لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
REPUPLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة محمد بوضياف المسيلة
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
N° :……

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
OPTION : ECOLOGIE DES ZONES ARIDES ET SEMI ARIDES

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Thème

Désertification dans un bassin versant. Utilisation de SIG pour une analyse et proposition d'actions de lutte. Cas le sous -bassin versant d'Oued Boussaâda - Algérie.

Présenté par :

- ***CHIKOUCHE Asma***
- ***DAHDOUH Yousra***
- ***BENAMER Soumia***
- ***ABDELI Abir***

Soutenu devant le jury composé de:

ZEDAM	Abdalelghani	Pr	Université de Msila	Président
KHOUDOUR	Djamel	M.C.A	Université de Msila	Rapporteur.
SARRI	Djamel	M.C.A	Université de Msila	Examinateur

Année universitaire : 2021 /2022

Remerciement

D'abord, nous remercions Allah de nous avoir donnée la raison, la force et la santé pour mener à terme ce mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir le diplôme (Master Académique en Science du écologie des zones arides et semi arides), qui a été le fruit de beaucoup de travail et de patience, l'achèvement de ce mémoire n'aurait pu voir le jour sans la collaboration de nombreuses personnes qu'il nous est agréable de les remercier.

Je remercie fortement mon encadreur KHOUDOUR Djamel: m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Nous remercions également, ZEDAM Abdalelghani, de nous avoir fait l'honneur de présider notre du jury.

Nous remercions aussi, SARRI Djamel par avoir accepté d'examiner notre travail, et de faire partie du jury.

Mon derniers remerciements, mais non les moindres s'adressent à tous mes amies de la promotion 2022. Ils ont beaucoup d'efforts et de dévouement.

Et en fin, je remercie tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

* *ASMA*
* *YOUSRA*
* *SOUMIA*
* *ABIR*

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à ma famille Chikouche et aux plus chères personnes au monde, mes chers Parents et mon mari :

A ma Mère tu es l'exemple de dévouement et qui n'a pas cessé de pour son soutien et ses encouragements. M'encourager et de prier pour moi.

A mon père avoir toujours cru en moi et pour ses nombreux sacrifices.

Un grand merci à mon mari, je suis très reconnaissant pour tout ce que tu m'as offert, y compris les encouragements et les sacrifices pour moi.

J'espère qu'un jour je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait

Pour moi que dieu leur prête bonheur et longue vie.

Je dédie spécialement à Ma sœur Houda et mes frères Belkacem, Smail, Adel , qui n'a pas arrêté de me soutenir moralement et matériellement .

A ma 2éme famille mes amies : Yousra, Warda, Hadil, Khawl, Zohra

A mon encadreur : KHOUDOUR DJAMEL.

A mon binôme : Yousra,Abir et Somia

* *ASMA*

Dédicace

À mes très chers parents au monde Qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donnée Un magnifique modèle du beur et de persévérance. J'espère qu'ils trouvent dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

À mes frère : Ali, Messeoud et Mahdi.

Mes soueurs : Torkiya, Wafa , Saaida, Chahinaz..

À mes cher amis : Asma. Fatima zahra . Hadil .Aicha .Fouziya. Sabrina. Warda.

À chers enfants : Maryem, Malek , Anes,Mohamed,Tayeb,abdlhak, Rokaya, Adem,yaakoub.

Et à tous ceux qui j'aime et qui m'aiment et à tous qui ont contribué de Près ou de loin .

* *YOUSRA*

Dédicace

Je dédie ce travail à mes plus chers à ma vie :

Mon père et Ma mère pour leur éducation, encouragement,

et le soutient durant tous les étapes de mes études .

A mes frères Adel, Abd ellatif et Ayoub; et ma sœur Meriem

A mes tantes et mes oncles chacun par nom

A Toute la famille BENAMER

A mes amis Néssrine, Loubna, Nour el houda, Asma, Youssra,

Khoula, Abir et Bouchra et tous les amis ont qui j'ai toujours

trouvé le soutien le réconfort

A mon encadreur Dr. KHOUDOUR Djamel et tous les professeurs

qu'ils m'ont renseigné au long de ma carrière universitaire

A tous mes collègues de la promotion 2022.

* *SOUMIA*

Dédicace

Liste des abréviations :

ARNH : l'Agence National des Rousseurs Hydraulique.
BD: Base de Données.
CNULD : Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le développement
ETM : Enchanced Thematic Mapper.
E .T.P: Evapotranspiration Potentielle
.**F.A.O** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
Ha : hactar
IPA : Indice de précipitation Antécédenta.
GIEC : Groupe Intergouvernemental de l'Evolution du Climat
MBDG : Modèle d'une Base de donnée Géografique.
MNA : Modèle Numérique d'Altitude
MNT : Modèles Numériques de Terrain
P : précipitation annuelle (mm)..
P.A.N: Plan d'action national.
P.A.N.L.C.D: Le Programme d'Action National de Lutte Contre la Désertification
P.N.U.E : Programme des Nations unies pour l'environnement.
. **SIG** :système d'information géographique
SIRS : système d'information à référence spatiale
SIT : système d'information du territoire.
SGBD : Systèmes de Gestion de Base de Données.
SQL : Structured Query Language.
U.N.C.C.D : Convention de la nation unie sur la lutte contre la désertification
U.N.E.S.C.O: Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

Liste des figures

Figure I.1 **:** Modèle sur le rôle des sols dans le développement de la désertification (Thiombiano, 2000).	
Figure I.02: La relation entre la dégradation et la désertification (Kessaissia et Mazour, 2019).	
Figure I.03: Localisation des zones sèches au niveau mondial et leurs Catégories (Sinave, 2010).	
Figure I.04 : États de l'eau.	
Figure I.05: Cycle hydrologique.	
Fig.I.06 **:** Principe d'une image raster	
Fig.I.07 : Les primitives géométriques du mode vecteur.	
Figure I.08: Cycle de fonction de SIG (mémoire AMEUR,SAIDI ;2020).	
Figure II.1: Localisation de bassin versant d'oued boussaâda.	
Figure II.02 : Profile en Long de I'héraultet de Vis.	
Figure II.03 : Rôle de la pente sur la forme de l'hydro gramme.	
Figure II.04: Coupe géologique de la zone de Bou Saada (Benrabia,A.).	
Figure II.05**:** Géologie de la région du Hodna. D'après Houerou et Claudin 1972**.**	
Figure II.06: Contexte géomorphologique de la ville de BouSaâd (Imagerie 3D GoogleEarth.	
Figure II.07: Variation des précipitations moyennes mensuelles de la région Boussaâda (2000-2020).	
Figure II.08: Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région d'étude (1996-2020).	
Figure II.09: Les types et les directions des vents dans la région de	
Figure II.10:Vitesse annuelle moyenne des vents de la région d' étude (2000-2020)(Attar.M.20020 .2021).	
Figure II.11: Le rose de sable (la direction du vent) (2000-2020)(Attar.M .2.	
Figure II.12: Diagramme Ombrothermique de la région de Bou Saada (2008-2017).	
Figure II.13: Les déférents types d'élevage dans la région d'étude(Attar.M .2020.2021).	
Figure III .01 : Carte de sensibilité à la désertification de sous-bassin versant d'Oued	

Boussaâda	
Figure III. 02: Les paramètres utilisés pour la définition et le tracer des secteurs sensibles à la désertification.	
Figure III. 03: Structure de base de données liée à la qualité du sol.	
Figure II.04 : Structure de base de données liée à la qualité du climat.	
Figure III.05 : Structure de base de données liée à la qualité de la végétation.	
Figure III .06 : Structure de base de données liée à la qualité de la socioéconomique.	
Figure III .07 : Carte d'occupation de sol à la désertification de sous-bassin versant d'Oued Boussaâda.	
Figure.IV.1. : Base de données géographiques BDG [Ider, 2004].	
Figure.IV.2: MBDG – Sensibilité à la désertification au niveau de Sous- bassin d'Oued Boussaâda par le SIG.	
Figure .IV.3 : MBDG – Occupation des terres dans le Sous- bassin d'Oued Boussaâda par le SIG.	

Sommaire des tableaux

Tableau I .01: L'évolution des différents types de forêts en Algérie. (Elechi et Dieb, 2010).	
Tableau I.02**:** Régions sèches du globe en millions d'hectares (Lutter Contre La Désertification. L'espoir Agro-Écologique et al).	
Tableau I.03**:** Répartition des terres arides en Afrique du Nord et sa superficie (pour 1000 km^2).	
Tableau.I.04: Principal étape historique de l'évolution des SIG. (Régis Caloz et al, 2011).	
Tableau II.01 : Caractéristiques des pentes dans le bassin versant d'oued Boussaâda.	
Tableau II .02**:** Répartition des températures moyennes et mensuelles de la région de Boussaâda.	
Tableau II. 03 : Régime Saisonnier des quatre station (en mm).	
Tableau II.04 : Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de la région de Boussaâda.	
Tableau II.05: Densité de la population de la région de Boussaâda (hab. /km2).	
Tableau II.06: Répartition des terres dans la région d'étude (unité HA).	

Table des matières

Table de matière

Titre	N° de page
Liste d'abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	
Chapitre I : synthèse bibliographique	
I.1.Généralités sur la désertification	
I.1. Introduction	
I.1.1.Définitions	
I.1.1.1.Notion de désertification	
I.1.1.2.Les indicateurs retenue pour le suivie de désertification	
I.1.1.2.1. Le concept d'indicateur	
I.1.1. 3.Les étapes de la désertification	
I.1.1.3.1.pour la végétation	
I.1.1.3.2.pour le sol	
I.1.1.4. Impacts de la désertification	
I .1.1.4.1 .Les impacts sur l'environnement	
I .1.1.4.2. Dégradation de la végétation naturelle	
I .1.1.4.2.1.Activation de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne	
I .1.1.4.2.2.Engorgement et salinisation des sols	
I.1.1.5.Notion de Steppisation	
I .1.1.6. Désertisation	
I.1.1.7. Dégradation des sols	
I.1.1.7.1. Type de dégradation des sol	
I.1.1.8. la dégradation et la désertification des sols	
Chapitre II : Présentation générale du milieu d'étude	
II.1. Situation géographique	
II.1.1. Situation géographique de la région d'étude	
II.2.Topographie et relief	
II.2.1.Au niveau de la région d'étude	
II.2.1.1. Les pentes	
II.2.1.1.1.Les indices de pente	
II.2.1.2. Relief	
II.2.2. Au niveau de la zone d'intervention	
II.3.Géologie	
II.3.1. A l'échelle régionale	
II.4.Réseau hydrographique	
II.5. Climat et conditions météorologiques	
II.5.1.Etude des données climatiques	
II.5.1.1. Précipitation	
II.5.1.2. Temperature	
II.5.1.3. les Vents :	
II.6. Synthèse climatique	
II.6.1. Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGE	
II.7. Le milieu socio- économique	
II.7.1. L'élevage	

II.7.2. Population	
II.7.3. Le secteur forestier	
Chapitre III: Matériels et méthodes	
A- les outils utilisés pour l'étude de la désertification	
A.1-Notion et définition d'un Système d'Information géographique	
A.1.1- Logiciel Arc Gis 10 .6	
A.2-Notion de base de données	
A.3-les cartes utilisées	
B-Cartes de la sensibilité à la désertification	
B.1-La carte de sensibilité	
B.1.1- Concept MEDALUS	
B.1.1.1-Indicateur sur la qualité du sol	
B.1.1.2-Qualité du climat	
B.1.1.3-La Qualité de végétation	
B.1.1.3.1- Risque d'incendie et capacité de récupération	
B.1.1.3.2-Protection du sol contre l'érosion	
B.1.1.3.3-Résistance des plantes à la sécheresse	
B.1.1.3.4- Couverture des plantes (recouvrement)	
B.1.1.4-Qualité de gestion et facteur humain (aménagement):	
B.1.2- les secteurs d'environnement sensibles a la désertification	
B.1.2.1-Définition des secteurs sensibles à la désertification	
B.1.2.2-Les données intéressant les secteurs de sensibilité à la désertification	
B.1.2.3- Collecte et traitement des données	
B.1.2.3.1- Récolte et saisie des données	
B .1.2.3.2- Inventaire des données	
B.1.2 .3.3-Elaboration des cartes thématiques	
C-carte d'occupation des terres	
C.1-notion de carte d'occupation des terres	
C.2 - Cartographie thématique	
Chapitre IV: Résultats et discussion /Mise en place d'une base de données a référence spatiale pour l'étude de la désertification du Sous- bassin d'Oued Boussaâda	
IV.1.Utilité d'un SIG dans l'étude de la désertification du Sous- bassin d'Oued Boussaâda	
IV.1.2. Choix des données intégrées au système	
IV.2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale	
IV.2.1.Structuration des données	
IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques	
IV .2.1.2.L'implantation des données structurées dans un système informatique	
IV.2.2.Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et traitement de l'information	
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexe	
Résumé	

Introduction

Introduction

La désertification est l'un des principaux problèmes environnementaux préoccupants du 21 siècle. Par désertification, on entend une situation de dégradation des terres, liée au contexte socio-économique de l'utilisation des ressources naturelles au-delà de leur capacité de restauration, aggravée souvent par les fluctuations des conditions climatiques.

Elle conduit à un déclin permanent des activités économiques, enracinant les populations locales les plus vulnérables dans la pauvreté et les poussant à un exode massif. Le problème de désertification touche des territoires occupant 39,2 % du globe terrestre, soit environ 51,6×106 km² de terres dégradées (Ulf Helldén,2008).

En Algérie, près de 500.000 hectares de terres en zones steppiques sont en voie de désertification, et plus de 7 millions d'hectares sont directement menacés par le même processus (MATE, 2002).

L'accélération du processus de désertification est une réalité dans toutes les régions steppiques. Boussaâda, partie intégrante de ces régions y particulièrement touchée par ce phénomène. Raisons de nous choix de la zone d'étude ;

Le choix de la région enquêtée est justifier par:

1) l'importance économique et sociale de la zone d'étude pour la région de Boussaâda.
2) la situation géographique de la région.
3) climat aride que favorise l'accentuation de ce phénomène désertification.
4) dégradation des terres.
5) l'érosion éolienne et hydrique.

L'objectif principal de cette étude est de comprendre le phénomène de la désertification sous- bassin versant d'oued Boussaâda et l'évaluation et l'estimation désertification trouvent sous- bassin, et élaboration d'une base de données à l'aide de SIG.

La présente étude se structure en quatre chapitres, la première présente des notions sur la désertification, ses causes et ses conséquences ses étapes .Le second chapitre est consacrée aux caractéristiques du milieu d'étude (climat, géologie, Hydrogéologie et types des sols et ext ….) Alors que le troisième chapitre met l'accent sur la méthodologie de l'étude. Le quatrième chapitre présente les résultats et discussions.

Et nous terminons, enfin par une conclusion générale.

Chapitre I

Synthèse bibliographiqu

Chapitre I: Synthèse bibliographique.

I.1. Généralités sur la désertification

Introduction

Dans la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) de 1992, à Rio de Janeiro la désertification a été définit comme : « La dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches due à des facteurs divers parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ». Cette dégradation des terres en zones sèches s'exprime par une détérioration du couvert végétal, des sols et des ressources en eau, et aboutit à l'échelle humaine, à une diminution du potentiel biologique des terres ou de leur capacité à supporter les populations qui y vivent.

I.1.1.Définitions

Le terme désertification comporte plusieurs significations à savoir l'ensablement, la sécheresse et ou la dégradation de l'état des sols ,etc . La désertification est la dégradation évolutive d'une zone donnée, d'un territoire donné, transformant une écologie où la vie était possible, voire prospère en une écologie où le développement est bloqué dans une première phase et où les conditions d'existence de l'homme, de plus en plus précaires, entraîneront dans une deuxième phase, une régression de la population et à plus long terme, sa disparition plus ou moins totale (Ulf Helldén).

I.1.1.1.Notion de désertification

Les termes désertification et dégradation renvoient à des définitions et des concepts qui peuvent lui être appliqués .Le terme désertification est considéré comme relativement récent.

La désertification est reconnue comme un problème environnemental majeur; cependant, sa définition est loin d'être claire. En effet, la littérature à ce sujet est chargée de confusions et de contradictions. Pour mieux la comprendre, la définition de la désertification sera traitée sur les plans étymologique et historique afin de cerner l'ambiguïté du terme (Sinave, 2010).

La désertification est reconnue comme un problème environnemental majeur; cependant, sa définition est loin d'être claire. En effet, la littérature à ce sujet est chargée de confusions et de contradictions.

La définition de la notion de désertification, modifiée à de nombreuses reprises, puisqu'elle a fait l'objet de plus de 130 définitions (Mainguet, 1990, Khoudir S, 2012) est particulièrement polémique. Une de ces définitions « la désertification, phénomène de perte de productivité des

terres est à la fois une question d'environnement et de développement » (Cornet, 2002), (Bougurra, Guelmine, 2020)

Il est probable que cette confusion est liée au fait que « la notion de désertification, est autant un thème scientifique, une problématique politique et écologique globale qu'un levier d'action pour le développement » (Gagnol, 2011). (Taibi, 2015). La désertification a connu de nombreuses définitions qui ont fait l'objet de controverses intellectuelles Au-delà des compromis politiques (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

La désertification peut être définie "comme un ensemble d'actions qui se traduisent par une réduction plus ou moins irréversible du couvert végétal, aboutissant à l'extension de nouveaux paysages désertiques. Ces paysages sont caractérisés par la présence de regs, de hamadas et d'ensembles dunaires. (J. Hill a, M. Stellmes)

Désertification "c'est la dégradation des terres induite par l'homme et qui conduit à un accroissement de l'aridité du micro-climat se traduisant au niveau de la communauté végétale naires ". (Asma Ali Abahussain)

La désertification d'un milieu se traduit par des modifications profondes des propriétés biophysiques du sol, résultant de l'effet conjugué des facteurs d'ordre naturel et anthropique Son risque potentiel peut être évalué par des indicateurs, permettant d'alerter et d'aider à entreprendre des actions adéquates. (Andrea Baranzini, José Goldemberg)

La désertification est un phénomène qui provoque une érosion tellement grave de la terre productive que le sol qui reste perd les nutriments essentiels à la croissance des végétaux. Il en résulte des conditions quasi désertiques. (Diana.K Davi , L.C. Stringer) .

Bien que la définition ait été progressivement affinée notamment depuis la conférence sur la désertification (CNUD / UNCOD) du PNUE (UNEP) en 1977 à Nairobi (indication Des facteurs causaux, reconnaissance de l'impact anthropique, délimitation des zones concernées …), (Définition de la désertification de l'UNCOD, 1977 : « La désertification est la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre et peut conduire finalement à l'apparition de conditions désertiques. Elle est un des aspects de la dégradation généralisée des écosystèmes », il reste encore aujourd'hui beaucoup d'éléments approximatifs. En effet, la définition retenue par la Convention des Nations Unies pour la Lutte Contre la Désertification. en 1994 n'est qu'un consensus politique et pas scientifique, négocié et rendu officiel, mais qui comme tout consensus, ne fait pas l'unanimité. (Cornet ,2002) résume ces désaccords en trois points : la désertification correspond-elle à un processus ou à un état ?; est-ce un phénomène irréversible ou réversible? ; Quel est le rôle respectif de l'homme et des sécheresses ? Ces insuffisances des définitions de la

notion de désertification ont amené certains à proposer d'autres termes pour désigner les processus en jeu. Ainsi (H.N. Le Houérou) a-t-il proposé en 1968 la notion de « désertisation » qu'il veut plus précise que celle de désertification (Khoudir S, 2012).

I.1.1.2.Les indicateurs retenue pour le suivie de désertification

I.1.1.2.1. Le concept d'indicateur

Un indicateur est un paramètre ou une valeur calculée à partir d'un ensemble de paramètre et qui fournit des informations sur un phénomène ou son état .il a une signification dépassant celle directement liée à la valeur paramétrique. (OCDE, 1994) On pourrait définir un indicateur aussi comme étant des mesures ou des signes de la qualité du milieu de vie ou des transformations apportés par les personnes, les ménages et les collectivités a partir de points de repérés et de pratique ancestrales et du savoir accumulés au fils du temps. Les indicateurs sont utilisés pour évaluer, surveiller et prévoir les phénomènes de dégradation car ils interprètent de manières synthétiques une action ou une situation et leur évolution.

- Les indicateurs biologiques

(Molfetas et Blandin 1981) définissent les indicateurs biologiques comme étant un organisme ou un ensemble d'organismes qui traduit d'une façon aussi direct et évidente que possible les modifications qualitatives et/ou quantitatives de l'écosystème dont il fait partie .

À ma même époque (Lebrun ;1981) élargit la définition a tous paramètre biologique, qualitatif et quantitatif mesure au niveau d'individu d'une population, d'une guilde, d'une communauté susceptible d'indique des conditions de vie particulière qui correspondant soit à un état donnée, soit à une variation naturelle, soit à une perturbation du milieu.

Selon (Guelorg et Perthuisot, 1984), dans une manière restrictive, un indicateur biologique est une espèce ou un groupe des espèces qui par leur présence et/ou leur abondance sont significatifs d'une ou plusieurs propriétés de l'écosystème dont ils font partie, pour ces auteurs les indicateurs biologiques témoignent donc des modifications qualitatives et/ou quantitatives du la structures et de fonctionnement des écosystèmes qui surviennent tout au long de son histoire en réponse aux variations de l'environnement. Ces indicateurs sont typiquement des indicateurs d'état et de changement d'état. (Kaibache A, 2018).

Donc un indicateur biologique témoigne des modifications qui peuvent survenir sur l'écosystème ; sa structure et son fonctionnement par réaction aux variations de l'environnement ainsi les effets de la désertification sont décelés sur la composante biotique de l'écosystème notamment le couvert

végétale réduit. Modification de la composition floristique, réduction de la biodiversité et diminution de la productivité y compris celle du bétail et de la faune en générale.

- Les indicateurs physiques

L'hydrologie et le sol sont les principales composantes abiotiques sur lesquelles on décèle les traces de la dégradation .La désertification peut s'expliquer par une diminution de la couverture végétale induisant une augmentation de l'albédo, une plus faible quantité d'énergie disponible au sol et une réduction de la température de surface. Il s'ensuit donc une réduction des mouvements convectifs verticaux de l'atmosphère et par suite, une réduction des précipitations d'origines convectives, s'ajoutant encore au stress hydrique de la végétation et amplifiant le phénomène de désertification progressive. (Mélanie & Sandrine & Ben Khatra, 2009).

I.1.1. 3.Les étapes de la désertification

La dégradation des terres et l'évolution du phénomène de la désertification passe par différentes étapes pour la végétation ainsi que pour le sol:

I.1.1.3.1.Pour la végétation

Selon (Ciheam et al ,2009) la végétation sous l'effet de pressions croissantes, plusieurs étapes majeures de dégradation peuvent être caractérisées:

- Variation de la biomasse et de la composition de la végétation avec les cycles climatiques et les événements stochastiques (sécheresse exceptionnelle, feu, maladie…).
- Modifications de la composition floristique par l'action des herbivores et par la mise en culture: régression des plantes palatables (ou appréciées du bétail) au profit des espèces moins palatables ; remplacement des espèces de steppes par des espèces post culturales.
- diminution de la diversité et de la productivité.
- réduction du couvert végétal pérenne, diminution de la phytomasse et du phytovolume ; Diminution de la capacité de croissance et de reproduction du milieu naturel.

I.1.1.3.2.Pour le sol

La dégradation de la qualité des sols, indissociable de l'action de l'eau, a lieu suivant Quatre étapes distinctes:

- modification des états de surface du sol (pellicule de battance, ensablement…) : dégradation du fonctionnement hydrique (disponibilité en eau du sol et de son efficacité d'utilisation,

réduction de l'infiltrabilité, augmentation du ruissellement…) ; érosion de la fertilité (taux de matière organique, taux d'azote, capacité d'échange cationique).

- diminution de la stabilité structurale.
- érosion hydrique et /ou éolienne.
- salinisation d'origine anthropique, résultant d'une irrigation inadaptée entraînant la stérilisation des sols.

Ainsi, la désertification est un processus continu, progressif qui peut mener à une transformation irréversible du milieu naturel. Pour chaque étape, il existe des seuils liés aux contextes climatiques et géo-socio-économiques. Elle résulte à la fois de phénomènes naturels et de processus déclenchés par des mésusages des espaces et de leurs ressources par l'homme. Ce n'est que par l'intervention de l'homme qu'elle peut être ralentie et stoppée (Ciheam et al, 2009).

I .1.1.4 . Impacts de la désertification

I .1.1.4.1.Les impacts sur l'environnement

La désertification aboutit dans les écosystèmes arides, semi-arides et subhumides, à des modifications sérieuses qui se manifestent par un ensemble de faits qu'on peut résumer comme il :

I .1.1.4.2. Dégradation de la végétation naturelle

En région méditerranéenne, une végétation steppique se développe à partir d'une végétation forestière par dégradation, c'est ainsi que pour l'Afrique du Nord (Le Houérou, 1968).

La végétation des collines et des hautes plaines a subi une série d'évolution, depuis le commencement des temps historiques, en partant de forêts composées de pinus, juniperus ,tétralines, en passant par la garrigue où dominent *Rosmarinus* officinales et stipa tenacissima (Alfa), pour aboutir finalement à des steppes arides .Sous l'effet de la sécheresse, aggravée par la surexploitation des pâturages, la végétation naturelle s'est dégradée, à la suite de l'aridification de l'environnement dans le sens d'un xérophytisme accru, d'une proportion croissante de végétaux non consommables, d'une densité diminuée autour des points d'eau, d'une expansion d'espèces buissonnantes et non fourragères, d'une augmentation des espèces annuelles, éphémères, aux dépens des arbres(Mainguet, 1990).

La dégradation de l'environnement du aux surpâturages et à la sur culture, sont devenues irréversible, car la perturbation écologique a dépassé le stade de la détérioration végétale est atteint le seuil de la dégradation poussée du sol (Le Floch & Floret, 1972).

-Activation de l’érosion hydrique et de l’érosion éolienne

Le sol est dégradé à cause de la disparition de la matière organique, de la destruction de la structure et de l’activation des érosions hydrique et éolienne. La profondeur du sol ainsi que ses réserves en eau diminuent dans les zones arides dégradées, l’érosion hydrique prend des allures catastrophiques pour la fertilité des sols.

Dans la steppe syrienne de voie de désertification, l’érosion hydrique peut atteindre 50 tonnes par hectare et par an sur les pentes qui n’ont pas encore perdu tout leur sol (Canarache et al., n.d.) .

Certains scientifiques (Boherin Sheridan, 1981) pensent que cette dégradation intense et la désertification qui se manifeste actuellement ne sont pas dues à un changement climatique vers l’aridité durant cette période et que le surpâturage est responsable de cette dégradation, bien que l’on puisse admettre que, même s’il y a eu des changements climat, ils n’ont fait qu’aider cette dégradation due au pâturage.

-Engorgement et salinisation des sols

L’engorgement et salinisation des sols dans les cultures irriguées en zones arides et semi arides constituant un indicateur sérieux de la désertification en œuvre et qui se manifeste au début par une baisse des rendements des cultures, puis par une limite du choix des cultures qui devraient résister au sels et, en définitive, par la perte de terres irrigables qui ne peuvent remises en valeur qu’à très grand prix. C’est ce type de désertification qui est le plus difficile à combattre.

- **Abaissement du niveau des nappes souterraines**

La surexploitation des nappes souterraines peut en faire baisser le niveau, surtout quand la région est faiblement alimentée par les eaux de pluie et, si le sur pompage de l’eau continue. Un assèchement total peut avoir lieu, d’où la nécessité d’une réglementation de l’exploitation des eaux souterraines dans les zones affectées par l’aridité. En outre, l’abaissement du niveau de la nappe souterraine risque de provoquer du grave affaissement de terrains comme cela s’est produit dans le delta du Sacramento en Californie et à mexico.

- **Baisse de la production des terres**

C’est la conséquence de l’environnement qui se répercute sur la fertilité des terres.Les parcours désertifiés des steppes du Proche-Orient ont vu leur capacité de charge tomber à 10 hectares par bête et par an. En outre, les parcours qui étaient favorables pour des chèvres ou des chameaux. La baisse de la productivité des terres entraine un phénomène plus important le changement de culture.

- **Diminution de la biodiversité**

La sévère détérioration écologique des écosystèmes arides et semi-arides aboutit à la disparition de certaines plantes et de certains animaux qui n'y trou Impacts sociaux économiques vent plus les conditions écologiques favorables à leur vie.

❖ La famine

La famine survient généralement dans des zones déjà frappées par la pauvreté, par des troubles civils ou par la guerre, la sécheresse et la dégradation des terres contribuent souvent au déclenchement d'une crise qui est ensuite exacerbée par la mauvaise distribution des vivres et par l'incapacité de la population d'acheter des ressources disponibles.

❖ Pauvreté et migration des masses

La dégradation des sols est le synonyme de la famine et de pauvreté. Pour trouver d'autres moyens de subsistance, .Les populations qui vivent dans les régions menacées par la désertification sont aussi obligées de se déplacer pour trouver d'autres moyens de subsistance (Anonyme, 2004).

Généralement elles migrent vers les agglomérations ou partent à l'étranger. Les mouvements de la population sont l'une des principales conséquentes de la désertification. Entre 1977 et 2020, quelques 60 millions de personnes quitteront les zones désertifiées de l'Afrique subsaharienne pour gagner le Maghreb et l'Europe. Tous les jours plus de 50000 personnes dans le monde sont obligées de quitter leur habitat rural en espérant trouver de l'eau dans les villes (Djaafour, 2019).

I.1.1.5.Notion de Steppisation

La steppisation est le processus d'apparition de la formation végétale steppique et son corollaire, l'aridité. D'après (Kenneth Hare, 1961). (Kaibache A, 2018), la Steppisation «résulte non pas de circonstance locales ou dues à l'influence humaines, mais bien à des causes impliquant des transformations considérables d'énergie et des transports de quantités de mouvement extrêmement important». Elle se traduit par un changement de la nature du couvert végétal, une réduction du taux de la matière organique dans le sol et un changement de la composition floristique qui varie dans le sens de l'aridité (Le Houerou,1985).

I .1.1.6. Désertisation

La désertisation, en dépit des définitions que donnent les géographes, les phytosociologues, etc., est la poursuite du processus de la steppisation. Elle se traduit par le non régénération des espèces végétales et l'extension du paysage désertique. Les causes sont les mêmes que celles de la

steppisation. En somme, si la steppisation touche le couvert végétal, la désertisation s'attaque, par contre, au sol (SAÏDI et al, 2011).

Donc la désertisation est « la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre et peut conduire à l'apparition des conditions désertiques » (Garnier, 1982 in Haddouche, 2009).

I.1.1.7. Dégradation des sols

La notion de dégradation est étroitement reliée à celle de désertification puisque cette dernière correspond à une « dégradation des terres » selon la définition du CNULD de 1994. La notion de « terre » fait référence à toutes les composantes de la zone considérée, c'est-à-dire le couvert végétal, les sols, les versants et surfaces géomorphologiques, les systèmes Hydrologiques et la faune. (Warren et Agnew, 1988).

Les processus de dégradation des terres incluent l'érosion hydrique, l'érosion éolienne et la sédimentation résultant de leur action, la destruction sur le long terme de la végétation et la diminution de nombreuses populations végétales et animales, ou la diminution des rendements des champs, la salinisation ou sodication des sols » (Darkoh, 1998).

La dégradation des sols est un phénomène naturel inhérent aux processus physico-chimiques et biologiques qui dynamisent notre planète. Le devenir géologique des sols est compromis par l'existence de facteurs exogènes qui concourent tôt ou tard à leur destruction. La vitrification est l'un des rares processus, avec l'enfouissement, qui permette d'en conserver le témoignage dans les séries géologiques. Le reste est affaire d'interprétation. On ne peut donc évoquer ce concept de dégradation qu'au travers du filtre de l'homme et des objectifs économiques qu'il s'est fixé : on entend par dégradation des sols perte de leur potentiel au regard de ce que l'on espérait qu'il soit. Mais l'homme a toujours été un facteur de dégradation des sols et ceci dès le Néolithique. Il advient que son action se superpose à des processus naturels qui vont parfois dans le même sens (car la nature est par essence minimale), ce que montre la planche 1 ci-contre, tentative de reconstitution historique de l'évolution des sols du site archéologique de Mondeville (Chancerel et paraître). Le processus de dégradation des sols est un phénomène qui n'émeut pas les populations et il n'existe pas, à ce sujet, de pression sociale susceptible d'alerter la classe politique comme c'est le cas pour la perte de biodiversité, pour le trou de la couche d'ozone, pour le réchauffement de la Terre ou pour la pollution de l'air. Pourtant il s'agit d'un phénomène naturellement présent dans les cycles géologiques mais accéléré par les contraintes liées au mode de vie occidental et par l'émergence des processus de production intensifs. Ceci au nom de la satisfaction des besoins alimentaires de la planète. l'érosion hydrique et L'agriculture intensive jouent un rôle très important dans la dégradation des sols (principales causes de dégradation) où ce dernier présente plusieurs types qui sont reportés ci-dessous.

I.1.1.7.1. Type de dégradation des sols

a. Dégradation physique

Elle entrain une dégradation des propriétés physique du sol comme l'aptitude à la pénétration racinaire, la perméabilité et l'aération .la formation des croutes empêche l'infiltration de l'eau et accéléré l'écoulement superficiel. La germination et la levée sont rendues plus difficiles. Les faibles indices d'infiltration diminuent la capacité de rétention d'eau et favorisent ainsi l'apparition de situation de stress hydrique (Tidjani, 2004).

b. Dégradation biologique

Il est certain que la pédofaune constitue un indicateur important de la fertilité du sol. Les organismes du sol dépendent eux-mêmes d'une bonne structure du sol.la majorité des formes de préparation du sol influence de maniéré significative la quantité et la décomposition de la pédofaune (Alzouma, 2005).

c. Dégradation chimique.

Une série de processus pédologiques et chimiques entrainent une diminution de la productivité des sols. Dans l'optique d'une utilisation durable des sols agricoles, la diminution des réserves en nutriment pour les végétaux est particulièrement préoccupante. Cela signifie que la restitution par la minéralisation, la teneur du sol en nutriment diminuerait rapidement. La salinisation entrainera une diminution de la quantité d'eau disponible pour les plantes .Cela peut également occasionner des effets toxiques sur les cultures, une élévation de l'alcalinité du sol et sous certains des altération de structures et une diminution de la capacité d'infiltration. Le manque de la matière organique fait que l'aptitude du sol à retenir les nutriments devinent trop faible et le lessivage augmente fortement. De ce fait de très faibles valeur de capacités d'échange cationique potentielle sont beaucoup plus défavorables que des carences de tel ou nutriment (Greco, 1966).

d. Dégradation des sols agricoles

Dégradation intensive d'une agriculture elle a permis d'accroître les productions vivrières, a contribué à la pollution des sols notamment suite à l'usage intensif d'engrais de synthèse et de produits phytosanitaires pour lutter contre les mauvaises herbes et les parasites. Ces produits contiennent des éléments qui ne sont pas tous dégradables. Ils peuvent donc rester dans le sol ou être entraînés par la pluie vers les nappes phréatiques ou les rivières ou être transférés vers les plantes, les animaux et l'homme. L'agriculture peut aussi agresser le sol en provoquant son

tassement par le passage d'engins de plus en plus lourds. Le sol compacté ne laisse passer ni l'eau, ni l'air et la faune des recycleurs du sol (par exemple, les vers de terre) diminue.

Le sol laissé nu une bonne partie de l'année voit une part non négligeable de ses éléments fertiles emportés par l'eau (érosion hydrique) ou le vent (érosion éolienne), En cas de tempêtes ou de fortes pluies, c'est plusieurs dizaines de tonnes de sol par hectare et par an qui peuvent disparaître et être entraînés vers les cours d'eau qu'ils rendent boueux. La baisse de la qualité des sols peut donc induire une baisse des rendements des récoltes et de leur qualité nutritive (Boulaine,1975).

e. Les autres activités humaines responsables de la dégradation du sol

Les autres causes de pollutions ou de dégradations des sols dues aux activités humaines sont :

- la mise en décharge de déchets et l'épandage de déchets notamment les boues de stations d'épuration (sites permettant de traiter les eaux usées) et les composts urbains, qui contaminaient les sols avant l'instauration de réglementations contraignantes,
- les rejets de polluants organiques et de métaux par les sites industriels, anciens ou actuels, ou par les véhicules (gaz d'échappement des voitures, des camions…),
- l'érosion accélérée due à la perte de couverture végétale par exemple en cas de déforestation ou incendie de forêts, qui se traduit par une dégradation et une transformation du relief,
- l'imperméabilisation, due à la construction de routes, d'entrepôts, d'habitations qui couvrent le sol et le condamnent à mort,
- la mise en culture de prairies et de forêts, le labour et la moindre restitution des résidus de culture (pailles…) qui diminuent la biodiversité et les matières organiques contenues dans les sols (Hanifi, 1998) .

f. Les dégradations du sol dues aux activités humaines

Toutes ces menaces affectent les diverses fonctions du sol, notamment celles qui sont primordiales pour la santé humaine, comme la production alimentaire, ou encore la filtration et le stockage des eaux souterraines, principale source d'eau potable.

D'après diverses sources dont la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), on estime que près de la moitié des sols du monde sont déjà dégradés en conséquence des activités humaines, phénomène qui s'accentue et qui pourrait s'aggraver avec les changements climatiques (Edward ,2010).

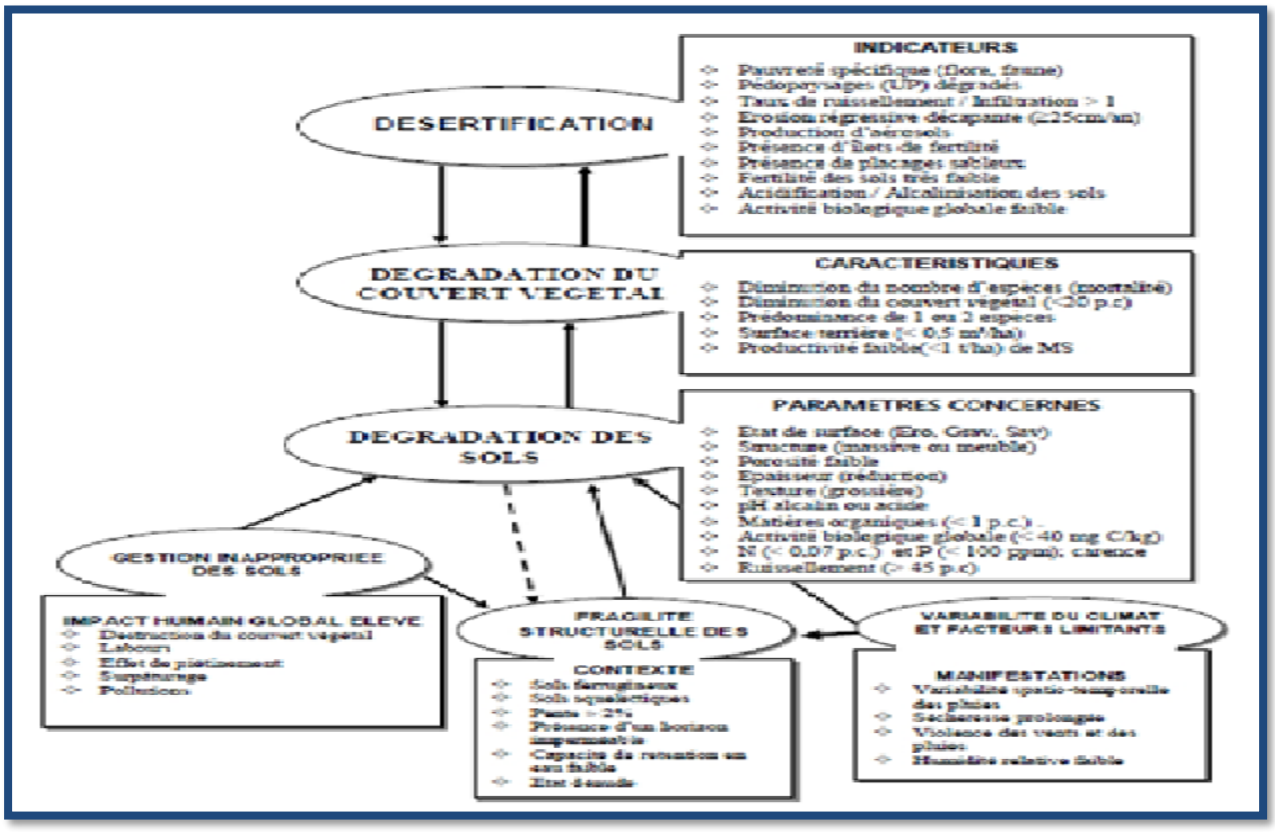


Figure I.01 : Modèle sur le rôle des sols dans le développement de la désertification *(Thiombiano, 2000).*

I.1.1.8. La dégradation et la désertification des sols

La dégradation : Se produit lorsque la terre est dégradée dans son site d'origine sans l'enlèvement du sol. Elle concerne les propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les processus impliqués sont généralement réversibles tel que l'acidification de la terre.

La désertification : Est la conséquence de l'érosion et de la dégradation des sols. C'est un processus qui implique l'érosion et la dégradation selon l'article 1 de la convention des nations unis pour combattre la désertification (OECD, 1994**)**. La désertification signifie la dégradation des zones arides, zones semi-arides et les zones subhumides, elle est les résultats de plusieurs facteurs inclus les variations climatiques et les activités humaines. L'érosion éolienne est le type essentiel de la désertification. Cependant la dégradation physique et la dégradation chimique peuvent causer aussi la désertification comme la salinisation et aridification. La relation entre la dégradation et la désertification est exprimée par le schéma suivant. (Fig I.02)

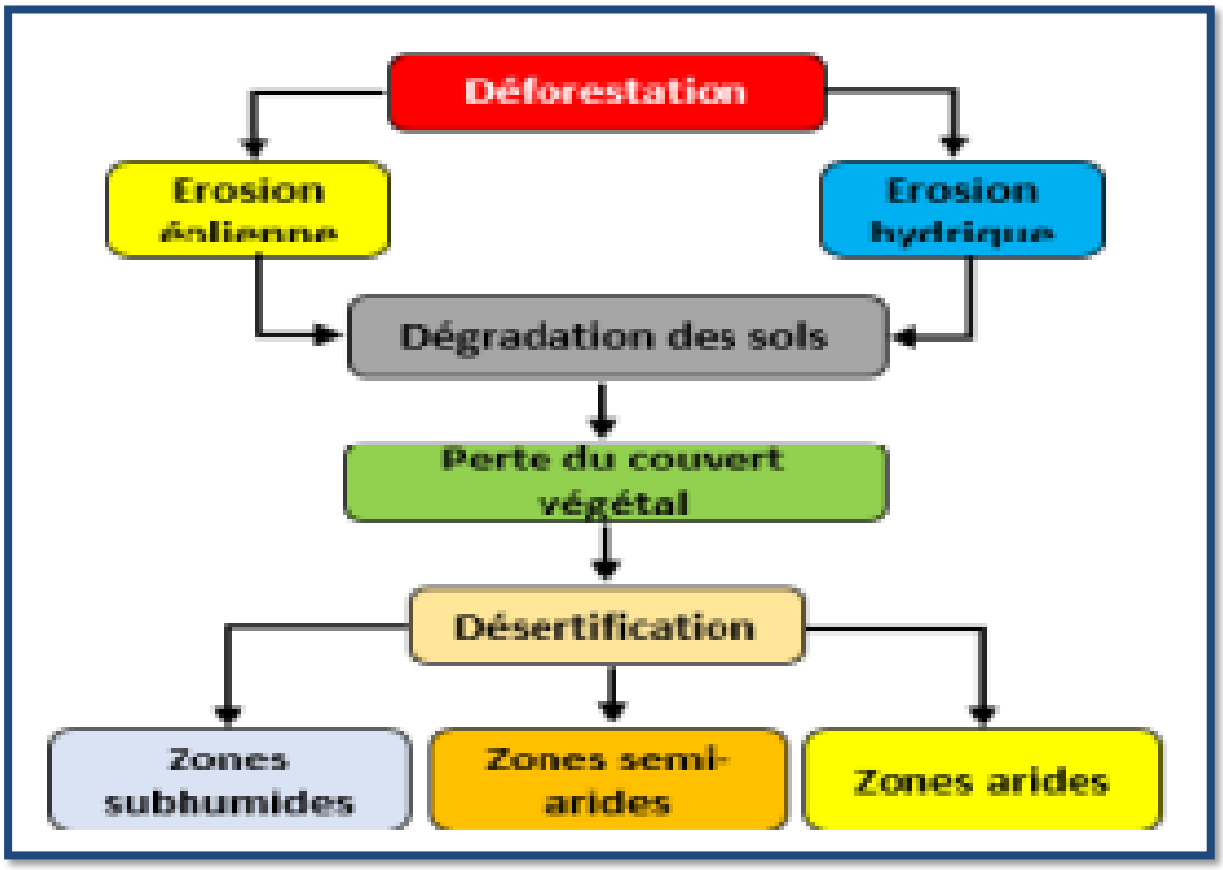


Figure I.02 : La relation entre la dégradation et la désertification **(Kessaissia et Mazour, 2019)**

I.1.3. Végétation

I.1.3.1. Végétation forestière

Le terme forêt désigne un territoire occupant une superficie d'au moins 50 ares (Bois et Boqueteaux) avec des arbres capables d'atteindre une hauteur supérieure à cinq mètres à maturité in situ, un couvert arboré de plus de 10% est une largeur d'un moins 20 mètres (Dodane, 2009).

Le caractère méditerranéen de la forêt Algérienne n'est pas à démontrer vu sa situation géographique et la physionomie que celle-ci présente. Cet ensemble d'arbres est en lutte perpétuelle contre l'homme, le feu, les troupeaux, une adaptation est ainsi effectuée dans la mesure où l'arbre devenant frugal s'enracine. Cet état d'équilibre incertain est conditionné par les influences du milieu physique et humain (Louni, 1994).

Forêt de lumière, thermophile dans son ensemble, elle renferme un sous-bois puissant et envahissant et ainsi s'établit une concurrence entre les deux strates. Une résistance biologique et écologique s'installe au sein des essences principales, ce qui donne une certaine pérennité.

La sylve algérienne est formée essentiellement de trois types de formations végétales : la forêt, le maquis et la broussaille (Louni, 1994).

La forêt algérienne prend part à la fonction de production, protection et sociale. Les forêts pour la conservation est d'utilité sociale ont quasiment été classées ou réalisées dans les années 1980. Depuis, leur superficie n'a pas significativement évoluée et a de ce fait été considérée constante. Pour les forêts de production et de protection, ce sont les ratios déterminés par l'INF (40 et 60%), qui ont servi de base pour le calcul de leurs superficies présentées ci-dessous (Elechi et Dieb, 2010).

Tableau I .01 : L'évolution des différentes types de forêts en Algérie (Elechi et Dieb, 2010).

Fonction	Foret (ha)			
	1990	2000	2005	2010
Production	596422	561526	544078	52660
Protection	894634	842290	816118	789946
Conservation	172800	172800	816118	789946
Utilité sociale	2800	2800	2800	2800
Total	1666656	1579416	1535796	1492176

Les données indiquées ci-dessus concernent seulement les terres occupées par les forêts.

I.1.4. Principales causes de la désertification

Les causes de la désertification sont dues à de nombreux facteurs naturels et humains. Les causes naturelles sont l'exacerbation du changement climatique, la réduction des précipitations, l'augmentation des périodes de sécheresse et les taux d'érosion et de salinisation des sols. Les incendies de forêt et l'empiétement et la tyrannie des dunes de sable sur les terres agricoles et les zones humides contribuent également à la réduction des zones agricoles et à l'augmentation de la désertification.

I.1.4.1. Les actes anthropozoïques

- **Le surpâturage**

Le cheptel en surnombre "détruit" le couvert végétal protecteur tout en rendant par le piétinement la surface du sol pulvérulente (érosion éolienne) et tassant celui-ci, ce qui réduit sa perméabilité, donc ses réserves en eau et augmente le ruissellement (érosion hydrique) (Yagoubi et Tamar, 2008).

- **Le défrichement**

Elle est également cousue de la diminution du stock fourrager des Pâturages. Bien que l'on puisse penser à la réduction des pâturages seulement en termes de diminution des superficies. Des herbages pâturables, Les pâturages sont des complexes tridimensionnels de fourrage dans lesquels les herbages, les herbages, les buissons et les arbustes sont des sources d'aliments appréciables **(**Nahal, 2013).

- **Systèmes de culture**

La progression sans entraves de l'agriculture et des utilisations industrielles même dans les terres sèches où la végétation est rare, par suite de l'accroissement de la demande de terres de culture et les pratiques de défrichement telles que la culture sur brûlis.L'exploitation des terres marginales et des sols pauvres, la réduction des jachères et le recours général aux méthodes de culture mécanique sont les usages agricoles responsables de la désertification (UNESCO,2005 et Stringer, 2008)

- **L'irrigation**

L'irrigation est la science qui s'occupe de fournir aux surfaces agricoles l'eau nécessaire aux usages agricoles d'une manière précisément calculée en fonction du climat, de la topographie et de la nature du sol (degré d'acidité, granulométrie, ...). L'apport d'eau au sol maintient la teneur en humidité nécessaire à la croissance des plantes et lave le sol des sels en excès, afin de maintenir une concentration acceptable de salinité dans la zone des racine (Snyder, R. L ; Melo-Abreu, J. P) (2005).s de la plante.

- **L'utilisation inadéquate des technologies d'irrigation.**

Les mauvaises pratiques en matière d'irrigation entraînent une augmentation de la salinité, et assèchent parfois les cours d'eau qui alimentent les grands lacs **(Sharma, 1998).**

I.1.4.2 .Causes dues aux condition climatique

- **L'érosion**

Le phénomène d'érosion du sol consiste en l'entrainement de particules qui le constituent, sous l'action d'agents climatiques : le vent, dans un domaine géographique particulier, bien défini par son climat, mais surtout, dans la plupart des régions du globe, l'eau des précipitations atmosphériques lorsqu'elle tombe ...

- **L'érosion éolienne et hydrique**

L'action de l'érosion par le vent accentue le processus de désertification, elle varie En fonction du couvert végétale. Ce type d'érosion provoque une perte de sol de 100 à 250 tonnes/ha/an dans les steppes défrichées **(Le hourerou, 1995).**

L'érosion éolienne, second facteur physique de dégradation de l'écosystème steppique, est accéléré dans un milieu où la végétation est devenue plus éparse. Son action contribue à l'appauvrissement des sols. Son action est renforcée par l'érosion hydrique provoquée par des pluies rares mais se présentant toujours sous forme d'orages violents qui désagrègent des sols déjà rachitiques **(Abdelguerfi, 2003)** Ces phénomènes provoque d'énormes pertes : près de 600.000ha en zone steppique en Algérie.

- **L'aridité**

(Hirche et al. ;2007) Montrent que les steppes algériennes se caractérisent par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales. L'ensemble des écosystèmes du globe peut subir une dégradation de par l'activité anthropique. Toutefois, lorsque des dégradations du couvert végétal et de la qualité des sols surviennent dans les écosystèmes plus fragiles et arides, il peut s'en suivre un processus de désertification.

Ainsi, l'aridité d'une région peut être considérée comme une condition à la désertification. L'augmentation de l'aridité est une des causes principales de la désertification selon de nombreux auteurs **(**Glantz et Orlovsky, 1983 ; Helldén, 1991 ;et al). Il est ici important de différencier l'aridité de la sécheresse. Comme mentionné préalablement, la sécheresse consiste en un déficit prolongé de précipitations inhabituel pour une région donnée.

L'aridité réfère davantage à une caractéristique d'une région donnée où le ratio entre les moyennes annuelles des précipitations (P) et du potentiel d'évapotranspiration (PET) est faible (Le Houérou, 1996) L'évapotranspiration se définit comme étant la combinaison de l'évaporation de l'eau de la surface du sol et des plantes, ainsi que de la transpiration de la voûte forestière (Irmak et Haman, 2003). Plus le ratio P/PET d'une zone est faible, plus l'aridité y est importante. On identifie généralement les zones arides comme étant les zones où le ratio P/PET est inférieur à 0,6 (Reynolds, 2001). L'aridité est directement liée aux températures moyennes, puisqu'à chaque augmentation de 1°C correspond une augmentation du potentiel d'évapotranspiration de l'ordre de 5 à 25 % (Le Houérou,1996).

I.1.4.3 Condition socio-économiques

- **La croissance démographique**

L'augmentation de la population se traduit nécessairement par une hausse de la demande d'aliments, qui nécessite un accroissement de la productivité (rendement à l'hectare) ou de la production (superficie cultivée). Dans la plupart des cas, les sociétés choisissent d'accroître les superficies cultivées, en recourant souvent à des terres marginales ou fragiles fortement susceptibles de dégradation.

Les facteurs socio-économiques impliqués dans les bouleversements qui ont marqués le monde pastoral steppique semblent complexes et se situent à des niveaux divers. Un des premiers facteurs est la croissance démographique.

- **L'évolution démographique**

D'après (**Olsson ,1985),** il y a eu quelques tentatives visant à établir que l'accroissement démographique n'a pas d'effet direct sur la dégradation des terres. Cette augmentation a généré un développement proportionnel de la consommation et donc des pressions sur les ressources naturelles par l'agriculture, l'élevage ou les ponctions dans l'environnement.

La croissance démographique exerce des pressions sur les ressources naturelles des terres sèches d'au moins deux façons : une hausse de la demande d'aliments et fragmentation accrue des terres de conséquence de l'augmentation de la taille des familles.**(Olanrewaju et Saidou,1999).**

I.1.5. Les conséquences de la désertification

Le phénomène de la désertification implique l'écosystème en entier, ainsi que les humains qui en dépendent **(sinave ,2010).**

- **Écologique**

Les différentes définition de ce processus, mettent l'accent sur les changements dans le sol, la végétation et de l'eau **(Glantz&Orlovsky,1983).**

- localement ;on peut noter ,la réduction du couvert végétale, un changement dans la composition floristique**(Slimani,1998)**,l'atteinte des propriété physico-chimiques ,du milieu édaphique **(Slimani,1998 ;Aidoud et al 1999)**.la perte de productivité des terres érosion de la fertilité très faible capacité d'évolution **(Jauffret,2001)**.
- A distance :la dégradation entraine des phénomènes d'ensablement des zones voisines ,des problèmes de crues et d'inondation ,des problèmes de comblement des barrages, de transports d'aérosol à grande distance mais aussi des problèmes de migraions **(Jouffret,2001).**

- **Socio-économique**

La désertification a des conséquences immédiates souvent décrites par le cercle vicieux « Appauvrissement des terres production agricole insuffisante pour nourrir l'ensemble des villageois tensions sociales croissantes » **(Requier-des Jardins et al .2005)**.

La désertification en réduisant les capacités productives des sols, conduit à une détérioration des conditions de vie des populations des régions sèches. par manque de capitale et d'opportunité économique, ces population pauvres sont conduites à surexploiter leurs ressources limitées pour satisfaire des besoins pressants ,ce qui aggrave les processus de désertification .Il ya donc une cercle vicieux entre désertification et pauvreté :la désertification accroit la pauvreté qui en retour conduit à des pratiques néfastes sur le milieu naturel. les mécanismes de contrôle d'accès et de gestion des ressources naturelles mis en place par les sociétés traditionnelles deviennent alors obsolètes **(Requier-Des Jardines & Bied charreton 2006,Bied charreton ,2010).**

I.1.6. Désertification et écosystème

La désertification :est la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre et peut conduire finalement à l'apparition de condition désertique .elle est l'une des aspects de la

dégradation généralisée des écosystème et a réduit ou détruit le potentiel biologique ,c'est –à-dire la production végétale ,destinée à de multiples usages ;la désertification est la dégradation des terres dans les zones aride ,semi –arides et subhumides sèches due à des facteurs divers parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines .

La désertification est le probléme environnemental le plus sérieux qui touche aujourd'hui la terre **(Ibrahim NAHAL)**.

I.1.7. Les régions touchées par la désertification

La dégradation des terres se produit partout dans le monde, mais elle s'avère d'autant plus dommageable dans les régions arides **(figure I.03)** qui couvrent 41 % de la surface terrestre et habitent plus de deux milliards de personnes (34 % de la population du monde). Ces terres arides ne sont pas réparties de façon égale entre les pays, 72 % des secteurs arides se retrouvent dans les pays en développement et seulement 28 % se retrouvent dans les pays industrialisés **(figure I.03)** . Conséquemment, la majorité (90 %) des peuples habitant les terres arides vit dans les pays en développement. Ces populations dépendent fortement des biens et des services qu'offrent ces types d'écosystème Toutefois, la situation de ces écosystèmes suscite relativement peu d'attention comparativement aux forêts tropicales humides **(Sinave, 2010).**

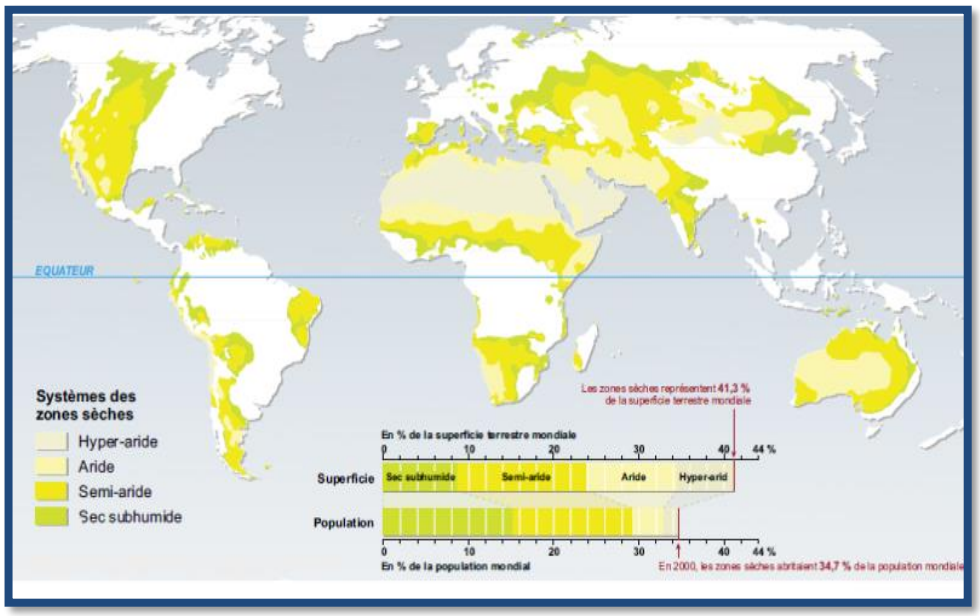


Figure I.03. Localisation des zones sèches au niveau mondial et leurs Catégories (Sinave, 2010)

I.1.7.1. La désertification dans le monde

La désertification est un phénomène mondial, affectant les moyens de subsistance de 900 millions de personnes à travers les cinq continents et représentant un tiers des menaces pesant sur la

biodiversité **(Elkali & Achour, 2019)**. Toutes les régions du monde sont concernées : l'Afrique et l'Asie, qui comptent à elles seules 70% des régions arides, mais aussi l'Australie, l'Amérique et la partie méridionale de l'Europe (Départements of Transportation, and Housing and Urbain Développent, and ... - United States. Congress. House. Committee on Appropriations. Subcommittee on Transportation, Housing and Urban Development, and Related Agencies - Google Livres, n.d.). Chaque année, 10 millions d'hectares de terres arables se dégradent; l'avancée du désert grignote en chine plus de 10.000 km2 par an pour le désert de Gobi ; 2,3 milliards de personnes (près de 40% de la population mondiale) vivent dans des zones dégradées (40% des sols émergés de la planète).

L'Asie est la région la plus touchée (1.4 milliard d'hectares en voie de désertification). 74% des terres africaines sont également touchées, mais le phénomène concerne également l'Europe et les Amériques. Le problème que environ de 50% des terres du monde sont des zones sèches **(Tableau I.02)** (Lutter Contre La Désertification: L'espoir Agro-Écologique - Jacques Arrignon Google Livres, n.d.).

Tableau I.02: Régions sèches du globe en millions d'hectares(Lutter Contre La Désertification: L'espoir Agro-Écologique et al).

Etage bioclimatique et zone.	Afrique	Asie	Australie	Europe	Amérique du Nord	Amérique Du sud	Monde entier	%
Hyperaride	672	277	0	0	3	26	978	16
Arides	504	626	303	11	82	45	1571	26
Semi-aride	514	693	309	105	419	265	2305	37
Sud-humides séches	269	353	51	184	232	207	1296	21
Total	1959	1949	663	300	736	543	6150	100
%Du total mondial	32	32	11	5	12	8	100	
%De la superficie terresstre mondiale	13.1	13.0	1.4	2.0	4.9	3.6	41.0	
%de la superficie des contiennes	66	46	75	32	34	31	41	

I.1.7.2.La désertification en Afrique

La désertification est un phénomène certes mondial mais le continent africain est particulièrement touché et exposé à l'insécurité alimentaire liée aux grandes sécheresses. 32% des zones arides du monde sont situées sur le continent africain. 73% des terres arides d'Afrique utilisées à des fins agricoles ont été endommagées dans certaines régions du continent africain, plus

de 50 tonnes de sol sont perdues par hectare de terre chaque année. Les terres les plus touchées sur le continent africain sont le Libéria, la Guinée, le Ghana, le Nigéria, le Zaïre, la République centrafricaine, l'Éthiopie, la Mauritanie, le Niger, le Soudan et la Somalie (United Nations Treaty Collection, n.d.).

Selon (Bied-Charreton, 2009) le continent africain est particulièrement menacé par la désertification en raison de plusieurs paramètres :

- une forte proportion de zones arides, semi-arides et sub-humides.

- des périodes de sécheresse importantes.

- les changements climatiques ;

- un nombre élevé d'habitants ;

Par ailleurs, l'économie de la plupart des pays africains des zones arides dépend fortement de la production agricole, pastorale et forestière. Ils sont donc particulièrement vulnérables.

La fluctuation de l'échange entraîne des économies fragiles où l'investissement est faible et les systèmes politiques parfois instables. De plus, il n'y a pas de mécanismes de régulation des prix agricoles et les fluctuations importantes des cours des céréales ne favorisent pas les investissements agricoles.

- Exemple du problème de désertification en l'Afrique du Nord

L'Afrique du Nord est une région semi-aride et principalement désertique, comprend toute la région géographique des pays du Maghreb, ainsi que l'Egypte et le Soudan. La description générale de cette région est caractérisée par la variabilité du climat, la rareté des ressources en eau, la dégradation de la végétation, la pauvreté et le manque de cohésion des sols, une production agricole insuffisante et une offre insuffisante pour répondre aux besoins alimentaires de la population. Les précipitations moyennes sont réduites (Tableau I. 03) (Houérou, 1995).

Tableau I.03: Répartition des terres arides en Afrique du Nord et sa superficie (pour 1000 km 2).

Pays	Taille total du Pays	Semi sec	Sec	Très sec	Zones isolées	Total	%
Algérie	2381	90	210	438	1562	2300	97
Tunisie	164	26	55	33	30	144	88
Maroc	713	130	120	150	240	640	90
Egypte	1001	0	30	286	685	1001	100
Mauritanie	1030	25	300	330	375	1030	100
Libye	1760	2	90	230	1435	1757	97
Soudan	2505	250	375	190	560	1375	55
Précipitations Annuelles moyennes (mm).		400 <p<600<	100 <p<400	50 <p<100	P<50		

I.1.7.3.La désertification en Algérie

En Algérie, on compte 200 millions d'hectares occupées par la Sahara, 12 millions touchées par l'érosion hydrique et 20 millions d'hectares touchées par la désertification (zones steppiques arides et semi arides). Cette dégradation des terres et la désertification qui en est le stade le plus avancé, se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio- économique **(Ikhlef, 2012).** La désertification, en Algérie, concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi-arides qui ont toujours été l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante : (surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures…etc.).

Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat) **(Khodja, 2016).**

- Les steppes algériennes

L'influence directe du Sahara confère à la steppe un climat sec et chaud, marqué par des fluctuations thermiques importantes. Les sols sont généralement pauvres en matières organiques. La sécheresse, de plus en plus sévère durant les trois dernières décennies augmente le niveau d'aridité et accroît plus que proportionnellement la sensibilité des sols à la dégradation, premier cause de la diminution de la couverture végétale. L'érosion éolienne, second facteur physique de dégradation de l'écosystème steppique, est accélérée dans un milieu où la végétation est devenue plus éparse **(Abdelguerfi & Ramdane, 2003).**

I.1.8. La lutte contre la désertification

L'expression "lutte contre la désertification", comme définie par l'**UNCCD**, désigne les activités qui relèvent de la mise en valeur intégrée des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches, en vue d'un développement durable et qui visent à : - prévenir et/ou réduire la dégradation des terres, - remettre en état les terres partiellement dégradées, et - restaurer les terres désertifiées. Cela repose sur la connaissance approfondie des mécanismes et des processus qui sont à la base du phénomène, sur la vérification de l'état ou niveau de la dégradation (diagnostique), et donc sur le développement des outils spécifiques tels que indicateurs, observatoires etc., et sur la définition et l'application des interventions tant au niveau politique que technique **(Bazzani, 2009).**

I.1.8.1.Cadre institutionnel de la lutte contre la désertification en Algérie

I.1.8.1.1. Convention de nations unies contre la désertification

La Convention des Nations Unies pour combattre la désertification (**CNULD**) est un accord international universel visant à promouvoir une réponse mondiale à la désertification (**Anonyme, 2011**). Selon (**Kane, 2007**) , la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification vise à garantir un engagement à long terme des Parties par un document juridiquement contraignant. Elle a pour objectif de lutter contre la désertification et d'atténuer les effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés, en particulier en Afrique, grâce à des mesures efficaces à tous les niveaux, appuyées par des arrangements internationaux de coopération et de partenariat, dans le cadre d'une approche intégrée compatible avec le programme Action 21, en vue de contribuer à l'instauration d'un développement durable dans les zones touchées.

I.1.8.1.2. Plan d'action national (PAN)

Pour les pays touchés, la mise en œuvre du Plan d'action était un élément essentiel du processus général de développement et un moyen de satisfaire les besoins fondamentaux de l'homme **(Nahal, 2004)**. Les plans d'actions nationaux **(PAN)** sont au cœur de la convention et constituent le cadre conceptuel et légal pour la mise en œuvre de la convention au niveau national et local. Ces plans d'actions doivent dresser un état des lieux et suggérer une stratégie de lutte (étapes et mesures à prendre en fonction de la spécificité des écosystèmes). Le plan d'action national documente les actions et initiatives qui seront entreprises dans chaque secteur d'activités pour assurer la croissance économique, la protection et la sauvegarde de l'environnement et des ressources **(Benguerai, 2011).**

L'élaboration du Plan d'Action National **PAN** et sa validation le 14 décembre 2003 représentent pour l'Algérie la mesure institutionnelle principale réalisée depuis la publication du rapport national d'avril 2002 **(Rapport national de l'algerie, 2004).** La vision du **PANLCD** consiste à privilégier les mesures susceptibles de compléter les programmes sectoriels existants, de catalyser leur mise en œuvre et de promouvoir une véritable dynamique de développement, basée sur l'intégration, la territorialisation, le partenariat et l'adoption de l'approche participative **(Mabrouk et al., 2016).**

L'objectif final était de maintenir et de favoriser, dans les limites écologiques, la productivité des zones arides, semi-arides, subhumides et autres exposées à la désertification afin d'améliorer la qualité de la vie de leurs habitants **(Nahal, 2004).**

I.1.8.1.3.Programme de lutte contre la désertification

Les politiques de lutte contre la désertification ont été nombreuses et diversifiées pour la protection des zones steppiques et l'avancement du désert vers le Nord.

I.1.8.1.4.Le plan national de lutte contre la désertification

Le plan national élaboré et mis en œuvre depuis 1987, s'insère dans le cadre des différents programmes de développement des zones steppiques, vise à l'intensification et l'extension du projet barrage vert par la limitation des labours mécanisés en les localisant dans le cadre de la mise en valeur au niveau des zones potentielles agricoles (Dayas). Ce plan vise aussi à la reconstitution des forêts dégradées de l'Atlas Saharien par les reboisements de masse, la mise en défens des paramètres dégradés en vue de reconstituer le tapis pastoral et la mise en place d'une infrastructure de désenclavement des zones marginalisées **(Benderradji et al., 2006)** , elles sont nécessaires pour fournir des outils permettant de partager plus efficacement les idées et les informations entre les populations locale **(Toulmin ,1995).**

I.2. Le bassin versant et son complexe

I.2.1. Définition du bassin versant

Un bassin versant est une unité territoriale correspondant à l'ensemble du territoire qui alimente un cours d'eau en eau, Les limites du territoire d'un bassin versant sont appelées les lignes de partage des eaux et sont constituées des sommets qui séparent les directions d'écoulement des eaux de ruissellement. La direction d'écoulement des eaux dans un bassin versant implique que ces eaux se dirigeront vers un exutoire commun (cours d'eau, lac, fleuve, océan). Les eaux souterraines, au même titre que les eaux de surface, font partie intégrante du bassin versant.

Dans un bassin versant, l'écoulement des eaux se fait de l'amont vers l'aval au travers d'un réseau hydrographique (réseau de drainage) d'ordre plus ou moins important. Il comprend un cours d'eau récepteur (cours d'eau principal) et ses tributaires (cours d'eau qui se jette dans un cours d'eau de plus grande importance ou dans un lac). Chaque bassin versant est composé de plusieurs sous-bassins versants qui, à leur tour, sont également composés de sous-bassins versants.

On retrouve à l'intérieur d'un bassin versant des caractéristiques qui lui sont propres, soit : Hydrographie et hydrologie, géomorphologie et reliefs, pédologie et géologie, utilisation et couverture des sols, écologie, etc.

I.2.2.Hydrologie de bassin versant

- L'eau

L'eau occupe une place tout à fait particulière au sein de notre planète. Elle est le vecteur principal de la très forte et très rapide dynamique des enveloppes externes qui la recouvrent : l'océan et l'atmosphère. C'est aussi le support du monde vivant.

Son importance s'explique par quelques une de ses propriétés physico-chimiques. L'eau est constituée de deux petits atomes d'hydrogène couplés à un atome plus grand d'oxygène. Les deux atomes d'hydrogène ne sont pas situés en vis-à-vis l'un de l'autre mais d'un côté de l'atome d'oxygène **(Figure I.04).** Chacun d'entre eux portant une charge positive, il résulte de cette disposition particulière que, si la molécule est globalement électriquement neutre, elle constitue un dipôle électrique positif d'un côté et négatif de l'autre. Cette polarisation de la molécule d'eau est à l'origine de plusieurs de ses propriétés, en particulier de l'organisation que les molécules vont adopter à l'état liquide.

Selon leur état, les molécules d'eau vont s'organiser de manière différente. Sous la forme liquide, elles sont liées entre elles en adoptant un plan moins lâche que sous la forme solide. La conséquence est la plus faible densité de l'eau solide par rapport à l'eau liquide : la glace flotte sur l'eau. Notre système de banquise actuel résulte de cette propriété. Cette propriété assure également la permanence du milieu liquide même dans le cas de basses températures qui amènent la surface d'un lac ou d'une mer à geler.

La polarisation et les liaisons entre les molécules vont également donner à l'eau ses propriétés de réactivité vis-à-vis des autres éléments et sa capacité à les dissoudre et donc à les transporter. L'eau est donc un solvant particulièrement efficace et le vecteur privilégié de tous les échanges du monde vivant, soit sous forme liquide, soit sous forme gazeuse ***(www. Ressource. uved.fr/graine – module2/eau-propriété /site/html)***

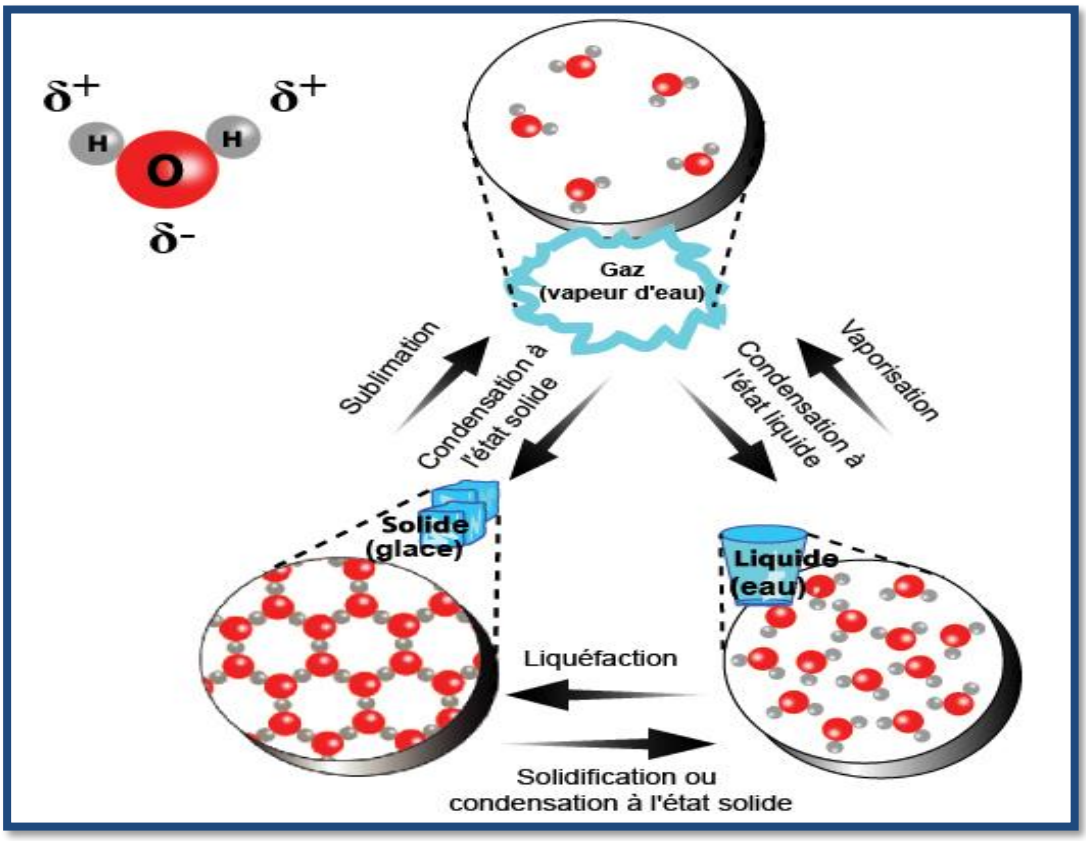


Figure I.04 : États de l'eau

I.2.3.Cycle d'hydrologique

Définition

Cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement, ni fin.

Réseau hydrographique est l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant.

Un chenal peut être défini comme l'inscription permanente dans l'espace d'un écoulement concentré plus ou moins permanent. A l'amont de tout chenal, les processus hydrologiques sont aréolaires, spatiaux, c'est-à-dire qu'ils intéressent une surface et non une ligne ; dans le chenal ils deviennent linéaires.

Dans un bassin versant les chenaux sont organisés, hiérarchisés en un réseau qui concentre les eaux des rues dans les ruisseaux, celles des ruisseaux dans les rivières, celles des rivières dans les fleuves.

Un réseau hydrographique est donc l'ensemble des cours d'eau, affluents et sous-affluents d'une rivière ou d'un même fleuve. A l'état naturel tous les réseaux sont hiérarchisés, de nombreux auteurs ont proposé des classifications de ces réseaux.

I.2.4.Composant de cycle hydrologique

- Évaporation et transpiration des végétaux

Sous l'effet de l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère sans le sel et les autres impuretés. L'évaporation est plus importante au niveau des océans qu'à l'intérieur des terres : lacs, rivières et fleuves.

Donc, les rayons du soleil réchauffent l'eau des rivières, des fleuves, des lacs, des mers et des océans et la fait passé de l'état liquide à l'état de vapeur d'eau (gazeux) : c'est l'évaporation.

Les plantes et les autres espèces végétales puisent l'eau dans le sol et la rejettent sous la forme de vapeur d'eau. Environ 10% des précipitations tombant sur la Terre proviennent de la transpiration des végétaux, le reste est en conséquence dû à l'évaporation. La transpiration des plantes et l'évaporation du sol humide libèrent de l'humidité qui s'élève dans l'atmosphère sous la forme de nuages.

- L'action du vent

Le vent déplace les nuages au-dessus des terres. Cela va donner lieu aux 2 étapes suivantes.

- La condensation et les précipitations

Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en petites gouttelettes qui vont être à l'origine de la formation des nuages qui sous l'action des vents vont se diriger vers l'intérieur des terres. Cette étape se nomme : la condensation. Transportés par la circulation atmosphérique, les nuages se déplacent et l'effet de la gravité aidant, l'eau retombe sur le sol sous forme d'eau, de neige ou de grêle (état liquide ou solide). Nous sommes en présence de précipitations.

- Le ruissellement et l'infiltration

L'eau qui n'est pas absorbée par le sol, ruisselle le long des pentes jusqu'à se déverser dans les rivières, les fleuves et les lacs. Elle sera ensuite transportée jusqu'aux mers et océans. Les ruisseaux, les rivières, les fleuves ou les lacs qui reçoivent les eaux de ruissellement sont appelés cours d'eau de drainage. L'eau de pluie s'écoule lorsqu'elle rencontre un sol imperméable et dévale de l'amont vers l'aval. Le ruissellement part de la source en passant par le ru, le ruisselet, le ruisseau, la rivière, le fleuve pour se jeter dans les mers et les océans. Nous avons donc : un ruissellement.

L'eau de pluie pénètre dans les sols perméables. En s'infiltrant dans un sol perméable, l'eau peut parfois remplir une poche souterraine (grotte) et former un véritable réservoir d'eau. L'eau contenue

dans ce réservoir (nappe d'eau ou nappe phréatique) trouve parfois un chemin naturel vers l'extérieur. L'endroit où jaillit l'eau hors du sol s'appelle la source. Certaines nappes d'eau souterraines, une fois découvertes, peuvent aussi être exploitées par l'homme comme réserves d'eau potable. Un peu moins de la moitié des précipitations vont recharger les nappes phréatiques, le reste part en évaporation. Ceci représente l'infiltration des eaux(***www.mplux.be***)

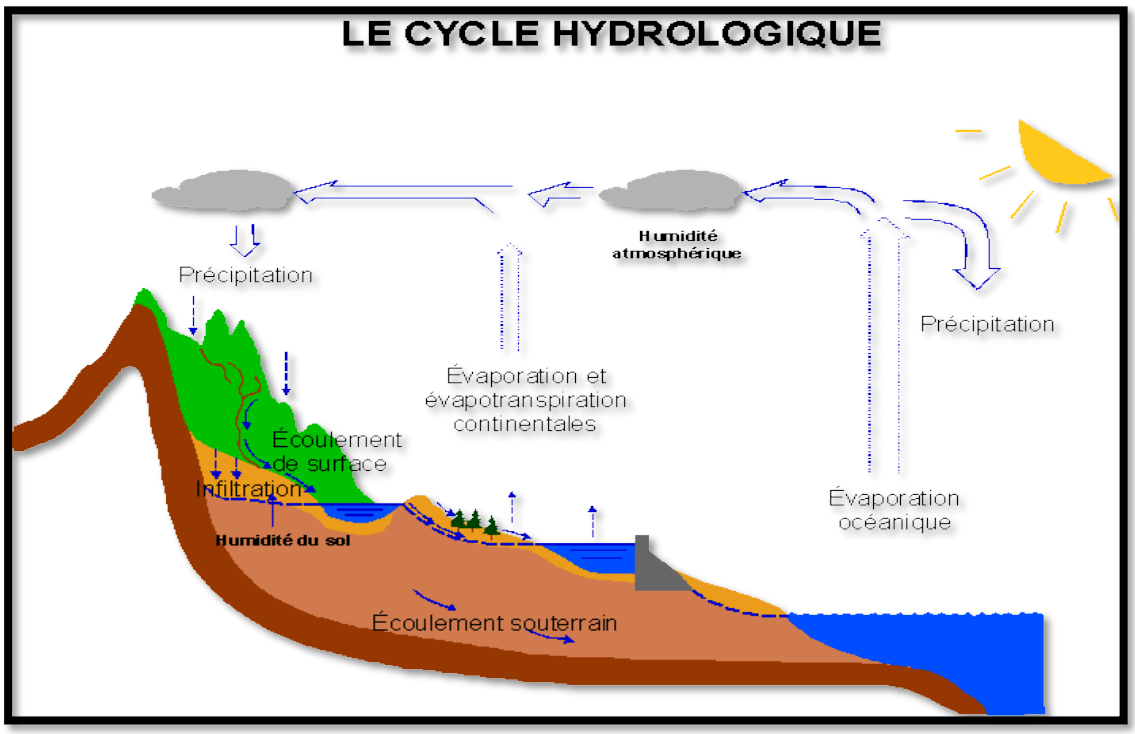


Figure I.05: Cycle hydrologique.

I.2.5.L'infiltration et l'écoulement

Les écoulements représentent une partie essentielle du cycle hydrologique. On a déjà vu que l'eau précipitée sur un bassin versant va se répartir en eau interceptée, évaporée, infiltrée et écoulée. La quantité d'eau collectée puis transportée par la rivière résultera des précipitations directes à la surface même du cours d'eau et des écoulements de surface et souterrain parvenant à son exutoire. La proportion entre ces deux types d'écoulements est définie par la quantité d'eau infiltrée dans le sol.

I.2.5.1. Infiltration

L'infiltration est le phénomène de passage de l'eau de la surface du sol à l'intérieur de celui-ci. L'infiltration revêt une grande importance car c'est elle qui contrôle plusieurs processus en hydrologie comme le ruissellement, l'humidification des sols et la percolation profonde. Les principales références sont :

- **Infiltration et définitions**

Il est important de définir les principaux termes utilisés :

Taux d'infiltration **(f)** : quantité d'eau qui s'infiltre dans le sol par unité de temps (mm/h).

Masse infiltrée --Infiltration **(F**) : quantité totale d'eau infiltrée dans le sol pour une période de temps donnée **(mm). T F = 0 f dt**

Capacité d'infiltration **(fmax)** : taux maximum d'infiltration que permet un sol donné (mm/h).

Le taux d'infiltration est en réalité le flux d'eau entrant à la surface du sol.

- **Facteurs influençant l'infiltration**

L'infiltration est conditionnée par les principaux facteurs ci-dessous :

- **Le type de sol** (structure, texture, porosité) - Les caractéristiques de la matrice du

sol influencent les forces de capillarité et d'adsorption dont résultent les forces de succion, qui elles-mêmes, régissent en partie l'infiltration.

La compaction de la surface du sol due à l'impact des gouttes de pluie (battance) ou à d'autres effets (thermiques et anthropiques) - L'utilisation de lourdes machines agricoles dans les

Champs peut par exemple avoir pour conséquence la dégradation de la structure de la couche de surface du sol et la formation d'une croûte dense et imperméable à une certaine profondeur (sensible au labour). Gmontre à titre d'exemple les différentes évolutions du régime d'infiltration au cours du temps selon le type de sol.

- **La couverture du sol** - La végétation influence positivement l'infiltration en

ralentissant l'écoulement de l'eau à la surface, lui donnant ainsi plus de temps pour pénétrer dans le sol. D'autre part, le système radiculaire améliore la perméabilité du sol. Enfin, le feuillage protège le sol de l'impact de la pluie et diminue par voie de conséquence le phénomène de battance

- **La topographie et la morphologie** - La pente par exemple agit à l'opposé de la

végétation. En effet, une forte pente favorise les écoulements au dépend de l'infiltration

Le débit d'alimentation (intensité de la précipitation, débit d'irrigation)

La teneur en eau initiale du sol (conditions antécédentes d'humidité) - L'humidité du sol est un facteur essentiel du régime d'infiltration, car les forces de succion sont aussi fonction du taux d'humidité du sol. Le régime d'infiltration au cours du temps évolue différemment selon que le sol est initialement sec ou humide. L'humidité d'un sol est généralement appréhendée en étudiant les précipitations tombées au cours d'une certaine période précédant un événement pluvieux. Les Indices de Précipitations Antécédentes**(IPA**) sont souvent utilisés pour caractériser les conditions d'humidité antécédentes à une pluie

I.2.5.2. Les écoulements

Une partie de l'eau précipitée retourne vers l'atmosphère, par évapotranspiration

Le terme d'évaporation désigne les pertes en eau des nappes d'eau libres sous forme de vapeur (lacs, retenues, mares) ; alors que l'évapotranspiration regroupe les pertes du sol : absorption de l'eau par le couvert végétal ou animal, et restitution à l'atmosphère par transpiration.

L'évapotranspiration est liée à un certain nombre de paramètres climatiques tels que température, vent, humidité, rayonnement etc.

L'eau non restituée à l'atmosphère migre sous forme :

- ✓ **D'écoulements de surface rapides** (rivières, ravines...), transitant parfois par des zones de stockage naturel (étangs, mares...) ou artificiel (retenues...) ;
- ✓ **D'écoulements souterrains** intervenant après infiltration ; ces eaux sont souvent stockées en profondeur dans des réservoirs constitués de roches poreuses et perméables formant les aquifères**.**

I.3. Le système d'information géographique (SIG)

I.3.1. Généralité

Une bonne gestion de l'environnement passe par une exploitation poussée des systèmes d'information modernes. Aujourd'hui il n'est plus nécessaire de présenter l'utilisation de l'informatique standard dans la gestion de base de données alphanumériques et dans la présentation graphique. Elle est devenue omniprésente et à la portée des utilisateurs concernés par l'environnement partout dans le monde, y compris dans les pays en développement. Il semble plus important d'examiner les développements nouveaux concernant les systèmes d'information et l'aide à la décision qui concernent les paramètres fondamentaux de l'environnement, comme les dimensions spatiales et plus généralement, géographiques **(BROSSO et HAURIE, 1996).**

Les systèmes d'information géographique **(S.I.G**), sont en pleine expansion et ne cessent de demander, de plus en plus, des données fiables provenant de sources diverses, leur mise en correspondance, leur comparaison et leur intégration. L'acquisition d'information géographique à partir d'images aériennes ou d'images satellitaires d'observation de la terre représente un potentiel important.

I.3.2.Pourquoi la géographie ?

La géographie, en raison de son ancienneté et donc de son long rapport à la présence des hommes dans le territoire, est porteuse d'une part de la logique du monde (car une part de la logique du monde est inscrite dans la logique de nos discours géographiques sur le monde), elle est aussi porteuse d'un renouvellement de l'ontologie et donc d'une meilleure définition de la place de l'homme dans le monde (car une part de la sagesse des hommes compose ce qu'il est légitime de désigner comme contrat géographique) **(DENEGRE).**

I.3.3. Géomatique :

La géomatique est une science de l'acquisition, du traitement et de la diffusion des

données à référence spatiale. Elle vise à produire une chaîne numérique continue de la production de données sur le territoire à l'aide de la topométrie, la photogrammétrie, la géodésie, le positionnement par satellite, la télédétection, les systèmes d'information géographique et la cartographie. **(GARFF, 1975).**

La géomatique désigne l'ensemble des utilisations techniques de l'informatique en géographie: les outils et méthodes d'observation et de représentation des données géographique, ainsi que la transformation de ces mesures en informations utiles à la société **(NOVA, 2009).**

La géomatique a pour objet la gestion de données à référence spatiale et fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage et leur traitement. Le nom «géomatique », proposé en 1968 par le géomètre français Bernard Dubuisson **(GUEGAN et CHOISY, 2009)**, provient de la contraction de «géographie» et «informatique», mais les disciplines recouvertes par ce terme incluent aussi la cartographie, la géodésie, la topographie, le positionnement par satellite et le traitement d'images numériques. Les systèmes d'information géographique **(S.I.G)**, qui sont des systèmes informatiques permettant l'intégration, la gestion et l'analyse de données géographiques, constituent l'outil de base du géomatique, spécialiste de la géomatique.

I.3.4. L'information géographique (OUBI, 2018)

I.3.4.1. Définition de l'information géographique

L'information géographique est définie comme une information relative à un objet ou à un phénomène du monde terrestre, décrit plus ou moins complètement par **(DENEGRE):**

- ❖ sa nature, son aspect, ses caractéristiques diverses;
- ❖ son positionnement sur la surface terrestre.

Les aspects qualitatifs déterminent l'essentiel des possibilités d'un système d'information, la quantité des informations se définit au travers de trois critères. Elle peut se formaliser aisément dans le référentiel à trois dimensions ci-dessous. Une fois définis ces critères, il reste à mettre en place une chaîne de collecte, de traitement et de représentation **(BROCARD et *al*, 1996).**

I.3.4.2. Composants de l'information géographique

L'information géographique est caractérisée par deux composantes **(Degréne et Salgé, 1997)**, dans l'objectif de représenter un objet ou un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné **(Quodverte, 1994).**

- **Une composante graphique :** description de la forme de l'objet géographique et sa localisation dans un référentiel cartographique.

- **Une composante attributaire :** Caractéristique décrivant l'objet (description géométriques, Caractéristiques thématiques).

I.3.4.3. Représentation de l'information géographique

Toutes les géométries spatiales peuvent être décrites par 4 types de propriétés :

- Leur position à la surface de la terre.
- Les relations spatiales (topologie).
- Leurs attributs.
- Leurs métadonnées

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont figurés et reconnus tous les objets graphiques **(Figure I.06)** :

- La localisation : sont les coordonnées de l'objet par rapport à un référentiel (méridien de référence).
- La forme : peut-être un point, une ligne, ou un polygone.
- La taille : longueur, périmètre, surface.

I.3.4.4. Classification des informations géographiques

Toute tentative de classification des informations nous conduit à une représentation dans un système quadripolaire comprenant :

- Les informations dites «topographiques», comme les cartes de base, les plans cadastraux, …etc. ;
- Les informations dites «thématiques», comme les plans de secteur, les plans d'aménagement, les cartes pédologiques, géologiques, etc. ;
- Les informations dites «modèle numériques», comme les modèles numériques de terrain **(MNT**) ;
- Les informations dites « images », comme les ortho-photos numériques, les données satellitaires fournies par « Landsat »ou « Spot » par exemple.
- Dans un environnement informatique graphique, l'unité formelle de ces quatre pôles prend un format bipolaire dite la « Dualité Raster -Vecteur ».
- Le domaine vectoriel recouvre les informations «topographique», «thématique» et «modèles numériques» ;
- -Le domaine Raster (image numérique) recouvre les informations «topographiques», «thématiques» et «image». Il comprend à la fois des données à traiter qualitativement

(photos, pour certaines applications) et quantitativement (images classées, cartes thématiques).

I.3.4.5. Dualité Raster - Vecteur

L'information géographique est représentée à travers deux types de modèles ou structures de données : les modèles vectoriel et matriciel **(RIGAUX et *al*., 2001).** Le choix dépend de la nature des données géographiques et de leur utilisation **(COUCLELIS, 1992).**

Mode raster: Le mode Raster représente l'espace étudié par une grille régulière de cellules pour former une image constituée des lignes et des colonnes, le mode Raster que Collet **(COLLET, 1992),** propose de nommer en français mode image, consiste à poser sur la carte à saisir une grille à mailles petites et carrées puis à enregistrer sous forme matricielle la nature du sol dans chaque surface élémentaire ainsi définie **(LEGROS,1996).**

Le mode raster, aussi appelé matriciel, décompose l'image sous forme d'une matrice ou d'une grille et associe une valeur à chaque carré élémentaire – pixel.

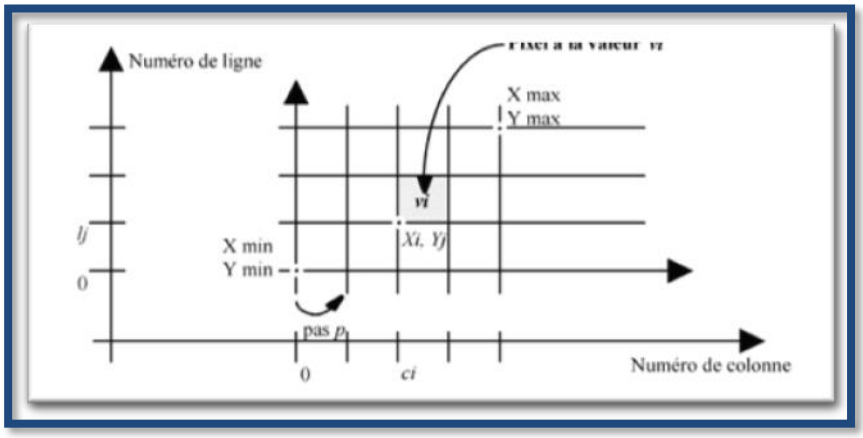


Fig.I.06 : Principe d'une image raster

b- Le mode vecteur: Alors que le mode raster utilise une grille pour décomposer la représentation en cellules élémentaires, le mode vecteur la décompose en ses éléments constituants. Pour les expliciter, il s'appuie sur trois primitives géométriques : le point, la polyligne et le polygone **(BORDIN, 2006).**

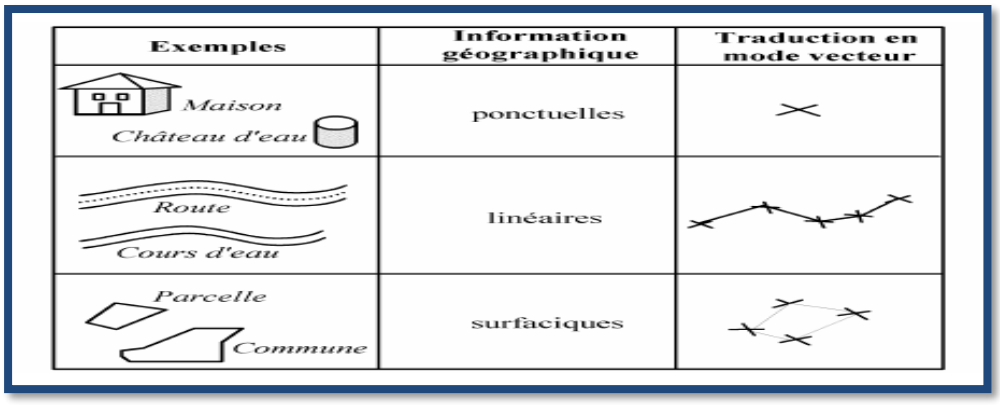


Fig.I.07 : Les primitives géométriques du mode vecteur

Comme le souligne certains auteurs **(Bonin, 2002), (Couclelis, 1992),** il existe des rapprochements possibles entre les modèles de structuration de l'information géographique d'une part et leurs modes de représentation en données d'autre:

* Le mode vecteur qui associe à chaque information géographique une composante géométrique géo référencée et une composante sémantique est proche du modèle objet;
* Le mode raster qui attribue la valeur d'une variable descriptive en chaque point (défini par un pixel) de l'espace, est proche du modèle par champ. Ainsi, certains considèrent que le mode raster est un modèle par champ discret.

Les deux modes de représentation des données géographiques sont complémentaires. Ils ont des qualités et des utilisations différentes. Ils exigent des moyens d'acquisition des données bien distincts. On peut citer les moyens suivants **(Yossef, 2019):**

* En vectoriel: -Table de numérisation ;
  - Restituteurs analytiques ;
  - Logiciels de vectorisation d'une image Raster.
* En matriciel: - Caméras métriques fournissant les photos à numériser ;
  - Scanner (multi spectral digital, etc.) ;
  - Caméra vidéo à sortie numérique ;
  - Logiciels de Rastring à partir d'une base vectorielle.
* La dualité Raster –vecteur modifie considérablement le paysage de l'information géographique en créant un système fermé. Cette possibilité est un élément essentiel à une cartogénèse car il permet de reproduire, par des algorithmes précis, différents documents intermédiaires évitant ainsi la création de redondances.
* La dualité Raster – vecteur permet une articulation entre deux logiques : une logique locale pour les vecteurs et une logique globale pour les images numériques.
* Elle conduit à une extension du concept S.I.G vers une intégration des données adaptée à:
  - La transformation de données d'origines différentes, de natures différentes.
  - La mise à jour de données sous différentes formes.

- L’extraction d’information.
- La gestion cohérence d’un ensemble de multicouches de données en évitant les redondances.
- La superposition (ou croisement) de données de couches différentes.
- La base de données qui est le moteur central de ce système, est un outil d’aide à l’organisation et à l’interrogation. Le croissement peut être réalisé sous forme vectorielle ou Raster.

I.3.4.6. Caractéristiques de l’information géographique

Il y a plusieurs types d’objets géographiques. pour l’individu statistique en géographie peut être **(Bailly et *al*., 1991 et Hervé Gumuchian et *al*. 2000)**:

- ❖ Une unité spatiale provenant du découpage d’un espace continu: ce découpage spatial peut être administratif, politique ou correspondre à une réalité physique (bassin versant, vallée, plaine, etc).
- ❖ Une entité ou un objet dans l’espace: cela peut être un ménage, une entreprise ou une exploitation agricole ou, à une autre échelle géographique, l’îlot, le quartier, la ville, etc.
- ❖ Un flux ou un échange entre deux lieux géographiques: ce flux peut être un flux migratoire, de marchandises, d’informations, etc.

Géométriquement, cette information peut être:

1. **Ponctuelle:** un sujet ou un objet localisé dans l’espace.
2. **Linéaire:** un flux, un réseau entre deux ou plusieurs points.

I.3.5. Notion du système d’information

Le système d’information est un ensemble de moyens matériels et humains organisés permettant la collecte, le traitement et la diffusion des informations. Ce système n’est que l’un des éléments permettant à l’entreprise de mener à bien sa mission. Il est nécessaire, afin de coordonner les activités de tous les éléments, de stocker les informations nécessaires à chacun et de préparer ainsi la prise de décision **(ALDOSA et *al*., 2003).**

D’autres définitions sont plus précises pour ce système comme :

- Le système d’information est un ensemble de moyens matériels et humains organisés permettant la collecte, le traitement et la diffusion des informations. Ce système n’est que l’un des éléments permettant à l’entreprise de mener à bien sa mission. Il est nécessaire, afin de coordonner les activités de tous les éléments, de stocker les informations nécessaires à chacun et de préparer ainsi la prise de décision **(ALDOSA et al., 2003)** ;

- Le système d'information servira à recueillir et à préserver les données, à effectuer des traitements sur celles-ci, et à diffuser les résultats aux systèmes de pilotage et opérant **(BIGAND et al,2006).**

I.3.6. Système d'information géographique:

Le S.I.G est une méthode d'enregistrement, de gestion et d'extraction d'information relative à l'environnement terrestre et ayant une forme structurée. Cette information est définie, entre autres, par ses paramètres de localisation spatiale permettant de la manipuler et de la cartographier de plusieurs manières **(Bonn, 1994).**

Le terme de «système d'information à référence spatiale» (**SIRS**) a été proposé comme étant plus générique, il s'est notamment largement répandu au Canada. Mais, le terme «système d'information du territoire» **(SIT)** est généralement utilisé dans les domaines du cadastre et de l'aménagement du territoire **(KNOEPFEL et al, 2005).**

I.3.7. Historique:

Premièrement les SIG sont parus pendant les années 60 au Canada et aux Etats Unis. Les chercheurs de Canadian Géographique Information System (1964) sont les premiers qui ont utilisés les SIG pour rassembler des informations relatives à l'usage du sol, et des données concernant l'environnement, sur une grande partie du canada. Deux autres institutions aux Etats Unis à savoir le « New York Land Use Information System (1967) » et le « Minnesota Information System (1969) » ont aussi utilisés les SIG durant cette décade. Depuis lors, les coûts et les difficultés techniques ont largement réduit.

Dans les SIG, il y a 2 modes de projection des données géographiques :

Tableau.I.04. Principal étape historique de l'évolution des SIG (Régis Caloz et al , 2011)

Période	Evolution de SIG	Développements informatique
1960	SIG a commencé à développer dans le milieu des années 1960 et est ne en1963, propose par le topographe canadien R.F.Tomlinson	Le niveau du développement d'informatique était limitée, capacité de stockage est faible, l'information pertinente n'est pas exhaustive. Mais ce stade, les nombreux organismes de recherche du SIG ont émergé, promeuvent le développement du SIG
1970-1980	Formation de la théorie des bases de données relationnelles par E.G Codd [1970] développement de système de base de données relationnelles pour gestion des salariés, du personnel, de stocke de marchandises ...etc. Méthode MRESES [Collongues 1991] pour la conception et la mise en œuvre de base de données en entreprise et administration publique.	Ordinateur centraux Machine à dessiner basée sur traceurs à plume Important matricielle dont les tons de gris sont produits en augmentant la densité de caractères.
1980-1990	Mise sur le marché de Premiers logiciels dite de SIG par les géographes basé sur le mode image et de STT (systèmes d'information de territoires) pour la création et la gestion de cadastre foncier par les ingénieurs-géomètres notamment : On mode objet (vecteur): Arc Info, système 9...etc En mode image (rester): IDRISI, GRASS , P_MAP. Pour suite Développement Des Systèmes De Base De Données Relationnelles (SGBDR) publication du livre *Geographical Information System* [Burrough, 1987] . Mars 1987 premier parution de la revue: *Geographical Information System*	Cartographie numérique Editeur graphique et imprimante atteignent une excellente qualité Formulation d'une structure permettant la gestion de la topologie de manière informatique [Peucker et Al 1975]. Début 1980, mise sur le marché des "mini ordinateurs". Permettant une décentralisation des moyens informatique dans institutions et des " micro-ordinateurs " où les ordinateurs personnels (PC).
	Naissance du concept actuel de SIG intégrant la trilogie : mode image , mode vecteur et base de données relationnelle	
Début 1990	Mise en commun des informations en réseau « intranet »	Développement de la puissance des processeurs selon la loi de Moore 1965 (le nombre de transistors intégrés dans un processeur double tous

	Première mise en œuvre d'internet	les deux ans)
1990-2000-2010	Le concept de système d'information géographique devient science de d'information géographique Goodchild, 1992 Mise sur le marché le logiciel SIG à faible cout (p.e.manifold).	Popularisation d'internet. Développement et diffusion des ordinateurs portable.

I.3.8. Les composantes d'un SIG

Selon ESRI France **(ESRI, 2018**) un SIG est composé de :

- **Matériel informatique (hardware):** les SIG marchent sur une très grande panoplie d'ordinateurs (pc de bureaux raccordés en réseau ou exploités de manière autonome).

- **Logiciels (software):** les logiciels de SIG offrent les outils nécessaires pour sauvegarder, examiner et visualiser l'information géographique.

- **Données (Information Géographique):** les données constituent la composante maîtresse des SIG. L'information géographique peut, soit être constituée en interne, soit acquise auprès de producteurs de données.

- **Personnel formé :** Un SIG étant avant tout un outil, donc c'est à l'utilisateur « expert en SIG » de l'exploiter. Il faut signaler que les SIG sont élaborés d'une manière qui leurs permettent d'être manipulés par plusieurs types d'utilisateurs, depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux utilisateurs de logiciel pour le traitement de l'information géographique. Actuellement, grâce à l'accession des SIG sur Internet, le nombre d'utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante.

- **Méthodes :** La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

I.3.9. Les fonctionnalités du S.I.G

Le S.I.G offre cinq fonctionnalités, plus connues sous le terme des «**5A** » (Abstraction, Archivage, Analyse, Affichage et Acquisition) (**DENEGRE et SALGE, 1996**), Selon ESRI France (ESRI, 2019), un Système d'Information Géographique est fonctionnée par :

- Cartographie et Visualisation : Comprendre les localisations et les relations spatiales avec des cartes et des représentations visuelles.

- Gérer: Recueillir, organiser et maintenir une description précise et géographique des biens et ressources.
- Permettre la Mobilité: gérer et équiper des collaborateurs nomades pour recueillir et accéder à de l'information sur le terrain.
- Superviser: suivre, gérer et superviser des biens et ressources en temps réel
- Impliquer: communiquer et collaborer avec les citoyens et les communautés d'intérêt
- Partager et collaborer: donner les moyens à chacun de facilement découvrir, utiliser, créer et partager de l'information géographique
- Analyser: découvrir, mesurer et prévoir les tendances et évolutions pour améliorer et optimiser
- Concevoir et planifier: évaluer des solutions alternatives et imaginer les meilleurs projets
- Décider: obtenir une parfaite connaissance de la situation et prendre des décisions basées sur l'information

Figure I.08 : Cycle de fonction de SIG (mémoire AMEUR, SAIDI ;2020)

I.3.10. Le rôle des SIG :

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives graphiques (vecteur) ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route,

voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle (Hamenni ,N .2011)

1. Acquisition, archivage, analyse, affichage, abstraction
2. Organisation des données descriptives et des données géométriques (I.A.A.T.2003)

- AcquérirrevientàalimenterleSIGendonnées.Lesfonctionsd'acquisitionconsistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations;
- Archiver consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).Cette fonction dépend de l'architecture du Logiciel avec La présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données(SGBD);
- *Analyser permet de répondre aux questions que l'on se pose;
- *Afficher pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs;
- *Abstrairerevientàconcevoirunmodèlequiorganiselesdonnéesparcomposantsgéométriquesetparattributsdescriptifsainsiqu'à établir des relations entre les objets.

I.3.11. Les domaines d'application:

Les domaines d'application des SIG concernent l'ensemble des activités où interviennent des données localisées : la protection de l'environnement, la gestion des ressources, l'aménagement du territoire, les études d'impact, le suivi de phénomènes dynamiques **(Maguire et al, 1991)**, en plus des domaines suivants:

- 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 (cartographie, aléas, amiante environnemental, prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

I.3.12. Modèles numériques d'altitude

Un Modèle numérique de terrain (**MNT)** peut être défini comme une représentation numérique du relief donc des valeurs d'altitude d'une région donnée. Le **MNT** peut être avoir plusieurs formes : points côtés, courbes de niveau, réseau de triangles irréguliers **(TIN**) ou raster (pixel).

Un Modèle Numérique d'Altitude (**MNA)** est une représentation des altitudes sur un terrain tenant compte les hauteurs de objets placés sur celui-ci comme les bâtiments et les arbres **(KOUBA, 2018).**

Le SIG offrent à la cartographie moderne de nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D.

Aujourd'hui, le développement de techniques modernes d'acquisition et de mise à disposition d'informations digitales a rendu possible la représentation à la fois de la topographie du milieu par le biais de modèle numérique d'altitude **(MNA)** ainsi que la représentation de l'occupation des sols par le biais de photographies aériennes ou de données satellitaires. Ces informations servent de plus en plus à la description des caractéristiques physiques des bassins versants et à la cartographie numérique de leur couverture **(HAMENNI, 2011).**

Chapitre II

Présentation générale du milieu d'étude

Chapitre II : Présentation générale du milieu d'étude

II.1. Situation géographique :

II.1.1. Situation géographique de la région d'étude

Le sous-bassin versant d'Oued Bou Saada appartient au grand bassin versant de la Hodna ,située sur la partie Sud-Ouest de la Wilaya de M'sila. Il est comprise entre :

- Les parallèles de latitude: 34° 40' 0" et 35°20' 0" N;
- Et les méridiens de longitude: 3° 20' 0" et 4° 30' 0" E.

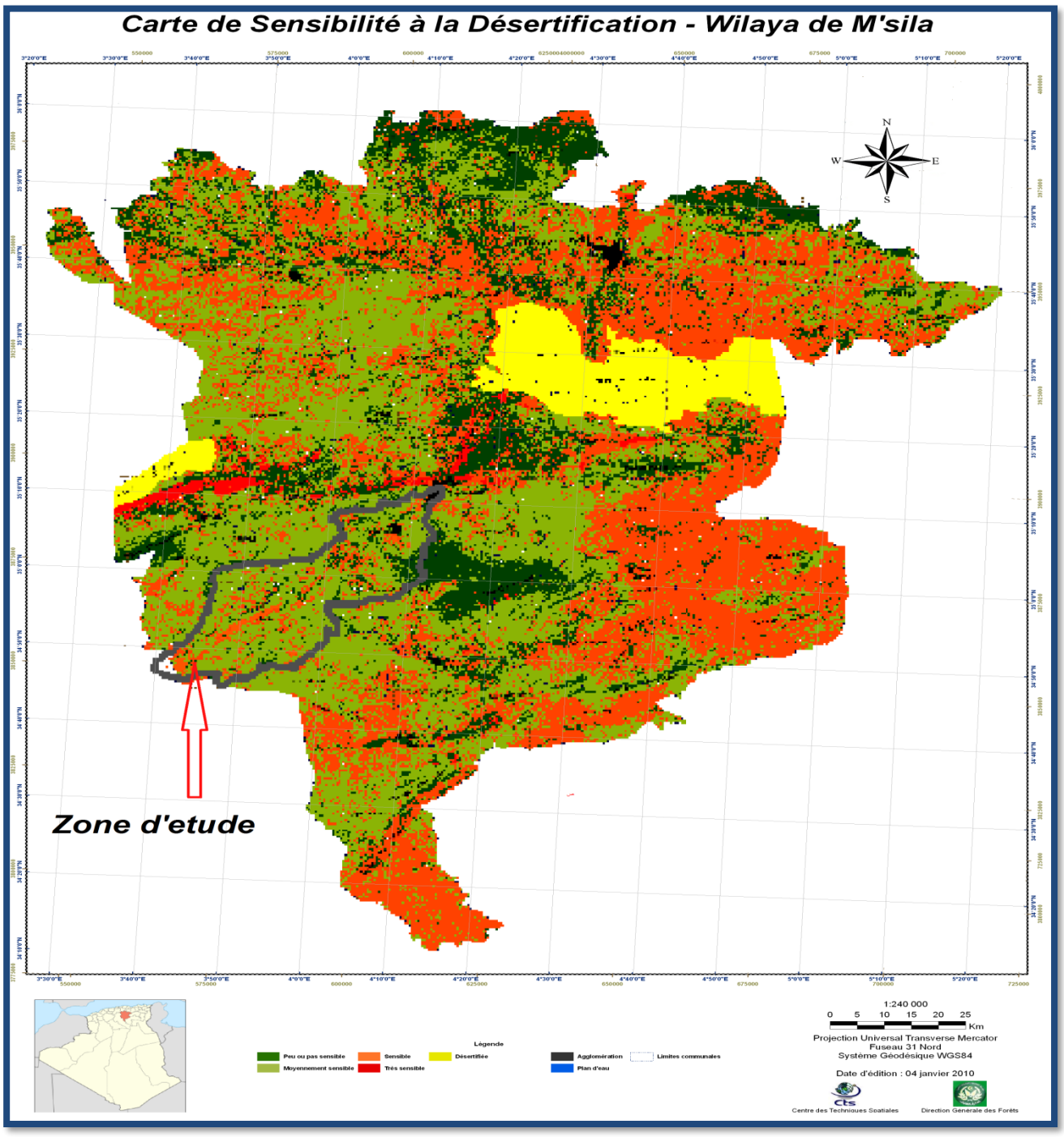


Figure II.01 : Localisation de sous- bassin versant d'oued Boussaâda.

II.2.Topographie et relief

II.2.1.Au niveau de la région d'étude :

II.2.1.1. Les pentes

On peut distinguer 4 types de pentes:

- La pente orographique;
- La pente topographique;
- La pente hydrographique;
- La pente stratigraphique.

Les indices de pentes permettent, comme pour certaines caractéristiques géométriques, de comparer les bassins versants entre eux. Pente orographique. La pente orographique caractérise le relief. Elle favorise l'élévation des masses d'air en mouvement au-dessus des reliefs et provoque la condensation de l'humidité qu'elles contiennent.

La pente topographique. C'est la pente qui influence l'écoulement superficiel des eaux: ruissellement de surface et écoulement hypodermique. Elle accélère le ruissellement sur les versants et détermine en partie le temps de réponse du cours d'eau aux impulsions pluviométriques.

La pente topographique se lit et se mesure sur la carte topographique à grande échelle (>1/100000) ou à l'aide de M.N.T.

La pente hydrographique. La pente hydrographique, ou profil en long du cours d'eau, peut-être déterminée sur la carte ou mesurée sur le terrain par un nivellement de précision. Cette pente exprimée généralement en m/km conditionne:

la vitesse de l'eau dans le chenal; la vitesse de l'onde de crue; le tirant d'eau de la rivière: pour un même débit et une même largeur une rivière plus pentue a une vitesse d'écoulement plus grande et donc, généralement, une profondeur plus faible.

La pente hydrographique varie plus ou moins irrégulièrement pour un même cours d'eau selon les structures géologiques traversées et diminue en général d'amont en aval (forme concave des profils en long) (figure .II .02).

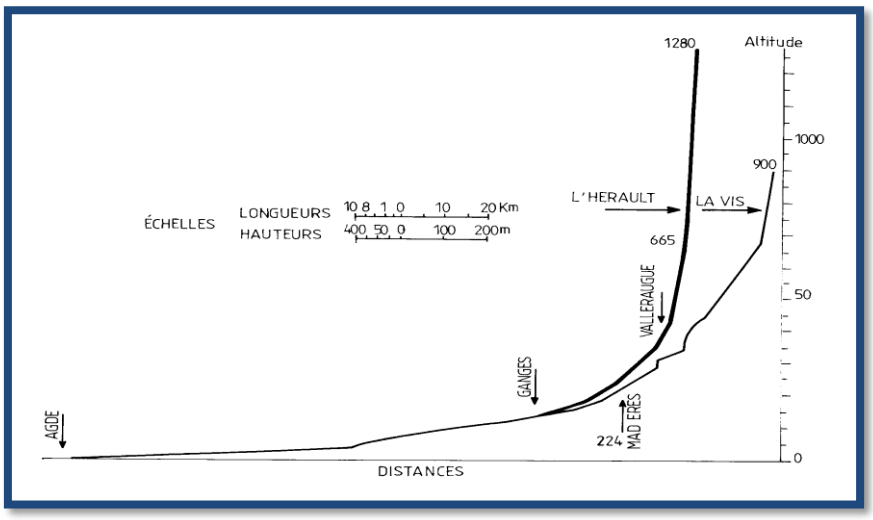


Figure II.02 : Profile en Long de I'hérault et de Vis.

La pente d'un cours d'eau varie beaucoup d'un type de cours d'eau à un autre: supérieurs à m/km pour les torrents fortement pentus à m/km pour les grands fleuves. Elle conditionne la forme des hydro grammes de crue, comme le montre la (figure II.03).

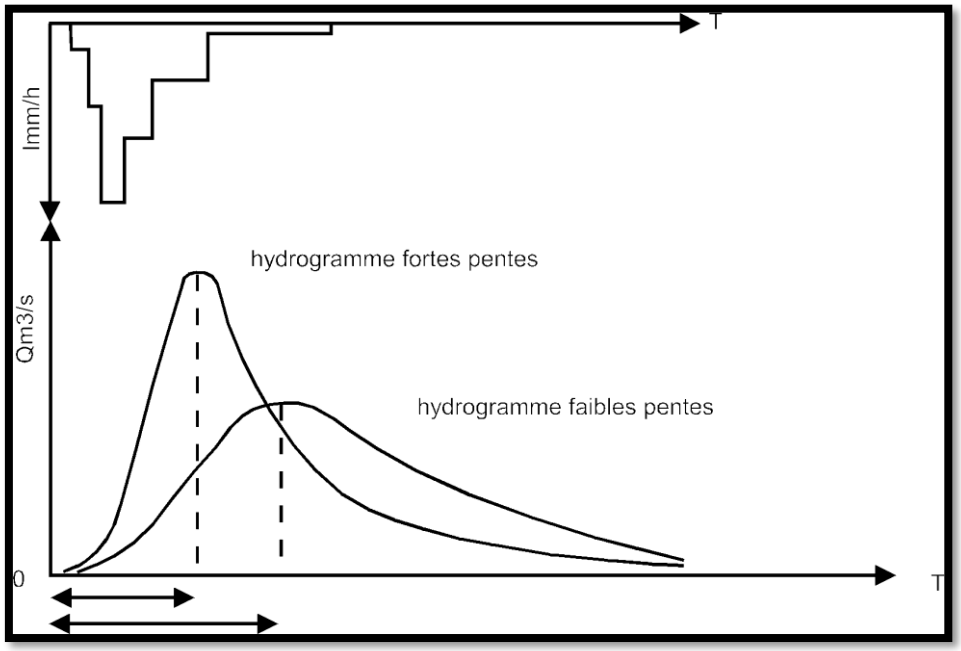


Figure II.03 : Rôle de la pente sur la forme de l'hydro gramme

II.2.1.1.1.Les indices de pente :

L'indice de pente Roche. L'indice de pente de Roche caractérise la pente globale du bassin versant. Il s'exprime par: $\mathbf{Ip = L^{-1/2} \sum_{n}^{1} \sqrt{ai}.di}$

L: Longueur du rectangle équivalent, Où représente la fraction en % de la surface A comprise entre deux courbes de niveau voisines distantes de L'indice global de pente. Sur la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de A. On en déduit les altitudes H_5 et H_{95}entre lesquelles s'inscrit 90% de l'aire du bassin et la dénivelée

$$D = H_5 - H_{95}$$

L'indice global est égal à: $I_G = D/L$

Le bassin versant de l'oued Boussaâda est caractérisée par la présence de cinq (5) classes de pentes : inférieur à 3%, 3 à 6%,10 à 12%,12 à 35% et plus de 35% (Tableau II. 01). La surface des pentes a été déterminée par superposition d'une grille dessinée par logiciel ArcGIS 10.6 :

- Classe plus de 25% :

Cette classe de pente s'étend sur une superficie de 21.22 Km², soit 2.05 % de la superficie totale, et la majeure partie est située dans la cotés Nord et Nord-est du bassin, avec une légère répartition dans d'autre régions. Cette zone de très forte pente.

- Classe de 12 –25% :

Cette classe de pente s'étend sur une superficie de 72.06 Km², soit 6.97 % de la superficie totale.

- Classe de 6 – 12% :

Cette classe est entourée de zones ayant une pente Forte et Très forte et couvrante environ 13 % de la superficie totale du bassin versant, elle est une superficie de 134.52Km². Ces sites sont principalement situés Nord de bassin.

- Classe de 3 –6 % :

Cette classe est entourée de zones ayant une pente modérée allant de 3 à 6% et couvrant environ 32.14 % de la superficie totale du bassin versant, elle est une superficie de 332.49 Km².

- Classe de 0 – 3 % :

Elle représente la grande partie 45.84 % de la superficie totale du bassin versant, elle a une superficie de 474.27 Km². Cette superficie ayant une pente très faible**.**

Tableau II.01 : Caractéristiques des pentes dans le bassin versant d'oued Bou Saada

Classe (%)	***Superficie (km²)***	***Pourcentage (%)***	***Classe des pentes***
0-3	**474.27**	**45.84**	***Très faible***
3-6	**332.49**	**32.14**	***Modéré***
6-12	**134.52**	**13**	***Assez faible***
12-25	**72.06**	**6.97**	***Forte***
<25	**21.22**	**2.05**	***Très fort***
Totale	**1035.47**	**100**	

II.2.1.2. Relief

La structure physique de la région de Boussaâda est très hétérogène. Elle se caractérise par trois régions naturelles bien distinctes **(D.S.A., 2008)** :

- **Zone de steppe** couvre la plus grande partie du territoire et se caractérise par un couvert végétal clairsemé, traduisant le degré de dégradation des parcours,

- **Zone de la plaine** du Hodna où se concentre la grande partie de l'activité agricole de la wilaya **(céréales, maraîchage, arboriculture),**

- **Zone de montagnes,** réservée à une agriculture de montagne de type extensif avec quelques massifs forestiers **(D.S.A, 2008 : Direction des Services Agricoles de la wilaya de M'Sila Rapport sur la wilay a de M'Sila, 12 p)**.

II.2.2. Au niveau de la zone d'intervention

-Classes des sols :

Les sols de la région Bou Saada présentent des caractères variables. En général, ils sont pauvres et fragiles, des croûtes calcaires viennent parfois affleurer à la surface. On distingue les différents sols suivants :

-Les Sols minéraux bruts :Constitués principalement de lithosols et réglo sols qui se situent pour la plupart aux pieds des montagnes et sur certaines collines. On les observe sur les roches mères dures (calcaire, grès) ou des roches tendres (marnes). L'horizon A est très mince et surtout minéral et non structuré.

-Les Sols peu évolués : Ces sols se localisent sur des apports récents fluviatiles calcaires et de texture très variables. Ils présentent parfois une stratification granulométrique due à la sédimentation. Le calcaire dont la teneur varie (de 5 à 35%) avec l'origine du matériau alluvial, ne présente pas de formes d'individualisation si ce n'est des pseudos mycéliums en mélange parfois avec le gypse.

-Les vertisols : Les vertisols occupent une superficie peu importante et leur extension est limitée à certaines dayas et dépressions et sur marnes. La texture des sols est fine à très fine et confère aux sols des caractères vertiques (fentes de retrait et faces luisantes striées) qui sont toujours calcaires.

-Les Sols calcimagnésiques : La roche mère est du grès ou une roche calcaire dure que l'on observe à des profondeurs variables (10-60 cm). La teneur et la distribution du calcaire sont très variables, elle est inférieure à 1% dans l'horizon de surface, mais peut augmenter en contact de la roche mère dans le groupe des sols bruns calciques. On rencontre essentiellement des sols à encroûtement gypseux qui peut apparaître soit au-dessus, soit au-dessous de la croûte calcaire. Ils s'observent généralement sur les glacis anciens et polygéniques.

II.3.Géologie

II.3.1. A l'échelle régionale

L'étude géologique a permis d'identifier les formations perméables, les différents niveaux aquifères en particulier ceux des alluvions de le bassin, mais aussi ceux karstiques des versants qui les alimentent et les formations imperméable qui constituent soit le toit, soit le substratum de ces informations.

L'Atlas Saharien et l'Atlas Tellien, après leur choc frontal au niveau des Aurès, ont engendré la cuvette du Boussaâda au début du Miocène, laquelle, à la fin de cette période et pendant le Quaternaire a subit un remplissage par les cours d'eau, constituant une plaine alluviale **(Grine, R. 2009)**

La géologie du Boussaâda est assez complexe en raison de la position de cette cuvette au contact des atlas tellien et Saharien. Le substratum géologique, outre son importance dans le façonnement du relief, joue un rôle essentiel dans la distribution des sols comme matériaux originaux des sols. Le bâti géologique du Boussaâda comporte des formations d'âge secondaire, tertiaire et quaternaire **(Zeroual,S .2016)**

Cette cuvette est l'une des quatre unités géomorphologiques du bassin du Boussaâda, elle est issue en grande partie du plissement du début du tertiaire (Lutétien). Après ce plissement les dépôts continentaux de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène comblent partiellement la dépression dès le début du Miocène. La zone d'étude fait partie de la région de bassin Boussaâda. Du point de vue structural, la région est caractérisée par de grandes structures anticlinales de direction sub-latitudinale, « hachées » par de nombreux accidents (failles) qui affectent la structure (Figure II.04). En général les formations géologiques sont structurées en plusieurs unités géo-structurales montrant souvent des chevauchements et une interpénétration des formations. Plus au Sud, on trouve la grande dépression du Hodna, profondément affaissée et occupée par les formations du Miocène et Quaternaire **(Zerrouki A&Lazib N.2013).**

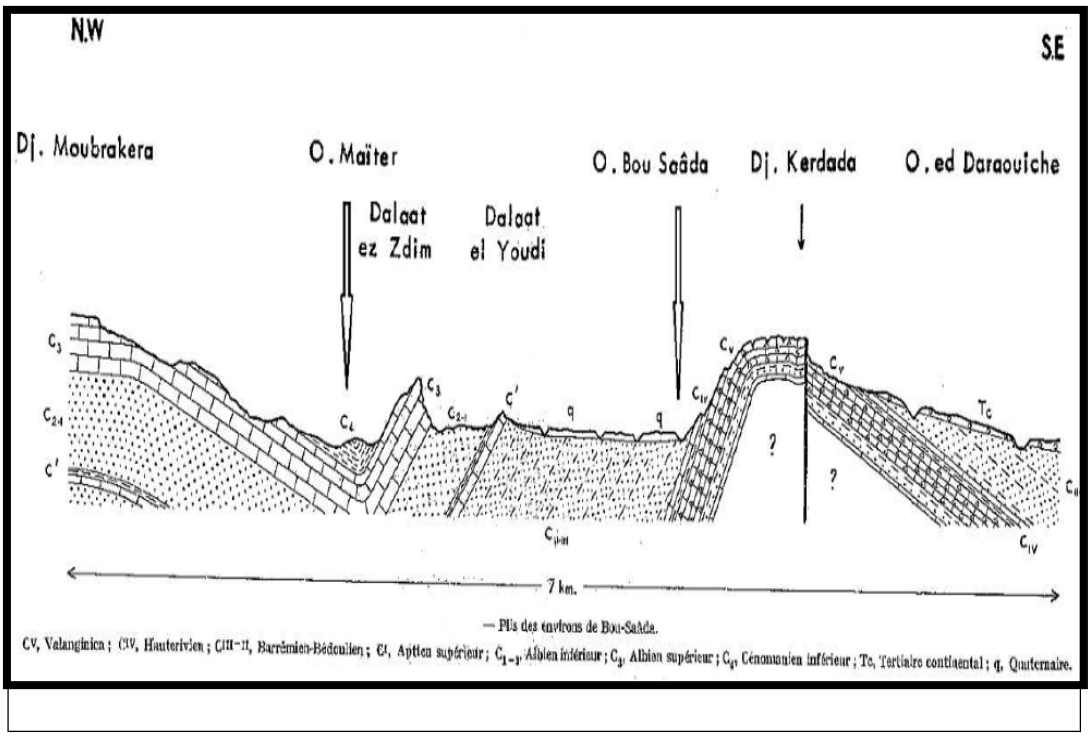


Figure II.04: Coupe géologique de la zone de Bou Saada (Benrabia,A.).

Les formations les plus vieilles (Crétacé, Oligocène et Éocène) se trouvent dans le bassin versant (Figure II.05). Ils sont composés d'une alternance de marnes calcaires et grés plus démarres rouges et conglomérats. Nous enregistrons ici et à travers la carte dans la (figure II.05), l'absence de Miocène, Pliocène et la présence de dépôts alluviaux du Quaternaire et des dunes récentes :

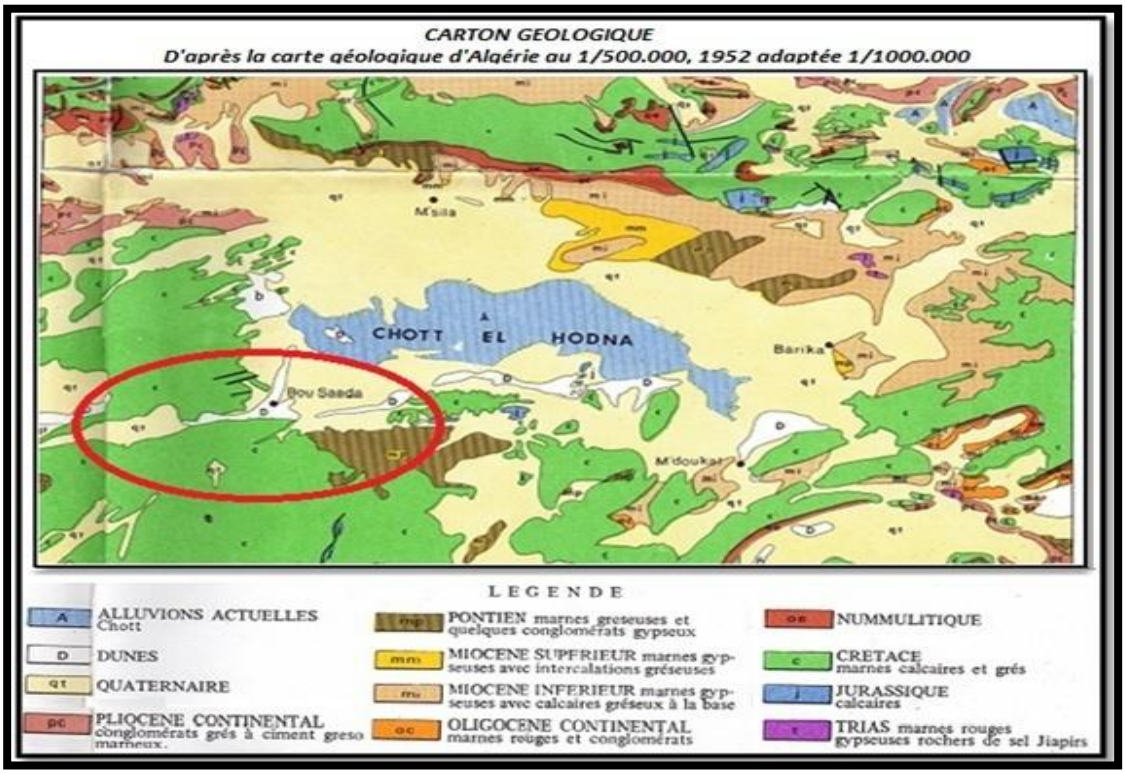


Figure II.05 : Géologie de la région du Hodna. D'après Houerou et Claudin 1972**.**

Géomorphologiquement, le périmètre agricole de Maâdher-Boussaâda est une plaine de faible pente située au sud de Chott El Hodna. Il est formé d'alluvions anciennes et récentes constituées de sédiments fins dont l'épaisseur dépasse parfois les 10 cm mais du point de vue texture ce sont des limons de couleur gris à Ocresouvent riches en éléments sableux **.**

La géologie de Bassin versant d'oued Bou Saada est caractérisée par des affleurements massifs du crétacé. Cette période est subdivisée en série des âges géologiques correspondants à des lithologies indépendantes dont les environnements de dépôt sont différents. L'Oued de Bou Saada est caractérisé par:

Des Alluvions Ancienne et récente : des limons souvent très riches en matière sableuse, ils

- atteignent parfois une épaisseur supérieur à 10 cm;
- Dune ; localisées dans la cuvette des oueds Tamsa et Maiter : des sables souvent chargés en matière argileuse, ils proviennent de l'érosion grés;
- Aptien supérieur : à une épaisseur de 200 m environ. Turonien : caractérisé par des calcaires et des marnes à intercalations calcaires;
- Cénomanien : ces formations située au Sud de Boussaâda, elles sont à prédominance carbonatée, dans lesquelles les horizons gypseux sont réduits ;
- Albien supérieur : constitué de formation calcairo- dolimitique;
-Albien inférieur : ce sont des formations constitués de grés généralement fins de ciment.

II.4.Réseau hydrographique

La forme des reliefs la tectonique complexe, la couverture végétal discontinue et l'hétérogénéité de la lithologie, toutes ces valeurs réunies influent sur le schéma du réseau hydrographique de la zone étudiée, ce dernier est organisé par deux oueds principaux , le plus important est l'Oued El-Maiter, c'est un oued à écoulement pérenne, il présente une pente abrupte au Sud- Ouest puis décroit vers le Nord-Est jusqu'à l'embouchure (Sebkha) et Oued Partie Boussaâda moins important, il coupe la ville en deux et constitue l'exutoire des eaux usées de la ville de Boussaâda.

Au Sud de la région d'étude existe des cours d'eaux indécis, Oued Roumana, Oued El Mehakoube, Oued Oultem et Oued Defla ces Oueds sont caractérisés par des écoulements temporaires surtout après les grandes averses. **(Amroune et al, 2000)**. **(Hemiche M &Hichar R &Houichi I, 2018).**

Figure I.06 : Contexte géomorphologique de la ville de BouSaâd (Imagerie 3D Google **Earth traitée par l'auteur, 2021)**

II.5. Climat et conditions météorologiques

II.5.1.Etude des données climatiques

Les principaux paramètres climatiques retenus sont la température de l'aire, la précipitation, humidité, l'évapotranspiration, l'insolation et le vent.

II.5.1.1. Précipitation :

Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres et dans l'apparition et la disparition végétal (**Ramade, 2003; Menaa F, Aissi R, 2020).**

A partir de l'analyse des hauteurs Annuelle de pluie d'une période de 20 ans (2000-2020), nous constatons que Boussaâda reçoit une tranche pluviométrique annuelle faible et irrégulière, elle est de l'ordre de 162.1 mm/an. Toutefois, on fait ressortir un maximum durant le mois d'Avril (25,1 mm) et Septembre (23,7 mm), une quantité plus ou moins considérable durant le mois d'Octobre (23,7 mm) et un minimum au mois de Juillet (6,1 mm).

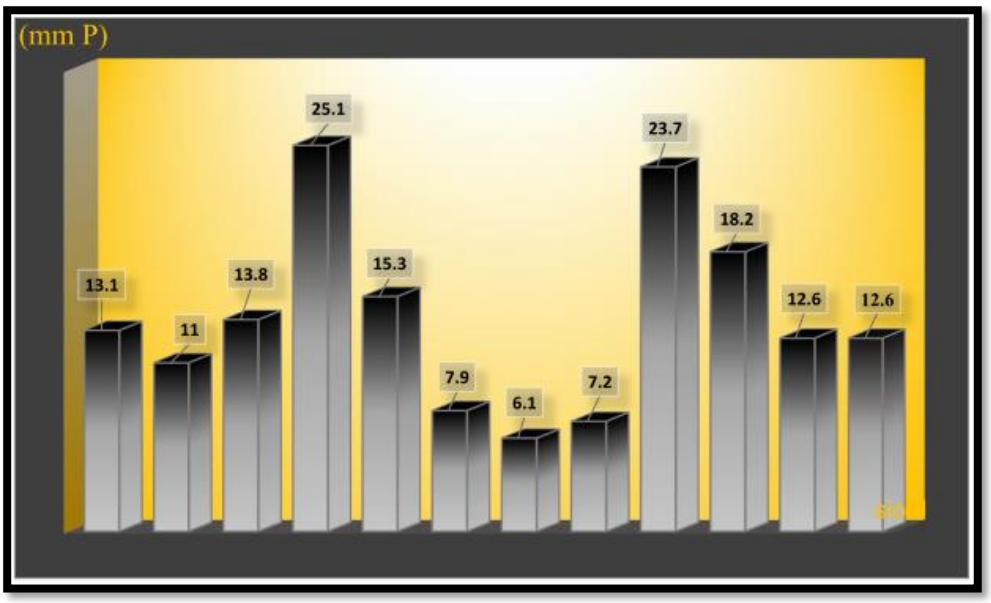


Figure II.07 : Variation des précipitations moyennes mensuelles de la région Boussaâda(2000-2020).

II.5.1.2. Température:

Leur impact touche tous les êtres vivants y compris les végétaux, dont la croissance augmente en général avec la température. On utilise classiquement deux valeurs quotidiennes:

- La température maximale, en général elle est atteinte au début de l'après-midi.
- La température minimale observée le plus souvent au lever du jour.

On calcule la moyenne du jour en faisant la moyenne de ces deux valeurs.

On calcule ainsi de proche en proche la température moyenne mensuelle et la température Moyenne annuelle.

Dans un milieu en désertification, c'est la variabilité de la température qui conditionne les périodes sèches et augmente l'effet de la dégradation. Le tableau n° 01 représente l'évolution mensuelle des températures moyennes (1996-2020) de la commune de Boussaâda

Tableau II.02: Répartition des températures moyennes et mensuelles de la région de Boussaâda (1996/2020)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T max	14,7	16,8	21	21,9	30	36	40,2	38,9	32,7	27,1	19,4	15,3
T min	4,2	5	8,4	11,9	16,2	21,1	24,6	24,1	19,7	14,5	8,7	5,2
T moy (M+m)/2	9,45	10,9	14,7	18,4	23,1	28,55	32,4	31,5	26,2	20,8	14,05	10,25

•**M :** est la moyenne mensuelle des températures maximale exprimées en °C

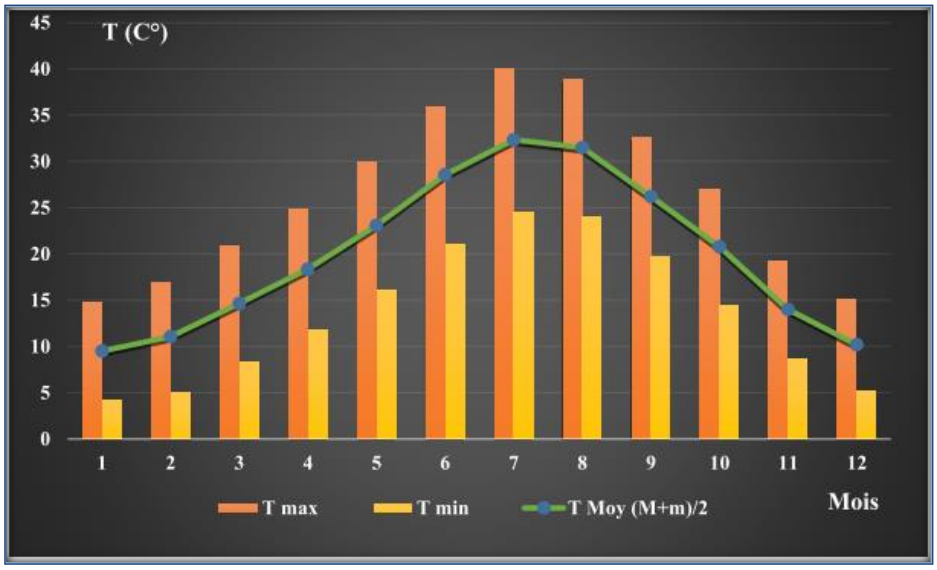


Figure II.08: Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région d'étude (1996-2020).

On remarque, d'après la figure 10, que le mois de janvier est le mois le plus froid, avec une moyenne minimale de 9,45 C°, alors que le mois le plus chaud est Juillet, Avec un moyenne annuelle maximum de 32,40 C°.

On peut remarquer aussi :

- La température moyenne maximale, la plus élevée, est enregistrée en juillet avec 40,20 C° et la température moyenne maximale, la plus basse, est enregistrée en janvier, avec 14,7 C°.
- La température moyenne minimale la plus élevée en juillet avec 24,6°C, et la température moyenne minimale la plus basse enregistrée en janvier avec 4,2 °C.

- Régime saisonnier:

- Le régime pluviométrique est utilisé comme élément caractéristique de climat, il est souvent exprimé par le régime saisonnier. La répartition des pluies et plus importante pour la végétation que la quantité pluviométrique annuelle car l'eau qui est nécessaire est disponible durant son cycle de développement **(Achour, 1983**).

Le tableau 03 exprime les moyennes de la pluviosité pour chaque saison, il en ressort que le régime saisonier est de type PAHE pour la station de Batna, Djelfa et de type **APHE** pour la station de M'sila et Biskra (ou situé notre zone d'étude).

TableauII.03 : Régime Saisonnier des quatre stations (en mm)

station	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)	Régime
M'sila	48,88	58,92	17,73	64,15	A.P.H.E.
Biskra	35,20	36,10	12,40	41,80	A.P.H.E.
Batna	86,73	102,4	46,70	90,84	P.A.H.E.
Djelfa	91,84	93,69	46,94	92,63	P.A.H.E.

II.5.1.3. les Vents :

Le climat est influencé par la température, les précipitations et également par le vent. **(Faurie et al, 1984)** considèrent le vent comme un facteur important et intervient dans la répartition et la composition des communautés animales. **(Dajoz ,1996)** signale que le vent a une action indirecte en changeant la température et l'humidité. Sa vitesse est ralentie au niveau du sol ainsi que dans la végétation. C'est un agent de dispersion des animaux et des Végétaux. **(Nekieche N, Bousbaa A, Chaki F, 2020)**.

A l'instar des autres régions du Hodna, la région de Bou Saada subit cinq (05) types de vents :

- Le siroco, venant du Sud et soufflant durant la période estivale.
- Le vent d'Ouest, dit « el gherbi » qui est un vent sec drainant des nuages sans apporter pour autant la pluie.
- Le vent du Nord/Nord-Ouest, dit « dahraoui » porteur du froid et de l'humidité septentrionaux ; il peut être pluvieux et souffle surtout en hiver.
- Le vent du Nord, dit « el bahri », vent marin qui charrie pluies et neiges, déposées aussitôt sur la chaîne tellienne et les monts du Hodna.
- le vent d'Est dit «el chergui» qui en passant par les Autres, prend en hiver le froid de la montagne. **(Nacib, 1986).**

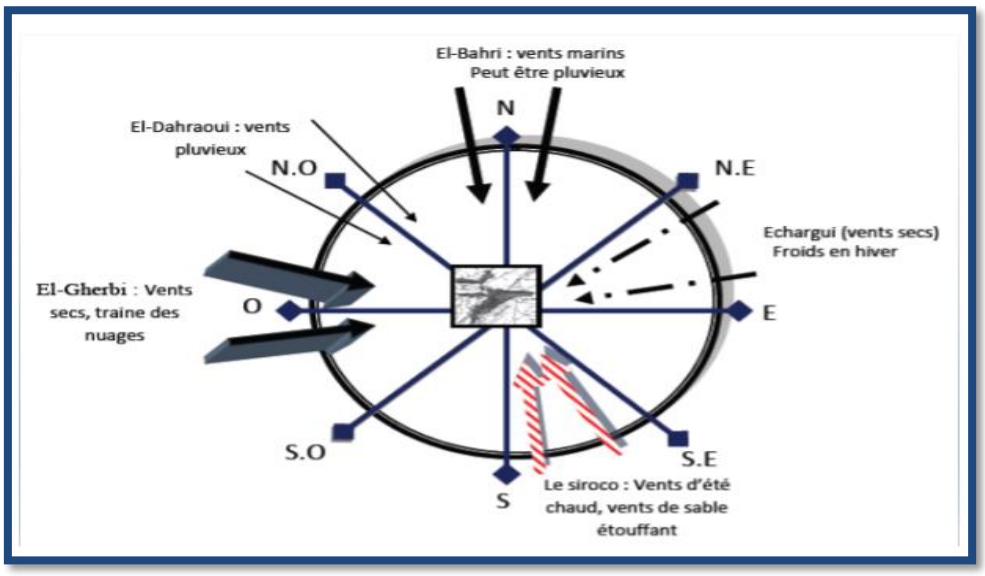


Figure II.09: Les types et les directions des vents dans la région de Boussaâda(Attar.M .2020.2021)

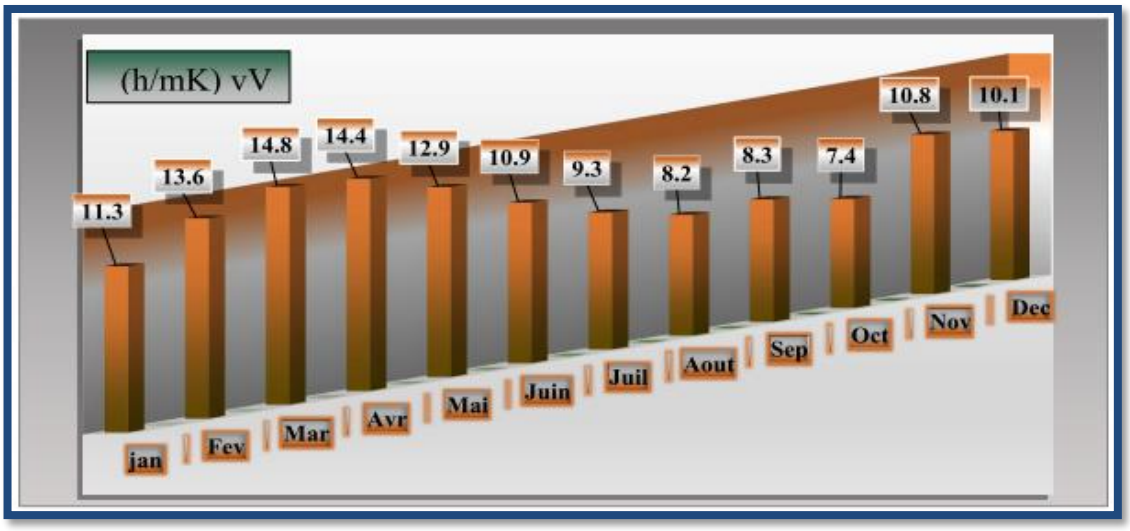


Figure II.10 : Vitesse annuelle moyenne des vents de la région d'étude (2000-2020) (Attar.M .2020.2021).

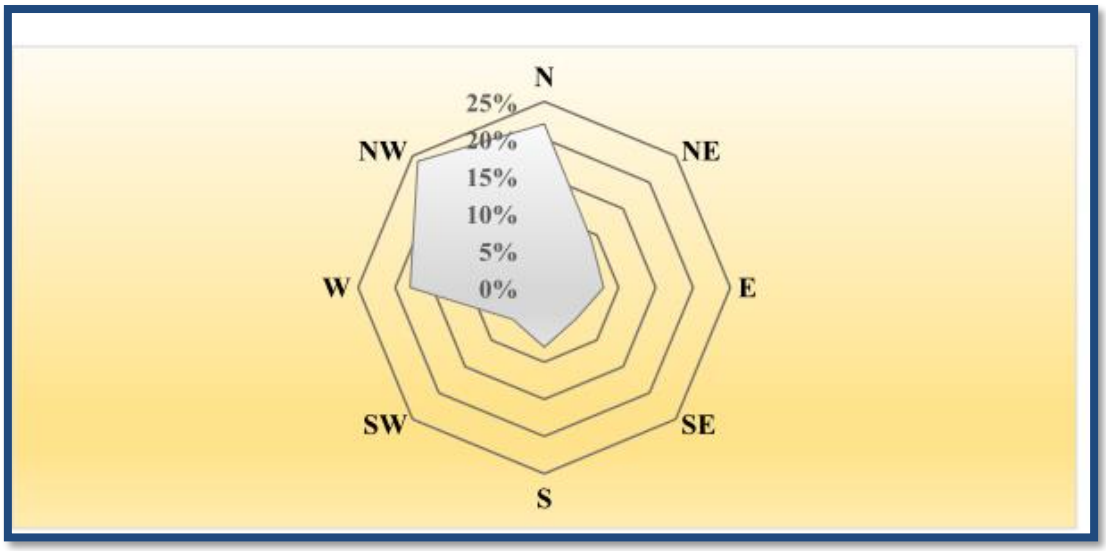


Figure II.11 : Le rose de sable (la direction du vent) (2000-2020) (Attar.M .2020.2021).

L'écart entre la maximale en avril et la valeur minimale est faible. Est plus importante en hiver et au printemps qu'en été et en automne, ou le vent atteindre une vitesse allant de 7.4 km/h de mois d'octobre, jusqu'en mars 14.8 km/h c'est la valeur maximale.

La direction, fréquence et intensité du vent sont influencées par les mouvements généraux des masses d'air de l'Ouest et se reflètent dans la direction et l'orientation des dunes **(Benazzouz M. T. 1994**), et aussi la grande vulnérabilité d'ensablement des constructions le plus grand pourcentage est détenu par vents du Nord-Ouest (24%), suivit par les vents du Nord (22%)

(fig II.10) (fig II.11).

❖ Les accumulations de sable de la partie du Sud de la Dépression de Hodna (au Nord et Nord-Ouest de la ville), et l'orientation des dunes de Nord-Ouest vers le Sud -Est sont dues au vent de ces directions. Les masses d'air de côté de l'Ouest, sont canalisées sur le couloir de l'Oued Maiter entre Djebel Gorehor et Djebel Moubakhera, les accumulations de sable de la zone d'expansion de la ville couvrant pratiquement les bâtiments construits illégalement **(Florina Grecu& al, 2019).**

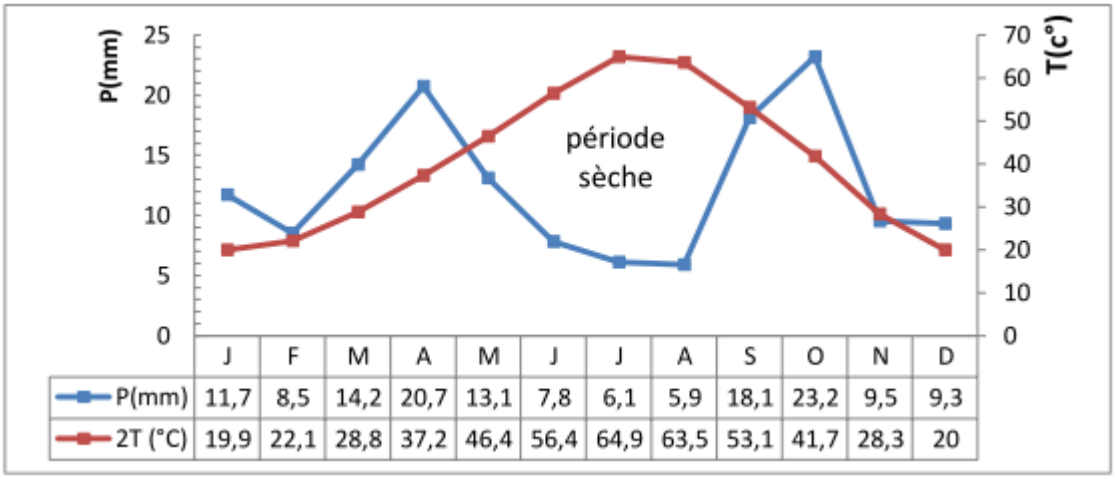
II.6. Synthèse climatique :

On entend par synthèse bioclimatique tous les indices et expressions formulés par de nombreux auteurs dont EMBERGER, BAGNOULS et GAUSSEN caractérisant le climat d'une région donnée d'une façon précise et synthétique. **Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN**

Les diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) proposent de définir la saison sèche comme étant l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle, exprimée en degrés centigrades: $\mathbf{P \leq 2\ T}$.

Pour visualiser la position de la saison sèche dans l'année, ainsi que sa durée et son intensité, ces deux auteurs proposent une représentation graphique basée sur une convention d'échelle: le diagramme ombrothermique.

Le diagramme ombrothermique une fois construit à partir des moyennes disponibles de températures et de pluviosité, montre l'existence d'une seule période de sècheresse s'étalant toute l'année pour la station de Bou Saada, avec une intense sècheresse au mois de Mai à Septembre.



	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	11,7	8,5	14,2	20,7	13,1	7,8	6,1	5,9	18,1	23,2	9,5	9,3
2T (°C)	19,9	22,1	28,8	37,2	46,4	56,4	64,9	63,5	53,1	41,7	28,3	20

Figure II.12 : Diagramme Ombrothermique de la région de Bou Saada (2008-2017).

II.6.1. Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGE

A initié l'étude des bioclimats de la région méditerranéenne en proposant un indice appelé « quotient pluviométrique » avec un climagramme qui permet de déterminer les différents étages bioclimatiques. Pour définir les divers types de bioclimat de la région méditerranéenne, ce botaniste phytogéoraphe a proposé la formule suivante :

$$Q2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P: exprime les précipitations annuelles exprimées en (mm).

M: exprime la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en **K°.**

m: exprime la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en K°.

Stewart (1969) propose un coefficient Q2 en simplifiant le Q2 d'Emberger pour l'Algérie et le Maroc. La formule de Q2 s'exprime comme suite :

$$Q2 = \frac{3.43P}{M - m}$$

NB : dans la formule de Stewart le M et m en degré Celsius.

Tableau II.04:Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de la région de Boussaâda .

Région	P(mm)	M(c°)	M(c°)	Q2	Ambiance bioclimatique
Bou Saada	148,1	40,2	4,7	14,11	Aride à variante thermique tempérée

II.7. Le milieu socioéconomique

II.7.1. L’élevage :

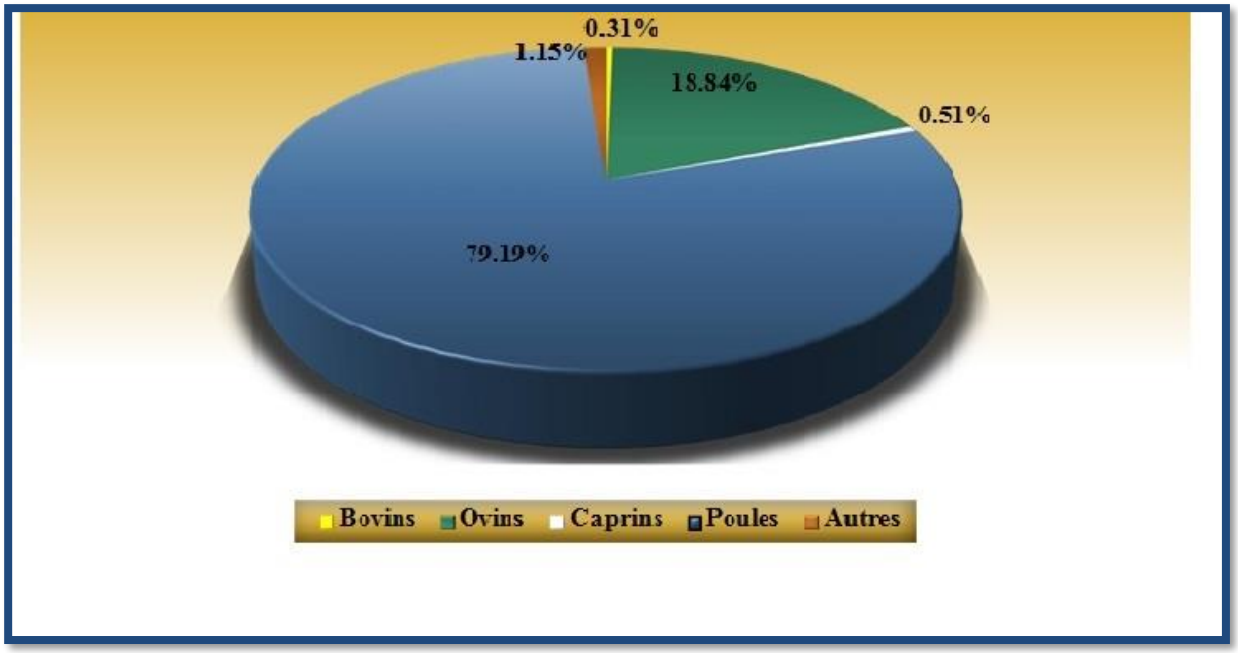


Figure II.13 : Les déférents types d’élevage dans la région d’étude(Attar.M .2020.2021).

L'élevage ovin comprend les ovins 18.84 %, les caprins avec 0.51 % les animaux d'bovins avec 1.15% et les avicultures avec 79.19 % sur un nombre total de têtes sachant que les données de l'aviculture concerne essentiellement la capacité des bâtiments des poules pondeuse et de chair **(Mazari A, 2020).**

II.7.2. Population :

Le tableau II .05, montre le nombre de la population du Boussaâda par apport le nombre de population de M’sila .

La population totale de la région de Boussaâda est estimée au 31/12/2014 à 152306 habitants .la densité est de 614 (hab./km2).

Tableau II. 05: Densité de la population de la région de Boussaâda (hab. /km2)

Commune	**Superficie (km2)**	**Population au 31/12/2020**	**Densité (hab./km2)**
Boussaâda	248	170 139	614

Source : DPSB 2020

- ✓ **Composition de l'âge de la population :**

Selon le tableau 02, les populations à l'âge entre 18-59 représentent un nombre élevé par rapport aux autres tranches d'âge.

II.7.3. Le secteur forestier :

Présentation du secteur des forets :

Organisation et Missions du Secteur :

Organisation :

Le secteur des forêts est organisé de la manière suivante :

* 1 Conservation des Forêts, à l'échelle de la wilaya, dotée de 04 Services.

* 6 Circonscriptions des forêts (M'Sila, Hammam Dalaâ, Sidi Aïssa, Boussaâda, Medjedel et Djebel Messaâd).

* 14 Districts (zones forestières et à vocation forestière).

* 49 Triages (Unités de base au niveau des massifs forestiers).

La conservation est dotée d'un effectif de 212 éléments dont :

- Corps Technique : 123
- Corps commun : 67
- Vacataire : 22

.Missions :

* Gestion et protection du patrimoine existant

* Extension du patrimoine forestier.

* Mise en valeur des terres dans le domaine national forestier.

* Lutte contre la désertification.

* Protection des Bassins Versants.

* Lutte contre les incendies de forêts et les différents types de maladies.

* Développement rural.

* Développement des activités cynégétiques.

* Réhabilitation de la flore et de la faune sauvage au niveau de la réserve de Mergueb avec introduction de nouvelles espèces.

* Protection et valorisation des zones humides.

.Le Secteur de l'agriculteur :

Le terme « agriculture » signifie « culture des champs »,

Par opposition à l'utilisation des espaces réservés aux troupeaux. La définition du Petit Robert (1989) précise qu'elle correspondà l'ensemble des travaux transformant le milieu pour la production de végétaux et d'animaux utiles à l'homme (Schwartz et al, 2005).

Selon la subdivision des services agricoles de Bou Saada, les exploitations agricoles se localisent au niveau de la zone d'El-Maader qui est en fait une vaste plaine irrigable située au Nord-est de la ville.

Tableau II.06 : Répartition des terres dans la région d'étude(unité HA).

Communes	**Surfasse agricoles utiles (SAU)**		**Pacages et parcours**	**Superficie Agricole Totale**
	Total	**Dont irriguée**		
Boussaâda	2595	2299	17739	23094

Source SAB2019

La superficie Agricole totale de 23094 ha répartie ainsi qu'il suit :

_ La surface agricole utile est de l'ordre totale de 2595 ha avec dont irriguée de 2299 ha du territoire de la région d'étude.

_ Les terres de passages et parcours occupent une superficie de 17739 ha de la superficie Agricole totale.

Chapitre III

Matériels et méthodes

Chapitre III: Matériels et méthodes

A- les outils utilisés pour l'étude de la désertification

A.1-Notion et définition d'un Système d'Information géographique

Les SIG avaient pris forme au début des années 80, suite à la complexité des techniques informatiques et au développement de la cartographie classique vers la cartographie automatique ou cartographie assistée par ordinateur permettant une production automatique de différents types de cartes, mettant fin aux difficultés rencontrées par la cartographie traditionnelle en facilitant : l'archivage, l'accès rapide aux informations, mise à jour et la production de la carte.

Une définition simple présente un SIG comme « un système pour collecter, stocker, vérifier manipuler, analyser et restituer des données spatialement référencées à la surface de la Terre » **(DOE, 1987 *in* DESHAYES et CHERY, 2000).**

Selon ces deux auteurs, un SIG est un Système d'Information permettant à partir de divers sources de rassembler et organiser, de gérer et de combiner, d'élaborer et de représenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestionde l'espace.

- **Intérêt d'un SIG**

Parmi les intérêts des SIG, on distingue :

- L'identification des relations spatiales entre les cartes ;
- Le stockage, la vérification, l'inventaire des données reçues, leur exploitation, leur analyse et leur mise à jour en cas de besoin ;
- Etablir des cartographies rapides et mettre en œuvre des processus de choixspatiaux ;
- Visualisation des données et l'affichage des informations localisées ;
- De fournir des renseignements qui offrent des réponses aux chercheurs ;
- La gestion d'objets à référence spatiale.

A.1.1- Logiciel Arc Gis 10 .6

Au sens large le SIG comprend de nombreux logiciels qui gèrent les données géographiques et les données descriptives qui sont attachées.

Le SIG intègre de nombreux programmes qui constituent le système. Ces programmes offrent les outils et les fonctions pour le stockage et l'analyse de toutes les informations. Les principaux composants logiciels d'un SIG sont :

- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.

- Systèmes de gestion de bases de données.

- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.

- Interface graphique pour une utilisation facile.

A.2-Notion de base de données

Une Base de Donnée **(en Anglais : Data Base, DB**), est une collection de données dans un domaine particulier où les relations sémantiques entre ces données sont spécifiques par desconcepts de modèles de données sous-jacent.

L'expression « Base de Données » a reçue des acceptations diverses. Le glossaire de cartographie appel BD un « ensemble de fichiers relatifs à un thème déterminé et associée à un logiciel permettant leur entretient et leur utilisation efficaces **(C.F.C, 1990 in GRELOT, 1999**)

Selon PORNON (1989), une base de données « est un ensemble d'informations hétérogènes, structurées, organisées et évolutives, susceptible de répondre rapidement et sélectivement aux besoins d'une application.

A.3-les cartes utilisées

Plusieurs types de cartes ont été pris en compte dans l'élaboration du SIG, il s'agit :

- Carte topographique de Biskra, Echelle 1/500 000 ;
- Carte du réseau hydro bioclimatique et de la surveillance de la qualité des eaux, Echelle 1/500 000 (ANRH 2005) **Agence Nationale Ressources Hydraulique**
- Carte d'occupation de sol de la wilaya de M'sila, Echelle 1/240000(2010).
- Carte de sensibilité à la désertification de la wilaya de M'sila, Echelle 1/240000 (2010).

B-Cartes de la sensibilité à la désertification

B.1-La carte de sensibilité

B.1.1- Concept MEDALUS

Les Secteurs dont l'environnement est sensibles à la désertification autour de la région méditerranéenne présentent des sensibilités différentes à la désertification pour différentes raisons, Par exemple il y a des secteurs présentant une sensibilité élevée à de basses précipitations et à événements extrêmes dus à: la basse couverture de végétation, basse résistance de végétation à la sécheresse, aux pentes raides, matériaux de parent fortement

érodable, etc.

Les principaux indicateurs pour définir les secteurs d'environnement sensible à la désertification qui peuvent être employé au niveau régional ou national, peuvent être divisés en quatre catégories larges définissant les qualités du sol, du climat, de la végétation, et de la gestion (indicateur de force). Cette approche inclut les paramètres qui peuvent être facilement trouvés dans le sol, la végétation, et les rapports existants de climat

B.1.1.1-Indicateur sur la qualité du sol :

Le sol est le facteur dominant des écosystèmes terrestres dans les zones semi-arides, particulièrement sur la production de biomasse. La désertification procédera dans un certain paysage, quand le sol ne peut pas fournir aux plantes l'espace d'enracinement et/ou l'eau et des aliments. Dans les zones semi-arides les indicateurs de la qualité du sol pour tracer les secteurs d'environnement sensible à la désertification peuvent être liés :

- ✓ À la disponibilité en eau ;
- ✓ À la résistance à l'érosion.

Ces qualités peuvent être évaluées en employant les propriétés simples du sol ou les caractéristiques données dans un sol régulier, en examinant des rapports comme la profondeur du sol, drainage, texture du sol, la lithologie, catégorie de pente, la fréquence des cailloux, etc.

a-La lithologie:

Les sols dérivent de différents matériaux parental réagissent différemment à l'érosion, à la végétation et à la désertification. La pierre à chaux produit des sols peu profonds avec un régime aridité relativement sec. Dans l'opposé, les sols formés en flysch sont profonds et ont une bonne végétation.

Des secteurs avec des sols en pierre à chaux sont caractérisés par une haute érodibilité et un rétablissement lent de la végétation. Plusieurs secteurs sur des formations de pierre à chaux dans la région méditerranéenne sont désertifiés déjà avec le manteau du sol érodé, et la couverture végétale complètement coupée. Dans des conditions climatiques méditerranéennes, la régénération des sols et de la végétation est impossible, et la désertification est irréversible. De même, les matériaux de parent ignés acides tels que le pyroclastiques produisent des sols peu profonds avec une forte érosion et un risque élevé de désertification

b- Fragments de roche :

Les fragments de roche ont un grand mais variables effet sur l'écoulement et l'érosion, la

conservation d'humidité du sol et la production de biomasse, jouant ainsi un rôle important dans la protection des terres dans la région méditerranéenne. D'une façon générale, l'écoulement et la perte de dépôt sont plus grands dans les sols pierreux que ceux à pierres libres, indépendamment des sols riches en gravillons sur la surface soumise aux douches lourdes et prolongées.

c- Profondeur du sol :

Les sols fermes dans les secteurs accidentés sont particulièrement vulnérables à l'érosion, principalement quand leur couverture végétale a diminué. Les Sols sur des formations consolidées tertiaires et quaternaire habituellement ont des profondeurs de sols restreintes, efficaces dus à l'érosion et limitation des couches à fleurs de terres, les graviers et les couches de pierres et/ou la roche en place à faible profondeur, par conséquent, la tolérance de ces sols à l'érosion est faible, sous des conditions climatiques chaudes et sèches et une érosion sévère des sols, menant à la désertification.
Actuellement, la désertification menace seulement les sols peu profonds et sévèrement érodés. Le changement global peut menacer la majorité des sols méditerranéens.

d-Gradient de pente :

L'angle de pente et la topographie sont généralement des causes déterminantes et importantes dans l'érosion des sols, l'érosion devient aiguë quand angle de pente dépasse la valeur critique.

B.1.1.2-Qualité du climat :

La distribution ainsi que la quantité et la variation annuelle et interannuel des précipitations, en saison végétative dans les zones semi-arides et arides de la méditerranée, sontles principaux facteurs climatiques qui contribuent à la dégradation du sol.

Les conditions atmosphériques qui caractérisent un climat de désert sont ceux qui créent de grands déficits en eau, c'est le potentielle d'évapotranspiration (ETP) beaucoup plus grand que les précipitations (P). Ces conditions sont évaluées par une variété d'indices. L'un de ces derniers est l'indice bioclimatique de la **FAO-UNESCO** (1977) : P/ ETP. Les secteurs qui sont sensibles à la désertification peuvent être divisés en catégories suivantes:
La zone aride: $0.03<P/ ETP <0.20$

La zone semi-aride: $0.20<P/ ETP <0.50$

La zone sub-humide: $0.50<P/ ETP <0.75$

Les secteurs deviennent naturellement désertifies quand le rapport: P/ ETP atteint la valeur au- dessous du seuil 0,03, par contre, quand le rapport dépasse le seuil de 0,75, la désertification n'avance pas.

(désertification) 0,03 > p/eto > 0,75 (pas de désertification)

B.1.1.3-La Qualité de végétation :

En termes de désertification, la principale composante biotique du sol est la végétation. La couverture végétale est cruciale pour le contrôle de l'écoulement et peut aisément changéele long des secteurs accidentés méditerranéens selon la condition climatique et la période de l'année.

Les principaux indicateurs de la désertification liés à l'existence normale ou agricole de la Végétation peuvent être considérés par rapport à:

- **a.** Risque d'incendie.
- **b.** Protection offerte au sol contre l'érosion.
- **c.** Résistance à la sécheresse.
- **d.** Pourcentage du couvert des plantes.

B.1.1.3.1- Risque d'incendie et capacité de récupération :

Les feux de forêts sont la cause la plus importante de la dégradation de la végétation. Les feux sont devenus très fréquents particulièrement dans les forêts dominées par le pin avec des conséquences dramatiques dans les taux d'érosion du sol et des pertes de biodiversité.

Les plantes réagissent aux feux de manières différentes. Elles possèdent de nombreuses adaptations aux feux. Pour toute espèce donnée, il y a une gamme des possibilités de résistance au feu qui changent selon l'intensité du feu.

B.1.1.3.2-Protection du sol contre l'érosion :

La végétation et l'utilisation des terres sont clairement des facteurs important commandant l'intensité et la fréquence de l'écoulement et de l'érosion. Les surfaces étendues cultivées avec des récoltes alimentés en eau sont principalement confinées aux terres accidentées avec des sols peux profonds très sensibles à l'érosion. Ces secteurs deviennent vulnérables à l'érosion et à la désertification en raison de la diminution de la protection par la couverture végétale. En fait, les sols sous les récoltes restent presque nus pendant toute l'année, créant des conditions favorables pour érosion du sol.

B.1.1.3.3-Résistance des plantes à la sécheresse :

Les facteurs principaux affectant l'évolution de la végétation méditerranéenne, à long terme, sont liés à l'approvisionnement irrégulier et souvent insatisfaisant en eau, la longue durée de la saison sèche, et peut-être le feu et le pâturage. Selon les types de feuilles, on peut distinguer les deux principaux groupes suivants:

(a) : arbres à feuilles caduques et évitant la sécheresse avec une large capacitéphotosynthétique mais d'aucune résistance à la dessiccation.

(b): arbres (sclérophylles) supportant la sécheresse avec des taux bas de photosynthèse.

Les divers écosystèmes actuels dans la région méditerranéenne ont une grande capacité d'adaptation et une résistance à l'aridité aux quels la majeure partie des espèces existante dans des conditions climatiques méditerranéennes doivent survivre. Les plantes peuvent supporter le contenu d'humidité du sol au-dessous du point de fanage théorique pendant plusieurs mois. Les changements prévus les plus probables dans la performance de la végétation, résultant d'une diminution progressive de précipitation, seraient seulement notés après un nombre minimum critique d'années.

B.1.1.3.4- Couverture des plantes (recouvrement)

Beaucoup d'études ont prouvé que la variation des rendements d'écoulement et de dépôt en bassins de drainage peut être attribuée aux changements de gestion et de la couverture végétale. La valeur de 40% du couvert végétal est considérée critique au-dessous de cette valeur qui accélère la dominance de l'érosion dans un paysage en pente. Ce seuil peut-être modifié pour différents types de végétation, l'intensité des pluies et les terres d'attributs. Il montre, cependant, que la dégradation commence seulement quand une partie substantielle de la surface de la terre est dénudée. Les sols profonds sur les matériaux parental inconsolidés montrent des taux élevés de dégradation et une perte potentielle de leur production de biomasse. En revanche, les sols peu profonds avec le contact sur les pentes raides ont une productivité faible, et une faible tolérance à l'érosion s'ils ne sont pas protégés par la végétation.

B.1.1.4-Qualité de gestion et facteur humain (aménagement):

La définition des secteurs sensibles à la désertification, exige certains indicateurs principaux liés à l'environnement physique et au stress induit par l'homme. Une utilisation particulière des terres est associée à un type donné de gestion qui est dictée principalement par le climat et change sous l'influence des facteurs environnementaux, sociaux économiques,

technologiques et politiques. Selon le type particulier de gestion, les ressources des terres sont soumises à un certain degré d'effort : utilisation et intensité d'utilisation des terre, pâturage intense, les feux…

B.1.2- LES SECTEURS D'ENVIRONNEMENT SENSIBLES A LA DESERTIFICATION

B.1.2.1-Définition des secteurs sensibles à la désertification

Les différents types de secteurs sensibles à la désertification peuvent être analysés dans des relations à divers paramètres tels que les formes de la terre (géomorphologie), le sol, la géologie, la végétation, le climat et l'activité humaine. Chacun de ces paramètres est groupé dans diverses classes avec le respect de leur comportement sur la désertification et des facteurs pesants sont assignés dans chaque classe. Alors les quatre qualités suivantes sont évaluées :

a. La qualité du sol.

b. La qualité du climat.

c. La qualité de la végétation,

d. La qualité de gestion (activités humaines et aménagement du territoire).

Par la suite, on procède au calcul de ces quatre indices pour chaque qualité, les secteurs sensibles à la désertification sont définis par leurs combinaisons. Toutes les données définissant ces quatre qualités sont présentées à un système d'information géographiquerégional (SIG), et le recouvrement en accordance avec l'algorithme développé. Des cartes des secteurs sensibles à la désertification peuvent alors être compilées. Cette approche inclut les paramètres qui peuvent être facilement trouvés dans le sol, la végétation, et les rapports existants de climat pour n'importe quel secteur.

Quatres types généraux de secteurs dans l'environnement sensibles à la désertification peuvent être distingués basés sur l'état de dégradation de la terre (figure III .01)

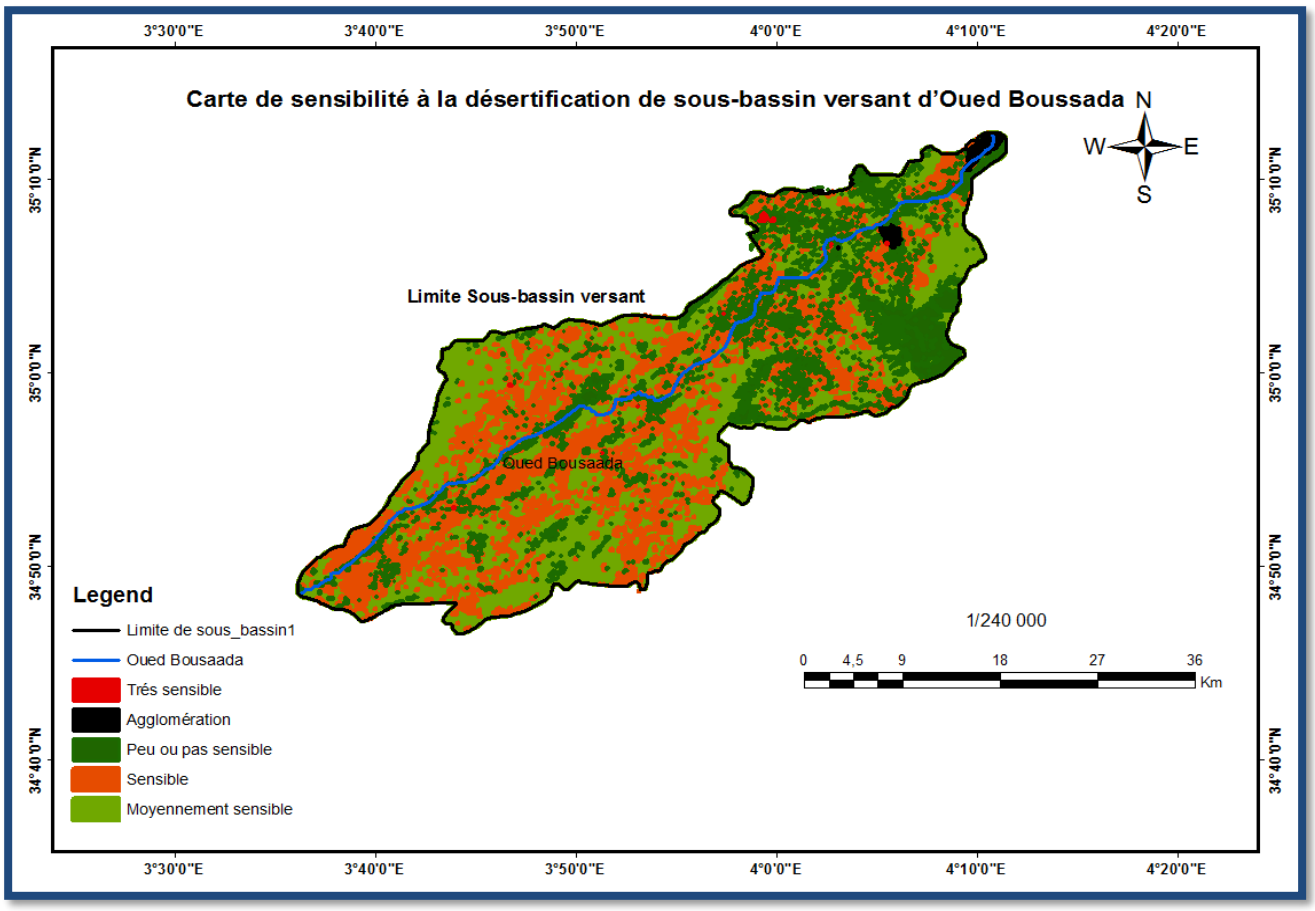


Figure III .01 : Carte de sensibilité à la désertification de sous -bassin versant d'Oued Boussaâda

Type A: Zones très sensibles : Secteurs déjà fortement dégradés à travers un passé abus, présentant une menace à l'environnement des secteurs voisins. Par exemple, secteurs mal érodés sujet à l'écoulement élevé et perte de dépôt. Ceci peut causer de forte inondation en aval et la sédimentation de réservoir. Ceux sont les secteurs sensibles à la désertification critiques.

Type B: Zones sensibles : Secteurs dans lesquels n'importe quel changement de l'équilibre sensible entre l'activité naturelle et humaine est susceptible de provoquer la désertification. Par exemple, l'impact du changement climatique prévu dû aux serres chaudes est probablement à la réduction dans le potentiel biologique due à la sécheresse cause la perte de la couverture végétale de leurs secteurs, soit sujet à une plus grande érosion, et finalement un décalage de la catégorie type A. L'utilisation de la terre change, comme par exemple, un décalage vers la culture de céréales, sur les sols sensibles produit une forte augmentation et immédiate de l'écoulement et l'érosion, et peut-être la pollution par des pesticides et des engrais en aval. Ceux sont les secteurs fragiles et sensibles à la désertification.

Type C: Zones peu sensibles : Secteurs menacés par la désertification sous les changementscombinaison particulière d'utilisation de la terre est mise en application ou bien les impacts d'autres emplacements produiront des problèmes graves (pesticides transfèrent aux pentes basses). Ça inclurait également les terres abandonnées qui ne sont pas correctement contrôlées. Ceci est le minimum des formes graves du type B, pour les quelles néanmoins la planification est nécessaire. Ceux sont les secteurs potentiellement sensibles à la désertification

Type D: Zones Moyennement sensibles : Secteurs déjà en quelque sorte dégradés à travers un passé abus, présentant une menace à l'environnement des secteurs voisins. Ceux sont les secteurs moyennement sensibles à la désertification

B.1.2.2-Les données intéressant les secteurs de sensibilité à la désertification:

Les données suivantes de l'environnement physique et les caractéristiques de gestion dela terre sont requises pour la définition des secteurs sensibles à la désertification :

a. Données sur le sol.
b. Données sur la végétation.
c. Données sur le climat.
d. Caractéristiques de la gestion de la terre (aménagements).

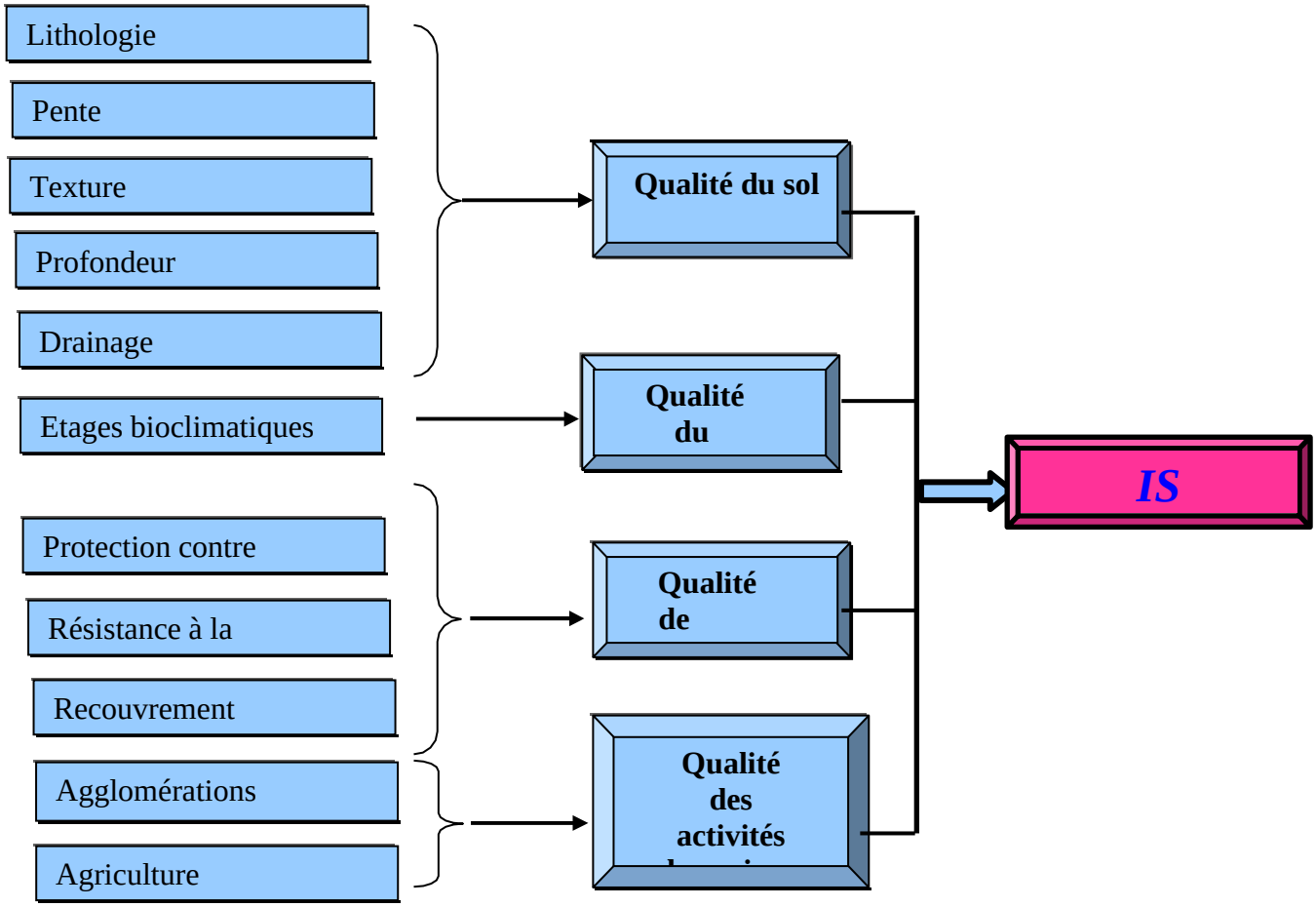


Figure III. 02 : Les paramètres utilisés pour la définition et le tracer des secteurs sensibles à ladésertification.

B.1.2.3- Collecte et traitement des donnée B.1.2.3.1- Récolte et saisie des données

La récolte des données s'effectue en premier lieu par une recherche bibliographique (ouvrages, articles, thèses, mémoires,...), utilisation de cartes topographiqueset thématiques de la région à étudier.

B .1.2.3.2- Inventaire des données

Pour cette partie de notre travail, nous nous sommes basés essentiellement sur des donnéescartographiques disponibles suivantes :

- Carte topographique de M'sila au 1/200.000 **(type INC)**
- Carte de végétation de M'sila au 1/200.000 **(LE HOUEROU, 1975)**
- Cartes Hydrogéologique pédologique, géomorphologique et bioclimatique de la région du Hodna au 1/200.000ème (**CRBT, 1978**).

B.1.2 .3.3-Elaboration des cartes thématiques

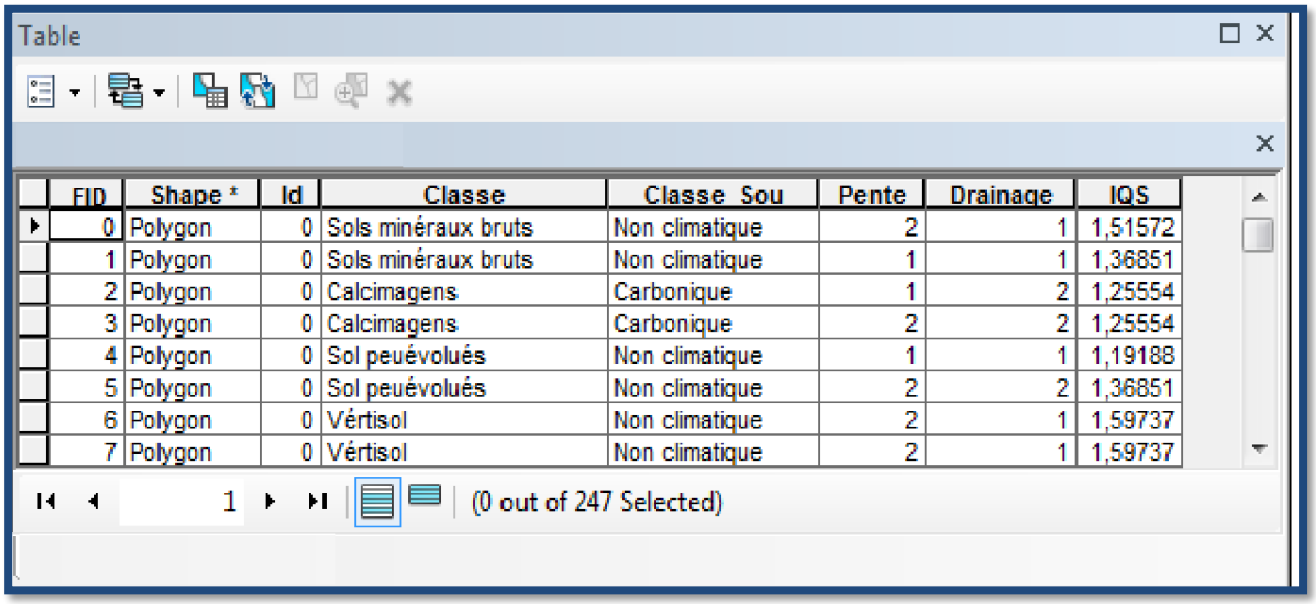
❖ **Carte de qualité du sol**

Pour cette carte on a utilisé :

- La carte hydrogéologique
- La carte d'occupation de sol
- La carte de sensibilité de la désertification

Cet indice est calculé comme suit :

$$IQS = (\text{lithologie} * \text{pente} * \text{drainage} * \text{texture} * \text{profondeur du sol})^{1/5}$$

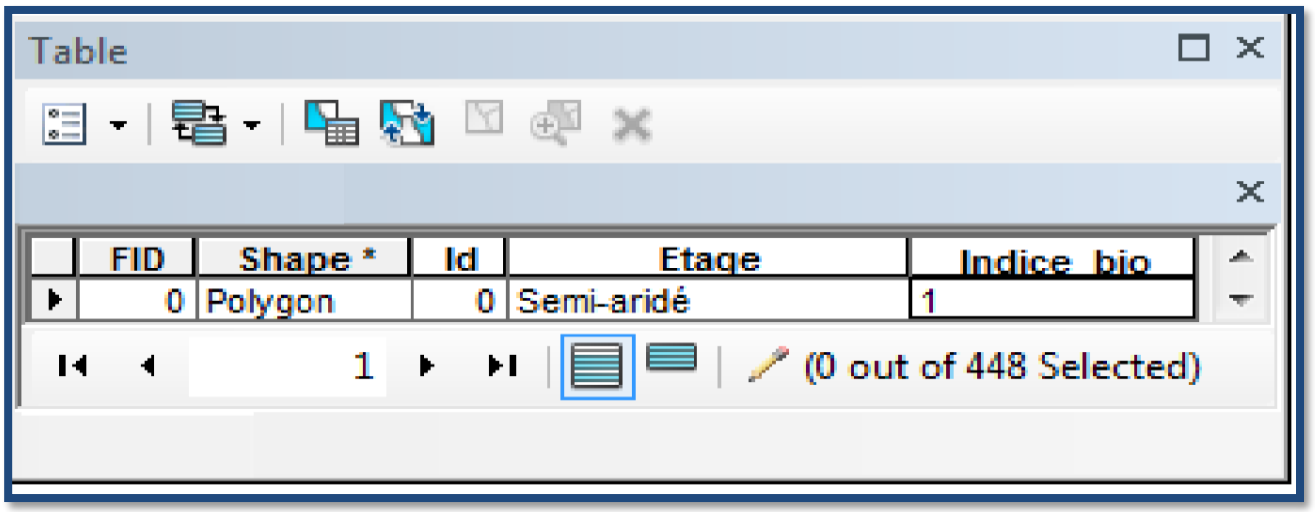


FID	Shape *	Id	Classe	Classe_Sou	Pente	Drainage	IQS
0	Polygon	0	Sols minéraux bruts	Non climatique	2	1	1,51572
1	Polygon	0	Sols minéraux bruts	Non climatique	1	1	1,36851
2	Polygon	0	Calcimagens	Carbonique	1	2	1,25554
3	Polygon	0	Calcimagens	Carbonique	2	2	1,25554
4	Polygon	0	Sol peuévolués	Non climatique	1	1	1,19188
5	Polygon	0	Sol peuévolués	Non climatique	2	2	1,36851
6	Polygon	0	Vértisol	Non climatique	2	1	1,59737
7	Polygon	0	Vértisol	Non climatique	2	1	1,59737

Figure III . 02 : Structure de base de données liée à la qualité du sol.

❖ **Carte de qualité du climat**

La qualité du climat est évaluée en utilisant les étages bioclimatiques (Figure III .03).



FID	Shape *	Id	Etage	Indice_bio
0	Polygon	0	Semi-aridé	1

Figure III .03 : Structure de base de données liée à la qualité du climat.

❖ **Carte de qualité de la végétation**

Les principaux paramètres pris en considération sont : Risque d'incendie (RI); Protectioncontre l'érosion (PE); Résistance à la sécheresse (RS) et le Couvert végétal

(CV) (figure 20) L'indice de qualité a été élaboré comme suit :

$$IQV = (RI*PE*RS*CV)^{1/4}$$

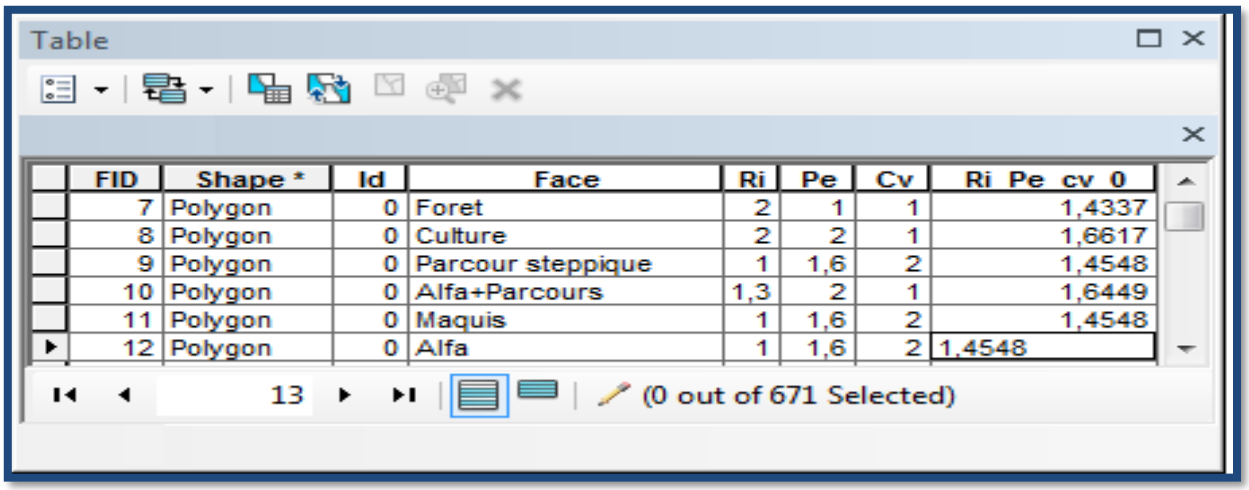


Figure III .04 : Structure de base de données liée à la qualité de la végétation.

❖ **Carte de qualité socioéconomique (aménagements)**

La qualité socioéconomique est évaluée par le paramètre de l'utilisation des terres par lescultures

IQE = Agriculture

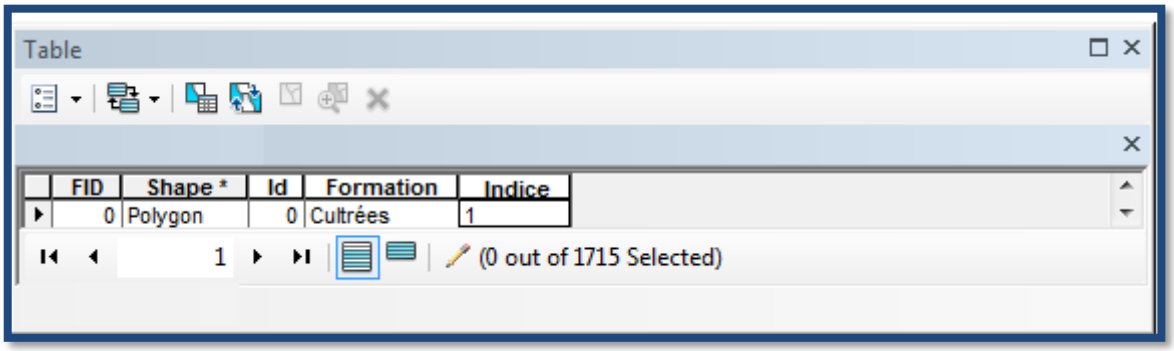


Figure III .05 : Structure de base de données liée à la qualité de la socioéconomique.

❖ **Réalisation de la carte de sensibilité à la désertification**

La carte de sensibilité à la désertification a été obtenu par la superposition se fait par la combinaison des cartes deux à deux par la découpe des parcelles superposées à fin d'assemblerles cartes et leurs bases de données, grâce à la commande « Overlay » de map info qui permet lasuperposition et la fusion des couches superposées.(Figure III .06)

Les indices de qualité de la désertification ont été obtenus par le calcul de la moyenne géométrique de leurs indices de qualité de cartes utilisées.

ISD = (IQS x IQV x IQC x IQA) ¼

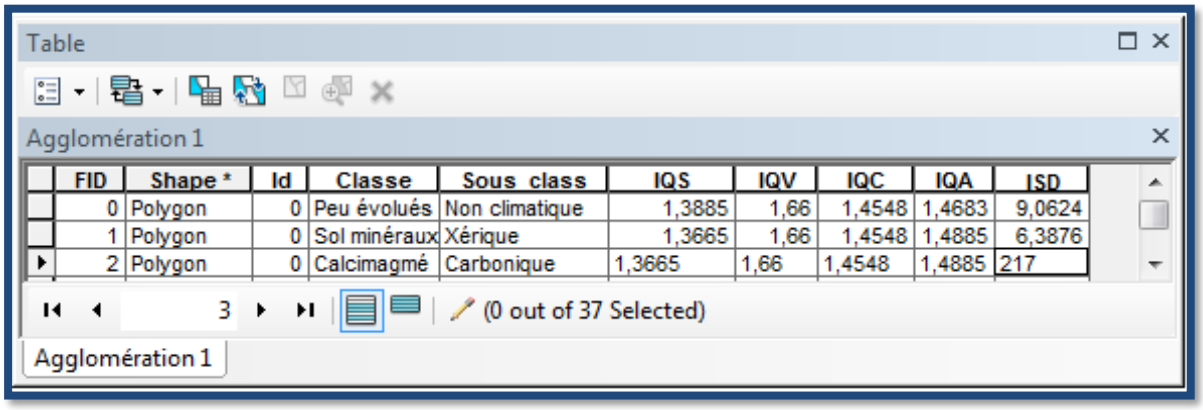


Figure III .06 : Structure de la base de données liée à la sensibilité à la désertification.

C-CARTE D'OCCUPATION DES TERRES

C.1-NOTION DE CARTE D'OCCUPATION DES TERRES

La cartographie de la végétation steppique, au 1/240 000 a pour objectif la représentation des principales formations végétales à partir des types physionomiques, celle de leur faciès à partir des deux premières espèces dominantes, ainsi que le recouvrement végétales global. La carte d'occupation est en quelque sorte une photographie à l'instant « t » de l'état de lavégétation **(ACHOUR *et al,* 1983)**

L'occupation des terres est une variable fondamentale pour la planification régionale ainsique pour l'étude et la compréhension de l'environnement **(FOODY, 2002).**

Cette thématique peut être obtenue par le biais de plusieurs techniques et méthodes, dont la télédétection. Cependant, obtenir une bonne cartographie de l'occupation des terres par télédétection demeure un problème délicat.

Les cartes obtenues ne sont souvent pas utilisées pour des applications opérationnelles à cause de certaines erreurs et imprécisions **(CONGALTON, 1991 *in* OUTTARA et *al*, 2006).**

Ces erreurs et imprécisions sont beaucoup plus élevées en milieu semi-aride à cause de la forte hétérogénéité spatiale et de la variabilité locale du paysage (**Pickup and Marks, 2000).**

Lorsque la végétation est éparse, ce qui est caractéristique de ces milieux, l'effet du sol sous-jacent entraîne une confusion qui ne permet pas d'extraire facilement le taux de couvert végétal **(MAJOR *et al,* 1990 ; ESCADAFAL, 1989 *in* OUTTARA et *al.*,**

2006) et rend la distinction des différentes catégories d'occupation des terres difficile. Encore, de nos jours, une bonne cartographie de l'occupation des terres demeure un problème, surtout pour la séparation des sols nus et des zones de culture en milieu semi-aride **(BANNARI *et al*, 1995 ; PUREVDORJ *et al*, 1998 *in* OUTTARA et *al*, 2006).**

Pour notre travail, et afin d'atteindre notre objectif, qui est la réalisation de la carte d'occupation des terres de la région du Hodna, nous avons procéder à plusieurs étapes et méthodologies nécessaires.

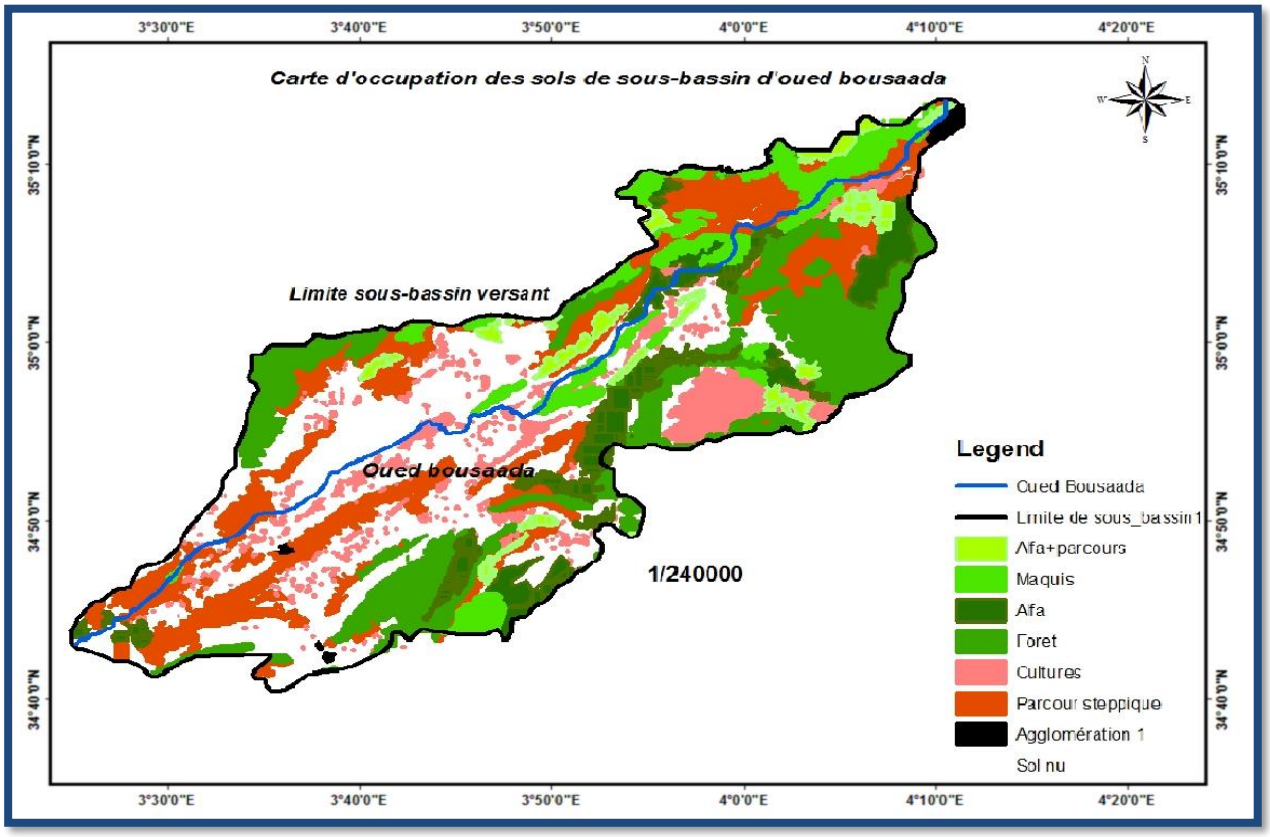


Figure III .07 : Carte d'occupation de sol à la désertification de sous -bassin versant d'Oued Boussaâda

C.2 - Cartographie thématique

Lorsque la documentation est représentée par des images satellitaires, on parlera de cartographie spatiale, ou cartographie par télédétection spatiale.

Actuellement, de nombreux travaux traitent de la télédétection spatiale et de ses applications dans la science de l'environnement (ABIDI, 1979 ; ABIDI & al, 1982; KERMAD,1989 ; HIRCHE, 1995) et des caractéristiques des satellites et des processus d'enregistrement des données et leurs traitements (GIRARD ET GIRARD, 1975, 1977, 1985, 1989, 1999 ; CASSANET, 1984 ; FOIN, 1987 ; ROBIN, 2002 ; BONN, 1996 ; LIBOUTRY,1992 ; COCQUEREZ et al 1995 ; VOIRON. C, 1995).

D’après l’étude de BARDINET C., (1994 in BENSAID, 2006) le choix d’un systèmede télédétection est crucial, il dépend :

- de la résolution au sol du pixel;
- du nombre et de l’intervalle des bandes spectrales;
- du cycle d’enregistrement de données disponibles diurnes, nocturnes, multi-saisons;
- de la superficie couverte par une seule image.

-Collecte des données

Parmi les cartes que nous avons collectées pour accomplir notre travail, nous mentionnons : La carte de réseau hydro bioclimatique et de la surveillance de la qualité des eaux l’ANRH, La carte topographique de Biskra, la carte d'occupation de sol de wilaya de M'sila et la carte de sensibilité à la désertification de wilaya de M'sila, obtenu à partir la Gouvernorat Forestier de la wilaya de M’silla. Ajouté à cela le logiciel Arc GIS 10.6, comme un outil traitement de ces cartes et les données topographiques collectées en relation avec de Sous-bassin versant d’Oued Boussaâda.

L’application de ce logiciel et par le traitement de données créent des cartes thématiques concernant la végétation et la sensibilité à la désertification de la région.

Chapitre IV

Résultats et discussion / Mise en place d'une Sous- bassin d'Oued Boussaâda

Ce chapitre comporte deux sections : La première traite de l'intérêt de l'utilisation du SIG dans l'étude de la désertification au niveau du Sous- bassin d'Oued Boussaâda; la seconde retrace les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale élaborée lors de notre étude.

1. Utilité d'un SIG dans l'étude de la désertification du Sous- bassin d'Oued Boussaâda

Un Système d'Information Géographique (SIG) est défini par ***Thériault (1996)*** comme étant «un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiales utilisé pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, stimuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique ». Il s'agit donc d'un outil informatique qui stocke et gère des informations ayant une référence au territoire.

Si l'on considère un Système d'Information Géographique comme un moteur, il est essentiel pour qu'il fonctionne de l'alimenter avec un carburant. Dans l'univers des SIG, ce carburant ce sont les données.

Les données représentent 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 données géographiques sont souvent sous forme de photographies aériennes, des plans, cartes sur papiers, etc.

Dans notre cas nous avons eu des cartes sur papiers et des plans que nous avons transformées en formats numériques par géoréférencement et par saisie.

Les sources d'informations (comme celles décrites précédemment) peuvent être d'origines très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement. Les SIG intègrent de nombreux outils permettant de manipuler toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont essentielles au projet.

Ces manipulations peuvent, suivant les cas n'être que temporaires afin de se coordonner au moment de l'affichage ou bien être permanentes pour assurer alors une cohérence définitive des différentes sources de données.

Les fonctions les plus importantes des SIG sont :

- ✓ L'archivage c'est-à-dire le stockage des données au moyen de la saisie de l'information sous forme numérique ;

- ✓ L’analyse des données spatiales et thématiques qui fait des SIG un puissant outil d'aide à la décision ;
- ✓ La visualisation des résultats des analyses sous forme de cartes thématiques.

Dans le domaine d’étude de la désertification du Sous- bassin d’Oued Boussaâda**,** les avantages fournis par les SIG sont nombreux. Tout d'abord, les SIG permettent une visualisation de la situation. Il est en effet plus aisé de se représenter la réalité en ayant un support visuel tel qu'une carte thématique. Avec le SIG, les utilisateurs peuvent par exemple :

- Voir sur les sous bassin hydrographiques du hodna ;
- Voir sur les zones sensible à la désertification au niveau de ce bassin ;
- Voir sur les terres occupées au niveau de ce bassin;
- Voir sur les réseaux hydrographiques de région.
- Voir sur la couverte végétale de région.

En fin, une fois les données intégrées au travers des différentes couches d’information, on peut effectuer une analyse spatiale rigoureuse et efficace, Des calques superposés les uns aux autres combinés à des données alphanumériques donnent des résultats d'analyse très efficaces.

Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes qui sont en effet de formidables outils de synthèse et de présentation de l'information.

Le SIG offrent à la cartographie moderne de nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d’élément multimédia.

Le système d'information devrait être un outil d’observation et d'aide à la décision pour leur développement futur. Il sera donc un outil évolutif qui permettra non seulement le stockage des données mais aussi une analyse de celles-ci.

1.2. Choix des données intégrées au système

Plusieurs types de données ont été pris en compte dans l'élaboration du SIG, il s'agit :

- ✓ Des coordonnées géographiques issues des travaux de géoréférencement (Sous-bassin d’Oued Boussaâda)

- ✓ Des attributs des entités géographiques ;
- ✓ La carte de bassin versant de nord Algérie ;
- ✓ La carte de réseau hydrographique de Bassin du Hodna ;
- ✓ Le choix des attributs des entités géographiques d'étude de la désertification du Sous- bassin d'Oued Boussaâda.

Ces derniers concernent :

- ✓ Des données générales sur le sous-bassin ;
- ✓ Des données sur l'état de désertification de la willaya de M'sila ;
- ✓ Des données sur l'état d'occupation des terres au niveau de la willaya de M'sila .

2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale

La création de projet dans Arc GIS se fait par thème. Pour ce faire, il est essentiel d'utiliser un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) qui facilitera le stockage, l'organisation et la gestion des données. Ainsi, chaque thème' sera accompagné d'un SGBD qui permettra de lier les données géographiques et celles tabulaires.

2.1. Structuration des données

Après la définition des données à intégrer au système, il s'est agit de les organiser et de les structurer. Ainsi, la définition de règles de gestion a permis d'aligner dans l'ordre de leur apparition, toutes les données retenues. Aussi, pour passer de la réalité complexe à une représentation informatique, on a procédé à la réalisation d'un Modèle d'une Base de Données Géographiques(MBDG), ainsi qu'à l'implantation des données structurées dans un système informatique.

2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques

Une base de données (en anglais data base) est une "structure de données permettant de recevoir, de stocker et de fournir à la demande des données à de multiples utilisateurs indépendants" ***(Définition AFNOR-ISO, dictionnaire de l'informatique, 1989).***

Les bases de données géographiques (BD) sont les outils opérationnels qui permettent d'organiser et de gérer l'information géographique sous forme numérique. Ce sont des ensembles structurés de fichiers décrivant les objets ou phénomènes localisés sur la Terre (avec leurs attributs et leurs relations nécessaires à la modélisation de l'espace géographique). Ces ensembles sont munis d'un système de gestion permettant de les tenir à jour, de les archiver et de les diffuser.

Les bases de données constituent le socle sur lequel s'appuient les systèmes

d'information géographique, qui analysent et exploitent les données pour en tirer des informations utiles à la décision.

Toute base de données représente une modélisation particulière de la réalité, et donc une généralisation plus ou moins poussée de celle-ci.

Le modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG) est une représentation facilement compréhensible, permettant de décrire le système d'information. Le MBDG sert à formaliser la description des informations qui sont mémorisées dans le système d'information géographique(SIG).

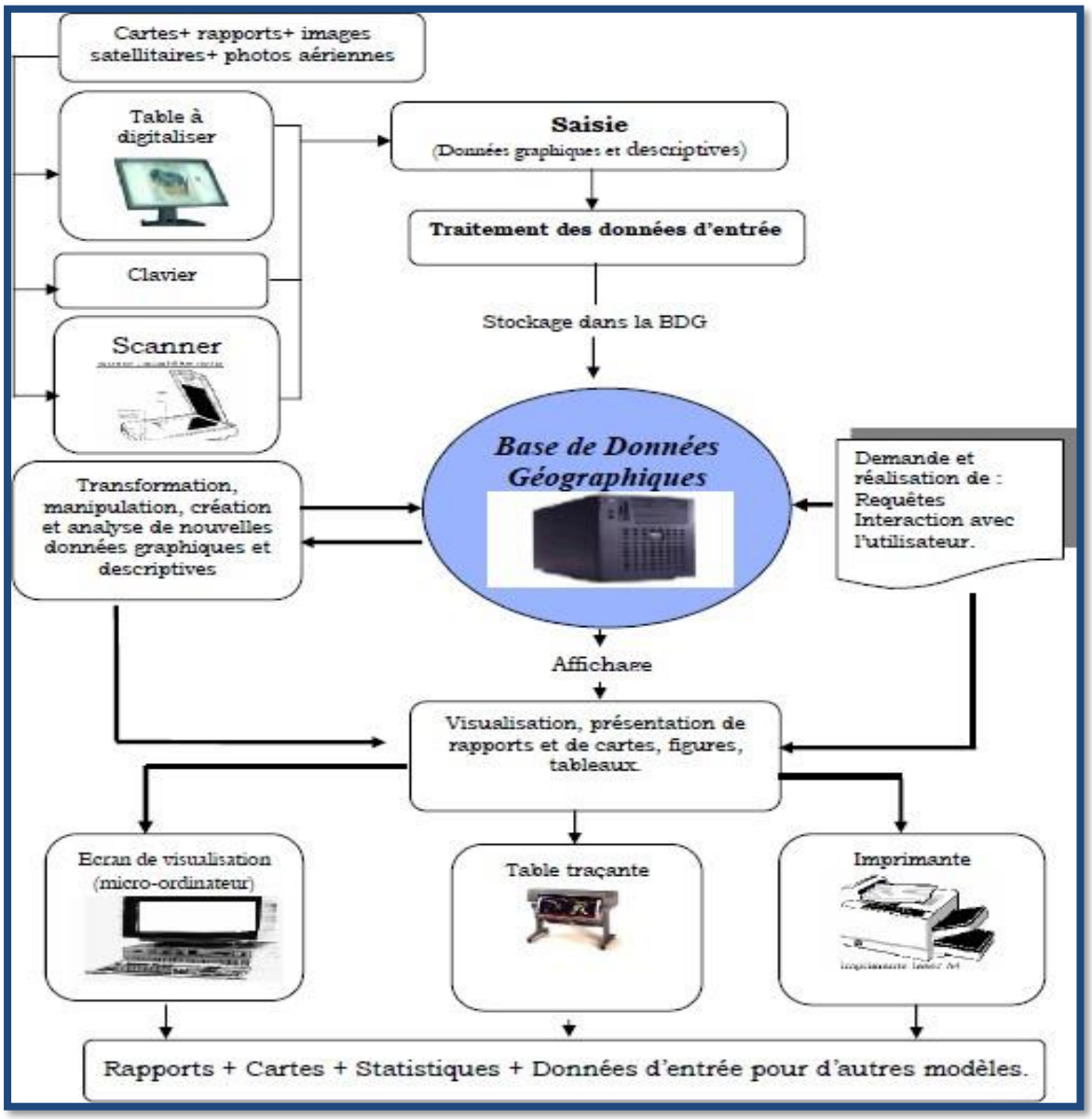


Fig.IV.01. Base de données géographiques BDG [Ider, 2004].

Le noyau du SIG- étude hydrologique est une base de données géographique intégrant un ensemble de couches thématiques (distribution et évaluation de l'eau… etc.) et des données des campagnes d'analyses. Une application SIG spécifique offrant un ensemble d'outils notamment pour la saisie et le contrôle des données, les traitements statistiques, les analyses spatiales et les représentations cartographiques.

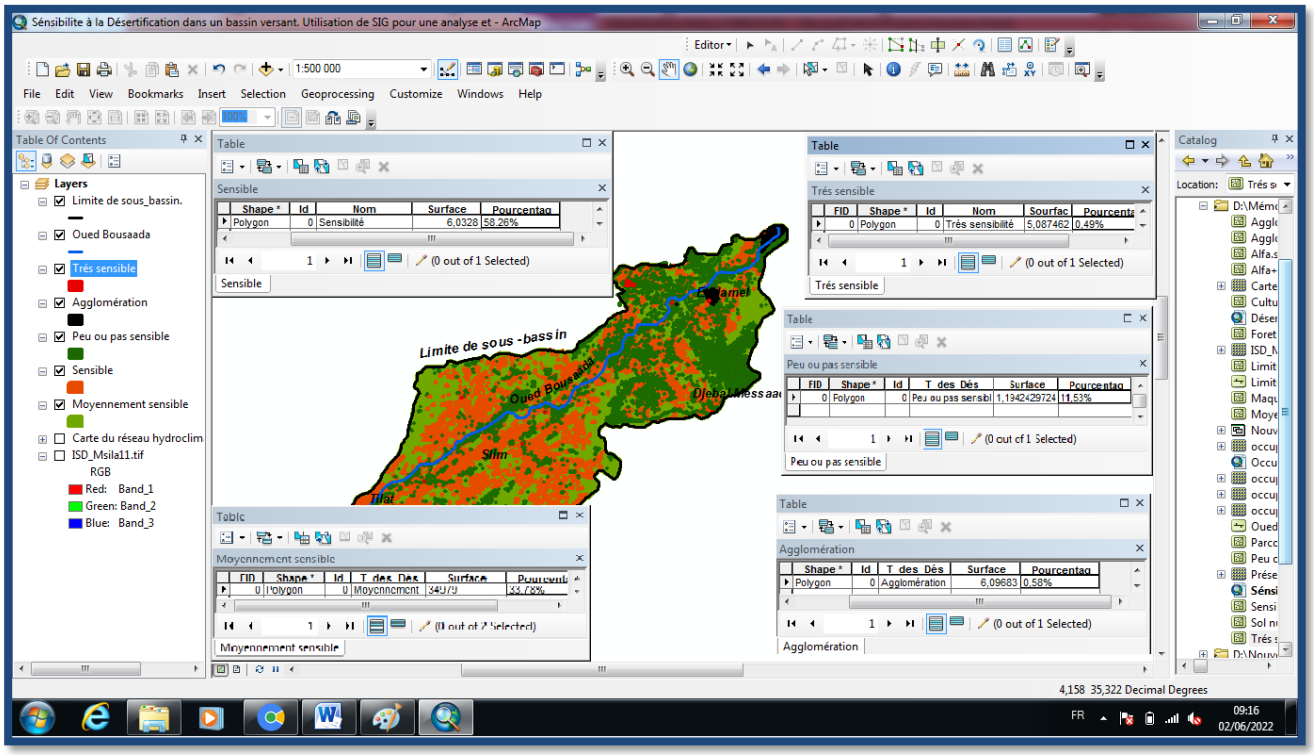


Fig.IV.02 : *MBDG* – Sensibilité à la désertification au niveau de Sous- bassin d'Oued Boussaâda par le SIG.

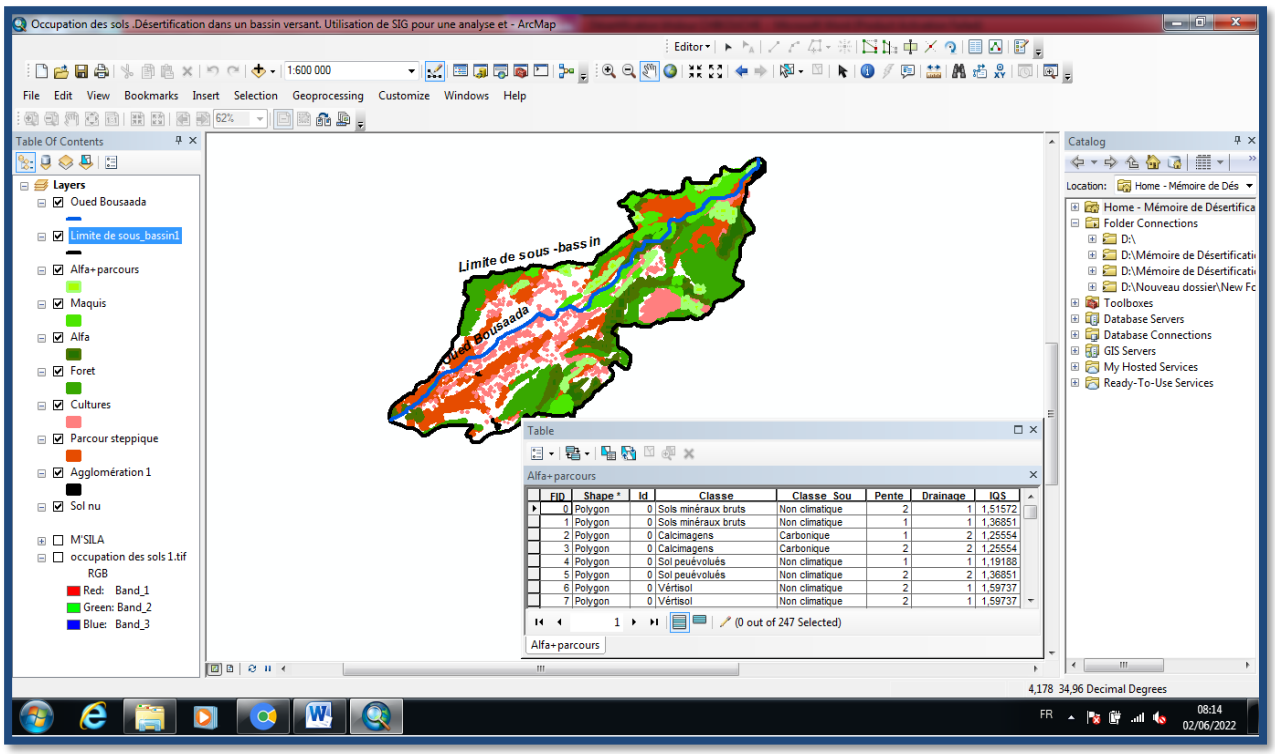


Figure .IV.03 *: MBDG* – Occupation des terres dans le Sous- bassin d'Oued Boussaâda par le SIG.

2.1.1. L'implantation des données structurées dans un système informatique

Les données structurées en modèle d'une base de données des figures (IV.02) et(IV.03) ont été implantées dans un système informatique et les attributs des différentes entités (tables) ont été renseignés à l'aide des données collectées sur le terrain. La base de données créée a ensuite été testée afin de contrôler son fonctionnement. C'est ainsi que des requêtes en langage SQL (Structured Query Language) ont été créées dans le but d'analyser et d'exploiter les données.

Les SIG permettent des manipulations via des requêtes écrites en langage SQL.la base de données conçue doit être exploitable et compréhensible pour des personnes ne maitrisant pas forcément le logiciel SIG. C'est pourquoi, il a été nécessaire de créer une interface graphique (formulaires) simple et conviviale aussi bien pour le démarrage d'une session, la saisie et la mise à jour des données et l'exploitation des données. Ainsi, les utilisateurs pourront utiliser cet outil sans même connaitre le fonctionnement et le langage de SIG.

2.2. Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et traitement de l'information

Dans cette partie, les cordonnées des entités géographiques (étude et évaluation de la désertification dans le sous- bassin..etc) Prises sur le terrain lors de nos enquêtes ont été exportées du plan et à l'aide de calage des cartes à l'ordinateur pour être ensuite intégrées dans le SIG.

sous- bassins hydrographiques principales, leur hydrologie répartis comme suit ont été intégrés dans le SIG :

- 04 Parcelles représentant les coordonnées de la sensibilité à la désertification dans le sous- bassin ;
- 07 Parcelles représentant les coordonnées de l'occupation des terres dans le sous- bassin ;

Les coordonnées des entités géographiques (étude et évaluation de la désertification dans le sous-bassin.etc) étant matérialisées dans le SIG et leurs différents attributs stockés dans la base de données, il a été indispensable de créer un lien entre la base de données et Arc Gis 10.6(le logiciel de SIG utilisé). Pour ce faire, les tables de la base de données. (étude et évaluation de la désertification dans le sous-bassin. etc.) ayant une référence spatiale ont été converties en format dBASE.

Ces fichiers dBASE, successivement chargés dans Arc Gis sous forme de tables ont été ensuite ajoutés au SIG par jointure avec les tables attributaires des entités géographiques correspondantes. La jointure de table est un procédé qui permet d'attribuer des données d'une table extérieure (fichier dBASE) à des objets du SIG.

Le logiciel SIG mémorise l'endroit du disque ou réside le fichier et rappelle les données qu'il contient chaque fois que le document (projet) est ouvert.

Associées à chaque point, les données recueillies peuvent nous permettre de réaliser une cartographie thématique plus ciblée à mettre à la disposition et des acteurs institutionnels agissant dans la lutte contre la désertification dans le sous- bassin d'Oued Boussaâda.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le phénomène de la désertification affecte tous les continents essentiellement les zones arides et semi-arides. Son expansion est un des problèmes environnementaux majeurs de notre époque. Selon la convention des nations unies sur la lutte contre la désertification, le terme désertification désigne ‹‹ la dégradation des terres par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines››.

La problématique de la désertification qui est connue comme étant le processus de dégradation des sols sous l'effet des facteurs anthropiques surtout et qui engendrant des répercussions souvent irréversibles (labours steppiques, surcharges pastorales, défrichement, incendies, déboisements (coupes illicites)….etc.),se pose particulièrement et avec acuité dans les zones à bioclimat arides et semi-arides de l'atlas tellien.

L'Afrique du nord renferme, à elle seule, une superficie de 4,86×106 km² (le houerou,1991). Les causes remontent au 11e siècle suite à l'installation des tribus hilaliennes, introduisant un mode de vie pastoral, basé essentiellement sur l'élevage itinérant d'ovins et caprins. A ce contexte historique, sont venues s'ajouter des conjonctures socio-économiques, foncières et une sécheresse récurrente et persistante (le houerou,1992) accélérant les manifestations de la désertification des plus inquiétantes. Le fait marquant est principalement le recours à des pratiques abusives, tels que le surpâturage ou encore la mise en valeur des terres pastorales.

La steppe algérienne est devenue depuis quelques années le théâtre d'un déséquilibre écologique et climatique. La dégradation intense de ce milieu fragile (ensablement, érosion éolienne, surpâturage, défrichement, salinisation…) induisant la désertification, nécessite une meilleure compréhension en vue de comment lutter contre ce fléau et lui adapter un aménagement adéquat.

Dans ce projet de fin d'étude, nous avons fait une étude hydrologique et exactement sur les potentialités hydriquesau sein de bassin versant du Boussaâda, suivi de l'application de système d'information géographique SIG pour la construction d'une base de données. La connaissance et l'étude du comportement hydrologique et physique des cours d'eau du ce bassin révèle donc d'une importance majeure et permet de réaliser des quelques modèles et cartes thématiques, tels que : les Modèles de Base de Données Géographiques MBDG, les Modèles Numériques de Terrain MNT et plusieurs cartes thématiques. L'objectif principal de ce travail s'appuie sur l'étude hydrologique et géomatique au bassin du Boussaâda. La méthodologie est basée essentiellement sur la collecte, le regroupement et le traitement des données avec le logiciel Arc Gis 10.6. Après une analyse des données hydrologiques disponibles à diverses sources .On a déterminé les caractéristiques hydrométriques et pluviométriques de ce bassin, on a constaté qu'il y a un manque

d’instrumentation et un déséquilibre spatiale de leur répartition, ce qui a fait que les données n’étaient pas vraiment fiables tant du point de vue de la qualité que de la quantité. Le logiciel qui a été utilisé, est un programme de plusieurs fonctionnalités. Il nous permet de reconstituer des bases de données, des diagramme A ce sujet, La difficulté majeure rencontrée dans la majorité d’étude hydrologique de ce bassin est l’insuffisance d’informations temporelles, spatiales et leur qualité ce qui engendre un manque dans la production de plusieurs cartes thématiques, la gestion des données hydrographiques, la gestion durable des ressources naturelles de la région et par conséquent la création de plusieurs couches thématiques (base de données). Ce travail nous a permis d’acquérir des connaissances certaines concernant l’hydrologie du bassin versant du Boussaâda avec l’utilisation du SIG. Le SIG a permis la création d’une base de données content des informations hydrologiques de bassin versant et de produire des cartes et des modèles thématiques, la technologie SIG offre une perfection considérable des capacités de représentation graphique, une souplesse de réflexion qui permet d’apprendre à réfléchir à propos de l’espace et des processus qui agissent dans celui-ci une extension de nos capacités d’analyse.

L’utilisation du SIG permis, en plus de la production des cartes et des graphes, d’exécuter des requêtes et analyses géographique, d’améliorer l’organisation de l’information et de prendre plus rapidement les meilleures décisions. Notre contribution consiste à introduire le SIG comme un nouvel outil de gestion moderne et pertinent dans l’environnement de l’évaluation hydrologique dans le bassin versant. mes de différents thèmes …etc

. En fin les points bénéfiques que peut apporter le SIG :

- Les informations sont stockées de façon claire et définitive ;
- Gérer une multiplicité d’information attributaires sur des objets ;
- Comprendre les phénomènes ;
- Etablir des cartographies rapides ; La réalisation d’un tel projet nous permis d’explorer les capacités du SIG autant qu’un outil d’aide à la décision. Ainsi, il exploitable par n’importe quelle étude concernant le bassin versant du Boussaâda. Comme perspectives, il serait souhaitable de Nécessité de créer un comité du bassin Boussaâda dont les missions sont la surveillance et le con sur les données climatiques surtout la pluviométrie, pour pouvoir faire des prédictions de l’évaluation des stockages d’eau dans les années à venir ;
- Mener des enquêtes approfondies sur la potentialité des eaux souterraine.
- Trôle des ressources hydrologiques ;
- Créer un système d'alerte précoce basé

Références bibliographiques

1. **(Anonyme, 2004)**. Rapport national de l'Algérie sur la mise en œuvre de la convention de lutte contre la désertification, Alger, septembre2004, (en ligne) http://www.unccd.int/cop/reports/africa/ national/ 2004/ Alegria.fer.pdf
2. **ALDOSA, N., LE BIHAN, M., MONIN, M., (2003**). Information, communication, organisation. Bréal Rosny.2eme édition. p.159.
3. **Aubert, G. (1951).** Les sols des régions semi-arides d'Afrique et leur mise en valeur.
4. **(ABIDI, 1979 ; ABIDI & al, 1982 KERMAD,1989;HIRCHE,1995)**
5. **Abdelguerfi, A. (2003).** Evaluation des besoins en matière de renforcement des Capacités biologique en Algérie. Rapport de synthèse. Projet PNUD-MATE. Tome V.
6. **Abdellaoui f. et benchenite a., 2012** – Caractérisation des sols et des eaux d'irrigation Dans deux stations : Bensrour et Maadher (W. M'Sila). Mémoire d'Ingénieure. Université. M'Sila. 62p
7. **ABIDI R., DJEBAILI S. & MEDIOUNI K., 1982.-**La télédétection moyen pour l'inventaire écologique. Application à une zone présaharienne du Sud Ouest Algérien-Biocénoses
8. **Achour H., (1983)**. Etude phytoécologique des formations à Alfa (*Stipa tenacissima*) du sude Oranais wilaya de Saida. Thèse Doct. 3ème cycle. USTHN, Alger.
9. **ACHOUR H.,** 1983.- Etude phytoécologique des formations à Alfa (*Stipa tenacissima*) du Sud Oranais wilaya de SAIDA. *Thèse Doct. 3me cycle. USTHB, Alger,216 p.*
10. **Aidoud A., (1994).** Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie, cas de la steppe d'alpa (*Stipa tenacissima L.*), Paralelo 37,16, pp: 32-42.
11. **Aldosa, N., Bihan, M., Monin, M. (2003).** Information, communication, organisation, 2eme éd.
12. **Aron off, S. (1991).** Geographic Information systems, a management perspective, Ottawa, WDL Publications, 294 p.
13. **Arouche, L., Touil, T .(2018).** Contribution à l'Etude de la Performance de la Station d'Epuration (STEP) de Souk El Tenine Bejaia. A. MIRA.
14. **Bougurra, Guelmine, 2020** Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique, Université de M'sila, Impacts de la dégradation des terres par la désertification dans la commune de Boussaâda.
15. **Bigand, M., Camus, H., Bourey, J., Corbeel, D. (2006).** Conception des systèmes de l'information, modélisation des données, études de cas
16. **Bimonte, S. (2007**). Intégration de l'information géographique dans les entrepôts de données et l'analyse en ligne.

17. **Bied-Charreton, M. (2009).** Sècheresse, désertification et développement en Afrique. Professeur Émérite de l'Université de Versailles Saint Quentin En Yvelines, Président Du Comité Scientifique Français Sur La Désertification, Http://Www. CsfDesertification. Org, Cours de Master2–2007-UVSQ et CERDI, Version, 10(10), 9.

18. **Bazzani, F. (2009).** La lutte contre la désertification pour le développement durable des terres arides. Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID), 103(3), 225–252

19. **BENGUERAI, A. (2011).** Evolution du phénomène de désertification dans le Sud Oranais (Algérie). Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid.

20. **Benderradji, M. E. H., Alatou, D. J., Arfa, A. M. T., & Benachour, K. H. (2006**). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie. New Medit, 4, 15–22.

21. **(Ciheam et al ,2009)** lutter contre la désertification, pages 137a182

22. **(Cornet (2002)** La désertification à la croisée de l'environnement et du développement: un problème qui nous concerne, Johannesburg somment développement durable

23. **(Darkoh, 1998,** The nature causes and consequences of desertification in the drylands of Africa, Land Degradation and development, n°9, pp. 1-20.

24. **C.R.B.T (Centre de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres), 1978.-** Rapport phytoécologique et pastoral sur les Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saida. CRBT, Alger, 256p + ann + cartes.

25. **(Diana.K Davi , L.C. Stringer** (2005): Indigenous 39knowledge and the desertification debate: problematising expert knowledge in North Africa, Geoforum 36 509–524,

26. **(Djaafour, 2019**). État des lieux de la filière pomme de terre dans la région d'El Oued.El Zerey, W., Bachir Bouiadjra, S., Benslimane, M., & Mederbal, K. (2009). L'écosystème steppique face à la désertification: cas de la région d'El Bayadh, Algérie. [VertigO] La Revue Électronique En Sciences de l'environnement, 9(2)

27. **(Darkoh, 1998,** The nature causes and consequences of desertification in the drylands of Africa, Land Degradation and development, n°9, pp. 1-20

28. **Didier, M.(1993**). Guide économique et méthodologique des S.I.G. (Hermès, Éd.). Paris.

29. **DESHAYES M., CHERY J-P.,** 2000.- SIG, définitions et contraintes de mise en place, in Forêt Méditerranéenne , *Tome XXI, n°1, mars 2000, Ed Foresterranée 99. pp67-68.*

30. **Faurie C., Ferra C., Médori P., Dévaux J., et Hemptinne J.L., (2006). Ecologie: Approche** scientifique et pratique. Tec et Doc, Paris, 407 p.

31. **Floch & Floret, 1972).** (1972). Désertisation, Dégradation et Régénération de la Végétation Pastorale de la Tunisie Présaharienne. *Seminar Nat. Désertisation, Déc*.

32. Florina Grecu et *al*., (2019). Les aléas naturels en zones urbaines semi-arides - Étude de cas de Boussaâda (Algérie) Article.

33. **FOODY G.M.,** 2002- Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, vol. 80, p. 185-201.

34. **François, D. (2004).** Les systèmes d'information géographique. P. U. de France, Éd. 2nd éd. Paris.

35. **(J. Hill a, M. Stellmes M & Udelhoven TH & Roder A & Sommer S, 2008,** Mediterranean desertification, and land degradation Mopping related land use change syndromes based on satellite observation, Global and planetary change 64.146-157.

36. **(Greco, 1966**). l'érosion ,la défense et la restauration des sols , et reboisement en Algérie ,232p

37. **GRELOT J-P.,** 1999.- Protection juridique des bases de données géographiques. Le point de vue de l'Institue géographique National, in Bulletin des sciences géographiques. Al SIG 1999. *Séminaires International sur les SIG. n° 4. Ed INC, Alger pp 9-11* **LE HOUEROU H.N. 1975.-** Nature and cause of desertification. Arid plant land resources. Proceedings of the international Arid lands conference on the plant resources. Texas. Techn. University. Editors J.R... Goodin, David K.N. Worthington. Published by International Center of Arid and Semi-Arid Land Studies.T.T.U. Lubbock, Texas.

38. **GRINE, R. (2009).** Les perspectives hydrogéologiques de la cuvette hodneenne. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister en sciences de la terre. Spécialité : Hydrogéologie, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene.130p.

39. **GUMUCHIAN, H., MAROIS, C., et FEVRE V., (2000).** Initiation à la recherche en géographie – Aménagement, développement territorial, environnement. Les presses de l'université Montréal, Québec – Canada.

40. **Hirche, A., Boughani, A., & Salamani, M. (2007).** Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. Science et changements planétaires/Sécheresse.

41. **(H.N. Le Houérou)** Climate change, drought and desertification. J. Arid Environm., 34: 133-185

42. **(Houerou,1985).** La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger

43. **HAMENNI, N .(2011)** mémoire en vue de l'obtention du mémoire de magister en science agronomique .étude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation de SIG , école national supérieure d'agronomie .153p

44. **Houérou, 1968).** La désertification du Sahara septentrional et des steppes limitrophes (Lybie, Tunisie, Algérie

45. **HAMENNI, N .(2011)** mémoire en vue de l'obtention du mémoire de magister en science agronomique .étude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation de SIG , école national supérieure d'agronomie .153p

46. **Hamenni, N., (2011).** Etude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation du SIG. Mémoire de magister en science Agronomiques, option: Hydraulique agricole. Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie. Algérie.

47. **Hemiche M., & Hichar R., & Houichi I., (2018),** Mémoire de Master Académique, Université de M'sila, contribution à l'étude de la contamination eaux souterraines à usage agricole par le nitrate dans la plaine de Bousaâda (sud-algérien).

48. **Le Houérou, H. N. (1995**). Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique. L'homme Peut-Il Refaire Ce Qu'il a Défait, 65–102.

49. **Le Houerou, H., (1969).** La végétation de la Tunisie steppique (Avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Libye). *Ann. Ins. Nat. Rech. Agr*. Tunis, 42 (5), 624 p.

50. **LEGROS, J. P., (1996).** Cartographie des sols. Presses polytechnique et universitaires romandes. Lausanne, p.321.

51. **Ibrahim .N . (2008).** La désertification dans le monde**.**

52. **(Khodja, 2016).** Contrubution à un dignostique des groupements végétaux dans un milieusteppique en désertification. cas de MENKEB BEN HAMED-Taàdmit-Wilaya de Djelfa. université de Djelfa.

53. **Knoepfel, P., Da Cunha, A., P Leresche, J., N. (2005).** Enjeux du développement urbain durable, Transformations urbaines, gestion des ressources et gouvernance. Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR).

54. **(Kaibache A, 2018)** mémoire de l'obtention du Diplôme de Master en Agronomie, thème :Contribution à l'étude du phénomène de désertification dans la région d'Oum Laadham (Sud–Algérois) : recherche d'indicateurs environnementaux et biologiques

55. **Khoudir S, 2012** mémoire de diplôme de magister,Université de M'sila, étude a de la désertification dans la région du Hodna (wilaya de m'sila), p 40.

56. **Kane, n. (2007).** evaluation des besoins prioritaires en matiere de renforcement des capacites dans le cadre de la mise en œuvre desconventions des nations unies sur la lutte contre la desertification, la biodiversite et les changements climatiques en mauritanie. consultant.

57. **Khoudir S, 2012** mémoire de diplôme de magister,Université de M'sila, étude

58. KOUBI, Y., (2018). Cour de système d'information géographique. Université de LARBI BEN M'HIDI. p.1-16.

59.Laurin , R., (1993). Les bases de données en géomatique. Hermès, Éd. Paris.

60.Le Houerou, H, (1951/1969), la Méditerranéen en l'an 2050 : impacts respectives d'une éventuelle évolution climatique et de la démographie sur la végétation. les écosystèmes et l'utilisation des terres : étude prospectives, la méthodologie, VI1, série, p 67.

61.LEGROS, J. P., (1996). Cartographie des sols. Presses polytechnique et universitaires romandes. Lausanne, p.321.

62.(Mainguet, 1990). Aude Nuscia, 2015, mémoire pour Habilitation à Diriger des Recherches Géographie : Désertification et dégradation. Ré-interrogation des concepts à la lumière d'exemples africains, P 16.

63.(Molfetas et Blandin 1981) quelques éléments de réflexions sur la notion d'indicateur biologique. In ; écologie appliqué : indicateur biologiques et techniques d'étude, journée d'études, Grenoble 13-14 novembre, Association Française des ingénieures écologues, Main Villiers P 167-173.

64. Mélanie Réquier-Desjardins, Sandrine Jauffret, Nabil Ben Khatra, in CIHEAM et al, Mediterra 2009, https://www.cairn.info/mediterra-2009---page-137.htm

65.Mabrouk, A., Abbas, Y., Fakiri, M., Benchekroun, M., El Kharrassi, Y., El Antry-Tazi, S., & El Mzouri, E. (2016). Caractérisation phénologique de différents écotypes de cactus (Opuntia spp.) Marocains sous les conditions édapho-climatiques de la région de Chaouia-Ouardigha (Phenological characterization among Moroccan ecotypes of cactus (Opuntia spp.) under soil and . J. Mater. Environ. Sci, 7(4), 1396–1405.

66.Maguire D.J., Goodchild M.F., R. D. (1991). Geographical Information Systems

67.Mate., 2002. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Rapport annuel du Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD), 2002. 140p.

68.Menaa F., & Aissi R., (2020). Contribution à l'étude de la biodiversité et l'écologie des moustiques dans les steppes, essais de lutte. Mémoire de Master Académique, Université de M'sila, P15.

69. Mhacht et Al., 2013. Etude critique sur l'extension urbain de la ville de Boussaâda Mem. Ing-Inst. GTU. M'sila.

70.Nacib Y, (1986). Culture oasiennes Bou Saada, Alger ; Essai d'histoire sociale ENAL, p196

71.Nahal I., (2004). La désertification dans le monde: Causes – Processus – Conséquences - Lutte, L'Hamattan, 150 p.

72. **Nahal I., (2013).** Evaluation d'un projet de lutte contre la désertification cas de la localité d'oued EI Hallouf. Comme de Maamora, wilaya de Saida. Série Master of science n°128.

73. **Nahal, I. (2013).** Evaluation d'un projet de lutte contre la désertification cas de la localité d'oued EI Hallouf. Comme de Maamora, wilaya de Saida.

74. **Nedjraoui D., & Bedrani S., (2008),** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte, Vertigo.

75. **Nedjraoui et Bédrani, 2008** La désertification dans les steppes algériennes: Causes, impacts et actions de lutte. Vertigo-la revue électronique en Sciences de l'environnement, vol .8,n.1, mise en ligne.

76. **Nekiche N., & Bousbaa A., & Chaki Fa., (2020).** Mémoire de Master Académique, Université de M'sila, La diversité biologique dans la forêt de Mergueb.

77. **NOVA, N., (2009).** Les medias géo localisés, comprendre les niveaux espaces numérique. p.17.

78. **Olanrewaju, B., & Saidou, K. (1999).** La désertification : Mythes et réalités, Assemblée générale annuelle de l'association canadienne de rédacteur scientifiques27.20 mais 1999.

79. **Ramade F., (2003)**. Elément d'écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 689 p.

80. **Ramade F., (2012),** Eléments d'écologie, Ecologie appliquée : Action de l'homme sur la biosphère, Dunod, Paris, p792.

81. **Sandrine J., & Nabil B. K., Mélanie R-D., (2009).** Observation du Sahel et du Sahara-OSS-, Comité scientifique français de lutte contre la désertification, pages 137 à 182,

82. **Schvartz (C)., Decroux (J) et Muller (J-C)., 2005.**Guide de la fertilisation raisonnée : grands cultures et prairies, France Agricole Editions

83. **SEBHI (1987).** Série Master of science n°128.

84. **Sharma, K. D. (1998).** The hydrological indicators of desertification. Journal of Arid Environments.

85. **Sinave (E)., 2010**.le défis de la mise en œuvre convention de Nation unies sur la lutte contre la désertification. Statuts of de maitrise en biologie incluant un cheminent de type coure en écologie international.

86. **Sinave, 2010** défis de la mise en œuvre convention de Nation unies sur la lutte contre la désertification. Statuts of de maitrise en biologie incluant un cheminent de type coure en écologie international.

87. **Taibi, Aude Nuscia, 2015,** mémoire pour Habilitation à Diriger des Recherches Géographie : Désertification et dégradation. Ré-interrogation des concepts à la lumièred'exemples africains, P 16.

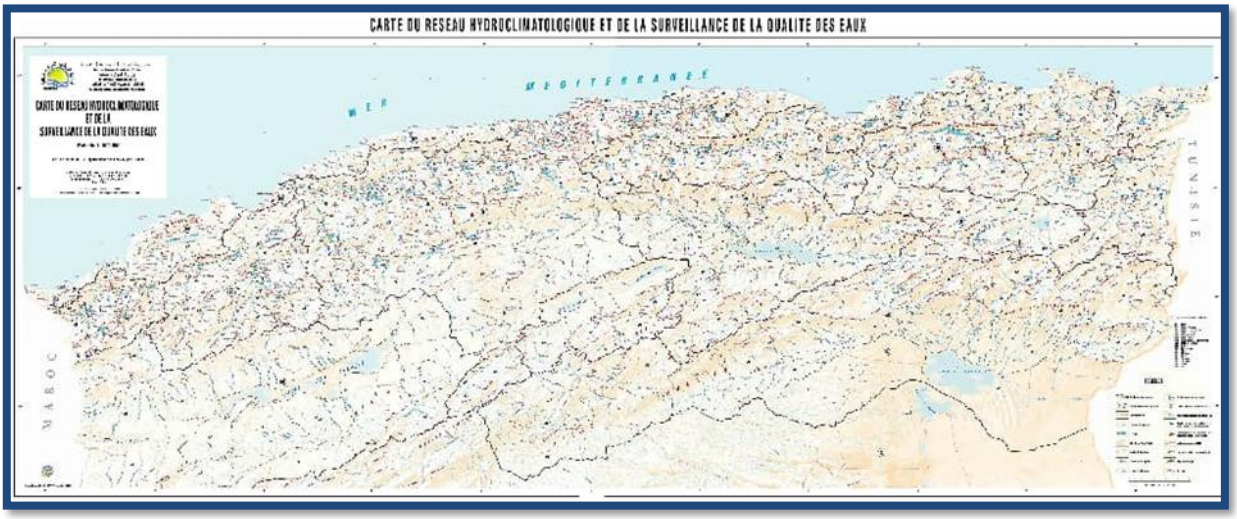
88. **Ulf Helldén, (2008)** A coupled human-environment model for desertification simulation and impact studies, Global and Planetary Change 64 158-168.

89. **Yagoubi, M., & Temar, T. (2008).** L'impact du phénomène de la désertification sur le développement durable. Revue des économies nord africaines.

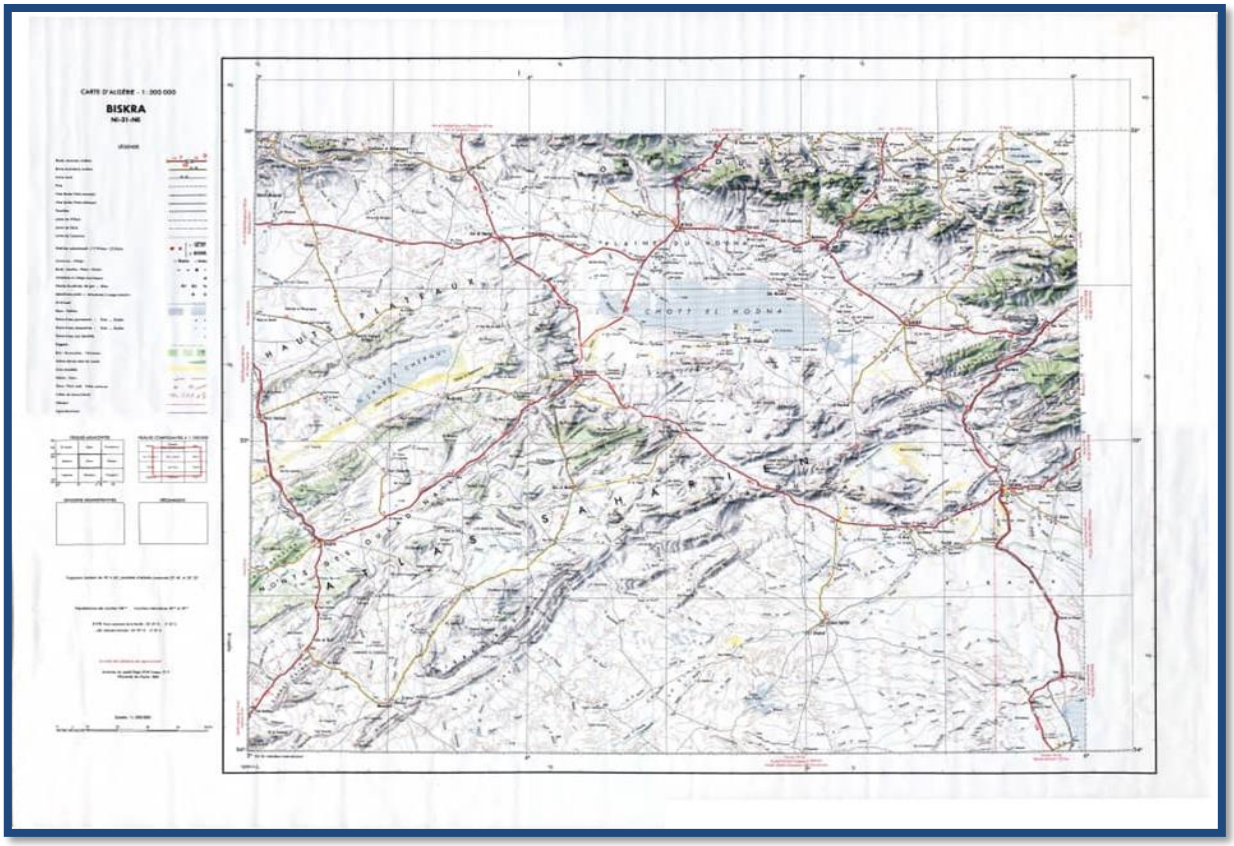
90. **ZERROUKI A& LAZIB N. (2013).**Contribution des images Alsat-2A à l'étude géologique de la région de M'Sila (monts du Hodna).Agence Spatiale Algérienne .info@asal.dz

Annexes

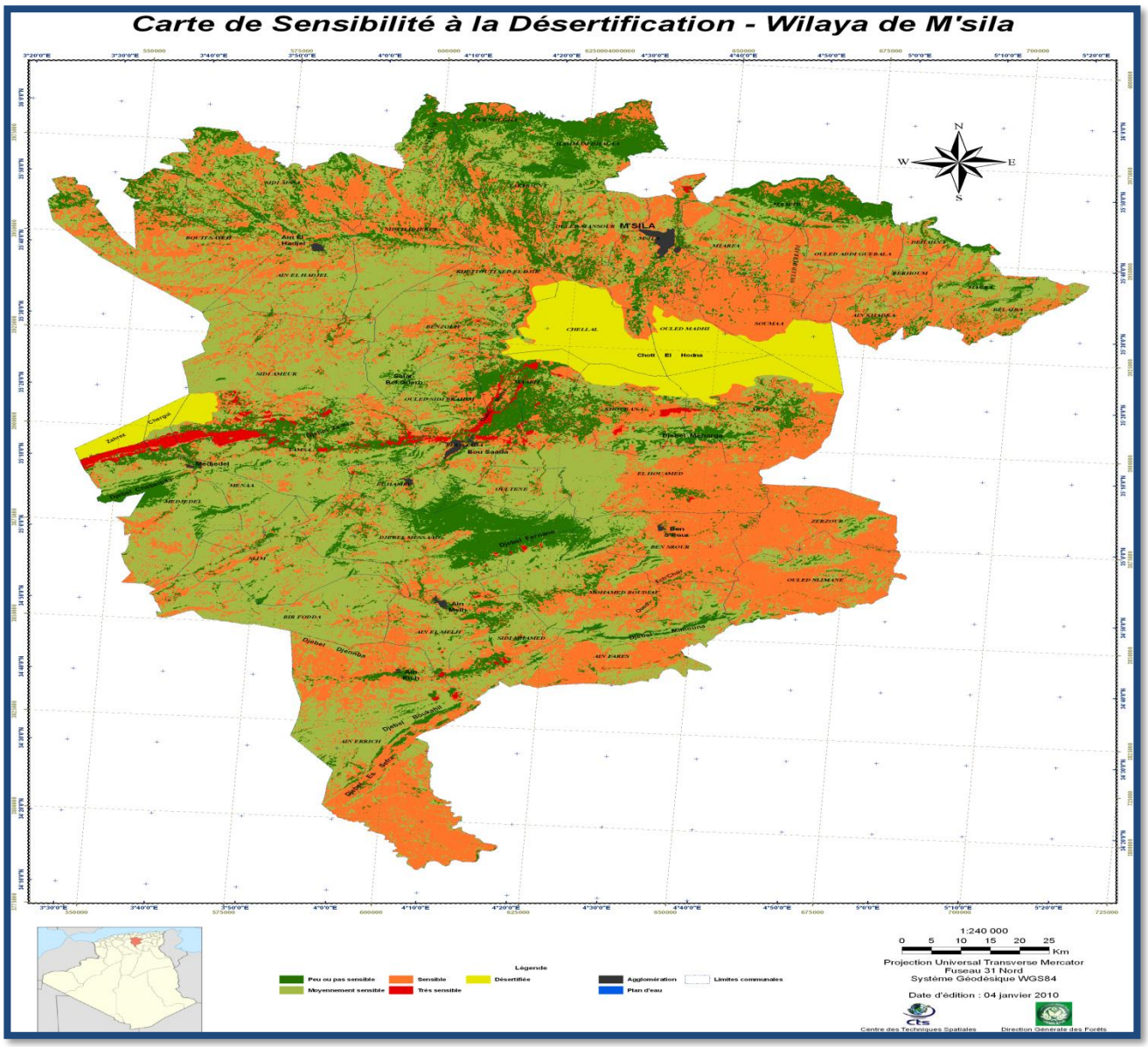
Annexe



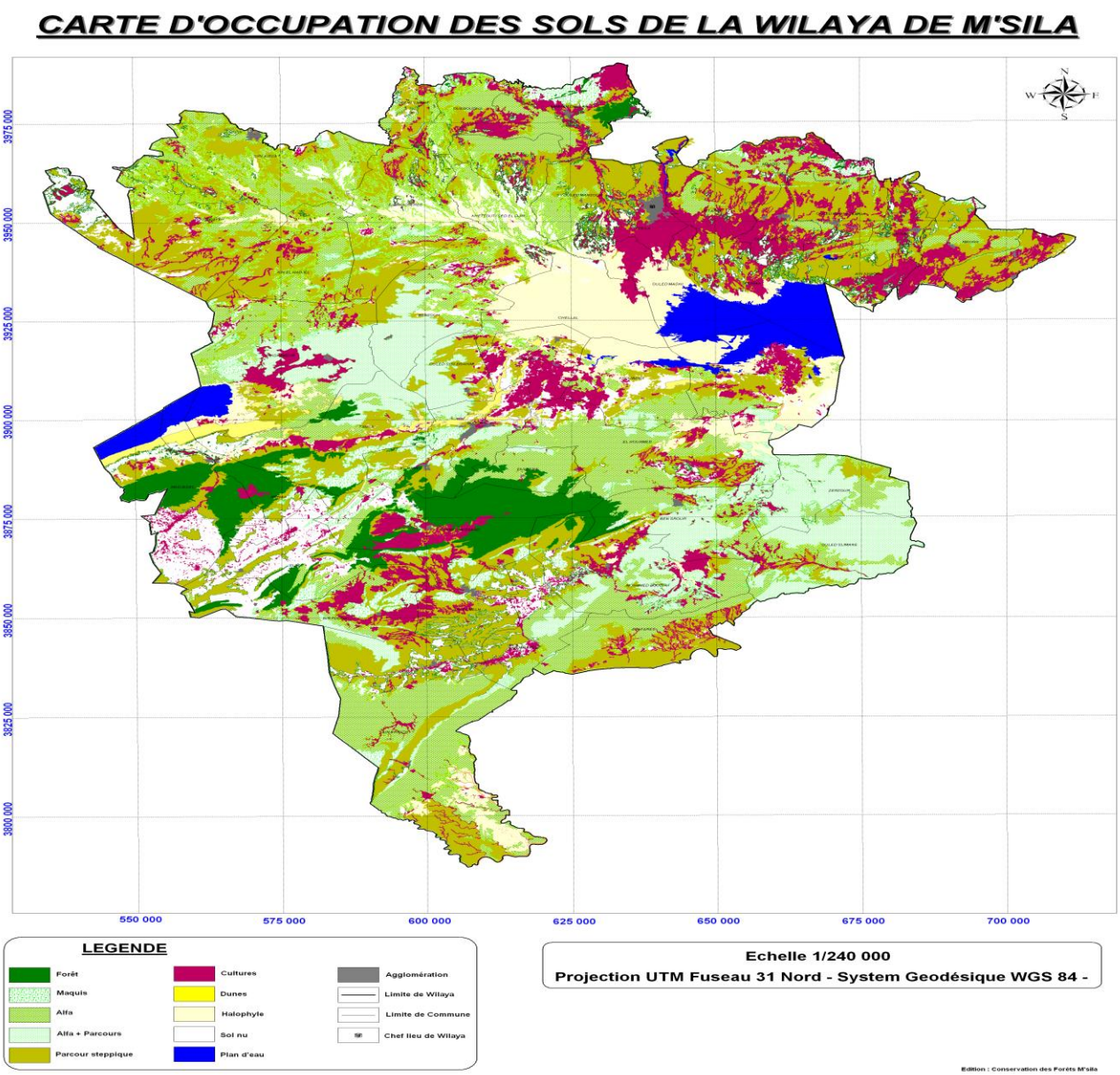
Carte du réseau hydro bioclimatique et de la surveillance de la qualité des eaux, Echelle 1/500 000 (ANRH 2005)



Carte topographique de Biskra, Echelle 1/500 000

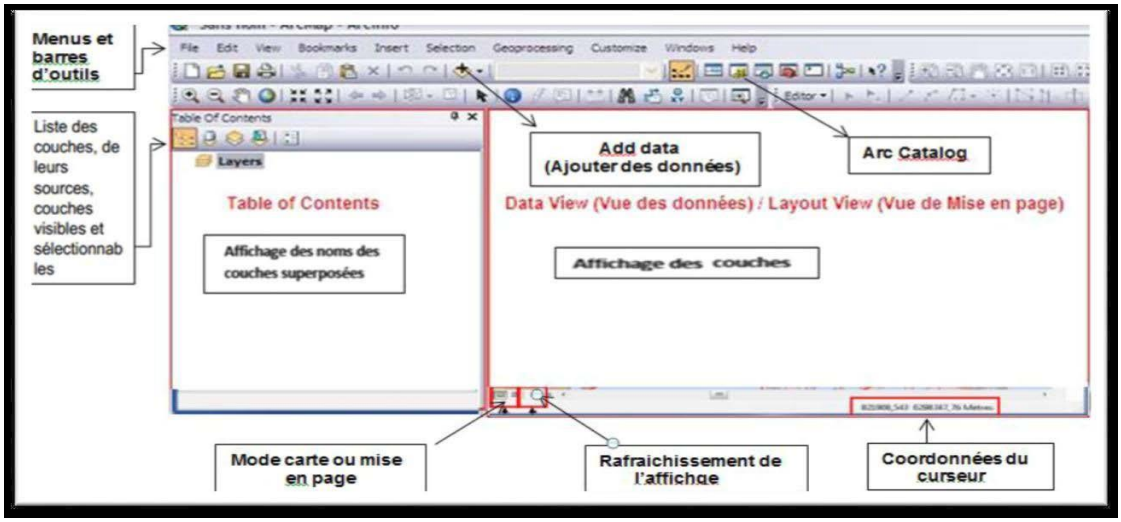


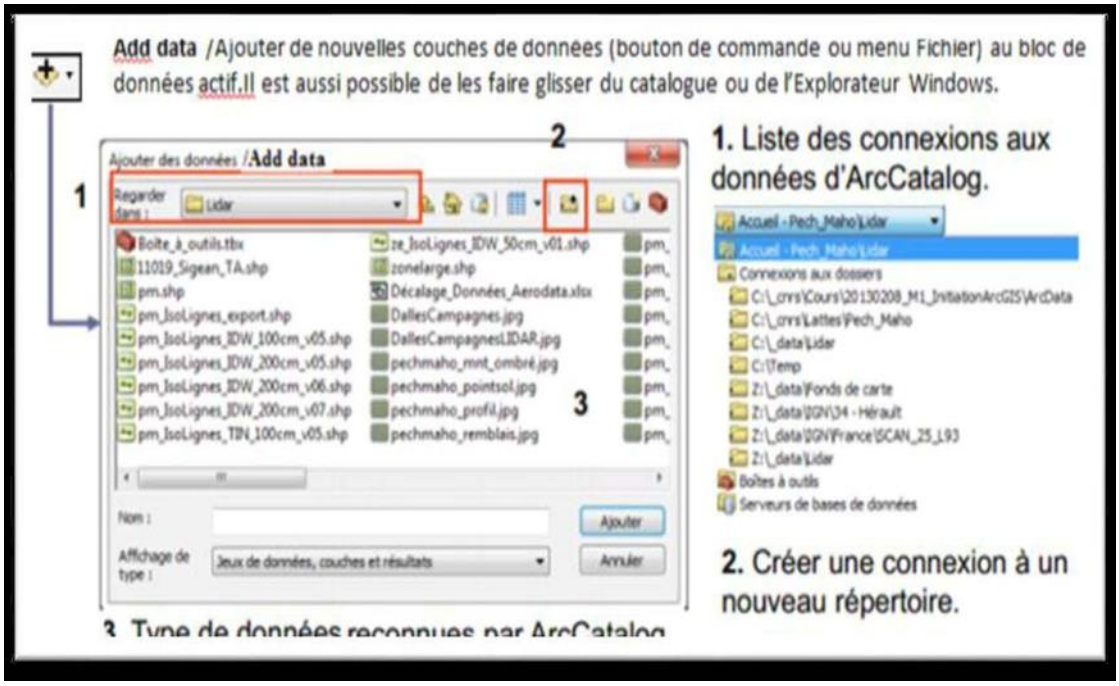
Carte de sensibilité à la désertification de la wilaya de M’sila, Echelle 1/240000 (2010).



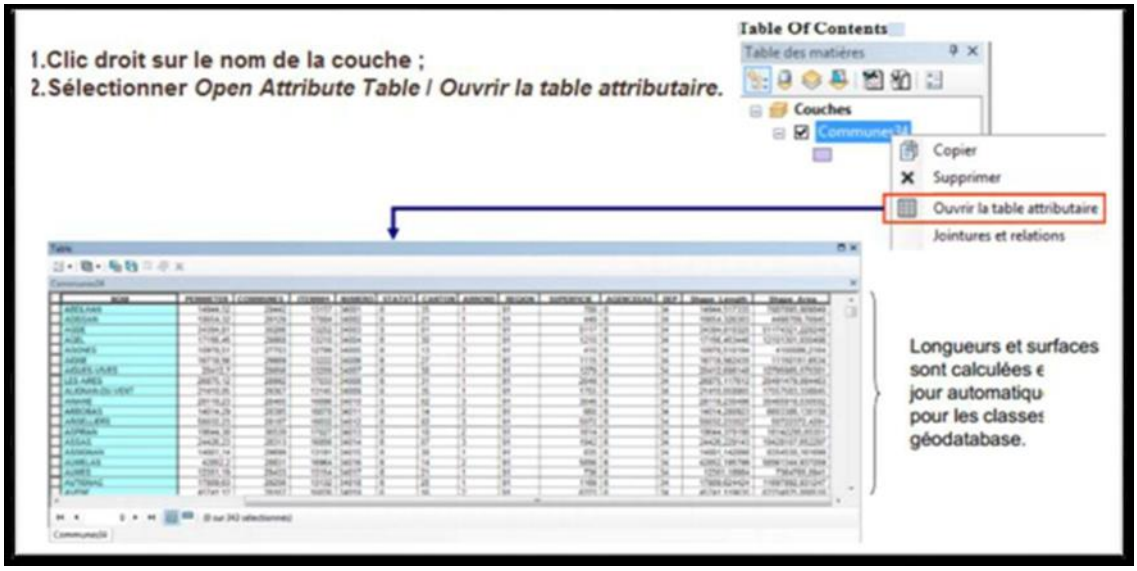
Carte d'occupation de sol de la wilaya de M'sila, Echelle 1/240000(2010).

Présentation de l'interface d'Arc Gis 10.6

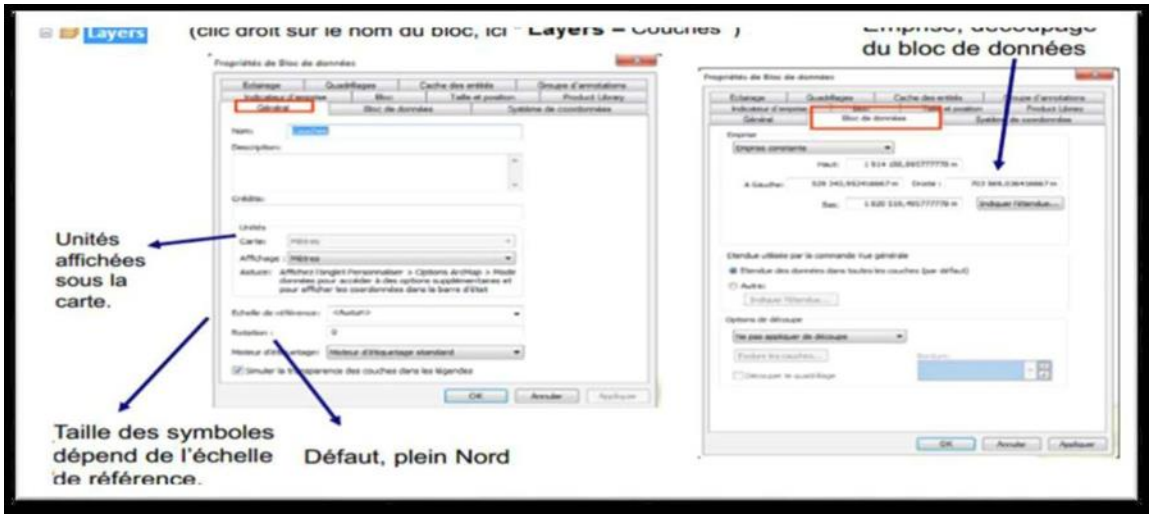


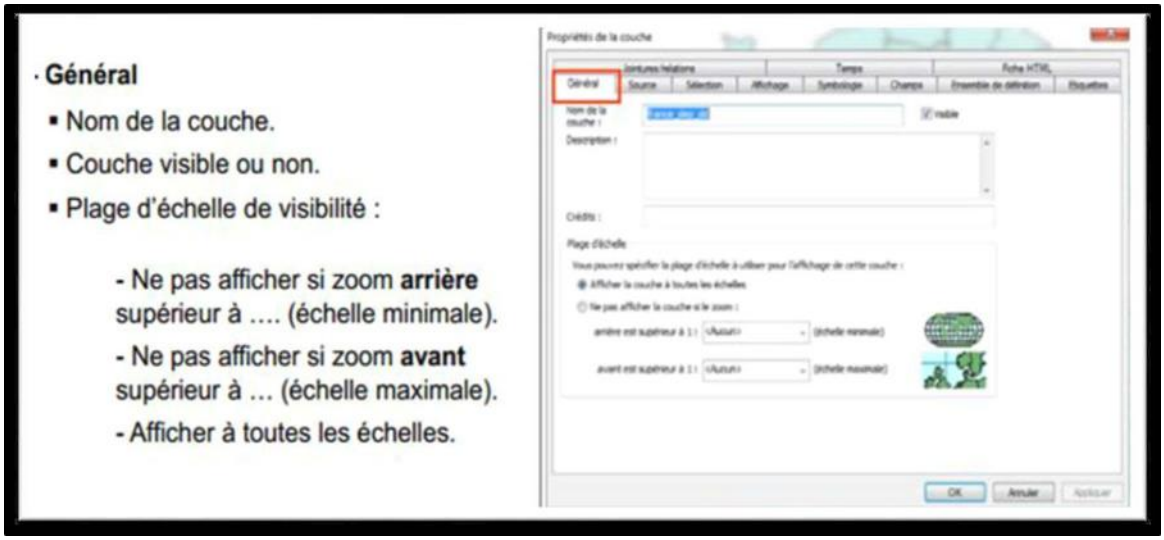


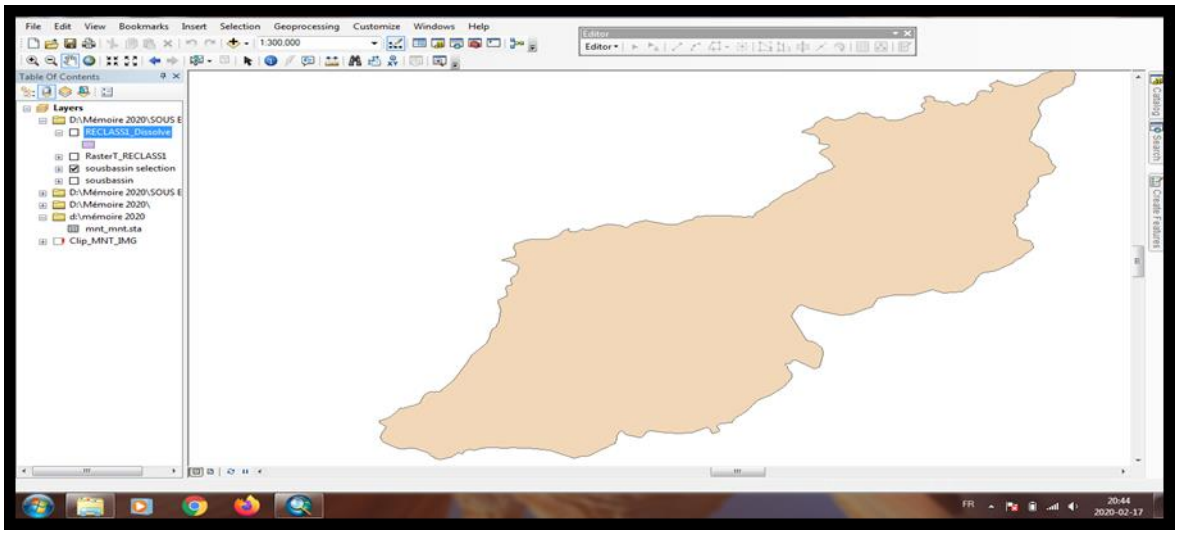
Afficher les données attributaires.



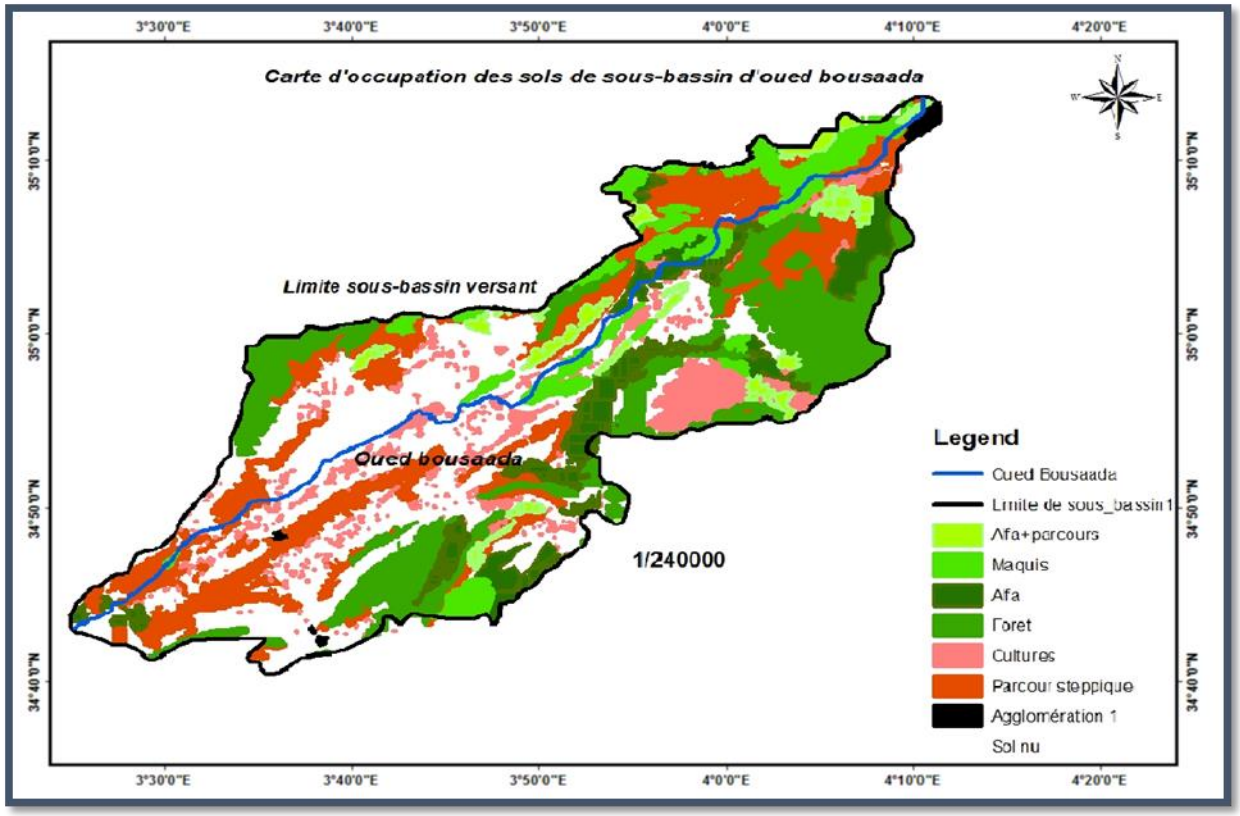
Propriétés d'un document Arc Map.



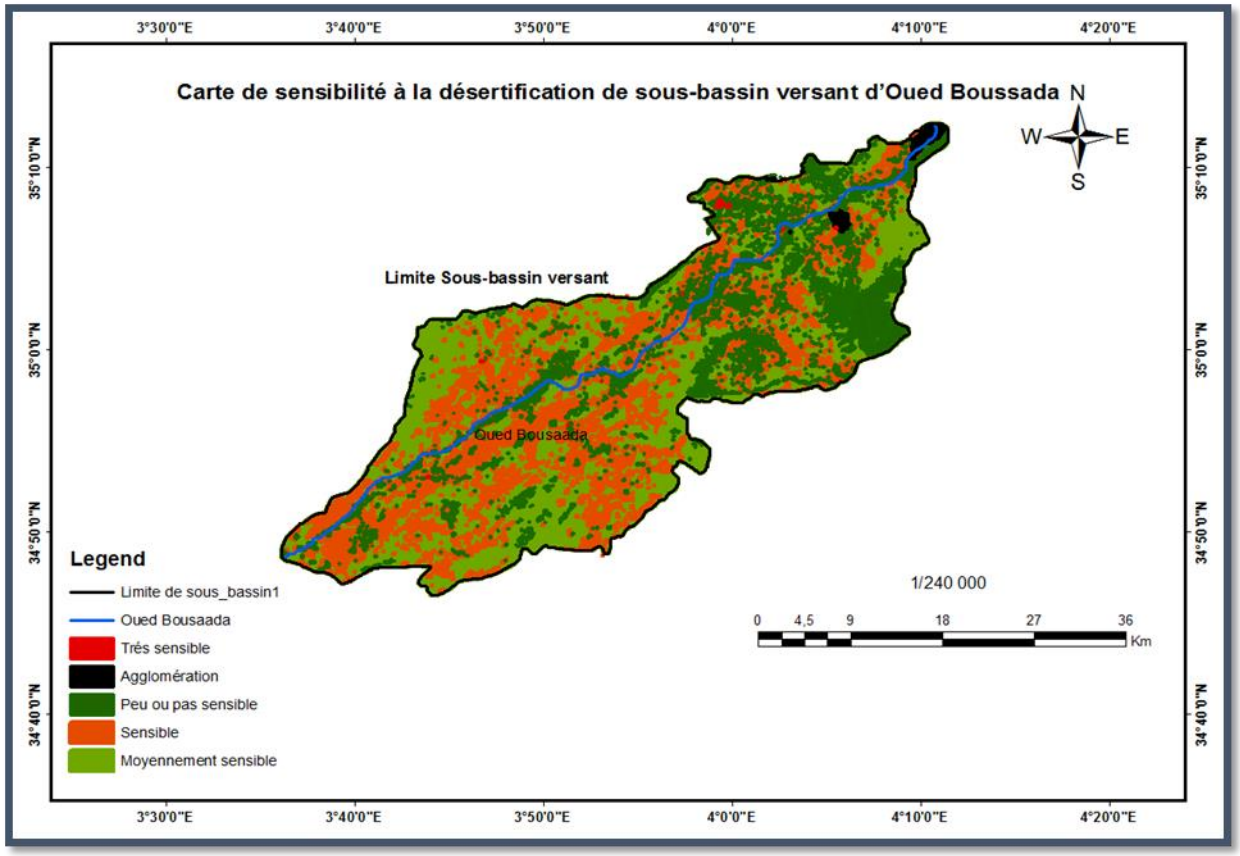




Limite sous-bassin d de l'Oued Boussaâda



Carte d'occupation de sol à la désertification de sous -bassin versant d'Oued Boussaâda



Carte de sensibilité à la désertification de sous -bassin versant d'Oued Boussaâda

تلخيص:

ظاهرة التصحر تؤثر على جميع القارات وخاصة المناطق القاحلة وشبه القاحلة يعد توسعها أهم المشاكل البيئية في عصرنا.

الهدف من هذا العمل هو دراسة وتقييم التصحر على مستوى حوض تجميع المياه لواد بوسعادة بواسطة نظام المعلومات الجغرافية, حيث تعتبر هذه التقنية المعلوماتية وسيلة لتمثيل وتحليل جميع العناصر التي تخص البيئة باعتبار منطقة دراستنا منطقة سهبية شبه جافة.

منهجية عملنا تمثلت في خلق قاعدة ونماذج للبيانات تخص ظاهرة التصحر واستخدام اراضي في شكل خرائط موضعية وبيانات اخرى باستخدام البرنامج (Arc Gis) اعتمادا على معطيات مقدمة من طرف كل من الوكالة ADE ومحافظة الغابات لولاية المسيلة.

كلمات الدالة :التصحر , حوض مصب لواد بوسعادة , نظام معلومات الجغرافية ,قاعدة بيانات .

Résumé :

Le phénomène de la désertification affecte tous les continents essentiellement les zones arides et semi-arides. Son expansion est un des problèmes environnementaux majeurs de notre époque.

L'objectif de ce travail est d'étudier et d'évaluer la désertification au niveau du bassin de captage de l'eau de l'Oued Bousaâda, ou cette technologie de l'information est un moyen de représenter et d'analyser tous les éléments qui se rapportent à l'environnement compte tenu de la zone de notre étude est une zone de steppe semi-aride.

La méthodologie de notre travail a consisté à créer une base de données (BD) sur le phénomène de désertification et d'occupation des sols sous forme de cartes locales et d'autres données à l'aide du programme (Arc Gis) à partir des données fournies par l'Agence ADE et le Gouvernorat Forestier de l'Etat de M'sila.

Mots clé : Désertification, B .Versant d'oued Boussaâda, BD, SIG.

Summary:

The phenomenon of desertification affects all continents, especially arid and semi-arid areas ,Its expansion is the most important environmental problem of our time.

The objective of this work is to study and evaluate desertification at the level of the water harvesting basin of Oued Bousaâda, where this information technology is a means of representing and analyzing all the elements that pertain to the environment, given that the area of our study is a semi-arid steppe area.

The methodology of our work consisted in creating a database and database (**DB**) on the phenomenon of desertification and land use in the form of local maps and other data using the program (**Arc Gis)** based on data provided by the Agency ADE and the Forest Governorate of the State of M 'sila.

Key Words: Desertification, Boussaâda Water shed, GIS, DB.