



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Tébessa
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Biologie d'êtres vivants.



MEMOIRE DE MASTER.

Domaine : Science de la nature et de la vie.

Filière: Science biologiques.

Option: Biodiversité et préservation des écosystèmes

Thème:

La désertification de la région de Biskra, Approche :
cartographique par l'outil de système d'information
géographique (SIG)

Présenté par:

Demmane Chadia

Devant le jury :

| | | | |
|---------------|-----|-------------------------|-------------------|
| Djellab Sihem | MCB | U.Larbi Tébessi-Tébessa | Président |
| Mihi Ali | MAA | U.Larbi Tébessi-Tébessa | Rapporteur |
| Neffar Souad | MCA | U.Larbi Tébessi-Tébessa | Examineur |

Date de soutenance : 29 Mai 2016

Remerciement

**premièrement et dernièrement, tous mes remerciement s'adressent à Dieu «ALLAH» qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et m'a inspiré les bons pas abouti.*

ma profonde gratitude pour mon encadreur **Mr Mihi Ali, merci d'avoir accepté de diriger ce travail avec beaucoup d'attention, et pour la confiance que tu m'avais témoigne, sans oublier ta disponibilité et ton soutien permanent.*

**mes remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté de lire et juger ce travail.*

**nos remerciements vont également à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation au cours de nos années universitaires, sans oublier tout le personnel de département de Biologie.*

**merci à mes familles pour leur soutien, et particulièrement au cours de ces deux dernières années.*

**je dois remercier tous ceux qui m'ont soutenue et encouragée dans la réalisation de ce modeste travail.*

ملخص

منذ انعقاد قمة ريو سنة 1992. تقدير مراقبة و مكافحة التصحر قد اصبح تحديا كبيرا في المناطق القاحلة و البلدان النامية . في هذا الاطار واستنادا على نظام المعلومات الجغرافية، قمنا بتقدير و تقييم بيئي و كمي للتصحر في واحة بسكرة (جنوب الجزائر)، حيث قمنا باستخدام نموذج (Mediterranean Desertification And Land MEDALUS Use)، هذا النموذج اعتمد على اربعة عوامل رئيسية تؤدي الى تفاقم هذه الظاهرة (الغطاء النباتي، المناخ، التربة و العوامل البشرية). بينت النتائج من جهة ان 70.98% من المنطقة المدروسة يقع في الجزء الاوسط (السهول و المنخفضات)، و تصنف على انها مناطق حساسة جدا (نوع فرعي C3). من جهة اخرى 29.02% (26% جد حساسة، «نوع فرعي C2»)، 2.55% جد حساسة «نوع فرعي C1» و 0.36% حساسة، من المساحة الكلية تقع في الجزء الشمالي و الجنوبي لمنطقة الدراسة (الجبال، الهضاب العليا و الهضاب المنخفضة و تعتبر اقل عرضة مقارنة مع المنطقة سابقة الذكر. ترتبط هذه التغيرات اساسا بطفرة زراعية اقتصادية شديدة تتمركز في الجزء المركزي لمنطقة زيبان. الدراسة المنجزة، بينت فعالية و نجاعة استخدام نظام المعلومات الجغرافية كأداة لرسم الخرائط، تقييم التغيرات او الضرر البيئي بكلفة منخفضة نسبيا.

الكلمات المفتاحية: التصحر، MEDALUS، نظام المعلومات الجغرافية، بسكرة.

Abstract

Since the Earth Summit in Rio (in June 1992), assessment, monitoring and combatting desertification remain a major challenge in arid regions and developing countries. In this context, and based on the GIS tool (Geographical Information System), an environmental and quantitative assessment of desertification of oasis desert system of (South Algeria) was made. The MEDALUS Model (Mediterranean Desertification And Land Use) adopted, this model dependent on the four main factors which contribute to the progression of the desertification process (vegetation, climate, soil, and human factors). Results revealed. On the one hand, that 70.98% of the study area, which located in the central part (Plains and depressions) is classified as very sensitive area (subtype-C3). On the other hand, 29.02% (26.10% sensitive, subtype (C2), 2.55% sensitive, subtype (C1) and 0.36% sensitive) of the total area located in the northern and southern part of the study zone (mountains and high plateaus, low plateaus) considered less sensitive to the desertification compared to the first area. All changes are mainly caused by strong agro-economic change in the Ziban central part. The present paper reported the potential and opportunity of Geographic Information System as an effective tool to map, to assess land use, land change with cost relatively low.

Keywords : Desertification, MEDALUS, GIS, Biskra.

Résumé

Depuis le sommet de la terre de Rio en Juin 1992, l'évaluation, la surveillance et la lutte contre la désertification demeurent un défi majeur en régions arides et dans les pays en voie de développement. Dans ce cadre, et basé sur l'outil SIG (Système d'Information Géographique), une évaluation environnementale et quantitative à la désertification d'un system oasien de désert (Algérie Sud) a été faite. Le Modèle MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use) est adopté, ce modèle est dépendu sur les quatre principaux facteurs qui contribuent à la progression du processus de la désertification (Végétation, Climat, Sol, facteurs anthropiques). Les résultats ont révélé. D'une part, que 70,98 % de la zone d'étude, et située dans la partie centrale (Plaines et dépressions) est classifiée comme zone très sensible (sous-type-C3). D'autre part, 29,02 % (26,10 % très sensible, sous-type (C2), 2,55 % très sensible, sous-type (C1) et 0,36 % sensible) de la superficie totale localisée dans la partie Nord et Sud de la Zone d'étude (Montagnes et hauts plateaux, bas plateaux) est considérée comme moins sensible à la désertification par rapport à la première zone. Tous les changements sont principalement liés à une mutation agro-économique forte dans la partie centrale du Ziban. Le Présent document rapporté, le potentiel et l'opportunité de Système d'Information géographique comme un outil efficace pour cartographier, évaluer les changements ou les dégradations environnementale avec un coût relativement faible.

Mots clés : Désertification, MEDALUS, SIG, Biskra.

Listes des figures

| N° | Titre | Page |
|----|---|------|
| 1 | Conception des SIG. | 3 |
| 2 | Le géoïde est la forme théorique de la terre. | 4 |
| 3 | L'ellipsoïde. | 4 |
| 4 | Les type de projection. | 5 |
| 5 | Types de données spatiales. | 7 |
| 6 | Image satellitale. | 8 |
| 7 | Photo aérienne. | 8 |
| 8 | Données ou l'espace est divisé de manière régulière. | 8 |
| 9 | Les types de données vecteur. | 9 |
| 10 | Notion de couche en SIG. | 10 |
| 11 | Zone d'étude. | 13 |
| 12 | Carte Schématiques Ziban. | 17 |
| 13 | Variations interannuelles des précipitations annuelles, Biskra (1984-2013). | 19 |
| 14 | Températures moyennes, maximales et minimales de Biskra (1984-2013). | 20 |
| 15 | Diagramme ombrothermique de Gaussen de Biskra 1984-2013. | 21 |
| 16 | Climagramme d'Emberger de Biskra 1984-2013. | 22 |
| 17 | Démarches suivies pour évaluer et cartographier l'ISD (Indice de Sensibilité à la Désertification). | 24 |
| 18 | Carte de l'indice de qualité du sol (IQS). | 30 |
| 19 | Carte de l'indice de qualité du climat (IQC). | 31 |
| 20 | Carte de l'indice de la qualité de la végétation (IQV). | 32 |
| 21 | Carte d'indice de la qualité du système d'aménagement (IQSA). | 33 |
| 21 | Superficies en pourcentage pour chaque Indice de qualité (IQS, IQC, IQV et IQSE). | 34 |
| 22 | Superficies en pourcentage pour chaque classe de l'ISD. | 35 |
| 23 | Carte finale de sensibilité environnementale à la désertification (ISD). | 36 |

Listes des tableaux

| N° | Titre | Page |
|----|---|------|
| 1 | Comparaison entre les structures vectorielles et matricielles des données spatiales | 9 |
| 2 | Moyenne mensuelle des précipitations de Biskra 1984-2013 | 19 |
| 3 | Température mensuelle moyennes, maximales et minimales de Biskra 1984-2013 | 20 |
| 4 | Moyenne mensuelle de la vitesse du vent de Biskra 1984-2013 | 20 |
| 5 | Moyenne mensuelle de l'humidité relative de Biskra 1984-2013 | 21 |
| 6 | Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité du climat | 25 |
| 7 | Classes de l'indice de qualité du climat | 25 |
| 8 | Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité du sol | 26 |
| 9 | Classes de l'indice de qualité du sol | 27 |
| 10 | Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité du végétation | 27 |
| 11 | Classes de l'indice de qualité du végétation | 28 |
| 12 | Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité du système d'aménagement | 28 |
| 13 | Classes de l'indice de qualité du système d'aménagement | 29 |
| 14 | Classes de l'indice de sensibilité à la Désertification | 29 |

Table de matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Système d'Information Géographique | 3 |
| 1-1 Définition | 3 |
| 1-2 Données géographiques..... | 3 |
| 1-3 Système de coordonnées | 5 |
| 1-4 Projection de la carte | 6 |
| 1-4-1 classement des systèmes d'après la surface de projection | 6 |
| 1-4-2 les types de projection en Algérie..... | 6 |
| 1-5 L'échelle..... | 7 |
| 1-6 Modèles de stockage des données..... | 7 |
| 1-6-1 données raster..... | 8 |
| 1-6-2 données vecteur..... | 9 |
| 1-7 La notion de couche | 11 |
| 1-8 Les composantes d'un SIG..... | 11 |
| 1-9 Les rôles de SIG | 12 |
| 1-10 Les domaines d'application de SIG | 12 |
| Chapitre II : l'étude de milieu | 14 |
| 2-1 cadre géographique et administratif | 14 |
| 2-2 géologie | 15 |
| 2-3 spécificités de la classification des sols d'oasis | 15 |
| 2-4 ressources en eau de la wilaya | 16 |
| 2-4-1 les ressources en eau superficielles | 16 |
| 2-4-2 les eaux souterraines..... | 16 |
| 2-5 la végétation dans la région du Biskra | 17 |
| 2-5-1 les steppes graminéennes..... | 17 |
| 2-5-2 les steppes arbissellées ou chamaephytique | 17 |
| 2-5-3 les steppes crassulexentes | 17 |
| 2-5-4 les pseudo steppes arbustives à manophanérophytes | 17 |
| 2-6 dynamique de la production Agricole..... | 18 |
| 2-7 le climat..... | 19 |
| 2-7-1 la précipitation | 20 |
| 2-7-2 la Température | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 2-7-3 le vent..... | 23 |
| 2-7-4 l'humidité | 23 |
| 2-8 Bioclimatologie..... | 23 |
| 2-8-1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN | 23 |
| 2-8-2 climagramme pluviothermique d'EMBERGER | 24 |
| 2-8-3 l'indice d'aridité de Martonne..... | 25 |
| Chapitre III : matériels et méthodes | 27 |
| 3-1 matériels utilisés | 27 |
| 3-2 les logiciels utilisés..... | 27 |
| 3-3 méthode adopté..... | 27 |
| 3-3-1 l'indice de qualité du climat | 28 |
| 3-3-2 l'indice de qualité du sol | 28 |
| 3-3-3 l'indice de qualité de la végétation | 30 |
| 3-3-4 l'indice de qualité du système d'aménagement | 31 |
| 3-3-5 l'indice de sensibilité à la désertification | 32 |
| Chapitre VI : résultats et discussions..... | 33 |
| 4-1 Indice de qualité du sol (IQS)..... | 33 |
| 4-2 Indice de qualité du climat (IQC)..... | 34 |
| 4-3 Indice de la qualité de la végétation (IQV)..... | 35 |
| 4-4 Indice de la qualité du système d'aménagement (IQSA)..... | 36 |
| 4-5 Indice de Sensibilité à la désertification (ISD)..... | 37 |
| Conclusion | 40 |
| Référence bibliographique..... | 41 |

Introduction

La désertification est la dégradation des sols en région aride et semi-aride sous l'effet des changements climatiques et de l'activité humaine (O.N.U., 1994). Les régions les plus sensibles à ce phénomène sont celles où les précipitations sont comprises entre 300 et 200 mm par an et qui sont localisées sur les franges des déserts (Ramade, 2005 ; 2008). Les causes de la désertification sont multiples et complexes : des causes directes (climatiques et humaines) et des causes indirectes (facteurs sociaux, économiques et politiques) (Siddig, 2000 ; Nahal, 2004 ; Ouadah, 2007). La dégradation de terre et la désertification se produisent partout, mais plus remarquable dans les régions arides, qui couvrent approximativement 40% de la superficie mondiale, et soutiennent deux milliards de personnes, 90% d'entre eux vivent dans les pays en voie de développement : L'Afrique, l'Asie et l'Amérique latine (Reynolds et *al.*, 2007 ; Nater et *al.*, 2008 ; U. N. C. C. D., 2008 ; EMG, 2011 ; Lal et *al.*, 2012). Actuellement, l'évaluation du risque de désertification, le suivi et la lutte contre la désertification restent un défi pour les scientifiques, les décideurs dans le monde entier (Lal et *al.*, 2012 ; Chasek et *al.*, 2015 ; Gnacadja, 2015 ; Liu et *al.*, 2015 ; Van den Elsen and Jetten, 2015).

Sur les 238 millions d'ha de l'Algérie, 200 millions d'ha sont occupés par la zone saharienne où les infrastructures socio-économiques sont soumises à un ensablement résultant d'un développement souvent incohérent et d'une exploitation anarchique des ressources de ces milieux sensibles. Sur les 38 millions d'ha du nord du pays, 36 millions d'ha forment la steppe et le présaharien, zone aride et semi-aride très sensible aux processus de désertification, et caractérisée par un surpâturage chronique (Ali, 2006 ; Mellouhi, 2006). D'après la carte nationale de sensibilité à la désertification établie sur les 20 millions d'hectares de steppe fait ressortir que près de 8 millions ha sont désertifiés ou menacés par la désertification (M'hamed, 2005). En générale 87 % du nord de l'Algérie présente une forte à très forte sensibilité à la désertification (salamani et *al.*, 2012).

Pour estimer et cartographier la désertification, plusieurs modèles ont été formulés : GMDS, (FAO/UNEP), GASD, UNEP Atlas du monde de désertification, GDVM (Zucca et *al.*, 2014).

Le Modèle MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) est l'un des modèles le plus utilisés généralement dans la région de méditerranéenne (Kosmas *et al.*, 1999 ; Salvati et Bajocco, 2011 ; Ferrara *et al.*, 2012 ; Ladisa *et al.*, 2012 ; De Paola *et al.*, 2013 ; Symeonakis *et al.*, 2014 ; Trotta *et al.*, 2015). Le modèle est appliqué et utilisé aussi, pour estimer les secteurs sensibles à la désertification dans les oasis de désert (Hadeel *et al.*, 2010 ; Rasmy *et al.*, 2010 ; Bakr *et al.*, 2012 ; Mohamed, 2013 ; Ismael, 2015). La sensibilité des régions à la désertification est identifiée sur la base d'un index (indice de sensibilité à la désertification, ISD), qui intègre des données biophysiques sur la qualité environnementale (climat, sol et végétation) avec des facteurs d'origine humaine (Anthropique)(Ladisa *et al.*, 2012).

Située dans une zone, fortement aride et hostile, le système oasien de Ziban est subi d'une grande dégradation de terre : recul de couvert végétal naturel, ensablement, urbanisation, surpâturage... etc. La rareté des données environnementales est un défi commun dans les pays en voie de développement. Les méthodes conventionnelles d'analyse en utilisant les données de la terre et de l'enquête de champ demeurent coûteuses. En fait, ces outils traditionnels ne peuvent pas par eux-mêmes fournir une vision synoptique du problème écologique et de ses conséquences. Dans ce contexte, quelles outils et méthodes qui doivent-être adopter afin de suivre, d'analyser et d'expliquer la sensibilité ou la vulnérabilité environnementale du système oasien du Ziban à la désertification. Les objectifs d'étude sont, (i) d'identifier les zones les plus sensibles à la désertification dans la système oasien de Ziban,(ii) de montrer le potentiel de l'utilisation du Système d'information Géographique pour suivre, et détecter le changement de terre avec exactitude et un coût relativement bas, (iii) de mettre à la disposition des décideurs, les groupes de recherche local et le public intéressé, l'information vis à vis la vulnérabilité à la désertification dans la région de Ziban afin d'agir, empêcher la progression de cet phénomène.

La méthodologie de la démarche adoptée pour ce travail de recherche se compose de quatre chapitres :

Le chapitre I est consacré à la synthèse bibliographique (Système d'Information Géographique).

Le chapitre II concerne à l'étude de milieu (Pédologie, Géologie, Climat, Végétation... etc.)

Le chapitre III est réservé matériels et méthodes.

Le chapitre IV est consacré aux résultats et discussions.

1.1. Définition

Les SIG sont un environnement de traitement de l'information à référence spatiale (Claude, 2004).

Un SIG est d'abord un système d'information(SI) dont l'objectif est de décrire un territoire de façon à améliorer sa connaissance et à permettre la description et l'analyse des phénomènes naturels ou humaines qui s'y produisent (Berry et Miellet, 1999).

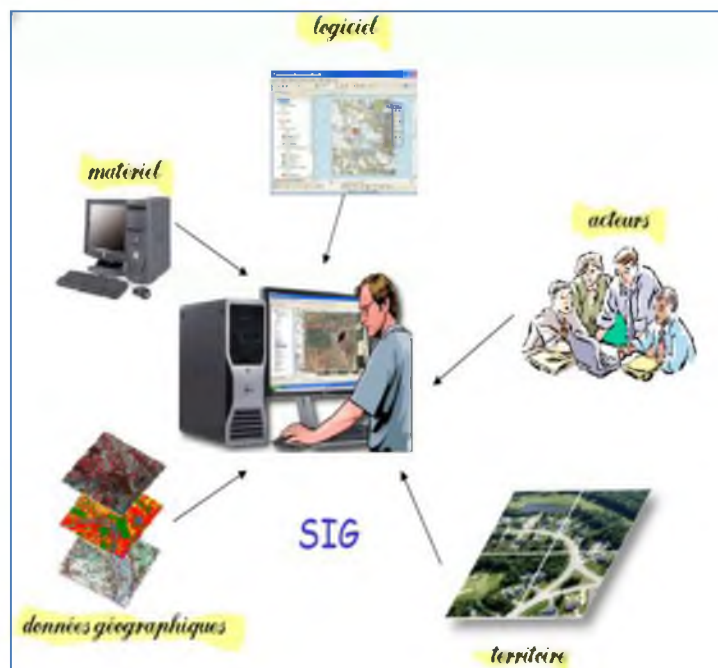


Figure 1 : Conception de SIG (Gillot, 2009).

1.2. Données Géographiques

* Coordonnées terrestres

La terre est une sphère, mais une sphère imparfaite :

Le Géoïde est la forme théorique qui se rapproche le plus de la surface réelle de la terre c'est-à-dire le niveau moyen des mers. Il sert de référence pour déterminer les altitudes (IAAT., 2003 ; Laurencien , 2006).

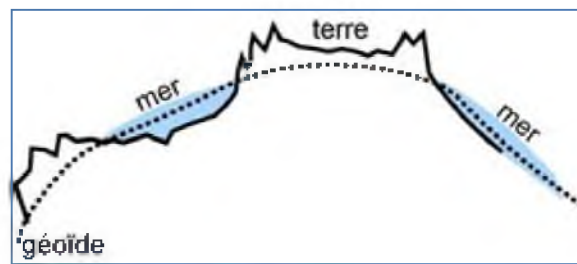


Figure 2 : le géoïde est la forme théorique de la terre (IAAT., 2003).

L'ellipsoïde est la surface mathématique qui se rapproche le plus de la forme du géoïde ; grâce à ce dernier, on peut calculer les coordonnées géographiques en Longitude et en Latitude (IAAT., 2003 ; Laurencien, 2006).

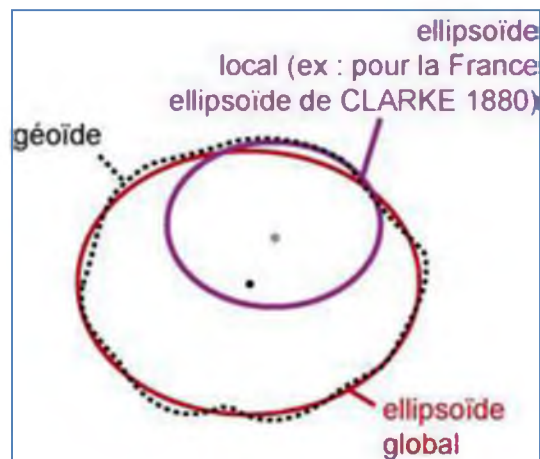


Figure 3 : l'ellipsoïde (IAAT., 2003).

Le procédé mathématique qui permet le passage de l'ellipsoïde au plan se nomme : système de représentation plane ou système de projection ou projection (IAAT., 2003).

Un Datum (ellipsoïde local) est créé sur l'ellipsoïde sélectionné et peut incorporer des variations locales d'altitude. Le datum et l'ellipsoïde sous-jacents par rapport auquel les coordonnées d'un jeu de données sont référencées peuvent changer les valeurs de coordonnées. On peut sélectionner un ellipsoïde particulier à utiliser dans une zone géographique spécifique, s'il imite particulièrement bien le géoïde de cette partie du monde (Chakroun, 2014).

1.3 Système de coordonnées

Structure de référence fixe superposée sur la surface d'une zone et permettant d'y désigner la position d'un point. Système de référence constitué d'un ensemble de points, lignes et /ou

surfaces et d'un ensemble de règles permettant de définir les positions de points dans l'espace en deux ou trois dimensions. Le système de coordonnées cartésiennes et le système de coordonnées géographiques utilisés sur la surface de la terre sont des exemples courants de systèmes de coordonnées (ESRI., 2004).

1.4. Projection de la carte

Une projection de carte figure un objet tridimensionnel, tel que le globe de la terre, dans un format bidimensionnel. La projection de la carte est tout simplement le composant le plus intrigant du système de coordonnées mettant en référence parce qu'il offre un niveau élevé de flexibilité (Galatia, 2006). Donc la procédure mathématique qui permet le passage de l'ellipsoïde au plan se nomme : système de projection ou projection.

1.4.1. Classement des systèmes d'après la surface de projection

On peut distinguer la projection azimutale, conique, cylindrique, elle peut être tangente ou sécante, directe, transverse ou oblique (IAAT., 2003).

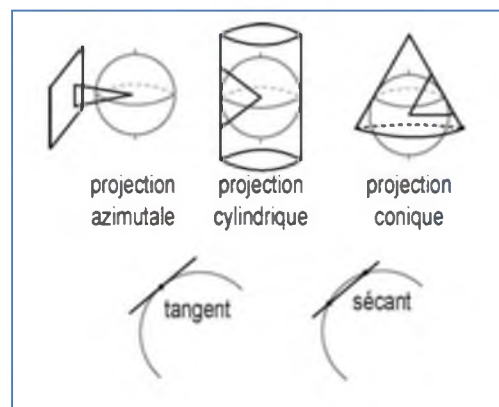


Figure 4 : Les types de projection (IAAT., 2003).

1.4.2 Types de projections en Algérie

*Projection Conique Conforme de Lambert

C'est la projection standard de représentation des cartes étendue est -ouest plus que nord-sud. Elle conserve les formes locales (Chakroun, 2014).

Le sommet du cône appartient à l'axe des pôles et est tangent à un ellipsoïde de référence. En un point défini par « Méridien Central », un parallèle de référence de latitude et les 2 « Standards parallèles ». Les paramètres « False easting » et « False northing » sont des offsets utilisés pour éviter les valeurs négatives (Chakroun, 2014).

***Projection Universal Transverse Mercator (UTM)**

Projection cylindrique transverse où l'axe du cylindre croise perpendiculairement l'axe des pôles de l'ellipsoïde terrestre au centre de l'ellipsoïde. Elle conserve les formes locales (projection conforme). En pratique, pour couvrir la surface de la Terre, on la découpe en 60 fuseaux de 6 degrés en séparant l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud. Soit au total 120 zones (60 pour le Nord et 60 pour le Sud). Chaque fuseau a un système de coordonnées planes dont l'axe des X correspond à l'équateur et l'axe des y coïncide avec le méridien central du fuseau (Chakroun, 2014).

1.5 Échelle

Par définition, l'échelle est le rapport entre une distance mesurée sur la carte et la même distance mesurée sur le terrain, dans les mêmes unités (Legrois, 1996). Cette notion d'échelle est identique dans les SIG lors d'une représentation graphique des éléments de l'espace géographique soit à l'écran, soit sur support papier (Caloz et Collet, 2011). Une grande échelle est l'échelle dont le rapport $1/x$ est élevé, ce qui veut dire x petit, la grande échelle n'intéresse que des territoires restreints. À l'inverse, une petite échelle correspond en général à des surfaces considérables (Legrois, 1996).

- **Echelle numérique**

L'échelle e d'une carte est le rapport entre une distance d sur la carte et la distance correspondante réelle D sur le terrain (Vergely, 2010) :

$$e = d / D$$

- **Echelle graphique**

L'échelle d'une carte, d'une coupe, d'une figure, d'un dessin ou autre document peut aussi être donnée sous forme graphique : on trace un segment gradué, subdivisé en kilomètres, en hectomètres, ou moins encore pour une figure d'affleurement sur le terrain, cette échelle graphique est recommandée pour les coupes géologiques, car elle visualise immédiatement les dimensions (Vergely, 2010).

1.6 modèles de stockage de données

On distingue deux modèles de stockage, de gestion et de structuration des données géographiques qui déterminent le type de Système d'information géographique : les SIG « raster » et les SIG « vecteur », l'un et l'autre modes de stockage et de gestion des données intégrant les données « raster » ou « vecteur ». Chacun des deux systèmes de stockages de l'information géographique, produisent, présentent et gèrent les données numérisées sous la

forme de pixels (pictures elements) – le mode « raster », soit sous l'aspect de formes géométriques (segment de droite, point, etc.) rapporté à un plan vectoriel (x, y) (x, y, z lorsque l'on intègre la troisième dimension) (Gadel, 2004).

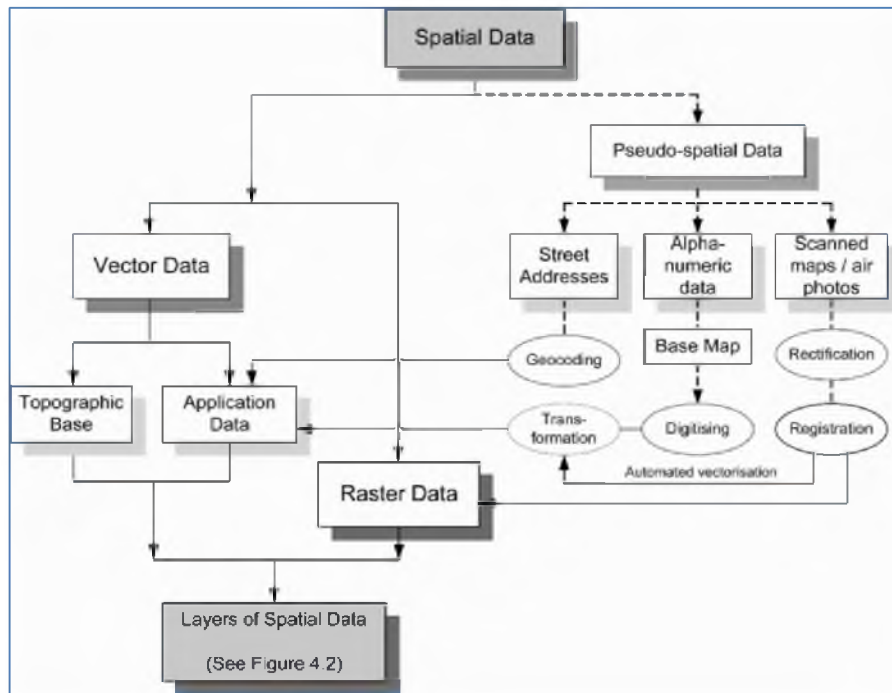


Figure 5 : Types de données spatiales (Yeung et Brent Hall, 2007).

1.6.1 donnée raster

L'un des types de données géo-spatiales est qualifié de donnée raster / matricielle, ou plus communément un (raster). Les formes les plus facilement reconnaissables de donnée raster sont les images satellites numériques ou les photos aériennes. Les ombrages de pentes ou les modèles numériques de terrain sont également représentés en raster. Tout type de données cartographiques peut être représenté comme une donnée raster, mais il y a des limitations. Un raster est une grille régulière qui se compose de cellules. Ou, dans le cas de l'imagerie, de pixels, il y a un nombre déterminé de lignes et de colonnes, chaque cellule a une valeur numérique et une certaine taille géographique (Athán, 2010).

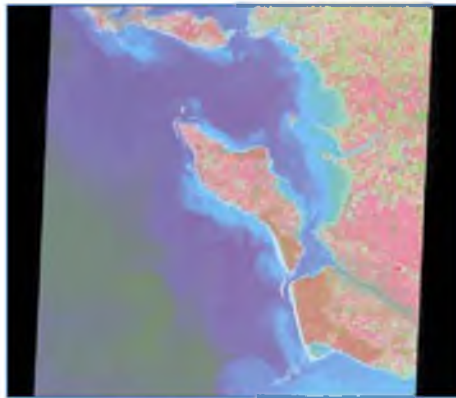


Figure 6 : Image satellitale (IAAT., 2003).



Figure 7 : Photo aérienne (IAAT., 2003).

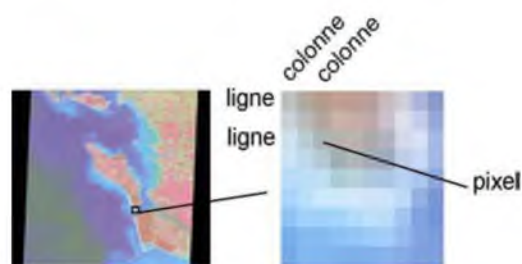


Figure 8 : donnée ou l'espace est divisé de manière régulière (IAAT., 2003).

1.6.2 Donnée vecteur

Pour représenter les objets à la surface du globe, les SIG utilisent trois objets géométriques qui sont le point, la ligne et la surface (IAAT., 2003).

- **Point**

L'objet le plus simple, il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des collecteurs d'ordures, ... Mais à des échelles plus petites de type carte routière au 1/1 000 000ème, il représente une capitale régionale (IAAT., 2003 ; Dénégre, 2005).

- **Ligne**

La ligne représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, d'assainissement, etc... Elle peut être fictive, en représentant l'axe d'une route, ou virtuelle en modélisant des flux d'information, d'argent, (IAAT., 2003 ; Dénégre, 2005).

- **Surface**

Elle peut matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, une zone bâtie, ...ect. (IAAT., 2003 ; Dénégre, 2005).

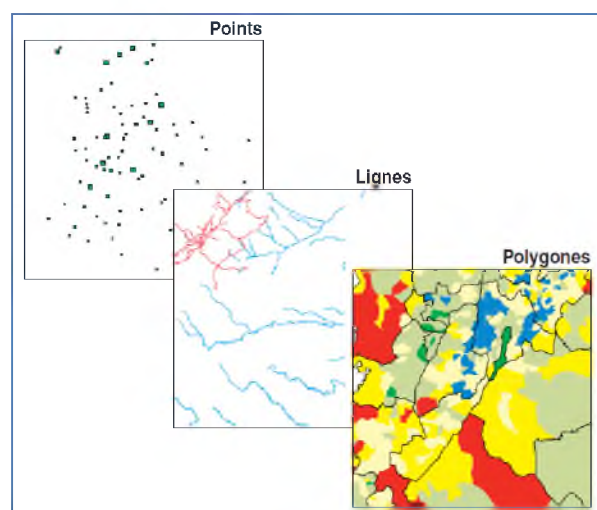


Figure 9 : Les types de données vecteur (Habert, 2000).

Tableau 1 : Comparaison entre les structures vectorielles et matricielles des données spatiales (Chakroun, 2014)

| Mode Vectoriel | Mode Matriciel |
|--|---|
| Élément de représentation = Objet | Élément de représentation = Maille |
| Identification de l'objet avec précision | Précision dépend de la résolution |
| Structure topologique complexe : Relations de voisinage explicites Analyse de réseau | Topologie implicite Relation de connectivité entre les mailles |
| Espace mémoire réduit | Espace mémoire volumineux |
| Analyses spatiales limitées | Combinaisons illimitées des données |
| Document de sortie de qualité nette | Médiocrité de la qualité de sortie |

1.7 Notion de couche

Une couche est un plan réunissant normalement des éléments géographiques de même type. Une couche peut aussi être vue comme un compartiment logique du système d'information. De manière générale, on met sur une même couche des entités de même classe, par exemple : toutes les rivières, toutes les limites municipales, tous les conduits d'égouts. Plus précisément, on prévoit une couche par entité géographique (Chakroun, 2014).

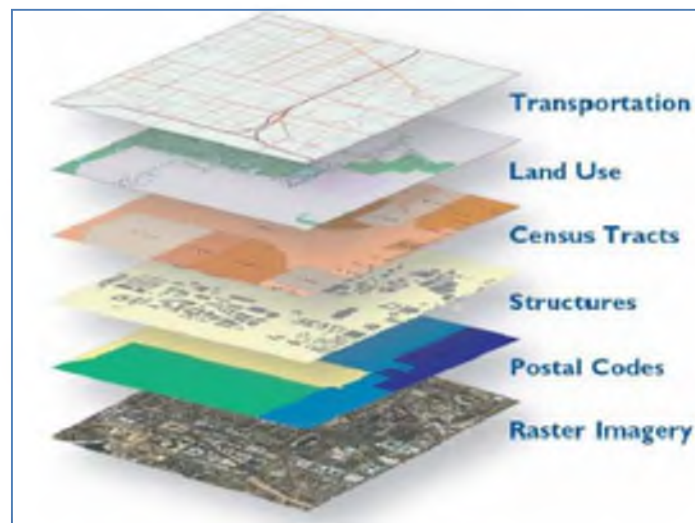


Figure 10 : Notion de couche en SIG (ESRI, 2004).

1.8 Composantes d'un SIG

Le SIG exige six composantes clés pour fonctionner en ensemble (Thierno, 2008 ; Dénégre et Salgé, 2004) :

-Réseau.

-Matériel : Un ordinateur.

-Logiciel : Il doit permettre de travailler sur des informations géographiques, intégrer un système de gestion de base de données, permettre de faire des analyses et de visualiser l'information avec une interface graphique (agréable) pour l'utilisateur.

-Données : Géographiques et tabulaires.

-Utilisateurs : Exploitation, développement de l'outil.

-Méthodes : Variables suivant le type d'organisation.

1.9 Rôles de SIG

Selon Ashok (2008) Les rôles de SIG sont :

- Abstraction** : Modélisation de la base de données en définissant les objets, leurs attributs et leurs relations.
- Acquisition** : Alimentation du SIG en données, il faut d'une part définir la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations.
- Archivage** : Transfert des données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).
- Analyse** : Réponse aux questions posées.
- Affichage** : Production des cartes de façon automatique.

1.10 Domaines d'application de SIG

Le développement des systèmes d'information géographique (SIG) a débuté vers 1980, en relation directe avec les performances de l'informatique, il s'accélère actuellement et une très forte croissance est à prévoir au cours de cette décennie (Brabant, 1993).

Le SIG touche pratiquement la plupart des domaines et résout des problématiques de plus en plus complexes. Ainsi on entend parler des SIG en :

- Urbanisme** : Gestion des plans d'occupation du sol, voirie, réseaux d'assainissement.
 - Etude économiques et socio-économiques** : Population, emploi, logement, production et services.
 - Géomarketing** : Localisation des clients, analyse du site, présence de consommateurs potentiels d'un produit ou d'un service dans une région, suivi d'expédition de parquets visualisés sur des cartes.
 - Tourisme** : Gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
 - Télécoms** : Implantation d'antennes pour les téléphones mobiles.
 - Réseaux de communication** : Electricité, eau, routes, fleuves, réseaux, souterrains.
 - Réseaux de transport** : Planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires, la fourniture d'itinéraires sur internet, les assistants à la conduite automobile.
 - Protection civile** : Gestion et prévention de catastrophes.
 - Hydrologie** : Fleuves, oueds, nappes, barrages et stations.
-

-Forêt : Il permet aux gestionnaires d'avoir une approche globale et synthétique des problèmes liés au dégradation du milieu par la modélisation les topographique et thématique (pression humaine) et de proposer des solutions d'aménagement

-Science de la terre : Géologie, géodésie, pédologie, géotechnique (Benguerai et Benabdeli, 2009 ; Laffly, 1997).

-Biologie : Etude du déplacement des populations animales (Oudjet et Rabia, 2008).

2.1 Cadre géographique et administratif

La wilaya de Biskra est située à l'Est du pays, et plus exactement au Sud des Aurès qui constituent sa limite naturelle au Nord. Elle s'étend au Sud-Est jusqu'à la zone des Chotts (Chott Melghir) et au Sud-Ouest jusqu'au commencement du grand erg oriental.

D'une superficie de 22 379,95 km², la Wilaya de Biskra est limitée part (ANAT., 2003 b) :

-la Wilaya de Batna au Nord ; la Wilaya de M'Sila au Nord-Ouest ; la Wilaya de Djelfa au Sud-Ouest ; la Wilaya d'El Oued au Sud ; la Wilaya de Khenchela au Nord et à l'Est.

Elle se situe dans une zone désertique.

Pour la région d'étude, la principale chaîne montagneuse est celle des Aurès. Elle est caractérisée par un relief très accidenté, ainsi que des pentes fortes dans le haut du versant. Le point culminant est situé sur le Djebel Chélia, qui a une altitude de 2 328 m. La majorité des terres de la wilaya ont une grande étendue plate suivie d'une zone dépressionnaire, celle du Chott Melghir (ANAT., 2003 b).

Créée après le découpage administratif de 1974, la wilaya de Biskra se composait de six (06) dairates et vingt-deux (22) communes. Avec le découpage administratif de 1984, elle s'est scindée en deux parties, donnant naissance à une nouvelle Wilaya (Wilaya d'El Oued) (ANAT., 2003 b).

Depuis Mai 1984, la wilaya de Biskra se compose de trente-trois (33) communes et douze dairates, dont les Chefs-lieux sont : Tolga, Ouled Djellal, Sidi Okba, El Outaya, El Kaatara, Ourlai, M'chounèche, ZJEI Oued, Sidi Khaled, Foughala, Djemourah et Biskra (ANAT., 2003 b).

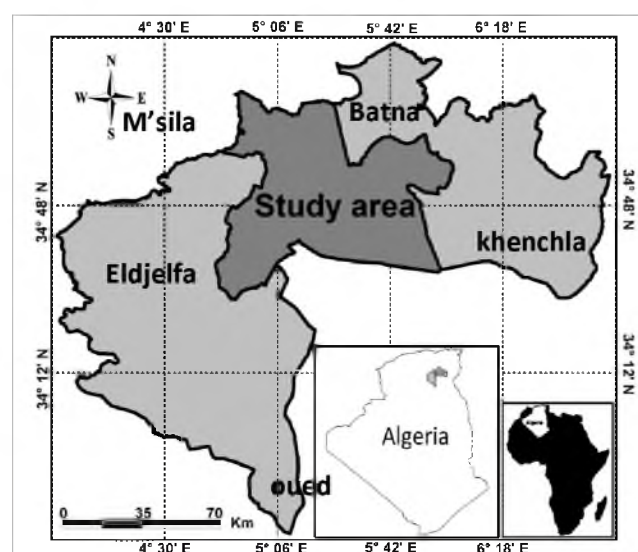


Figure 11 : Zone d'étude

2.2 Géologie

D'un point de vue géologique, la région de Biskra se présente comme un pays de transition structural et sédimentaire entre deux domaines ; atlasique au Nord et Saharien au Sud (Bouziane et Labadi, 2009). Les formations géologiques qui composent les sols de la wilaya sont des formations d'origine sédimentaire à prédominance de sédiments carbonates. Les affleurements rocheux qui constituent les principaux reliefs de la wilaya, en l'occurrence les montagnes, situées à la limite Nord, sont des sédiments en grande majorité datant du secondaire ; les grandes plaines du Centre sont des sédiments du quaternaire, alors que les plateaux sont en grande partie composés de formations datant du tertiaire (ANAT., 2003 b).

Du point de vue lithologique, les principales roches et sédiments qui composent le sol de la wilaya sont des alluvions argilo-sableuses, des calcaires, des dolomies, des marnes, des argiles, des sables, des grès et des sels sédimentaires de chott ou de sel diapirique (ANAT., 2003 b).

Du point de vue tectonique, le nord de la wilaya est affecté par le grand accident tectonique, connu sous le nom de « la flexure sud-atlasique », qui est une sorte de cassure séparant la partie nord du pays (le Tell) de la zone effondrée désertique (le Sahara). Cet accident est caractérisé par la présence de multiples failles (tectonique cassante) et d'une structure souple et plissée (tectonique souple) (ANAT., 2003 b).

2.3 Spécificités de la classification des sols d'oasis

Les sols d'oasis constituent un groupe particulier, qu'il est difficile de le rattacher globalement à la classification utilisée en Algérie. La classe des sols halomorphes illustre parfaitement cette particularité, en effet la teneur en sels relativement importante dans les sols des Oasis et ce, comparativement à ceux de Nord du pays, elle est inappropriée et à cet égard, est le plus souvent modifiée. Ce phénomène de salinisation, qui affecte la majorité des sols du Sahara est associé dans la majorité des cas à une texture grossière (sableuse) ce qui accélère la migration (lessivage) des sels dans les sols (Khadraoui, 2010).

On rencontre différents types de terrains dans les palmeraies sahariennes et sahéliennes qui vont du sol léger (sableux, graveleux.) au sol assez compact (limons argileux). Ce sont ensuite les sols alluviaux plus ou moins argileux et limoneux des ter-rasses bordant les Oueds des palmeraies du Présaharien (Oued Drga, Oued Ziz, Oued Biskra) (Toutain, non daté).

2.4 Ressources en eau de la wilaya

2.4.1 les ressources en eau superficielles

Les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Les ressources en eau de surface sont omniprésentes dans la région d'étude et sont alimentées essentiellement par les principaux oueds, à savoir : Oued Djeddi, Oued Biskra, Oued El Arab, Oued El Abiod etc...., qui se caractérisent par un écoulement intermittent. Lors des crues, ces oueds se jettent dans le Chott Melghir et ce par manque d'infrastructures destinées à la mobilisation de ces ressources : barrages (Foum El Gherza et Fontaines des Gazelles), les barrages d'inféro-flux, retenues collinaires, entraînant une grande perte pour une meilleure utilisation de cet élément essentiel à toute activité (ANAT., 2003 a).

2.4.2 les ressources souterraines

La wilaya de Biskra présente plusieurs réservoirs aquifères d'importance bien distincte de part leur constitution lithologique, leur structure géologique et les facilités d'exploitation qu'ils présentent. Ces aquifères appartiennent aux étages suivants (ANAT., 2003 a) :

- Le Mio-Plio-Quaternaire (représenté par la nappe des sables et la nappe superficielle du Quaternaire).
- l'Eocène inférieur (nappe des calcaires).
- Le Sénonien supérieur (Maestrichtien).
- L'Albien et le Barrémien (nappe du continental intercalaire).

La wilaya de Biskra totalise 11.121 point d'eau, dont 7699 en service, 1846 à l'arrêt et 1576 abandonnés. Le volume d'eau soutiré est de 577 Hm³/an dont 508 Hm³/an sur destinés pour l'irrigation et 68 Hm³/an destinés pour l'alimentation en eau potable (ANAT., 2003 a).

2.5 La végétation dans la région du Biskra

La particularité des Ziban réside dans l'absence des forêts, même sur les reliefs, sinon quelques rares pins d'Alep isolés et rabougris, associés à des genévriers oxycèdres. La formation végétale la plus représentative reste la steppe qui se présente comme une formation basse et ouverte, laissant apparaître le sol à nu. La steppe développe quatre variétés dans les Ziban (ANAT., 2003 c) :

2.5.1 Les steppes graminéennes

C'est des steppes à graminées pérennes, telles les steppes à alfa (*Stipa tenacissima*), les steppes à sparte (*Lygeum spartum*) couvrant la partie occidentale de la plaine d'El Outaya, au

Sud de bled El Mazouchia et surtout les glacis de versants nord des djebels Ech Chegaig et Sahbana au Sud du chott El Hodna.

2.5.2 Les steppes arbrissellées ou chamaephytiques

Les touffes ne dépassant guère 50 cm de hauteur, cette steppe est représentée par l'Armoise essentiellement (*Artemisia herba alba* et *Artemisia campestris*) et est bien répandue dans la plaine au Nord et au Nord-Ouest de M'Doukal.

2.5.3 Les steppes crassulescentes

C'est la steppe halophile dominée par des espèces végétales charnues halophiles en relation avec des sols salés. Les espèces dominantes comprennent beaucoup de chenopodiaceae, telles que l'Atriplex, la Salicoraia, la Sueda...Ce type de steppe est caractéristique des bordures des sebkhas et des terrains chotteux avec une gradation sous forme d'auréoles déterminées en fonction de la salure des terrains. Sur les sols salés, entre les dunes et la sebkha, la steppe à Atriplex est bien développée, ensuite on passe aux salicornes. Sur les terrains les plus salés, juste en bordure de la sebkha, c'est le domaine de la steppe crassulescente, plus basse et dont les touffes de Sueda se tassent en coussinets.

2.5.4 Les pseudo steppes arbustives à nanophanérophytes

Ce n'est pas des steppes, mais plutôt des petites « forêts » d'arbustes de 1 à 4 mètres de haut, associés à des petits arbrisseaux parsemés entre les arbustes. Les espèces dominantes dans les Ziban, sont les Rtem (*Retama raetam*), les Tamaris (*Tamarix spp.*) qui couvrent la plaine d'épandage d'Oued Es Sereg au Nord de Bled Selga, dans la plaine d'El Outaya.

Ces espèces se rencontrent dans des sites à bilan hydrique favorable : terrasses d'oued (Oued Ben Youssef au Nord de M'Doukal), zones d'épandage et recouvrement sableux (Oued Selsou, à bled El Madher dans la plaine d'El Outaya).

2.6 Dynamique de la Production Agricole

Le Zab Rharbi (Ziban W) est une vieille région phoenicicole, irriguée traditionnellement par les sources jaillissant au pied des Monts du Zab, aujourd'hui par des forages. Il présente deux lignes de palmeraies, une immédiatement au pied des massifs, l'autre à un dizaine de kilomètres à l'aval. Après la période de flottement des décennies 1960-70, l'agriculture a été relancée par deux programmes successifs : l'APFA en 1983, assurant l'accession à la propriété foncière à ceux qui mettent en valeur les terres; le PNDA en 2000, assurant l'accession aux finances à ceux qui développent l'agriculture (généralement financement à fonds perdus par l'Etat à 70%, le reste pouvant être obtenu dans le réseau

bancaire) (fig:12). Ce double apport s'est traduit par un renouveau de la phoeniciculture, par plantations nouvelles : les noyaux de vieilles palmeraies autour de chaque localité se trouvent aujourd'hui ennoyés dans un ensemble planté qui est quasiment continu d'El Ghrouss à Bouchagroun. Il s'est traduit aussi par un essor spectaculaire de la plasticulture, souvent sur les marges des palmeraies, chaque exploitant comptant de 2 à 20 tunnels plastique, qui assurent un revenu immédiat en attendant que les jeunes plantations de palmiers entrent en production. Avec plus de 2,2 millions de palmiers (dont moitié en Deglet Nour), la wilaya de Biskra dépasse aujourd'hui la grande région productrice traditionnelle. (Côte, 2005).

Depuis l'application du P.N.D.A, le début des réalisations en chiffres (DSA., 2003).

Phoeniciculture = plus de 6000 ha

Arboriculture fruitière = plus de 600 ha

Maraîchage = plus de 250 ha

Plantation forestière et arboricole = 374 ha

Mise en valeur des terres/concessions = 300 ha

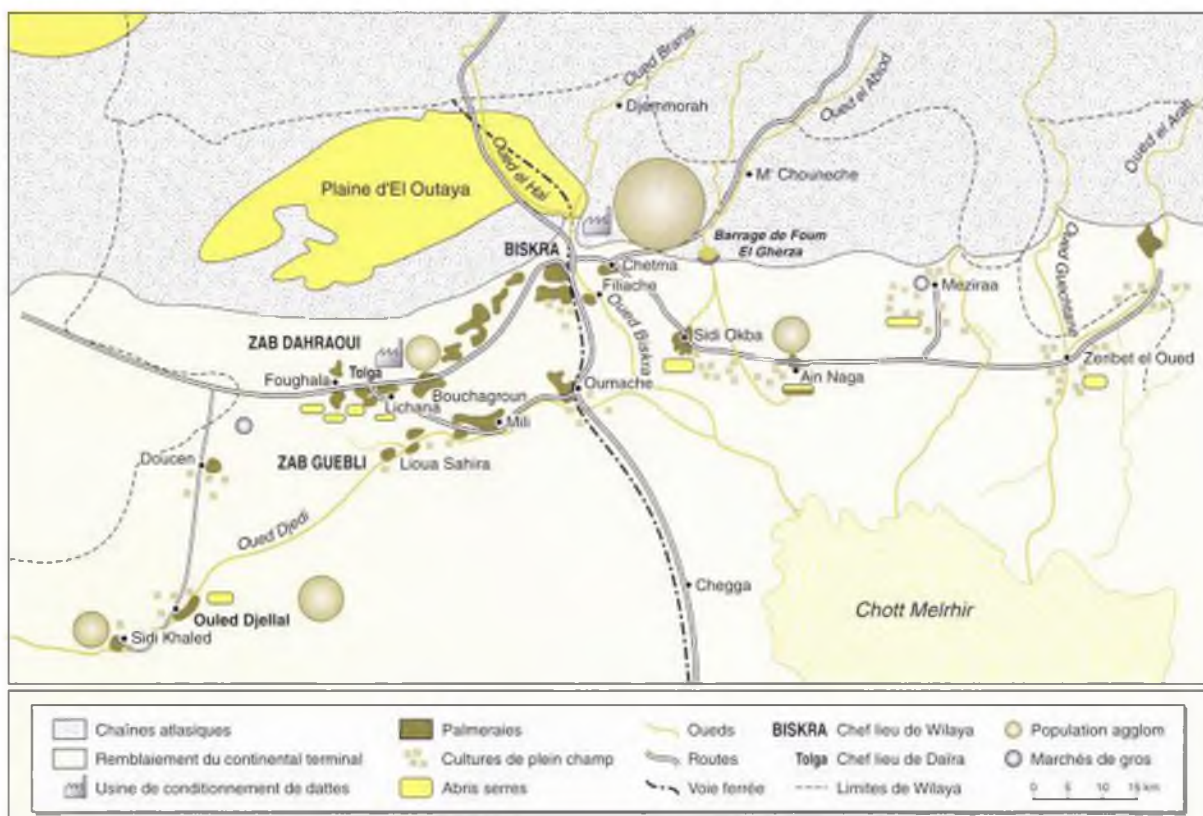


Figure 12 : Carte Schématique des Ziban (Dubost et Larbi-Youcef, 1998).

2.7 Le Climat :

Il n'existe pas de climat stable dans l'absolu mais seulement par référence à une échelle de temps déterminée, les climats ont constamment varié au cours de l'histoire terrestre, quoique à des vitesses différentes selon les périodes géologiques (Le Houérou, 1993). Par sa position géographique, la région de Biskra se caractérise par un climat un peu particulier par rapport aux régions du Tell et du Sahara (ANAT., 2003b). C'est le secteur proprement saharien, qui commence à l'outaya et non à El Kantara. Il correspond au vrai domaine du palmier. La douceur d'hiver, et la Sécheresse hygrométrique très poussée de l'air, expliquent la faveur du Sahara Sud-Constantinois : le palmier Deglet Nour est limité au Bas-Sahara ; il est exclu du Sahara occidental, où m est inférieur à 3°C (Côte, 1974).

L'aridité résulte de l'insuffisance quantitative des précipitations et condensations, de leur répartition saisonnière et de leur durée par rapport aux besoins de la végétation sur un sol donné. reflète un déficit pluviométrique permanent et elle est liée à d'autres données climatiques : ensoleillement, température, hygrométrie, évapotranspiration (Arrignon 2011).

2.7.1 Précipitations :

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (Benabadji et Bouazza, 2000). Les précipitations sont à la fois faibles et épisodiques, à rythme saisonnier peu marqué, sauf sur les marges septentrionales à pluies d'hiver de type méditerranéen (Monod, 1992).

Pour la station climatologique de Biskra et dans le cadre de l'analyse des événements climatologiques exceptionnels, il a été jugé utile de signaler quelques dates historiques où la pluie annuelle était, soit très faible voire critique (37 mm en 1946), soit abondante telles que celles enregistrées en 1951 (247 mm) et 1969 (230 mm), provoquant des pluies diluviennes pour la région des oasis occasionnant d'importants dégâts (ANAT., 2003b).

Les pluies sahariennes sont inefficaces pour l'irrigation du palmier dattier car très peu importantes. Mais elles peuvent avoir des conséquences sur le végétal dans ces périodes critiques : floraison, mûrissement...etc. (Belguedj et *al.*, 2008).

- **Précipitation mensuelle**

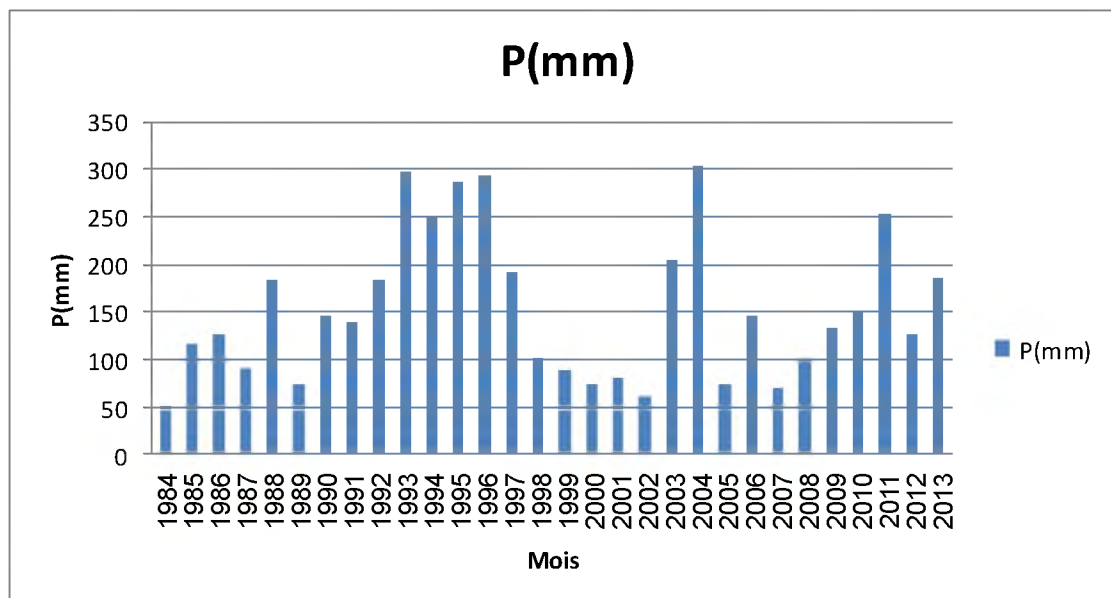
L'étude de la variation des moyennes mensuelles des précipitations pour la période 1984-2013 (Tab2) Elle nous montre une longue période de sécheresse, qui a atteint 3.31 en aout et 21.92 en mars Chaque valeur maximale.

Tableau 2 : Moyenne mensuelle des précipitations de Biskra 1984-2013

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Somme |
|--------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|------|--------|
| P (mm) | 13.99 | 7,54 | 21.92 | 17.33 | 10.34 | 5.94 | 6.21 | 3.31 | 20.4 | 15.72 | 18.34 | 14.2 | 155.42 |

- **Précipitations annuelles**

La région de Biskra montre une pluviométrie faible et mal répartie. Ainsi, pour la période 1984-2013 (fig.14). Pour la région des précipitations de Biskra ils sont faibles et inégales. Ainsi pour la période 1984-2013 il a été constaté la pluviométrie annuelle moyenne de 155.01, avec la valeur minimal 51.82 en 1984.

**Figure 13** : Variations interannuelles des précipitations annuelles, Biskra (1984-2013).

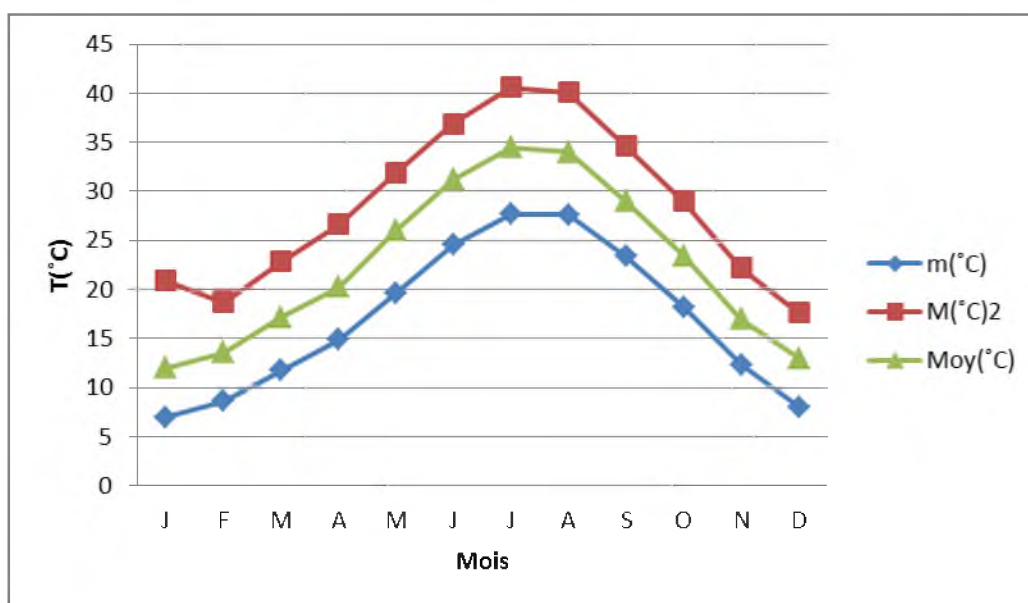
2.7.2 Températures :

Les températures moyennes annuelles sont élevées. En profondeur, les températures vont diminuer rapidement et s'équilibrer (Monod, 1992). La connaissance des facteurs climatiques notamment, les températures est déterminante pour tous les domaines d'application : agriculture hydraulique, habitat, santé, climatisation etc. (ANAT., 2003b).

L'analyse des données de périodes (1984-2013), est rapportée sur le tableau, des moyenne maxima et des minima de température. Les températures moyennes annuelles sont élevées, avec des maxima absolus pouvant atteindre et dépasser 40.64°C en juillet, et des minima de janvier à 7 °C.

Tableau 3 : Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de Biskra 1984-2013

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| m (C°) | 7 | 8.64 | 11.73 | 14.9 | 19.62 | 24.53 | 27.71 | 27.64 | 23.36 | 18.21 | 12.35 | 8 |
| M (C°) | 20.92 | 18.66 | 22.86 | 26.65 | 31.93 | 36.9 | 40.64 | 40.06 | 34.58 | 28.99 | 22.21 | 17.65 |
| Moy (C°) | 12.01 | 13.55 | 17.17 | 20.22 | 26.04 | 31.22 | 34.5 | 34 | 29.01 | 23.45 | 16.97 | 13 |

**Figure 14 :** Températures moyennes, maximales et minimales de Biskra (1984-2013).

2.7.3 Le Vent :

Malgré les apparences, le Sahara ne serait pas un pays plus venteux qu'un autre mais simplement un pays où le vent, qui se manifeste sans contrainte, se fait particulièrement remarquer (Monod, 1992).

Les vents soufflent généralement de Nord-Ouest, secs et froids en Hiver, et très secs et chauds (sircco) en été.

Tableau 4 : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent de Biskra de 1984-2013

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----|
| Vitesse (m/s) | 14.78 | 16.3 | 17.7 | 20.94 | 20.56 | 16.44 | 14.37 | 13.7 | 14.19 | 14.01 | 14.48 | 14 |

2.7.4 L'Humidité :

L'Humidité relative est faible, souvent inférieure de 20 %, les taux d'humidité relative de la période de (1984-2013) sont imprécis dans le tableau

Tableau 5 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative de Biskra de 1984-2013

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|----|-------|
| HR (%) | 55.33 | 46.67 | 41.29 | 36.12 | 23.13 | 27.69 | 24.89 | 27.9 | 37.38 | 44.96 | 52 | 57.63 |

2.8 Bioclimatologie :

2.8.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Pour déterminer les périodes sèches et humides au cours de l'année, De sorte que lorsque la courbe de précipitation passe au-dessus de la courbe de température, la période est humide. Au contraire lorsque la courbe de température passe au-dessus de la courbe de précipitation, c'est une période de sécheresse.

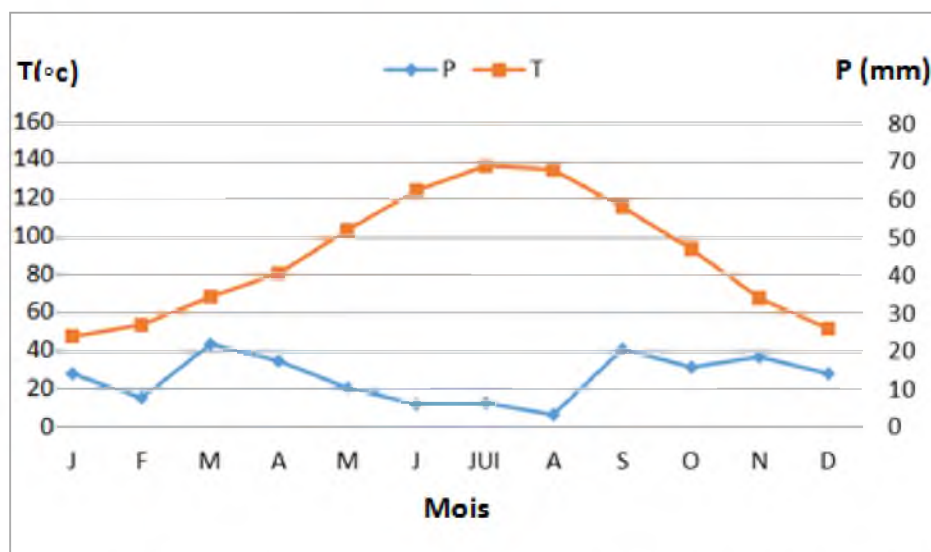


Figure 15 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de Biskra 1984-2013.

2-8-2 Climagramme pluviothermique d'EMBERGER

Quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q3) spécifique au climat méditerranéen permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude.

Pour déterminer ce quotient nous avons utilisé la formule de Stewart (1969), adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q3 = 3.43 \times \frac{P}{M-m}$$

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm.

M : moyenne des maxima des mois les plus chauds.

m : moyenne des minima des mois les plus froids.

Pour notre région d'étude : **P**= 155.42 mm, **M**= 40.64 °C, **m**= 7 °C donc **Q3**=15.84.

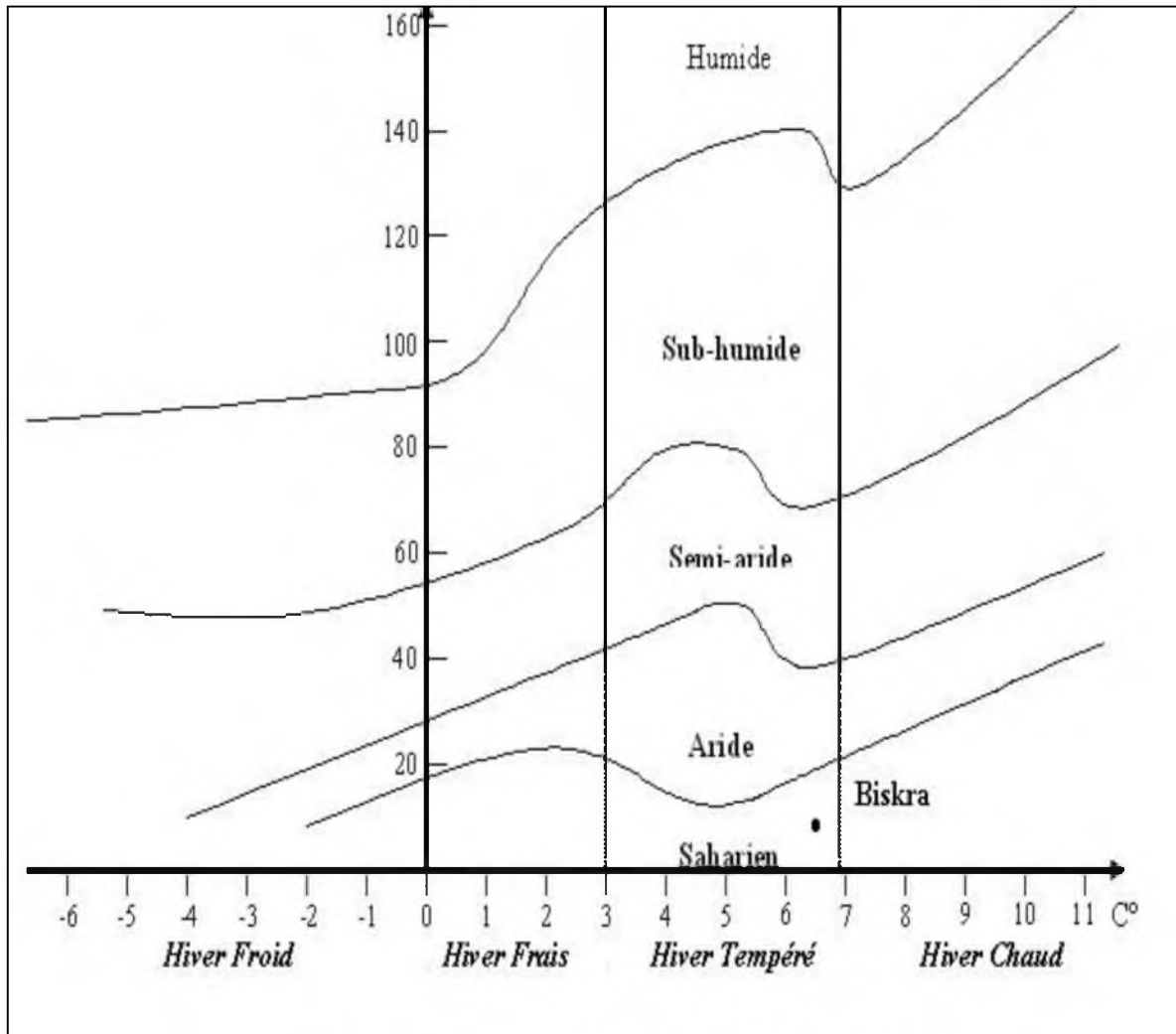


Figure 16 : Climagramme d'Emberger de Biskra 1984-2013.

2-8-3 Indice d'aridité De Martonne

Selon Ozenda (1982), l'indice est calculé avec la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T+10}$$

I : Indice d'aridité de De Martonne

P : Pluviosité moyenne annuelle

T : Température moyenne annuelle

L'indice de De Martonne, on peut classer le climat à :

Climat très sec : $I < 10$

Climat sec: $I < 0$

Climat humide : $20 < I < 30$

Climat très humide : $I > 30$

Pour notre région d'étude : $P = 155.42 \text{ mm}$, $T = 22.59^\circ\text{C}$, donc $I = 4.76$, le climat de la région d'étude est très sec.

3-1 Matériels utilisés

- Carte Topographique de Biskra, 1/200 000. IGN (Institut Géographique National), 1964.
- Carte Hydrogéologique et pluviométrique de Biskra, 1/200000. INCA (Institut National de Cartographie Alger), 1980.
- Carte des sols 1/500 000 de la Wilaya de Biskra. SGA (Service Géographique de l'Armée), 1984.
- Carte d'occupation des sols- Wilaya de Biskra, 1/200000. CTS (Centre des Techniques Spatiales) et DGF (Direction Générale des forêts), 2010.
- Carte Bioclimatique de l'Est Algérie, Marc cote, Université de Constantine, Algérie, 1974.

3-2 Les logiciels utilisés

- **Map Info Professional**

Est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer de l'information géographique, à traiter et manipuler cette information et à la cartographier de différentes manières (Barbier, 2003).

- **Verticale Mapper 3.0**

Est un outil de création et d'exploitation de l'Information Géographique sous forme de grilles (Grid) assez puissant (MNT, exploitation d'images raster en relief...) (Barbier, 2003).

3-3 Méthodologie adoptée

Les procédures méthodologiques suivies dans cette étude sont récapitulés dans la figure au-dessous :

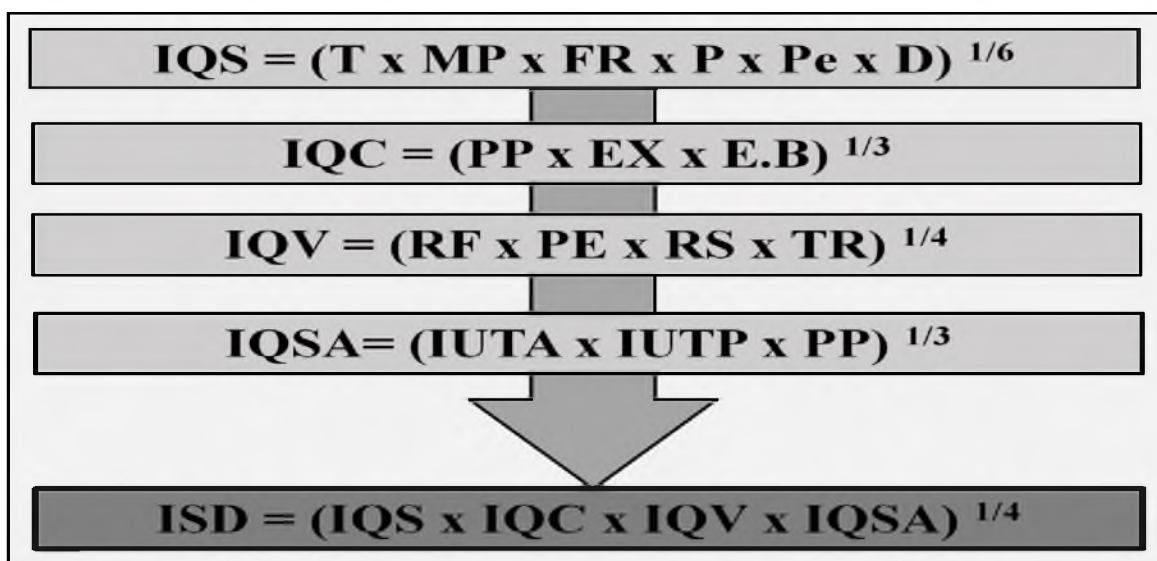


Figure 17 : Démarches suivies pour évaluer et pour cartographier (ISD) (Indice de Sensibilité à la Désertification).

3-3-1 Indice de la qualité du climat (IQC)

Trois couches ont été utilisées pour déterminer l'indice de qualité du climat : Précipitation totale mm, Exposition des versants et Étage Bioclimatique.

L'indice de qualité de climat (IQC) est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{IQC} = (\text{PP} \times \text{EX} \times \text{E.B})^{1/3}$$

Où

PP : Précipitation totale mm.

EX : Exposition des versants.

E.B : Étage Bioclimatique.

Tableau 6 : Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité du climat

| Couches | Classes | Description | Indices |
|----------------------------|---------|-------------|---------|
| Précipitation | 1 | 200-300 | 1 |
| | 2 | 100-200 | 2 |
| | 3 | <100 | 4 |
| Exposition | 1 | NE-NW | 1 |
| | 2 | SE-SW | 2 |
| Étage Bioclimatique | 1 | SubAride | 1,75 |
| | 2 | Aride | 2 |

Tableau 7 : Classes de l'indice de qualité du climat

| Classes | Descriptions | Indices |
|---------|------------------|-----------|
| 1 | Haut qualité | <1,15 |
| 2 | Qualité modéré | 1,15-1,81 |
| 3 | Mauvaise qualité | >1,81 |

3-3-2 Indice de la qualité de sol (IQS)

Les couches relatives à la qualité du sol sont les suivantes : la texture, le matériau parental, le fragment de roche, la profondeur, la pente et le drainage.

$$\text{IQS} = (\text{T} \times \text{MP} \times \text{FR} \times \text{P} \times \text{Pe} \times \text{D})^{1/6}$$

Où

T : Texture

MP : Matériau Parental

FR : Fragment de Roche

P : Profondeur

Pe : Pente

D : Drainage.

Tableau 8 : Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité de sol

| Couches | Classes | Descriptions | Caractéristiques | Indices |
|--------------------------|---------|----------------------------|--|---------|
| Texture | 1 | Bonne | L, SCL, SL, LS, CL | 1 |
| | 2 | Modérée | (Argileux) | 1,2 |
| | 3 | Médiocre | SC, SiL SiCL (Limon) | 1,6 |
| | 4 | Très insuffisant | Si, C, SiC (Sablonneux) S (extrêmement Sablonneux) | 2 |
| Matériau parental | 1 | Cohérent | Calcaires, dolomies, grès non friables, croute calcaire dure. | 1 |
| | 2 | Moyennement cohérent | Grès friables, marnes, schistes, en encroûtements argiles formations | 2 |
| | 3 | Tendre à friable | Sableuses, alluvions et colluvions non consolidés, | 3 |
| Fragment de Roche | 1 | Très pierreux | >60% | 1 |
| | 2 | Pierreux | 20-60% | 1,3 |
| | 3 | Nue ou légèrement pierreux | <20% | 2 |
| Profondeur | 1 | Profond | >75 cm | 1 |
| | 2 | Modérée | 75-30 cm | 2 |
| | 3 | Peu profond | 15-30 cm | 3 |
| | 4 | Très peu profond | <15 cm | 4 |
| Pente | 1 | Douce | < 3% | 1 |
| | 2 | Peu Douce | 3-12 % | 1,2 |
| | 3 | Raide | 13-25 % | 1,5 |

| | | | | |
|----------|---|-----------------------|-------|-----|
| | 4 | Très Raide | >25 % | 2 |
| Drainage | 1 | Bien drainé | - | 1 |
| | 2 | Imparfaitement drainé | - | 1,2 |
| | 3 | Mal drainé | - | 2 |

Tableau 9 : Classes de l'indice de qualité du sol

| Classes | Descriptions | Indices |
|---------|------------------|-----------|
| 1 | Haute qualité | <1,13 |
| 2 | Qualité modérée | 1,13-1,45 |
| 3 | Mauvaise qualité | >1,46 |

3-3-3 Indice de la qualité de la végétation (IQV)

Le risque de feu, la protection contre l'érosion, la résistance à la sécheresse, et le taux de recouvrement sont utilisés pour évaluer l'indice de qualité de la végétation selon la formule suivante :

$$IQV = (RF \times PE \times RS \times TR)^{1/4}$$

Où

RI : Risque de Feu

PE : Protection contre l'Érosion.

RS : Résistance à la sécheresse.

TR : Taux de recouvrement.

Tableau 10 : Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité de végétation

| Couches | Classes | Description | Type de végétation | Indices |
|-----------------------------------|---------|-------------|------------------------------|---------|
| Risque de feu | 1 | Faible | Sable, chott et sebkha. | 1 |
| | 2 | Moyenne | Parcours, collines, culture. | 1,3 |
| | 3 | Elevée | Le massif forestier. | 1,5 |
| Protection contre érosion | 1 | Elevée | Relief montagneux | 1,6 |
| | 2 | Moyenne | Parcours, Collines, culture | 1,8 |
| | 3 | Faible | Sable, chott et sebkha | 2 |
| Résistance à la sécheresse | 1 | Elevée | Chott et sebkha | 1,2 |
| | 2 | Moyenne | Culture, parcours, collines, | 1,3 |
| | 3 | Faible | relief | 1,7 |
| | 4 | Très faible | Le massif forestier | 2 |

| | | | | |
|-----------------------------|---|---------|-------------------------|-----|
| | | | Sable. | |
| Taux de recouvrement | 1 | Elevée | Culture, forêt. | 1 |
| | 2 | Moyenne | Parcours, collines. | 1,8 |
| | 3 | Faible | Sable, chott et sebkha. | 2 |

Tableau 11 : Classes de l'indice de qualité de végétation

| Classes | Descriptions | Indices |
|---------|------------------|-----------|
| 1 | Haute qualité | <1.2 |
| 2 | Qualité modérée | 1,13-1,37 |
| 3 | Mauvaise qualité | >1,38 |

3-3-4 Indice de la qualité du système d'aménagement (IQSA)

L'indice de qualité du système d'aménagement est évalué par le croisement de trois couches suivantes: l'intensité d'utilisation des terres agricoles, l'intensité d'utilisation des terres de parcours, et la pression anthropique.

$$IQSA = (IUTA \times IUTP \times PP)^{1/3}$$

Avec

IUTA : Intensité d'utilisation des terres agricoles.

IUTP : Intensité d'utilisation des terres de parcours.

PP : pression de la population.

Tableau 12 : Classes et indices de différentes couches de l'indice de qualité du système d'aménagement

| Couches | Classes | Descriptions | Caractéristiques | Indices |
|-------------|---------|--------------|--------------------|---------|
| IUTA | 1 | Faible | Terrains agricoles | 1 |
| | 2 | Moyenne | Parcours | 1,3 |
| | 3 | Elevée | Parcours dégradé | 1,6 |
| | 4 | Très élevée | Sols sableux. | 2 |
| IUTP | 1 | Faible | < 0.3tête/ha | 1 |
| | 2 | Moyenne | 0.3-0.6 tête/ha | 1,5 |

| | | | | |
|-----------|---|---------|-------------------------|-----|
| | 3 | Elevée | > 0.6 tête/ha | 2 |
| PP | 1 | Faible | < 10 H/Km ² | 1 |
| | 2 | Moyenne | 10-20 H/Km ² | 1,2 |
| | 3 | Elevée | >20 H/Km ² | 2 |

Tableau 13 : Classes de l'indice de qualité du système d'aménagement

| Classes | Description | Indice |
|---------|------------------|------------|
| 1 | Haute qualité | 1-1,25 |
| 2 | Qualité modérer | 1.26 -1.50 |
| 3. | Mauvaise qualité | >1,51 |

3-3-5 Indice de Sensibilité à la désertification (ISD)

D'après le modèle MEDALUS l'indice de sensibilité à la désertification (ISD) est basé sur la superposition de quatre sous-indices suivants : Indice de qualité de sol (IQS), Indice de qualité de climat (IQC), Indice de qualité de végétation (IQV), Indice de qualité du système d'aménagement (IQSA) en utilisant l'équation suivante :

$$ISD = (IQS \times IQC \times IQV \times IQSA)^{1/4}$$

Tableau 14 : Classes de l'Indice de Sensibilité à la Désertification

| Classes | Types | Sous-Type | ISD |
|---------|---------------|-----------|-----------|
| 1 | Très sensible | C3 | >1,53 |
| | | C2 | 1,42-1,53 |
| | | C1 | 1,38-1,41 |
| 2 | Sensible | F3 | 1,33-1,37 |
| | | F2 | 1,27-1,32 |
| | | F1 | 1,23-1,26 |
| 3 | Peu sensible | P | 1,17-1,22 |
| 4 | Non affectée | N | <1,17 |

4-1. Indice de qualité du sol (IQS)

Les résultats obtenus indiquent que les sols de bonne qualité représente 40,39 % de la zone d'étude et situés dans le sud au long d'oued Djedi (Sols alluviaux, limons argileux). Les sols les plus vulnérables à la désertification diffusent dans la partie centrale (sols sableux et halomorphes). Les sols de qualité moyenne occupent environ 7,77 % et localisés dans les zones montagneuses (Fig 18 et 22). En effet, la teneur en sels relativement importante dans les sols des Oasis comparativement à ceux de Nord du pays, elle est inappropriée et contribue dans l'expansion ou l'accélération du phénomène (Khadraoui, 2010 ; 2011).

4-2. Indice de qualité du climat (IQC)

Une distribution égale entre les proportions de qualités de climat où la qualité moyenne de climat réparti dans les régions où les précipitations sont plus abondantes avec 46,57 %. Alors que la qualité moyenne occupe 53,43% et caractérise les régions dont l'exposition dominante est le SE-SW (Fig. 19 et 22). Les changements climatiques ont une grande relation avec l'extension de la désertification, la quantité et le temps de précipitation sont efficacement utilisés en tant qu'indicateurs de changement de climat dans les zones arides désertées (Some'e et *al.*, 2012; He, 2014 ; Sayemuzzaman and Jha, 2014).

4-3 Indice de la qualité de la végétation (IQV)

La végétation de faible qualité domine presque totalement avec 99,98 % de superficie totale. Alors que la classe de moyenne qualité presque inexistante (0,00025 %) (Fig. 20 et 22). D'après la carte d'occupation des sols de la wilaya de Biskra, le couvert végétal de la zone d'étude caractérise par des formations végétales très dégradés ; les groupements halophytes (*Arthrophytum scoparium*, *Salsola vermiculata*, *Sueda* spp. and *Tamarix* spp) et les groupements psammophytes. (*Lygeum spartum*) (ASAL and DGF, 2010a). Boughrara et Lacaze (2009) aussi confirment le recul de couvert végétal naturel devant l'extension des activités agricoles et l'urbanisation.

4-4 Indice de la qualité du système d'aménagement (IQSA)

Comme l'Indice de qualité de la végétation, 93,48 % de la superficie totale occupe par des systèmes d'aménagement de faible qualité, selon le DPAT (1984 ; 1999 ; 2013) et au cours les années de 1948 à 2013 ; les parcours arides diminuent avec 9,86%, l'élevage accroît avec 52,01% (surpâturage), aussi que les terres irriguées progressent avec 37,85% (sûr-cultivation) et l'eau d'irrigation diminue avec 22,17 %. En outre, la population accroît et augmente avec 51,46%. La partie centrale considère moyenne de point de vue socio-économique, à cause d'une politique agricole fructueuse d'état traduit par l'application de plusieurs programmes et plan de développement agricole des régions sahariennes (Fig. 21 et 22).

la première étape de redynamisation agro-économique commence en 1984 avec le lancement de l'APFA (Accès à la propriété foncière agricole), une deuxième étape de promouvoir de secteur par l'application de GCA (Générale des Concessions Agricoles) lancé en 1994, la dernière cycle de développement établit en 2000 dans le cadre de PNDA (Plan National de Développement Agricole) (Ferry et *al.*, 1999; DSA, 2003; Belguedj et *al.*, 2008; Bouguedoura et *al.*, 2015).

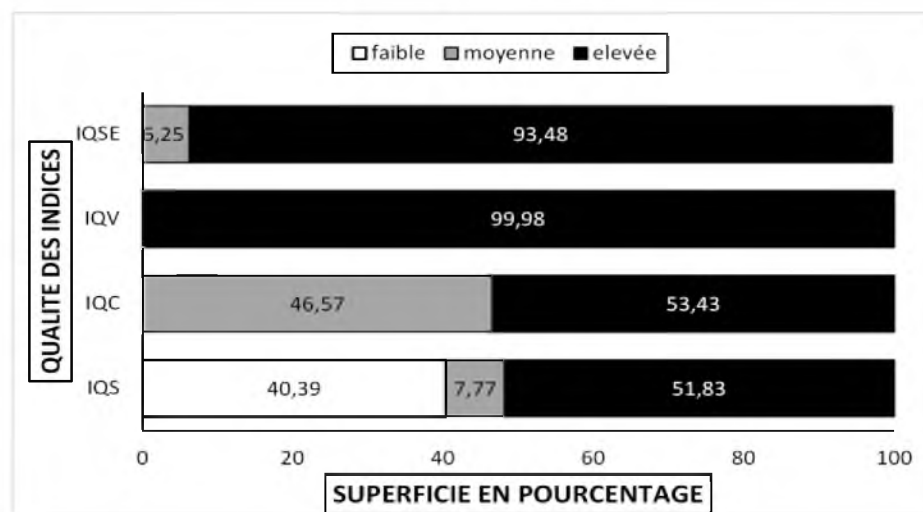


Figure 22: Superficies en pourcentage pour chaque Indice de qualité (IQS, IQC, IQV et IQSE).

4-5 Indice de Sensibilité à la désertification (ISD)

La carte de la sensibilité environnementale à la désertification élaborée montre que 70,98 % de la région occupe la partie centrale et représente la classe très sensible-C3 (Plaines et dépressions). Les régions très sensibles sous-type (C2) diffusent dans la partie Sud et Nord (Montagnes et hautes plateaux, bas plateau) avec 26,10 % de la zone étudiée. Les deux classes ; très sensible (C1) et sensible représentent respectivement ; 2,55% et 0,36 % du la superficie totale (Fig. 23 et 24).

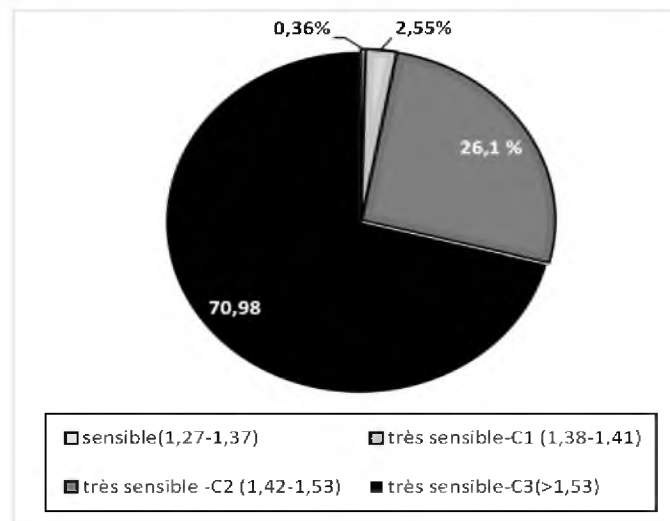


Figure 23 : Superficies en pourcentage pour chaque classe de l'ISD.

Cette situation est due principalement à l'effet combiné : du climat, de la pression anthropique (surpâturage, sur-cultivation, urbanisation...ect.). L'extension continue des zones irriguées provoquées la salinisation des sols et les eaux souterraines (Zinck and Metternicht, 2009 ; Askri et *al.*, 2010; Bai et *al.*, 2014; Zhang et *al.*, 2014), qui peut aggraver ou accentuer le processus de désertification dans les oasis sahariennes méditerranéennes. Les résultats de la carte de l'Indice de sensibilité à la désertification (ISD) sont fortement supportés par la carte de sensibilité à la désertification-Wilaya de Biskra ASAL and DGF, 2010b).

Références bibliographiques

- 1- **Ali, G., 2006.** Problématique de la désertification en Algérie : état et mesures de lutte pour la protection des ressources naturelles. In *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue* (pp. 167-185). Springer Netherlands.
- 2- **ANAT., 2003a.** schéma directeur des ressources en eau de la Wilaya de Biskra, Dossiers : Les eaux souterraines, les potentialités en eaux superficielles, Phase II. P. 9, 17, 70.
- 3- **ANAT., 2003b.** schéma directeur des ressources en eau, Wilaya de Biskra, Rapport de synthèse, phase II. P. 5-16,50.
- 4- **ANAT., 2003c.** ceinture vert Biskra, Rapport final, phase III, p.24, 25, 57,58.
- 5- **Arrignon, J. 2011.** Lutter Contre La désertification, l'espérance agro-écologique. Paris : L'Harmattan-p-23.
- 6- **ASAL., DGF. 2010a.** Carte d'occupation des sols-Wilaya de Biskra.
- 7- **ASAL., DGF. 2010b.** Carte de sensibilité à la désertification-Wilaya de Biskra.
- 8- **Ashok, K., M. 2008-** Information to Geographical Information système. Concept publishing company. First published, New Delhi, 37p.
- 9- **Askri, B., Bouhlila, R., Job, J.O. 2010.** Development and application of a conceptual hydrologic model to predict soil salinity within modern Tunisian oases. *Journal of Hydrology*. 380 :45-61.
- 10- **Atham, T., 2010-** Quantum GIS, Manuel Utilisation, Version 1.3-³ Mimas' Quantum GIS Development Team. 10p.
- 11- **Bai, J., Chen, X., Li, L., Luo, G., Yu, Q. 2014.** Quantifying the contributions of agricultural oasis expansion, management practices and climate change to net primary production and evapotranspiration in croplands in arid northwest China. *Journal of Arid Environments*.100-101 :31-41.
- 12- **Bakr, N., Weindorf, D.C., Bahnassy, M.H.,& El-Badawi, M.M. 2012.** Multitemporal assesment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: Environmental indicators. *Ecological Indicators*, 15(1), 271-280.
- 13- **Barbier, P., 2003-** MapInfo V7.0 Fonctionnalité de base. ENSG. Marne, 28p.
- 14- **Belguedj, M., Salhi A., Matallah, S. 2008.** Diagnostic rapide d'une région agricole dans le Sahara Algérien, Axes de recherche/Développement prioritaires : cas de la région des Ziban (Biskra).Ed.INRAA. p, 18.
- 15- **Belguedj, M., Tirichine, A., Guerradi, M. 2008.** La culture du plamier dattier dans les oasis du Ghardaia (Algérie). Alger : INRA Algérie.p.21.

Références bibliographiques

- 16- **Benabadji, Noury, Bouazza, Mohamad, 2000.** Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. Dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Sécheresse*. Vol. 11, n°2, p. 121.
- 17- **Benguerai, A., Benabdeli Kh. 2009-** Contribution à l'élaboration d'un SIG pour une région steppique :- Wilaya de Naàma (Algérie). *Rev. Mediterranea*, Époque II, n°20, Alicante, pp 17-18.
- 18- **Berry, A., Miellet Ph. 1999-** SIG. GIS. INC. Centre documentation de l'urbanisme. Paris, 5p.
- 19- **Bouguedoura, N., Bennaceur, M., Babahani , S., Benziouche, S.D. 2015.** Date Palm Status and Perspective in Algeria. In Ahuja M.R. (ed.) Jain S.M.(ed.). *Genetic Diversity and Erosion in Plants, Sustainable Development and Biodiversity* 8, DOI 10.1007/978-3-319-25954-3_4. Switzerland: Springer Science + Business Media.p.125-167.
- 20- **Boughrara, A, Lacaëze, B. 2009.** Étude préliminaire des images Landsat et Alsat pour le suivi des mutations agraires des Ziban (extrême Nord-Est du Sahara Algérien) de 1973 à 2007. Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF Alger Novembre 2009, p.1-6.
- 21- **Bouziane, M-T., Labdi, A. 2009.** Les eaux profondes de la région de Biskra (Algérie). *European Journal of scientific Research*. Vol.25 n°4.p.7.
- 22- **Branbart, P. 1993-** Pédologie et système d'information géographique, Comment introduire les cartes et les autres données sur les sols dans les SIG. Les application de SIG. Cah. Orstom. Sér. Pédol., n°1, Vol XXVIII, 109p.
- 23- **Caloz, R., collet, C. 2011.** Analyse spatiale de l'information géographique. Lausanne : 1^{ère} Ed. Presse polytechniques et universitaires romandes. p. 2-77.
- 24- **Chasek, P., Safriel U., ShikongoS., & Fuhrman V.F. 2015.** Operationalizing Zero Net Land Degradation: The next stage in international efforts to combat desertification? *Journal of Arid Environments*, 112, 5-13.
- 25- **Chkrounn, H. 2014.** Introduction aux système d'information géographique SIG et à la Télédétection en Génie Civil. ENIS. Univ. Tunis et manar. 51p.
- 26- **Claude, C. 2004-** Analyse spatiale géométrique et systèmes d'informations géographique, un regard de l'analyse spatiale sur la géomatique et ses outils d'exploitation. Journées cassinisigma, Univ. Fibourg, Suisse, 3p.

Références bibliographiques

- 27- **Côte, M. 1974.** Les régions climatiques de l'Est Algérien. CURER. Univ. Constantine Algérie.
- 28- **Côte, M. 2005.** L'Urbanisation aujourd'hui au Bas Sahara. In Côte, M (éd). *La ville et le désert : le bas-Sahara Algérien*. Paris : Karthala et Iremam. P.21.
- 29- **DAPT., 1984, 1999 et 2013.** Monographie de La Wilaya de Biskra. Biskra, Algérie, 205p.
- 30- **De Paola, F., Ducci, D., & Giugni, M. 2013.** Desertification and erosion sensitivity. A case study in southern Italy: the Tusciano River catchment. *Environmental earth science*, 70(50), 2179-2190.
- 31- **Dénégre, J., 2005** –Séniologie et conception car topographique. Paris : LAVOISR, p.42-47.
- 32- **DSA., 2003.** Shéma directeur de développement agricole.17p.
- 33- **Dubost, D., Larbi-Youcef, Y. 1998.** Mutations agricoles dans les oasis algériennes : l'exemple de ziban. *Sécheresse*. Vol. 9,n°2, p. 105, 106.
- 34- **EMG, U., 2011.** Global drylands: a UN system-wide response. United Nations Environment Management Group, 131.
- 35- **ESRI., 2004-** Utilisation d'Arc Map, Arc GIS9, ESRI380 New York Street Realands. ESRI France 21.646p.
- 36- **Ferrara, A., Salvati L., Sateriano, A., & Nolè, A. 2012.** Performance evaluation and cost assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. *Ecological Indicators*, 23, 123-129.
- 37- **Ferry, M., Bedrani, S., Greiner, D. 1999.** Agroéconomie des oasis.Ed.CIRAD.Montpellier ,France. p.74.
- 38- **Gadel, S. 2004.** Fonctions des systèmes d'informations géographiques : Quelles utilisations ? Quelles fonctionnalité ?. Cours, Master AIGEME, Gampus numérique de Marne-la-vallée,p.7.
- 39- **Galatia, S., R. 2006.** Géographique information systems demystified. Ed. Artech house, Boston, 118p.
- 40- **Gillot, J-M. 2009-** Introduction aux systèmes d'information géographique. Agro Paris Tech, Taris, 19p.
- 41- **Gnacadjia, L. 2015.** New challenges in science and policies to Combat Desertification. *Journal of Arid Environments*, (112), 1-4.

Références bibliographiques

- 42- **Habert, É. 2000-** Qu'est – ce qu'un système d'information géographique. IDR. 9p.
- 43- **Hadeel, A. S., Jabbar M. T., & Chen X. 2010.** Application of remote sensing and GIS in the study of environmental sensitivity to desertification: a case study in Basrah Province, southern part of Iraq. *Applied Geomatics*, 2(3), 101-112.
- 44- **He, Y. 2014.** The effect of precipitation on vegetation cover over three landscape units in a protected semi-arid grassland: Temporal dynamics and suitable climatic index. *Journal of Arid Environments*. 109 : 74-82.
- 45- **IAAT., 2003-** Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG. Territoires numérique. 10p.
- 46- **Ismael, H. 2015.** Evaluation Of Present-Day Climate-Induced Desertification In El-Dakhla Oasis, Western Desert Of Egypt, Based On Integration Of MEDALUS Method, GIS And RS Techniques. *Present Environment and Sustainable Development*, 9(2), 47-72.
- 47- **Kosmas, C., Kirkby, M. J., & Geeson, N., (Eds.). 1999.** The Medalus Project: Mediterranean Desertification and Land Use: Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification. Directorate-General Science, Research and Development.
- 48- **Khadraoui, A. 2010.** Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes : caractérisations, contraintes et propositions d'aménagement» .Ed. OPU. Algérie. p34, 100-106.
- 49- **Khadraoui, A. 2011.** Eau et Imact Environnemental dans le Sahara Algérien, Définitions, evaluation et perspectives de protection. Alger :OPU. p.74,76.
- 50- **Ladisa, G., Todorovic, M., & Liuzzi, G. T. 2012.** A GIS-based approach for desertification risk assessment in Apulia region, SE Italy. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 49, 103-113.
- 51- **Lal, R., Safriel, U., & Boer, B. (2012, May).** Zero net land degradation: A new sustainable development goal for Rio+ 20. In A report prepared for the Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification ([http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/secretariat/2012/Zero% 20Net% 20Land% 20Degradation% 20Report% 20UNCCD% 20May% 202012% 20background. pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/secretariat/2012/Zero%20Net%20Land%20Degradation%20Report%20UNCCD%20May%202012%20background.pdf)).
- 52- **Laffly, D. 1997-** Ecologie, Télédétection et SIG :- les écotypes du grand téras dans les Haut-Jura. Ed. MAPPEMONDE, Univ. Pau et des Pays de l'Adour, 27p.
-

Références bibliographiques

- 53- **Laurencien, B. 2006.** Les systèmes d'Information Géographiques Arc View 9.1 et 3D Analyst. Cours SIG- Arc View 9.1, ENSA paris Belleville, p. 27.
- 54- **Legrois, J-P. 1996.** Cartographiques des sols, de l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Lausanne : 1^{er} Ed. presses polytechniques et universitaires romandes.p.1,41.
- 55- **Le Houérou, H. N., Non daté.** Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord. *CIHAM- Option méditerranéennes*, n°26, p.19.
- 56- **Liu, S., Wang T., Kang W., & David M. 2015.** Several challenges in monitoring and assessing desertification. *Environmental Earth Sciences*,73(11), 7561-7570.
- 57- **M'hamed, R. 2005.** Les risques écologiques en Algérie, quelle riposte. Les éditions APIC. Algérie.p.151.
- 58- **Melouhi, M.S. 2006.** Lutte contre la désertification en Algérie : «de l'expérience à l'action ». Communication at the Conference, La lutte contre la désertification et l'impératif international de politique de soutien, 17-19 décembre 2006, pp.97-99.
- 59- **Mohamed, E. S. 2013.** Spatial assessment of desertification in north Sinai using modified MEDLAUS model. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(12), 4647-4659.
- 60- **Monod, T. 1992.** Du Désert. *Sécheresse*. Vol. 1, n°1, p. 9,10.
- 61- **Nahal, I. 2004.** la désertification dans le monde: Causes-Processus-Conséquences-Lutte. Editions L'Harmattan. p.33-83.
- 62- **Nater, E., Duchrow, A., & Sorensen, L. 2008.** Desertification: coping with today s global challenges in the context of the Strategy of the United Nations Convention to Combat Desertification.
- 63- **O.N.U., 1994.** Convention de lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique,.<http://www.gm-uncd.org/french/DOCS/convention.htm>.
- 64- **Ouadah, N. 2007.** Guide éducatif pour l'enseignant, Kit pédagogique sur l'environnement dans les zones arides.
- 65- **Oudjet, A., Rabia, A. 2008-** Conception et réalisation d'un système d'information géographique (SIG) pour l'aide à la gestion des ressources en eau. Mém. Ing. I.N.I. Alger, 21p.
- 66- **Ozenda, P. 1982.** Les végétaux dans la biosphère. Doin editeurs. Paris.

Références bibliographiques

- 67- **Ramade, F. 2005.** Éléments d'Écologie, Écologie appliquée : cours. Licence.Master.Écoles d'ingénieurs. Paris: DUNOD.p.531,532.
- 68- **Ramade, F. 2008.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Paris : DUNOD. 532 p.
- 69- **Rasmy, M., Gad, A., Abdelsalam, H., & Siwailam, M. 2010.** A dynamic simulation model of desertification in Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 13(2), 101-111.
- 70- **Reynolds, J. F., Smith, D. M. S., Lambin, E. F., Turner, B. L., Mortimore, M., Batterbury, S. P., ... & Huber-Sannwald E. 2007.** Global desertification: building a science for dryland development. *science*, 316(5826), 847-851.
- 71- **Salvati, L., & Bajocco, S. 2011.** Land sensitivity to desertification across Italy: past, present, and future. *Applied Geography*, 31(1), 223-231.
- 72- **Sayemuzzaman, M., Jha, M.K. 2014.** Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States. *Atmospheric Research*. 137 : 183–194.
- 73- **Secretariat U. N. C. C. D. 2008.** human Rights and desertification, exploring the Complementarity of International Human Rights law and the United nations Convention to Combat Desertification. *Issue Paper*, (1).
- 74- **Siddig, E. A. 2000.** Discours-programme: Causes et conséquences de la désertification sur la gestion des ressources en eau dans les zones arides.Actes du Séminarie International sur la Lutte contre la Désertification.(Ressources en eau douce et réhabilitation des terres dégradées dan les zones arides). N'Djamena Tchad, 30.
- 75- **Some'e, B.S., Ezani, A., Tabari, H. 2012.** Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran. *Atmospheric Research*. 113 : 1–12.
- 76- **Stewart, P. 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique, quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Afr. du Nord*, pp 24-25.
- 77- **Symeonakis, E., Karathanasis, N., Koukoulas, S., & Panagopoulos, G. (2014).** Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: the case of Lesvos island. *Land Degradation & Development*.
- 78- **Toutaim, G. Non daté.** Conservation des sols en palmeraies sahariennes et bordurières au Sahara. *CIHAM- Option méditerranéennes*, n°25, 65,68.

Références bibliographiques

- 79- **Trotta, C., Menegoni, P., Frattarelli, F. M. M., & Iannetta, M. 2015.** Assessing desertification vulnerability on a local scale: the Castelporziano study case (central Italy). *Rendiconti Lincei*, 26(3), 421-450.
- 80- **Van den Elsen, E., & Jetten, V. 2015.** Combatting desertification using a multidisciplinary approach. *Catena*, (128), 211-213
- 81- **Vergely, P. 2010-** Initiation Aux cartes et Aus coup géologiques. Paris : 2éme Ed. p. 9.
- 82- **Yeung, A., K., W., Brent Hall, G. 2007.** Spatial Database systems : Design, Implementation and Project Management. New York : Springer Science + Business Media. Chap. 4, Spatial Data and Spatial Database systems, p. 95.
- 83- **Zhang, X., Zhang, L., He, Ch., Li, J., Jiang, Y., Ma, L. 2014.** Quantifying the impacts of land use/land cover change on groundwater depletion in Northwestern China – A case study of the Dunhuang oases. *Agricultural Water Management*. 146:270-279.
- 84- **Zinck, J.F., Metternicht, G. 2009.** Soil Salinity and Salinization Hazard In Metternicht G., (ed.), Zinck, J., F. (ed.). *Remote Sensing of Soil Salinization: Impact on Land Management*. USA : CRC Press. p.3-20.
- 85- **Zucca, C., Biancalani R., Kapur, S., Akça, E., Zdruli, P., Montanarella, L., & Nachtergaele, F. (2014).** The role of soil information in land degradation and desertification mapping: a review. In *Soil Security for Ecosystem Management*(pp. 31-59). Springer International Publishing.

Conclusion

Au cours de cette étude, un vrai risque de désertification est démontré, basée sur l'application de Modèle MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use), pour estimer la sensibilité environnementale à la désertification dans le system oasien de Ziban (Algérie Sud), presque trois quart (70.98 %) de la région d'étude est affectée par la désertification (Classe très sensible-C3), et localisée dans la partie centrale (Plaines et dépressions) ou les activités humaines sont accentuées: sùr-urbanisation, surpâturage, sùr-culture et surexploitation des ressources naturelles. 29.02% de la zone totale étudiée est considérée moins sensible par rapport la classe précédente. Par conséquence, le SIG (Système d'Information Géographique) est prouvé comme un outil utile et efficace pour évaluer, estimer et détecter les changements environnementaux et écologiques à grande échelle et avec un coût raisonnable, afin de contrôler et conserver les systèmes écologiques fragiles, et également pour surpasser la rareté ou le manque des données dans les pays en voie de développement. De plus, pour mettre à la disposition des chercheurs, les élus, les décideurs et le public intéressé un support scientifiques sur l'état environnemental et écologique des ressources naturelles. Du fait de l'importance ou le rôle des conditions hydrologiques et l'érosion éolienne dans la dégradation des terres où dans le développement des régions désertées.de plus, la flexibilité de du modèle (MEDALUS) d'accepter de nouveaux facteurs ou indicateurs. Il est recommandé d'intégrer autres facteurs au modèle original afin de développer ou d'aboutir d'un nouvel modèle plus adéquat et plus convenable aux zones désertées méditerranéennes. À la lumière des résultats obtenus et suite aux perspectives et proposition d'aménagement que nous avons distinguées au cours de dernier chapitre, nous considérons que notre étude, comme toute autre recherche, ne peut être que participative et nécessité absolument la complémentarité d'autres études.