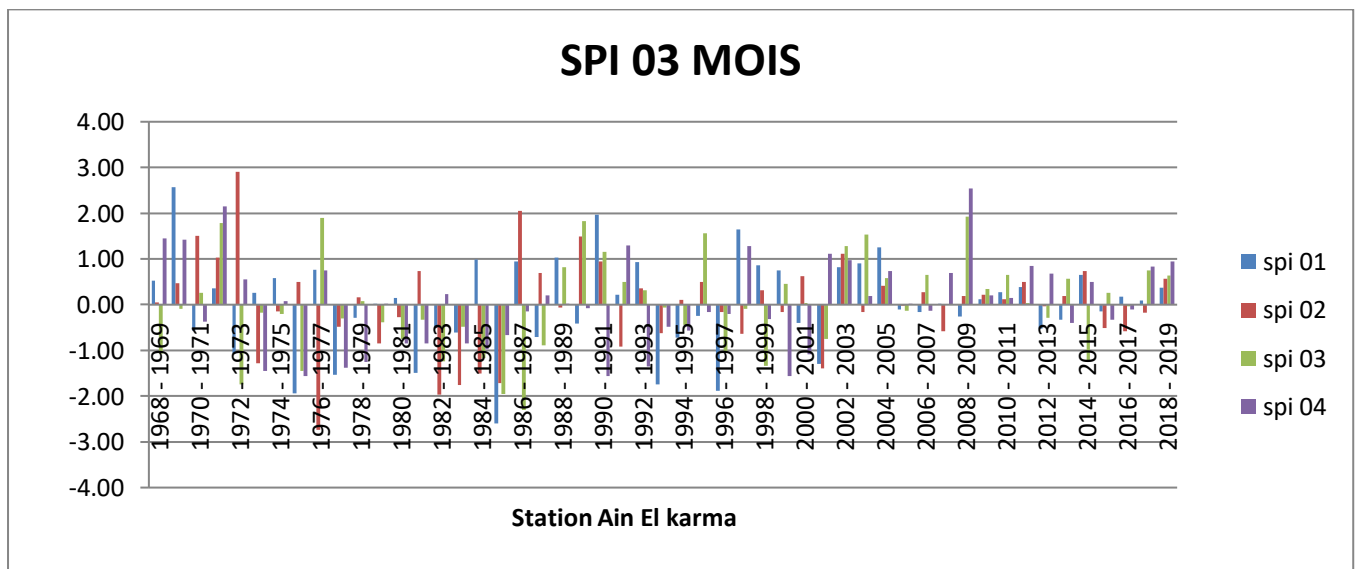


Figure 24 : SPI 03 mois station Ain El Karma

En accord avec **la figure 24**, les années très sèches enregistrées sont : 1972/1973, 1975/1976, 1977/1978, la période entre 1981/1986 et les derniers années sont enregistrés en 1990/1991, 1993/1994, 1996/1997 et 1999/2000.

Une période extrêmement sèche enregistré dans les années 1976/1977, 1985/1986, 1986/1987.

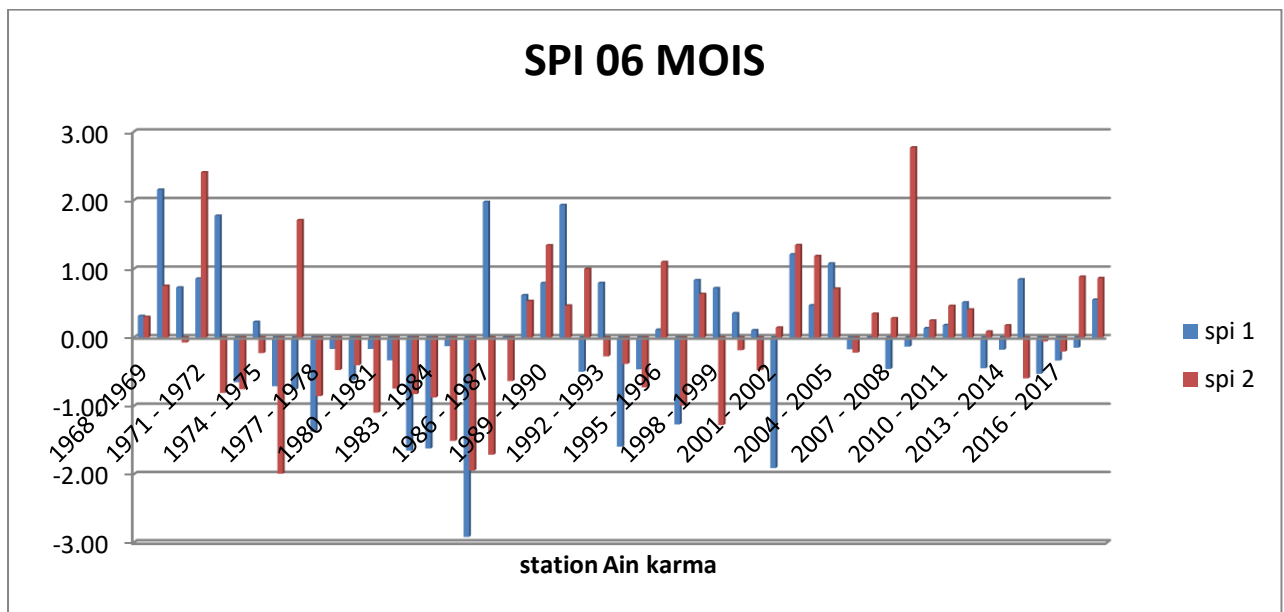


Figure 25 : SPI 06 mois station Ain El Karma

En accord avec **la figure 25**, les années très sèches enregistrées sont : 1975/1976, la période entre 1982/1987, l'année 1993/1994 et l'année 2001/2002.

Une période extrêmement sèche enregistrée en 1985/1986.

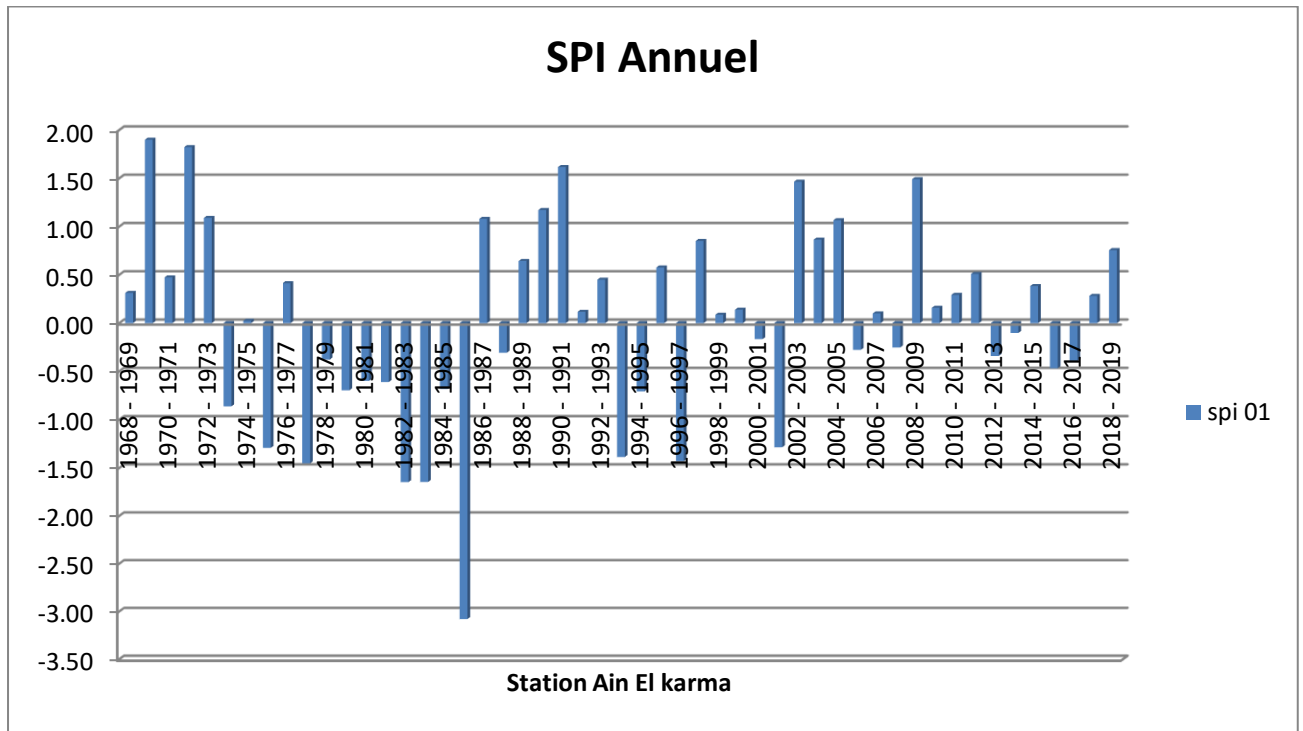


Figure 26 : SPI Annuel(12 MOIS) mois station Ain El Karma

En accord avec **la figure 26**, les années très sèches enregistrées sont : 1982/1983, 1983/1984.

Une année extrêmement sèche a été enregistrée en 1985-86.

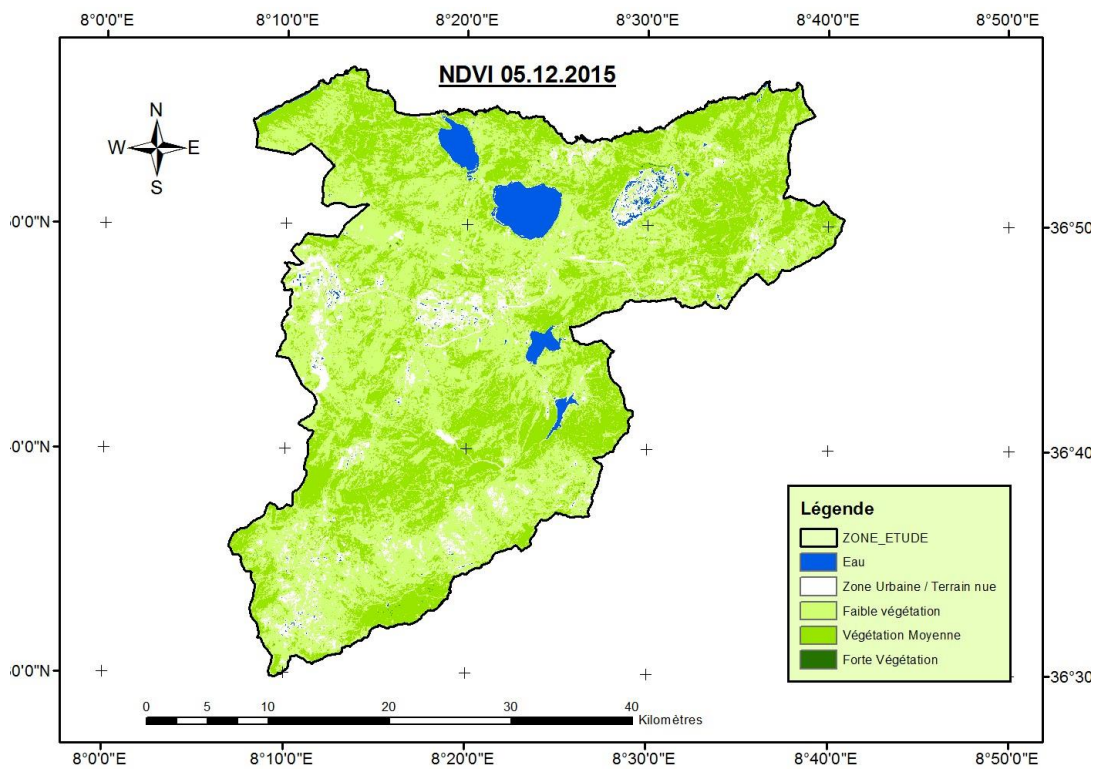
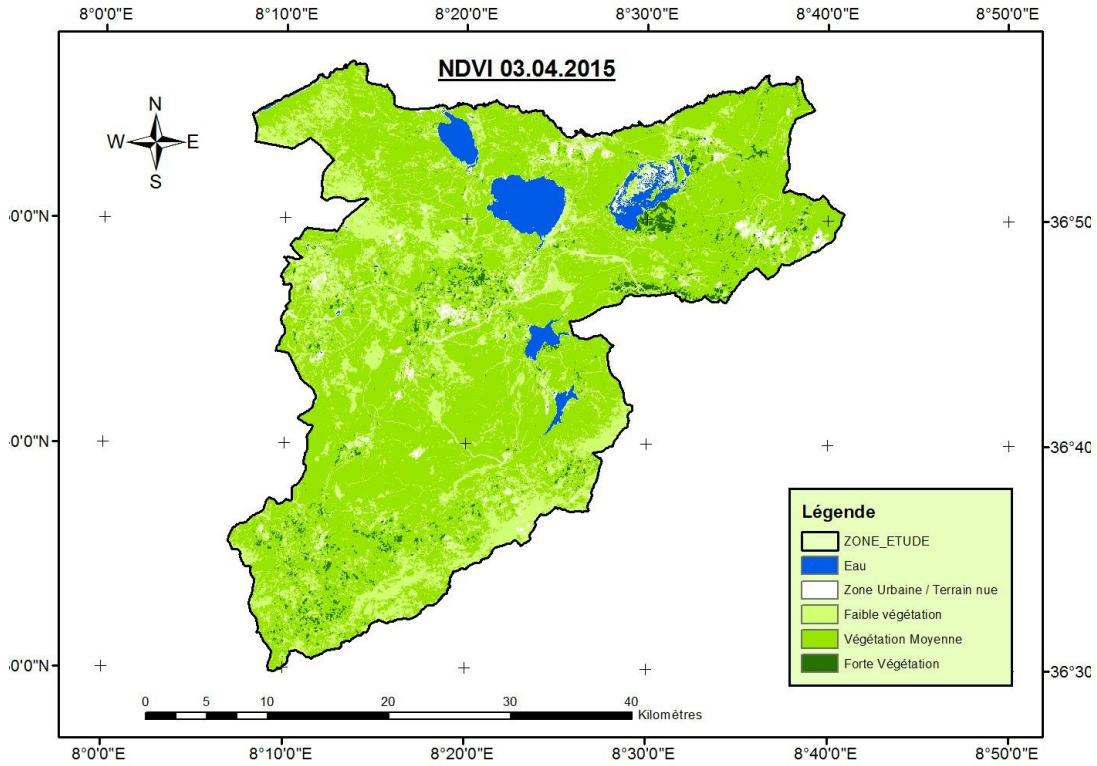
Résultats de NDVI

Une étude approfondie comparative a été faite selon des images LANDSAT8 en se basant sur l'indice de végétation NDVI afin d'assurer un bon traitement et une bonne lecture de l'évaluation du couvert végétal naturel et agricole dans le PNEK.

IV.1. Analyse de l'occupation du sol (Avril 2015 ;Décembre 2015 et Mars 2017)

Le calcul de l'indice NDVI, nous a permis de constater et quantifier l'état de la végétation dans le PNEK durant une période de 51 ans. Cette analyse a été appliquée sur des images LANDSAT 8

CHAPITRE 04



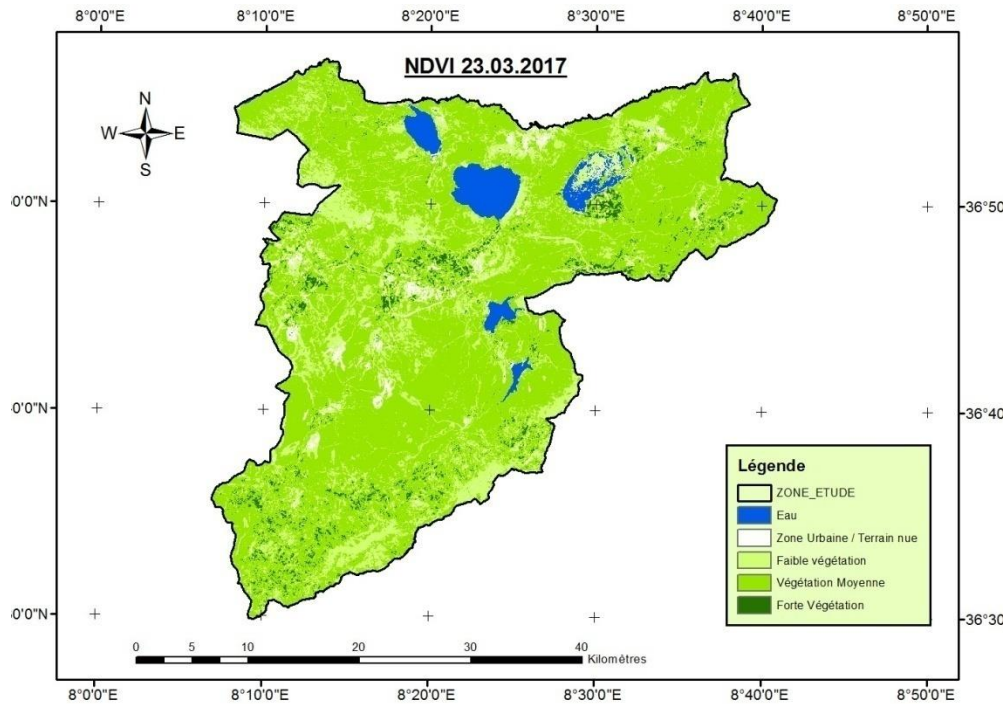


Figure 27: les cartes de l'indice NDVI des images LANDSAT8 (2015/2017)

L'analyse de la variation de l'occupation du sol passe par la présentation de la carte de Avril 2015 ;Decembre 2015 et celle de Mars 2017 ainsi que de leurs statistiques respectives. Un variation des 3cartes d'occupation du sol du parc national d'El Kala (2015 et 2017) donnera une carte des changements et une matrice qui traduira l'évolution des différentes classes entre ces deux dates.

A partir de reclasification des trois images Landsat 8 (avril 2015, decembre 2015, mars 2017), trois cartes d'occupation de sol ont été produites (figure 27), où 5 classes ont été déterminées dans chacune. Il s'agit de : Eau; zone urbaine, faible végétation, végétation moyenne et forte végétation.

Le tableau 08 résume les statistiques des superficies (en hectares et pourcentages) des différentes classes définies qui représentent l'occupation du sol en 2015 et 2017 . Pour appuyer nos résultats, les figures 27 montrent la répartition des superficies et du taux de changement des surfaces entre les trois dates.

La période située entre 2015 et 2017 a été marquée par une variation de la superficie totale de la végétation. On constate que les superficies de végétation de l'année 2015 pour décembre 2015 sont les plus faibles par rapport aux autres dates .

Tableaux 08.les statistiques des superficies (en hectares) des différentes classes

Classe	Avril 2015 Superficie hectare	en	Décembre 2015 Superficie en hectare	Mars 2017 Superficie en hectare
Faible végétation	31593 ha		71424 ha	29103 ha
Végétation moyenne	86968 ha		44456 ha	88761 ha
Forte végétation	2668 ha		30 ha	3406 ha
Total de végétations	121229 ha		115910 ha	121270 ha

Conclusion

Conclusion

Le suivi du changement de la végétation dans notre aire protégée (Parc National d'El Kala) a été mené à partir d'une analyse des images LANDSAT, prises en 2015 ; 2017. Notre étude est basée sur le calcul de l'indice de précipitation standardisé (SPI) déterminé à partir du modèle DrinC et l'indice de végétation NDVI. D'une manière générale les cartes résultant du traitement des images LANDSAT, montrent l'augmentation de la superficie de la végétation du PNEK entre 2015 et 2017.

Le Parc est composé d'une mosaïque d'écosystèmes forestiers, lacustres, dunaires et marins, lui conférant une haute valeur biologique et écologique dans le bassin méditerranéen notamment après son inscription en tant que réserve de la Biosphère par l'UNESCO en 1990. Devant la menace de la sécheresse qui se manifeste périodiquement, sa sauvegarde et sa protection nécessite des démarches d'adaptations par la réalisation d'un ensemble d'ouvrage de stockage des eaux de surfaces telles que les retenues collinaires qui n'exigent pas de grands moyens pour leur construction

الملخص

يعتبر الجفاف من الظواهر الهامة الناتجة عن التقلبات و التغيرات المناخية في العقود الأخيرة . يمكن أن يكون لآثاره الغير المباشرة مع مرور الوقت آثار بيئية , لا سيما على حياة الحيوانات و النباتات في الحظيرة الوطنية للقاله في شمال شرق الجزائر . ركزنا في هاذ العمل على دراسة و توصيف الجفاف المناخي على مستوى هذه الحظيرة و مراقبة تأثيره على الغطاء النباتي باستخدام نموذج نظام المعلومات الجغرافي باستخدام صور الأقمار الصناعية عن طريق حساب مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي . أتاحت النتائج التي تم الحصول عليها تحديد فترات الجفاف أكثر من غيرها من حيث الشدة و المدة و التكرار , و أظهرت تأثيرها على الغطاء النباتي .

الكلمات المفتاحية : برنامج **drinC - spi** مؤشر هطول الأمطار المعياري - الحظيرة الوطنية للقاله

-الجفاف- **NDVI** مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي- **SIG** نظام المعلومات الجغرافي .

Résumé

La sécheresse est l'un des phénomènes importants résultant de la variabilité et du changement climatique des dernières décennies. Ses effets indirects dans le temps peuvent avoir des impacts écologiques notamment sur la vie de la faune et de la flore du Parc National d'El Kala (PNEK) dans le nord-est de l'Algérie. Notre travail s'est attaché à étudier et caractériser la sécheresse climatique au niveau du PNEK grâce au modèle DrinC et de le suivie de leur impact sur la végétation par le model Arcgis à l'aide de l'imagerie satellitaire par le calcule de l'indice de végétation normalise. Les résultats obtenus ont permis de localiser des périodes de sécheresses plus remarquables que d'autres de par leur intensité, leur durée et leur fréquence, et ont montré leur effet sur la végétation.

Mots-clés : - Indice de précipitation normalisé (SPI)- Logiciel Drinc- PNEK – Sécheresse – indice de végétation normalise (NDVI) – SIG.

Abstract

Drought is one of the important phenomena resulting from climate variability and change in recent decades. Its indirect effects over time can have ecological impacts, in particular on the life of the fauna and flora of El Kala National Park (PNEK) in north-eastern Algeria. Our work focused on studying and characterizing climatic drought at PNEK level using the DrinC model and monitoring their impact on vegetation by the Arcgis model using satellite imagery by calculating the vegetation index normalizes. The results obtained made it possible to locate periods of droughts more remarkable than others in terms of their intensity, duration and frequency, and showed their effect on vegetation.

Keywords: Normalized precipitation index (SPI) - Drinc software - PNEK - Drought - normalized vegetation index (NDVI) - SIG.

1. 1995: Drought monitoring with multiple timescales. In: Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology, Dallas, Texas, du 15 au 20 janvier 1995. Boston American Meteorological Society, 233–236.
2. Beaudin I., 2007. Potentiel de la télédétection pour le suivi et la caractérisation des conditions de sécheresse en milieu méditerranéen, rapport de maîtrise en sciences géomatiques.
3. BENKAHLA N, 2011, Identification de la végétation terrestre par radiomètre MSG-SEVIRI et suivi de son évolution temporelle, Université des sciences et de la technologie USTOMB, Oran, Algérie.
4. Berger A, Lacroix P, Lavenu G, Lesellier S, Eynaud I, Tournadre G, &Gonzalez O. 2005. Arcview 9 Niveau 1. Support De Cours Avec Exercices Pratiques Et Données. Edition Esri France, Meudon, pp. 388.
5. Berger A, Lacroix P, Lavenu G, Lesellier S, Eynaud I, Tournadre G, &Gonzalez O. 2005. Arcview 9 Niveau 1. Support De Cours Avec Exercices Pratiques Et Données. Edition Esri France, Meudon, pp. 388.
6. Cavayas F. 2011. Introduction à la cartographie. Université de Montréal, pp. 192.
7. Centre Canadien de Télédétection (CCT). 2008. Tutoriel : Notions Fondamentales de Télédétection. http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_f.php.
8. Cours EnvCAL-Suivi de l'environnement par télédétection- Les indices simples.
9. Darabid Djamil , Bouchekara Mohamed Kasem , 2013 , EXTRACTION DES DIFFERENTS INDICES DE VEGETATION A PARTIR DES IMAGES SATELLITAIRES, these de licence, l'université Abou Beker Belkaid, Tlemcen ,Algerie .
10. Djelloul R. 2014. Cartographie des champignons au niveau du Parc National d'El Kala (Nord Est Algérien). Thèse de doctorat Université Badji Mokhtar – Annaba

11. Edwards, D. C. et T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report 97-2, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
12. ESRI, 2004. Utilisation d'ArcMap, ArcGIS 9, ESRI 380 New York Street Red Lands, CA92373-8100 USA. www.esri.com ; Imprimé en France ESRI France 21, rue des Capucins 92190Meudon www.esrifrance.fr, pp. 646.
13. Gérard J. 1987. Traitement informatique de l'image satellitaire. Le Bulletin De L'EPI N° 47.
14. Gérard J. 1987. Traitement informatique de l'image satellitaire. Le Bulletin De L'EPI N° 47.
15. GHERBI k., 2017. PREVISION DE LA SECHERESSE PAR LES MODELES STOCHASTIQUE (W.M'SILA). Master : hydraulique. ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah, 55 pages.
16. Gibbs, W.J. ; Maher, J.V., 1967. Précipitations déciles comme indicateurs de sécheresse. Bureau de météorologie Bulletin n ° 48, Common wealth d'Australie, Melbourne.
17. Guttman N.B.,1994. On the sensitivity of sample L moment to sample size. Journal of climate, 7(6) : 1026-1029.
18. Habert E. 2000. Qu'est-ce qu'un système d'information géographique ? Laboratoire de cartographie appliquée, pp. 13.
19. Habert E. 2000. Qu'est-ce qu'un système d'information géographique ? Laboratoire de cartographie appliquée, pp. 13.
20. <http://e-cours.univparis1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/indices/qques-indices/index.html>

21. <http://e-cours.univparis1.fr/modules/uved/envcal/html/vegetation/indices/qques-indices/indiceeffets-sol.html>
22. <http://glcf.umiacs.umd.edu/>.
23. https://fr.wikipedia.org/wiki/Landsat_8.
24. <https://www.esrifrance.fr/cartographie-thematique.aspx>.
25. https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/topo101/pdf/mapping_basics_f.pdf.
26. KHAZNADAR M, 2016. Etude et cartographie des services écosystémiques du Parc National d'El Kala (Algérie), Université Ferhat Abbas Sétif 1. These doctorat, en biologie, Agriculture et Développement Durable.
27. Lassieur S. 2006. Utilisation de la télédétection et des techniques SIG pour détecter et prévenir les activités de déforestation illégales. Rapport de Stage Master 2ème Année, SIG et gestion de l'espace, Université JEAN MONNET, France, pp. 45.
28. Lassieur S. 2006. Utilisation de la télédétection et des techniques SIG pour détecter et prévenir les activités de déforestation illégales. Rapport de Stage Master 2ème Année, SIG et gestion de l'espace, Université JEAN MONNET, France, pp. 45.
29. Lussault, M. , Lévy, J. 2003. Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés.
30. McKee TB, Doesken NJ, Kliest J ,(1993), The relationship of drought frequency and duration to time scales, Colorado Climate Center Department of Atmospheric Science Colorado State University Fort Collins, pp 43-50, Colorado.
31. Mckee, T.B.,N.J.Doesken et J.Kleist,1993 : the relationships of drought frequency and duration to time scale .in : Proceedings of the eighth conference on applied climatology, Anaheim , california, du 17 au 22 janvier 1993.Bosten, American meteorological society, 179-184.

32. Mellouk W,A., Ghali M., 2019. Etude bibliographique des indices de sécheresse (Application à la région de Tlemcen) , Université ABOU BEKR BELKAID, Tlemcen, Algérie .
33. National Technical University of Athens, 2007 :Drinc- Getting Started Guide(D . Pangalou , D . TigKas , H . Vangelis) ,Athens
34. Organisation météorologique mondiale, 2012 : Guide d'utilisation de l'indice de précipitation normalisé (M.Svoboda, M.Hayes et D.Wood)(OMM-N°1090), Genève.
35. Ozenda, P. 1986. La cartographie écologique et ses applications. Masson, Paris New York Barcelone.
36. Poidevin D. 1998. Manuel de cartographie. Ellipses Marketing, pp 96.
37. Soudani, K. 2005. Introduction générale à la télédétection (Version 1.0). Université Paris Sud XI, pp. 26.
38. Tate, E.L., Gustard, A. 2000. Drought definition: a hydrological perspective, in: Drought and Drought Mitigation in Europe, edited by: Vogt, J. J. and Somma, F., Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 23-48.
39. Terras M. 2011. Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie). Thèse de doctorat. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. p.401.
40. Tsakiris, G. ;Vangelis, H. ; “Establishing a drought index incorporating evapotranspiration”, European Water, no. 9-10, pp. 3–11, 2005.
41. Weng, Q. 2010. Remote sensing and GIS integration : theory, methods, and applications. Mcgraw-hill professional ;, New York, N.Y.
42. Weng, Q. 2010. Remote sensing and GIS integration : theory, methods, and applications. Mcgraw-hill professional ;, New York, N.Y.