

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDÈS
FACULTE DE SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme de master

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

**Étude diachronique des changements d'occupation du sol
par télédétection et système d'information géographique
dans la Wilaya de Djelfa cas de Gultet-Es-Stel (1988-2019)**

Réalisé par :

Mlle SAADOUDI Aya

Soutenu publiquement, le : 15 /10/2020, devant le jury composé de :

Mme BENHABILES K.	Maitre Assistante classe A	à l'UMBB	Présidente
Mr AMGHAR F.	Maitre de conférences A	à l'UMBB	Promoteur
Mr BENZINAH S.	Maitre de conférences B	à l'USTHB	Examineur

Année universitaire 2019/20

Remerciements

Au terme de ce travail, je ne manque d'adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Mes premières reconnaissances sont adressées à mon promoteur, Monsieur Amghar Fateh Karim,

Je voudrais également remercier les membres de jury, pour avoir bien voulu lire, commenter et débattre mon travail, madame Benhabiles Krenfla en tant que présidente et monsieur Benzihah Said en qualité d'examineur.

Mes remerciements et mes reconnaissances s'adressent aussi à tous les enseignants de la spécialité biodiversité et environnement .

Enfin, je tiens à remercier tous mes amis et mes collègues qui m'ont aidés et encouragés pour réaliser ce travail ‘

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui me

Sont les plus chers au monde:

A ma mère SEBTI FATIHA

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction Général..01

Chapitre 01 : Généralité

A. La Désertification dans le monde.....03

B. UNFCCC et enjeux liés à la vulnérabilité et à l'adaptation aux changements climatiques.....05

a] Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification.....05

2. La désertification en Algérie.....05

A. Désertification dans la steppe Algérienne.....06

B. Causes de la désertification en Algérie.....06

a] La sécheresse.....06

b]. Facteurs anthropiques.....08

c] Diminution de la production des parcours steppiques.....10

II Les systèmes d'informations géographiques (SIG).....10

A. L'information géographique.....10

B. Définition des SIG.....10

2. Les modes de représentation de l'information géographique dans un SIG12

A. Le mode raster.....12

B. Le mode vecteur13

3. Définition de la Télédétection.....13

A. Le principe de base de la télédétection.....14

B. Acquisition de données de télédétection.....14

a. La télédétection est dite passive.....14

b. La télédétection est dite active	14
c. Les interactions rayonnement - matière : réflexion et absorption.....	15
1- La réflexion	15
2- L'absorption	15
4. Propriétés spectrales de quelques surfaces naturelles.....	15
5. Détections des changements d'occupation des sols par les classifications des images satellitaires.....	16
A. Classification non supervisée.....	16
B. Classification supervisée.....	16
6. L'utilisation intégrée de la télédétection par satellite pour les zones sèches.....	16
7. Évaluation de la désertification des sols et de la végétation par les images satellitaires.....	17
8. Indicateurs majeurs de la désertification accessibles par télédétection.....	17
et les politiques de l'État dans la steppe en Algérie.....	17
1. Évolution de systèmes de production agro-pastoraux face à dégradation des parcours .	
A. Modification dans l'organisation sociale tribale (Arch) et nomadisme.....	18
B. Encouragement à l'élevage et reconstitution du cheptel-Dominance et début de concurrence.....	18
C. Pression et concurrence sur les terres des parcours et extension de la céréaliculture aléatoire.....	18
2. Évolution de la mobilité des éleveurs dans les parcours steppiques.....	19
3. Évolution de l'appropriation des terres des parcours steppiques	20
Chapitre 02 :Cadre physique	
I. Caractéristiques de la zone d'étude Gueltet-Es-Stel.....	21
1. Localisations géographiques de la zone d'étude Gueltet-Es-Stel	21
2. Altitude	22
2.1. Relief et morphologie	23
3. Géologie de la zone Geultet es-stel	23
4. Pédologie.....	24

5. Géomorphologie	25
a] Les dunes anciennes à matériaux non gypseux	25
b] Les dunes actuelles ou vives présentées par sont	25
b-1] Les cuvettes ensablées	25
b-2] Les voiles sableux	25
b-3] Les nappes de sables	25
b-4] Les microdunes	25
b-5] Les barkanes	25
b-6] Les nebkas	25
6. Hydrographie dans la zone Geultet Es-stel	25
6.1. Les Oueds à écoulement pérennes	26
6.2. Les Oueds à écoulement spontané	26
6.3. Les nappes phréatiques	26
7. Cadre climatique et bioclimatique	27
7.1. Les précipitations	27
7.1.1. La Pluviométrie moyenne mensuelle.....	27
7.1.2. Les précipitations moyennes annuelles	28
7.1.3. le régime saisonnier	28
7.2. les températures	29
7.3. les autres éléments du climat	31
7.3.1. Le gèle	31
7.3.2. Le vent	31
7.3.3. Évapotranspiration potentielle (ETP) et réelle (ETR).....	31
7.4. Synthèse climatique	32
7.4.1- Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gausson	32
7.4.2- Quotient pluviothermique d'EMBERGER	33
7.5. Notion de bilan d'eau	34

7.5.1. Bilan d'eau de la station de Djelfa (1985-2015).....	34
8. Végétation de la zone d'étude.....	35
8.1. Les zones agricoles	36
8.1.1. Les zones ensablées	37
8.1.2. Les zones forestières	37
8.1.3. Plantations pastorales d'Atriplex ssp.	36
Chapitre 03 :Démarche méthodologique	
I. Description de la démarche du travail.....	37
I.1 Réalisation des cartes d'occupation des sols et de dynamiques de ses unités.....	37
I.2. Matériel utilisé pour la classification supervisée.....	37
I.2.1. Les images satellitaires zone Gueltet-Es-Stel	37
I.2.2. Les cartes	37
I.2.3. Les tableaux LCM par logiciel TerrSet	37
I.2.4. Les graphes de population par GEE	37
I.3. Outils de travail.....	37
I.3.1. Traitement de l'image satellitaire, choix des canaux et des point d'appui	37
I.3.2. La réalisation de carte d'occupation des sols	37
I.3.3. La validation des points d'appui et réalisations des cartes d'occupation des sols I.3.4. Classification supervisée pour l'image 2019	37
II Logiciels de télédétection et SIG.....	38
II .1.1. Définition des SIG	39
II.1.2. Définition de la Télédétection	40
II.2. Normalized Difference Vegetation Index Ndvi	41
II.2.1. définition	41
II.2.2 Utiliser les images LandSat dans ArcGis (ArcMap) pour le NDVI.....	41
II.2.3. Création d'une image composite à partir des différentes bandes.....	42

II.2.4. Calcul et affichage du NDVI.....	43
II.2.5. Création d'une symbologie personnalisée pour l'affichage du NDVI.....	43
II.2.6. Indice de Végétations.....	45
III. TerrSet : Land Change Modeler dans TerrSet Vue d'ensembl.....	46
VI . Google Earth-Engine (GEE)	47
VI.1. Données de télédétection	47
VI.2. Défis du traitement du Big-Data	47
VI.3. Qu'est-ce que GEE?(Fig. 25).....	47
VI.3.1 Collections d'images dans GEE (Fig. 26 ; 27).....	47
IV.4. Classifications et Machine Learning (l'apprentissage automatique)	48
VI.4.1 Classification Supervisé	49
VI.4.2. CART Algorithme	49
VI.4.2.1. Définition CART	50
VI.4.2.2. Applications de Classification CART	50
VI.4.2.3. Mesures de précision	51
VI.4.2.4. Statistiques de précision Kappa	52
Chapitre 04 :Résultat et décussions	
L'indice de végétation par différence normalisé, (NDVI).....	57
Conclusion Général.....	59
Résumé	

Liste des figures

<i>N° de figure</i>	<i>Titre de figure</i>	Page
Figure n° 01 :	La dégradation des sols dans le monde	04
Figure n° 02 :	Évolution des moyennes des précipitations annuelles en fonction de la référence année humide Wilaya de Djelfa (1975-2014)	08
Figure n° 03 :	carte de Répartition de l'occupation des terres (Agriculture, forêts et défrichements).	08
Figure n° 04 :	Évolution de l'effectif ovin national depuis 1987.	09
Figure n° 05 :	Structuration de l'information géographique en couches.	11
Figure n° 06 :	Mode raster	12
Figure n° 07 :	Mode vecteur	13
Figure n° 08 :	Le principe de la télédétection	14
Figure n° 09 :	Propriétés spectrales de quelques surfaces naturelles.	15
Figure n° 10 :	Carte Déplacement des éleveurs dans le passé (1976).	19
Figure n° 11 :	Localisation géographique de Gueltet-Es-Stel (W. Djelfa)	21
Figure n° 12 :	carte d'altitude de wilaya Djelfa cas Gultet es-stel	22
Figure n° 13 :	Présentation des reliefs de l'Algérie	23
Figure n° 14 :	Carte de Geologie de la zone de Geultet es-stel	24
Figure n° 15 :	Carte hydrologique de Wilaya Djelfa : cas de Geultet esstel	26
Figure n° 16 :	Pluviométrie moyenne mensuelle de la station de Djelfa (1971-2019)	27
Figure n° 17 :	Pluviométrie moyenne annuelle de la station de Djelfa (1971-2019)	28
Figure n° 18 :	Répartition saisonnière des précipitations	29
Figure n° 19 :	Moyennes mensuelles des températures moyennes (T. moy), minimales (Moy Tmini) et des températures maximales (Moy Tmax) de Djelfa pour la période 1975- 2019.	30
Figure n° 20 :	Évapotranspiration de wilaya Djelfa année 1985-2014	32
Figure n° 21 :	Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausсен de la station de Djelfa	33
Figure n° 22 :	Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent de la station de Djelfa (1985-2015).	35

Figure n° 23 :	Résultat Ndvi	44
Figure n° 24 :	méthodologie suivie sur NDVI	45
Figure n° 25 :	Google Earth-Engine (GEE)	47
Figure n° 26 :	Collections d'image dans le GEE	48
Figure n° 27 :	L'interface du programme GEE	48
Figure n° 28 :	Carte d'occupation de la zone d'étude pour l' année 1988	55
Figure n° 29 :	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude pour l' année 2019	55
Figure n°30 :	Représentation graphique des pertes et gains Sol nu - Végétation	56
Figure n°31 :	Représentation graphique des pertes et gains Forêt - Urbanisation	57
Figure n°32 :	Carte NDVI de Geultet Esstel (1988-2019)	58

Liste des tableaux

Tableau	Titre de tableau	Page
Tab. n° 01 :	Classes des états des parcours	06
Tab. n° 02 :	Variation des températures moyennes mensuelles en (°C)	30
Tab. n° 03 :	Bilan hydrique selon la méthode de THORNTHWAITE de la station de Djelfa.	34
Tab. n° 04 :	Surface des unités étudiés de la carte d'occupation Geultet Es-Estel1988 - 2019	53

ABREVIATION

SIG : système d'information géographique

DFR : Département de Formation et de Recherche

EMC : Evaluation Multi-Critère

ESA : Ecole Supérieure d'Agronomie

FAO : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

FOREN : Eaux, Forêts et Environnement

INS : Institut National de la Statistique

LANDSAT : Land Satellite (Satellite d'observation de la terre)

LCM : Land Change Modeler (Modeleur de changement des sols)

MINEF : Ministère des Eaux et Forêts

MNT : Modèle Numérique de Terrain

OS : Occupation du sol

SPOT : Système Probatoire d'Observation de la Terre

SRTM : Shuttle Radar Topography Mission (Mission du radar de la navette topographie)

Tc : Taux de changement

Tg : Taux de variation global

TM : Thematic Mapper (Carte thématique)

USGS : United States Geological Survey (Institut d'études géologiques des Etats-Unis d'Amérique)

CNTS : Centre national des techniques spatiales d'Arzew

ASAL : Agence Spatiale Algérienne.

RFU : réserve facilement utilisable

CC D : la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification

NDVI : normalized difference vegetation index

UNCCD : La Convention des Nations Unies pour la Lutte contre la Désertification

Introduction Générale

Les problèmes économiques et environnementaux causés par la désertification sont désormais universellement connus. Des efforts sont actuellement entrepris à l'échelle mondiale pour en éliminer les causes, notamment en palliant à la dégradation des ressources naturelles dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'adoption de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CCD), le 17 juin 1994 à Paris - Convention ouverte à la signature en octobre de la même année et entrée en vigueur le 26 décembre 1996.

Les pays de la sous-région du Maghreb Arabe, qui ont participé activement à sa préparation, l'ont tous ratifiée en 1995-96 (UMA, 1999).

La désertification, en Algérie, concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi-arides qui s'étendent du sud de l'Atlas saharien formant un ruban de 1000 km de long sur 300 km de large, réduite à moins de 150 km à l'est. Avec une superficie de 36 millions d'hectares dont 20 millions d'hectares sont des parcours (Mohammedi et al., 2006), ce territoire, dominé par des activités d'élevage ovin, avec un cheptel avoisinant les 28 millions de têtes en 2019 (MADR, 2020), occupe une place importante en Algérie. En effet sa contribution est de plus de 50 % dans la production nationale de viandes rouges et de 40 à 50% dans le produit intérieur brut agricole (MADR, 2020).

L'élevage ovin ainsi que le développement de l'agriculture, surtout la céréaliculture en sec et en irriguée, sur les parcours steppiques algériens, exercent de fortes pressions sur les ressources naturelles. A ceci s'ajoute le processus d'appropriation privative informelle qui est ancien dans la steppe et son intensité a augmenté avec la pression démographique et la raréfaction des ressources (Bédrani et al., 1995 ; Bourbouze, 2006).

La zone d'étude, Gultet-Es-Stel située dans wilaya de Djelfa illustre bien cette réalité, dans la mesure où l'évolution de l'occupation de l'espace montre une extension spatiale par l'activité agricole au détriment des parcours, avec des problèmes récurrents de désertification. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude dont l'objectif est d'identifier les principaux risques et perturbations qui affectent la zone de Gultet-Es-Stel en évaluant les changements dans l'occupation du sol par les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection, sur une période relativement longue 31 ans (1988 à 2019).

L'équilibre de l'écosystème steppique algérien a été longtemps assuré par une harmonie rigide entre l'homme et le milieu dans lequel il vit, et des pratiques compatibles avec la durabilité et la régénération des ressources naturelles. Cet équilibre était d'origine ancestrale. Face à l'accroissement de la population humaine et animale sur un espace vital de plus en plus

réduit, on assiste à une surexploitation de ce qui reste des parcours steppiques et cette situation n'est pas restée sans impacts sur les pratiques des populations pastorales.

On constate réellement une disparition progressive du pastoralisme, l'ancien mode de gestion des espaces pastoraux qui est un système d'élevage extensif basé sur les grands déplacements réguliers, dans le temps et dans l'espace. (Bourbouze et El Aich, 2000).

Le phénomène de dégradation qui se traduit par une importante régression du couvert végétal, causé par la sécheresse, le surpâturage et les défrichements (Nedjraoui et Bedrani, 2008).

A la suite de l'accroissement démographique et à la sédentarisation d'une partie croissante de la population steppique qui a évolué de 10.6 % à 12.3 % par rapport à la population totale de l'Algérie de 1977 à 1998 (Nedjraoui et Bedrani, 2008). On assiste à une extension rapide de l'agriculture, au détriment des meilleures zones pastorales dont la végétation naturelle est détruite par des moyens mécaniques. Ceux-ci a provoqué la dénudation du sol, augmentant fortement l'érosion, appauvrissant la terre par les cultures ou la stérilisent par salinisation dans les périmètres irrigués. Le surpâturage est l'une des causes humaines de désertification, au même titre que l'extension des cultures et l'exploitation du bois. « C'est l'homme qui crée le désert, le climat n'est qu'une circonstance favorable » (Le Houérou, 1969). Ce constat nous mène à poser notre problématique : quelle est l'évolution des systèmes écologiques de Gueltet-Es-Stel ?

Notre mémoire s'articule autour de quatre chapitres :

- Le premier chapitre expose la recherche bibliographique portant sur la désertification, la télédétection et les SIG ainsi que l'évolution des systèmes de production agro-pastoraux et les politique de l'État dans la steppe.
- Le deuxième chapitre exprime le cadre physique de la zone d'étude.
- Dans le troisième chapitre nous présentons la démarche méthodologique.
- Le quatrième chapitre est consacré résultats et discussions.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

I. La Désertification

La désertification a lieu dans les zones sèches du monde entier. Quelques 10 à 20 % de toutes les zones sèches pourraient déjà être dégradées, soit entre 6 et 12 millions de kilomètres carrés. La proportion exacte de zones sèches actuellement sujettes à la désertification est difficile à estimer, principalement parce que les rares évaluations effectuées jusqu'ici prennent en compte des données différentes conduisant à une très large palette d'estimations (EEM, 2005). La Convention des Nations Unies pour la Lutte contre la Désertification (UNCCD, 1994) a donné une définition retenue au niveau international : « le terme désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ».

La dégradation des terres est un phénomène qui conduit à une perte permanente de la productivité biologique et économique des écosystèmes et des agro-écosystèmes. Elle concerne tous les types de milieux exploités par les sociétés humaines pour assurer leur moyen de subsistance.

Les causes de la désertification sont d'une part des phénomènes de sécheresse prolongées et d'autre part des modes d'exploitation des ressources naturelles qui conduisent à leur surexploitation, exacerbent leur fragilité et peuvent provoquer des situations d'irréversibilité (Bied-charreton, 2009).

A. La Désertification dans le monde

Dans les zones arides et semi-arides, le bilan hydrologique annuel est négatif, ce qui signifie que l'eau s'évapore plus qu'elle ne tombe au cours d'une année. Par conséquent, l'eau est, la plupart du temps, peu abondante et les implantations humaines peuvent se regrouper autour des rares sources d'eau, telle que les rivières, sources, puits, points de captage d'eau, réservoirs et oasis. La population totale des zones sèches à l'échelle mondiale est de 2 milliards de personnes, hors zones hyperarides (désert). Ainsi, les zones sèches accueillent actuellement presque un tiers de la population mondiale. (UNCCD,2011)

- Les zones sèches accueillent 50% du bétail mondial et la majorité de la population des zones sèches du monde se situe dans des pays en développement. Ces zones sèches représentent 46 % pourcent du stock de carbone de la planète et représentent 44% des terres cultivées. Les espèces de plantes endémiques représentent 30 % des plantes cultivées actuellement. Les zones sèches les plus importantes se situent en Australie, en Chine, en Russie, aux Etats- Unis et au Kazakhstan, au moins 99 % de la surface de six pays (Botswana, Burkina Faso, Irak,

Kazakhstan, République de Moldavie et Turkménistan) sont considérés comme des zones sèches (UNCCD, 2011).

L’Afrique et l’Asie sont les plus touchées par la désertification : Afrique au nord du Sahara, Sahel et Corne de l’Afrique, de larges parties de l’Afrique de l’Est et australe ; l’Inde, le Pakistan, une partie de la Chine, les pays de l’Asie centrale et du Moyen-Orient ; le Mexique, une partie du Brésil, de l’Argentine, du Chili. Les régions menacées correspondent à 40 % des terres disponibles de notre planète. En 2000, 70 % des terres arides étaient soumises à ce processus de désertification, soit 3,6 milliards d’hectares. Cela concerne plus d’un milliard de personnes. Les pays menacés ont des économies qui reposent essentiellement sur leurs ressources naturelles renouvelables et leur PIB est très sensible aux épisodes de sécheresses prolongées et à la dégradation de ces ressources (Bied-Charreton, 2009), la carte 1 dessous extraite du projet GLADIS, montre la gravité de la dégradation des sols de l’Afrique en 2011.

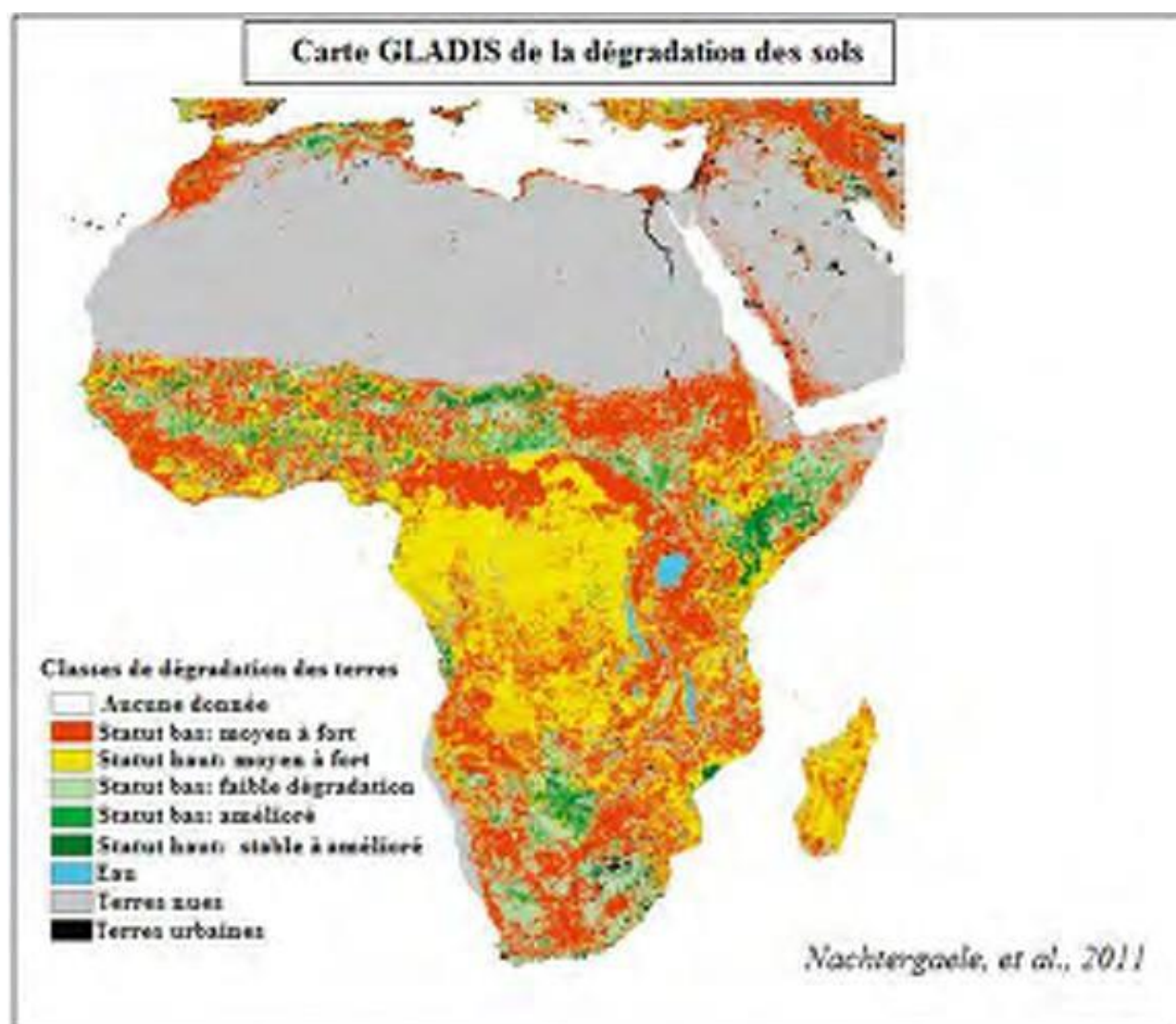


Figure 01 : La dégradation des sols dans le monde. *Source : ELD & UNEP (2015).*

B. UNFCCC et enjeux liés à la vulnérabilité et à l'adaptation aux changements climatiques

L'UNFCCC traite ouvertement des enjeux liés à la vulnérabilité et à l'adaptation aux changements climatiques, l'UNCCD évoque le besoin de développer des stratégies pour prévenir ou minimiser les impacts négatifs des sécheresses, et l'UNCBD souligne les impacts négatifs des changements climatiques sur la biodiversité. Les trois conventions ont pour objectif commun la promotion d'une trajectoire de développement durable que ce soit en luttant contre la désertification et en atténuant les effets négatifs de la sécheresse grâce à l'utilisation durable de la diversité biologique ou encore en atténuant les effets des changements climatiques par la mise en œuvre de stratégies d'adaptation appropriées. Leur mise en synergie est plus que nécessaire, d'autant plus que le climat d'un pays influence directement les caractéristiques écologiques de ses terres et de ses eaux et, réciproquement la façon dont ses habitants gagnent leur vie et organisent leur mode de vie (UNFCCC, In Al Hamndou et Requier-Desjardins, 2008).

Les trois principales conventions internationales issues du processus de Rio traitant des questions d'environnement sont la convention cadre sur les changements climatiques, la convention sur la diversité biologique et la convention sur la lutte contre la désertification (Bied-charreton, 2009).

a] Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification

Cette convention, rédigée et ratifiée en 1994 à la suite du Sommet de Rio, est appelée à attirer l'attention sur la situation tragique des zones arides, abritant plus d'un milliard de personnes parmi les plus pauvres du monde (Dobie, 2001). Elle insiste dans l'article 7 sur la situation de la région africaine, particulièrement touchée par l'ampleur du phénomène tant sous l'angle environnemental que socio-économique, car effectivement plus du tiers (37 %) des régions sèches menacées se trouve en Afrique.

2. La désertification en Algérie

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... Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (Couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). 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 écologiques et socio-économiques (Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1996 ; Bedrani, 1999).

A. Désertification dans la steppe Algérienne

Dans les zones steppiques, la dégradation de la forêt de pin d'Alep a favorisé le passage à la steppe d'alfa puis d'armoïse, c'est le phénomène de « steppisation » (Smaïl, 1984). La dégradation qui affecte la steppe est une évolution régressive, ses différents facteurs se conjuguent pour créer un déséquilibre écologique social et biologique. Les indicateurs de la désertification, qui concerne en fait les attributs vitaux de l'écosystème au sens d'Aronson et al. (1993), sont la détérioration des caractères du sol, la diminution des réserves hydriques et de la fertilité du sol, allant souvent jusqu'à sa stérilisation, l'apparition des formations dunaires, des plages sableuses et la régression de la productivité végétale. D'après Amaouche (2010), le niveau de dégradation des parcours steppiques a été évalué par plusieurs institutions et montre un seuil très alarmant (Tab. 01) :

- 70 % par le CNTS1 (2003) et le HCDS2 2001.
- 55 % par le Ministère de l'Environnement, en 2005.
- 74,81 par la DGF3 – ASAL4, en en 2009.

Tableau 01: Classes des états des parcours.

Classes	Etats des parcours	Superficie (Ha)	(%)
1	Bons	1 337 575, 12	6.18
2	Moyens	2 897 535,54	13.38
3	Dégradés	2 081 128,34	9.60
4	Très dégradés	15 345 297,70	70.84
Total		21 661 498,70	100.00

Source : Amaouche, 2010.

B. Causes de la désertification en Algérie

La FAO pense que l'on devrait se baser sur les critères définis lors de la Conférence des Nations Unies sur la désertification (Nairobi 1977) qui font intervenir la notion de « risque de désertification » évalué sur la base d'une mesure de la vulnérabilité des terres conjuguée avec

la pression actuelle et future humaine et/ou animale. Il apparaît que l'utilisation de tels critères conduit à considérer les phénomènes de désertification comme évolutifs en fonction des facteurs climatiques et humains changeants. (FAO, 2000).

Les causes de la désertification sont nombreuses. La cause naturelle principale est bien connue : la sécheresse. Les causes anthropiques (démographie, surpâturages, défrichement des parcours et leurs causes,...) le sont moins.

1 CNTS : Centre national des techniques spatiales d'Arzew –Algérie, ici se trouvent les locaux de suivi et de la maintenance des satellites en orbite.

2 HCDS : Haut Commissariat au Développement de la Steppe : Un établissement public à caractère administratif, à vocation technique et scientifique créé en 1981 pour la prise en charge de la politique nationale en matière de développement intégré des zones steppiques et pastorales.

3 DGF : Direction générale des forêts.

4 ASAL : Agence Spatiale Algérienne.

particulier, les causes qui relèvent des effets des politiques économiques d'ensemble (politiques monétaires, sociales, du commerce extérieur, politique des investissements publics et privés,...) sont peu abordées (Bédrani, 1997).

a] La sécheresse

Les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. La figure 02, montre la répétition des années de sécheresse dans la wilaya steppique de Djelfa entre 1975 et 2014 par rapport à la référence de l'année humide qui, cette situation est accentuée après l'année 1998.

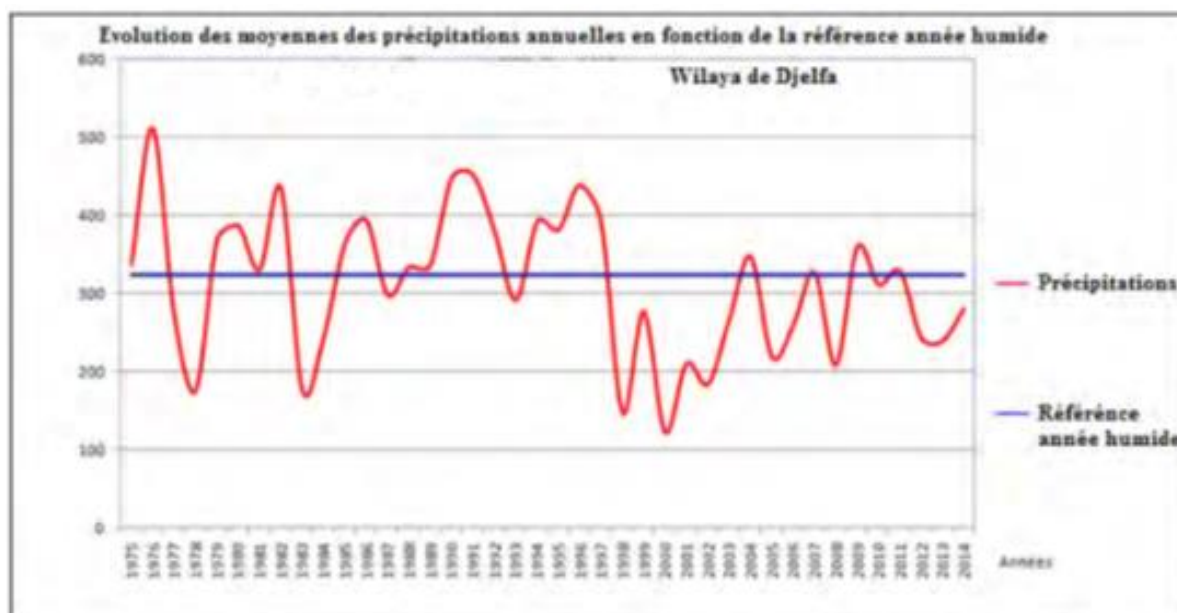


Figure 02 : Évolution des moyennes des précipitations annuelles en fonction de la référence année humide Wilaya de Djelfa (1975-2014)

b]. Facteurs anthropiques

- **Défrichement des parcours et pratiques culturales inadaptées** : Les terres constituent la base de multiples emplois pour l'homme : l'agriculture, les forêts, les pâturages, le support d'infrastructures, etc. À côté de ces usages, appelés économiques, les terres jouent également le rôle de régulateur écologique et environnemental. Lorsque cet équilibre est rompu, on parle de dégradation des terres. Il s'agit de la perte de certaines qualités propres des terres. Il y a alors une diminution dans leur capacité à assurer des fonctions essentielles : biologiques, économiques, voire sociales (Cornet, 2002). Des défrichements inconsidérés affectant des terres de parcours pour les besoins d'une céréaliculture piteuse (à rendement insignifiant) ont dénudé des sols fragiles livrés à une érosion éolienne et hydrique implacable. Des dunes de sable ont fini par se former dans maintes zones de la steppe, ne faisant pas partie du paysage il y a une quarantaine d'années. Bien que les labours soient interdits sur les terres de pacage en zones steppiques, la céréaliculture y est pratiquée du fait de la défaillance des institutions publiques (Khaldi, 2014). Les superficies consacrées aux cultures ne dépassaient guère 1 100 000 ha en 1968, soit à peine 5,5 % de la superficie de 20 millions d'hectares de la steppe (MARA, 1974) (2010), a signalé, qu'à partir de la date du lancement de l'étude par interprétation des images satellitaires en 2001 et sans surprise du fait de l'action des défrichements, la céréaliculture se répand sur plus de 2,5 millions

d'hectares soit 9,58 % de la surface étudiée de la steppe algérienne qui est 27 millions d'hectares.

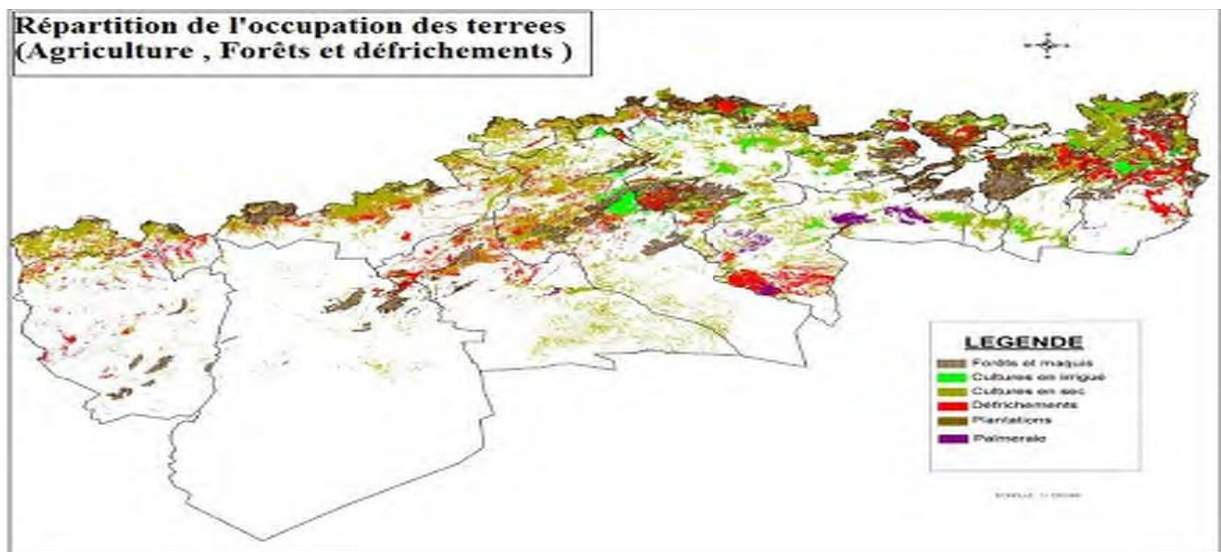


Figure 03 : Répartition de l'occupation des terres (Agriculture, forêts et défrichements).

Seulement 2 millions de têtes de cheptel bovin. En zone steppique et des hauts plateaux, l'élevage ovin représente l'activité typique qui détient 80% de l'effectif total, les bovins 11%, les caprins 6% enfin les camelins représentent que 3% (MADR, 2014). L'effectif ovin national n'a cessé d'augmenter depuis les années quatre-vingt, malgré la diminution de l'offre fourragère des parcours et les sécheresses répétées. Nous avons enregistré une augmentation d'effectif national de plus de 30% durant 27 ans (1987 à 2014).

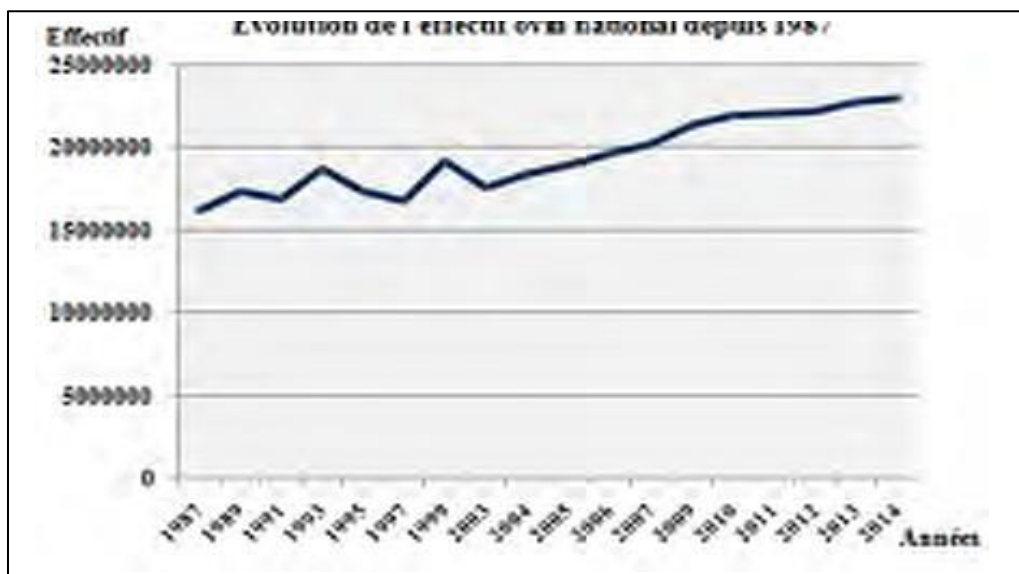


Figure 04 : Évolution de l'effectif ovin national depuis 1987. Source : MADRP, 2015

c] Diminution de la production des parcours steppiques

Ce surpâturage qui ne tient pas compte des conditions écologiques, se manifeste par le maintien trop prolongé du troupeau sur les aires pâturées prélevant ainsi une quantité de végétation largement supérieure à la production annuelle. L'impact sur la végétation est énorme aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif.

Sur le plan qualitatif, les bonnes espèces pastorales, celles dont l'indice d'appétibilité est supérieur à 6 sont consommées avant d'avoir eu le temps de fructifier ou de former des repousses pour les saisons à venir. Leur système racinaire dépérit et elles disparaissent totalement du faciès en laissant la place à des espèces non appréciées telles que *Atractylis serratuloides*, *Peganum harmala*, etc.. qui constituent un indice caractéristique de la dégradation des parcours. Quantitativement, le surpâturage provoque une diminution du couvert végétal pérenne et de la phytomasse et donc une dégradation des formations végétales (Nedjraoui, 2003). Les évaluations de la production fourragère des formations végétales identifiées par la carte d'occupation des sols en 2001 dans l'étude de Amaouche (2010), a donné lieu aux résultats suivants :

- 84 % de la superficie des parcours produisent 52%, de la production totale avec un niveau de production inférieur à 50 UF/ha/an
- 16% de la superficie des parcours produisent 47, 14% de la production totale avec un niveau de production moyenne de 62,6 UF/ha/an. Ces résultats obtenus, montre un état de dégradation alarmant touchant pratiquement l'ensemble de la superficie des parcours steppiques.

II Les systèmes d'informations géographiques (SIG)

A. L'information géographique

La carte constitue le principal support de l'information géographique, c'est une représentation schématique de la réalité qui s'appuie sur la perception du monde par le cartographe. Elle permet à l'utilisateur de se faire une représentation mentale de la réalité qui doit être la plus juste possible.

Selon la définition du Conseil National d'Information Géographique (CNIG) d'après Steinberg (2002), l'information géographique est une information reliée à une localisation sur la terre, exprimée par rapport à un système de référence.

B. Définition des SIG

Le SIG est un « système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et combiner, d'élaborer et de présenter des informations

localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace » (Girard et Girard, 1999).

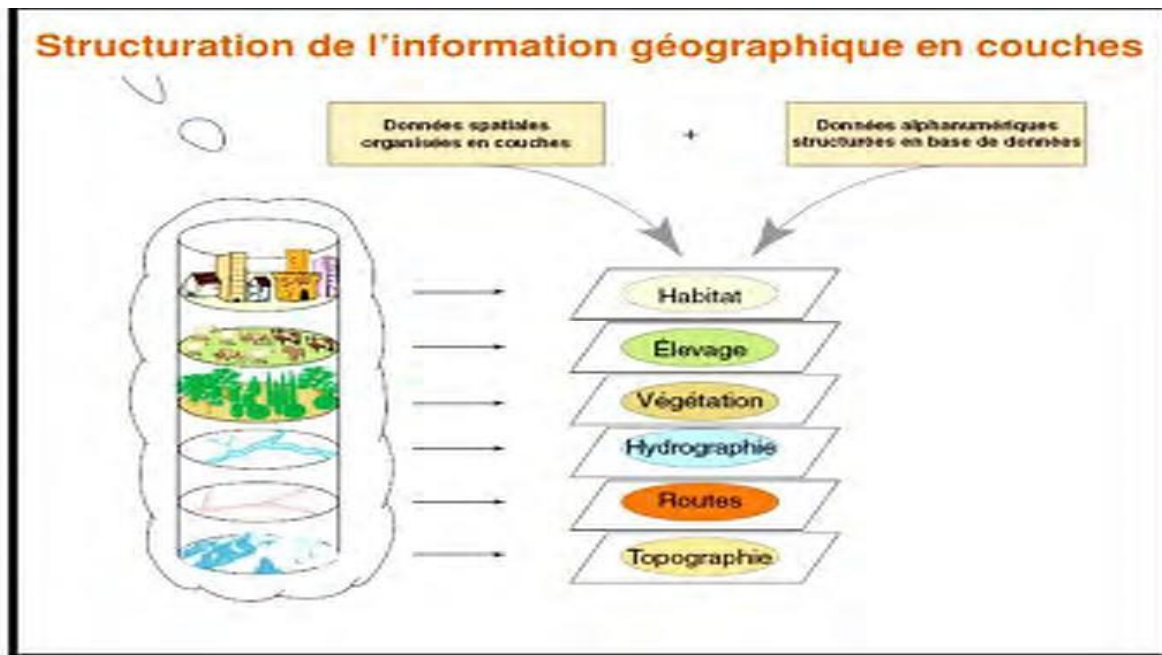


Fig. 05 : Structuration de l'information géographique en couches. Source: Vendé-Leclerc, 2008.

Nonguierma (2005) a pris chaque terme isolément pour comprendre le concept du système d'information géographique :

Télédétection et Systèmes d'information géographiques (SIG)

Dans notre étude, nous avons mis en relation les données qualitatives et quantitatives issues des enquêtes de terrain et la télédétection et les SIG, pour caractériser l'évolution des pratiques d'élevage et l'agriculture, leur impact sur la modification de l'environnement par la désertification des parcours steppiques dans la zone Geultet esstel, en mettant en avant, d'une part, les changements importants qui sont issus de la classification des images satellitaires (1988-2019) et aussi les occupations du sol et les pratiques agricoles mises en œuvre d'autre part, la répartition des ressources naturelles (eau et ressources pastorales), ainsi que les actions de l'État en matière de projet de réhabilitations des parcours steppiques.

- **Système (S)** : c'est un ensemble organisé et comprenant des éléments qui se coordonnent pour aboutir à un résultat. Ces éléments sont liés entre eux par certaines relations bien déterminées qui se doivent d'être coordonnées pour être plus efficace. Le système se réfère donc à l'ensemble intégré utilisateur/machine pour l'élaboration de l'information. Ce sont toutes les fonctionnalités informatiques et cognitives nécessaires à la capture, au stockage, à la gestion, à l'analyse et à la représentation des données

Information (I) : Il s'agit de la banque des données possédant outre des caractéristiques spatiales, des critères d'identification et de description. Autrement dit, c'est le résultat de l'interprétation de l'ensemble des relations qui existent entre un certain nombre d'éléments distincts appelés données. Ces dernières sont des représentations symboliques qui décrivent la population, les lieux, les objectifs ou événements qui une fois assemblées, ou placées dans un contexte spécifique, deviennent une information pour l'utilisateur

- **Géographique (G)** : La notion de géographique induit le caractère spatial des données. Ces données doivent donc être référencées dans l'espace et représentées sous formes cartographiques. La référence spatiale peut être une projection cartographique (UTM, Géographique) ou un plan quelconque lié à l'espace.

2. Les modes de représentation de l'information géographique dans un SIG

Nous exposons dans ce paragraphe les deux modes de représentation de l'information dans les systèmes d'information géographique.

A. Le mode raster : la réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille (= pixel) de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique (figure 06).

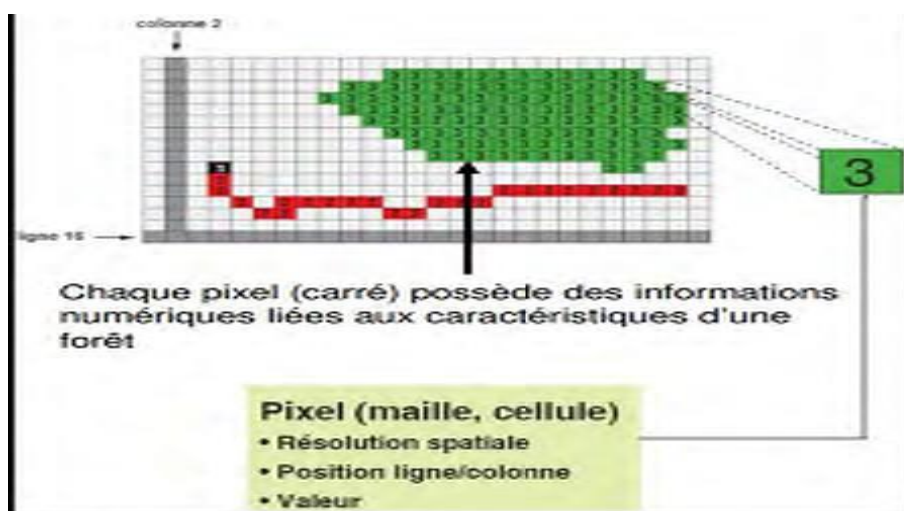


Figure 06 : Mode raster Source : Vendé-Leclerc,2008

B. Le mode vecteur : les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire (figure 07).

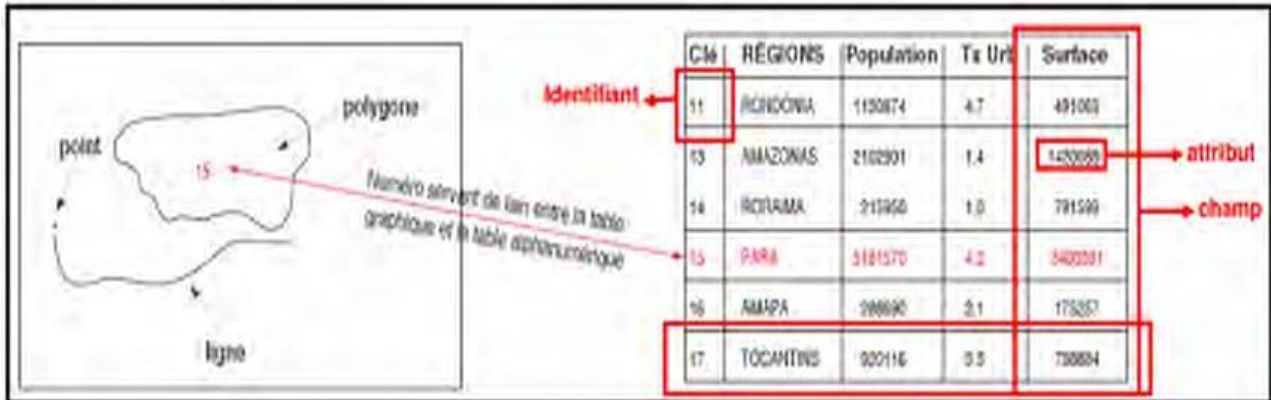


Figure 07 : Mode vecteur Source : Vendé-Leclerc,2008

3. Définition de la Télédétection

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'image, permet d'obtenir l'information sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (Kluser, 2000).

A. Le principe de base de la télédétection

Le principe de base de la télédétection est fondé sur : la cible, la source d'énergie, le vecteur. (Pouchin, 2001).

- **La cible** : est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de km².

- **La source d'énergie** : est l'élément qui éclaire la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons). Dans l'immense majorité des cas que nous aborderons ici, la source d'énergie est le soleil. Néanmoins la technologie Radar nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite, dans ce cas le satellite lui-même est source d'énergie. Il est également possible de mesurer la chaleur qui se dégage à la surface de la cible (infrarouge thermique), auquel cas c'est la cible qui est source d'énergie (bien qu'il s'agisse d'énergie solaire stockée et réémise).

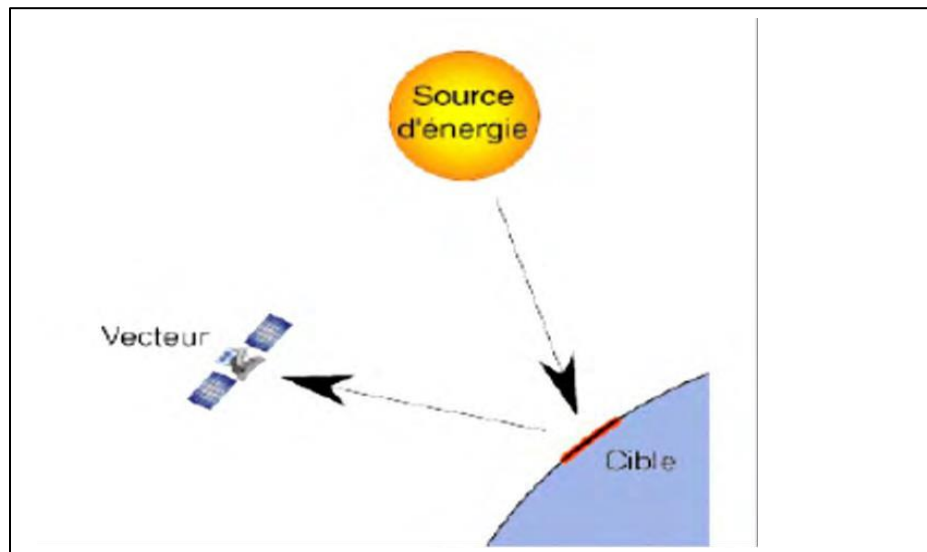


Figure 08 : Le principe de la télédétection *Source : Pouchin, 2001*

- **Le vecteur** : ou plateforme de télédétection mesure l'énergie solaire (le rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur peut être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur envoie l'image sur terre vers les stations de réceptions. Lorsque le satellite ne fait que capter le rayonnement $C \rightarrow V$ réfléchi, on parle de télédétection passive et lorsque le satellite émet une onde vers la cible et on mesure l'écho, on parle de télédétection active (Pouchin, 2001).

B. Acquisition de données de télédétection

a. La télédétection est dite passive : lorsque la source illuminant la cible est indépendante du capteur. Généralement cette source est le soleil. C'est le cas des satellites SPOT (Satellite pour l'Observation de la Terre), LANDSAT (Land Satellite) METEOSAT (Meteorological Satellite), etc.

b. La télédétection est dite active : dans le cas contraire. C'est le cas du LIDAR (Light Detection and Ranging) utilisant une source laser et le RADAR (Radio Detection And Ranging) utilisant une source hyperfréquence. C'est l'exemple du satellite ERS-1 (European Remote Sensing Satellite). L'un des principaux avantages de la télédétection active radar est la possibilité de réaliser des acquisitions en tout temps, par ciel clair ou nuageux, et de jour comme de nuit (Soudani, 2005).

c. Les interactions rayonnement - matière : réflexion et absorption : Les rayonnements qui proviennent d'une source telle que le soleil peuvent interagir avec les différents milieux, qu'il s'agisse de l'atmosphère ou de la surface de la Terre.

1- La réflexion : Les rayonnements peuvent être réfléchis et renvoyés vers l'espace. Le plus souvent il s'agit alors d'une *réflexion diffuse*, qui s'effectue dans toutes les directions. Plus rarement, ce peut être une *réflexion spéculaire*, comme celle que l'on peut observer sur un miroir d'eau calme. En fait, un milieu naturel ne réfléchit pas les rayonnements de façon uniforme, quelle que soit la longueur d'onde, et ce qui n'est pas réfléchi est absorbé.

2- L'absorption : elle traduit l'aptitude d'un corps à ne pas réfléchir les rayonnements reçus. Un corps qui absorbe a tendance à s'échauffer, puisque l'énergie associée au rayonnement qu'il absorbe n'est pas renvoyée dans l'Espace (Attal, 2008).

4. Propriétés spectrales de quelques surfaces naturelles :

La notion de réflectance pour un rayonnement quelconque, seules les ondes réfléchies peuvent être enregistrées par un capteur et présentent donc un intérêt pour la télédétection. La réflectance d'un objet est la portion de l'énergie réfléchi. La sensation des couleurs résulte des valeurs de réflectance dans le visible (Swain, 1978). La figure 09 résume le comportement des principales surfaces terrestres qui sont différents selon l'état et la surface : ainsi selon l'âge et l'état sanitaire, un végétal, aura des comportements différents dans les différents canaux. La rugosité des sols, leur humidité, et leur teneur en matière organique leur confèrent des réponses spectrales différents.

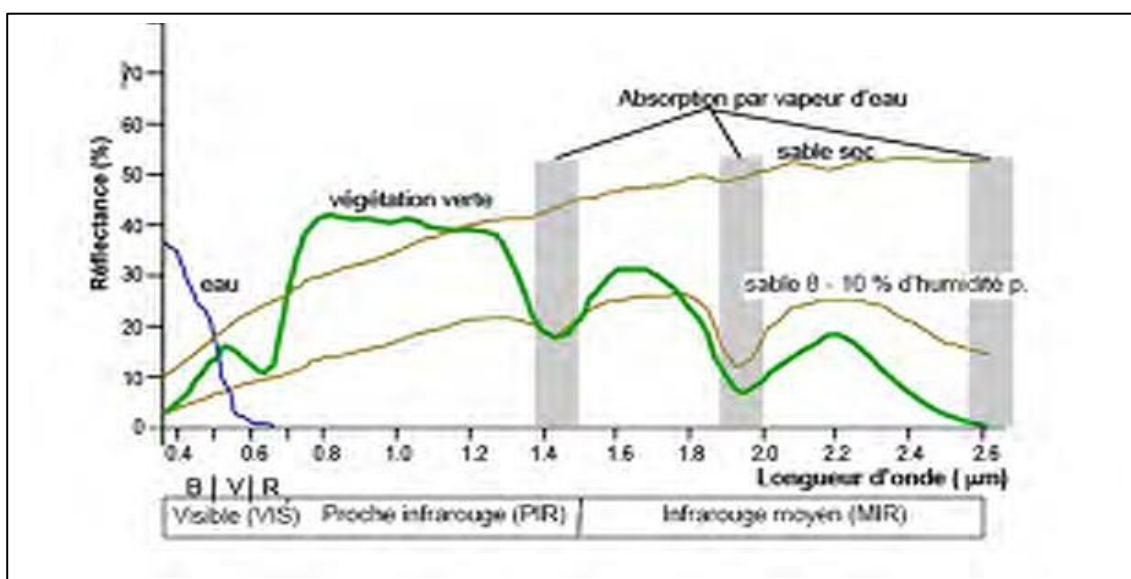


Figure 09: Propriétés spectrales de quelques surfaces naturelles. *Source : Swain, 1978.*

5. Détections des changements d'occupation des sols par les classifications des images satellitaires

Wilmet (1996) a signalé que l'étude des changements sont des méthodes de traitement de l'information numérique fournie par les logiciels, elles consistent en l'identification des signatures spectrales et leurs regroupements en classes radiométriques que l'utilisateur identifiera en classes thématiques. C'est donc l'attribution de l'ensemble des pixels de l'image à des classes homogènes. On distingue deux grands types de classifications, selon que l'on veut ou non faire intervenir une connaissance du terrain :

A. Classification non supervisée

Au cours de la classification non supervisée, les divers éléments de l'image (pixels) sont automatiquement classés en fonction de leurs caractéristiques spectrales et du nombre de classes fixé par l'opérateur. Ce qui permet d'effectuer une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation des sols. Mais cette méthode de classification présente des inconvénients, car le regroupement des valeurs numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier (Girard & Girard, 1999)

B. Classification supervisée

Elle consiste à regrouper les unités en classes d'occupation des sols en fonction d'un ou de plusieurs caractères zones qui prennent un sens thématique bien précis. Grâce à une connaissance préalable du terrain, ces classes sont par la suite corrigées. Dans ce type de classification, les classes obtenues ont une signification précise. L'inconvénient est le temps de réalisation qui est long, en particulier pour le choix des zones d'apprentissage (Girard & Girard, 1999).

6. L'utilisation intégrée de la télédétection par satellite pour les zones sèches

Les zones sèches se prêtent facilement à la télédétection parce qu'elles bénéficient la plupart du temps d'un ciel sans nuage. Une large gamme d'images est donc disponible. La continuité des observations est nécessaire pour rendre compte de la grande variabilité interannuelle des services des écosystèmes en zone sèche. Une interprétation valable de l'imagerie fournie par la télédétection pour la désertification nécessite une calibration et une validation précises

par rapport aux mesures terrestres (comme la couverture végétale, la productivité biologique, l'évapotranspiration, la fertilité des sols et les taux de compaction et d'érosion) (EEM, 2005)

7. Évaluation de la désertification des sols et de la végétation par les images satellitaires

Les données satellitaires permettent de suivre l'état de sol sur du long terme. En effet, des images satellitaires existent depuis 1972 et continuent d'être prises aujourd'hui. La surveillance des terres arides et de leur évolution doit se faire sur plusieurs décennies, ce qui est rendu possible par l'outil de télédétection. Le Projet ROSELT est un exemple de projet qui utilise la télédétection pour poursuivre l'état des terres, c'est un Réseau d'observatoires de surveillance écologique à long terme. Grâce à de tels programmes, il est possible d'effectuer un suivi de la couverture végétale ou encore d'observer la modification de composition des surfaces de la couverture des sols. Ce type de surveillance permet aussi d'évaluer le coût de la dégradation et de voir s'il est possible ou non de restaurer les sols qui ont été dégradés. Ainsi, le seuil de dégradation peut être déterminé. Ce seuil correspond à la valeur maximum au-dessus de laquelle la restauration des terres devient très coûteuse. Ce coût n'est alors plus à la portée de l'exploitant des terres et doit être pris en charge par la communauté. Cependant, il est nécessaire de compléter cette observation satellitaire par une observation de terrain, notamment afin de déterminer les seuils précis de dégradation du sol (Lecuyer, 2012).

8. Indicateurs majeurs de la désertification accessibles par télédétection

Deux indicateurs majeurs de désertification sont accessibles à l'observation spatiale :

- 1- Le suivi de la couverture végétale ;
- 2- La modification de composition des surfaces sableuses et le transport éolien. Le rôle de la télédétection est d'évaluer ce type d'indicateur de désertification grâce à des « variables dérivées » mesurables par télédétection (humidité du sol, biomasse...).

Le suivi par satellite doit tenir compte des caractéristiques écologiques des milieux surveillés et s'appuyer sur les connaissances issues du terrain (Begni et al., 2005).

III. Évolution des systèmes de production agro-pastoraux et les politiques de l'État dans la steppe en Algérie

1. Évolution de systèmes de production agro-pastoraux face à dégradation des parcours

A. Modification dans l'organisation sociale tribale (Arch) et nomadisme

Pendant la période coloniale la mobilité des troupeaux dans les parcours steppiques était contrôlée, avec un accès limité ou même interdit, la transhumance d'hiver et d'été de certaines tribus était fortement perturbée, Boukhoubza (1982), a signalé que pendant la période coloniale la transhumance vers le Tell est devenu en 1923 surveillée par un administrateur dans chaque commune et en 1927, les tribus devaient obtenir une autorisation pour se déplacer alors que pour louer leurs chaumes, les colons devaient passer par l'administration. A cet effet il ya eu une diminution de l'aire de déplacement, le chargement en bétail des parcours durant cette période s'est considérablement accru (Boukhoubza, 1976).

B. Encouragement à l'élevage et reconstitution du cheptel-Dominance et début de concurrence

Selon Guillermou (1990), Cette phase d'indépendance, à la fin des années 1960 était marquée par la reconstitution du cheptel, décimé par la guerre, les moyens mis en œuvre était principalement (prêts d'équipement, travaux de petite hydraulique etc.).

Suite à cette situation alarmante, des nouvelles formes d'élevage sont apparues avec un début de concurrence sur le foncier, contribuant au phénomène de sédentarisation et tentatives d'appropriation individuelle des terres collectif de "Arch", à cette époque une minorité d'éleveurs a pu s'assurer sur le plan économique et social, grâce à l'utilisation de main d'œuvre sous-payée, connaissance de réseau commerciaux et relations dans les appareils politico-

administratifs locaux. Ce sont les "Arouchiya" (tribus), qui présentent au sein de la région une identité géographique, composée d'un nombre de fractions variables selon sa puissance, le pouvoir y était presque toujours assuré par la fraction la plus puissante.

À l'intérieur d'une fraction, c'était les familles les plus puissantes qui se partageaient le pouvoir (Zitouni, 1976).

C. Pression et concurrence sur les terres des parcours et extension de la céréaliculture aléatoire

Avec la limitation de l'espace des parcours et la croissance de la population humaine et du bétail, les externalités négatives de l'élevage extensif sont devenues un redoutable danger pour la terre, facteur de production rare et précieux et milieu de vie inestimable. Le pastoralisme « à l'ancienne », comme système de production, n'est plus « soutenable », c'est

une activité prédatrice, une effroyable menace pour la nature et les hommes. Ce qui a obligé les éleveurs à l'appropriation officielle des terres du domaine public et la pratique de la céréaliculture. Selon Bourbouze (2000), la loi portant sur "l'Accès à la Propriété Foncière Agricole" (APFA) ouvre des possibilités d'investissement sur les terres "Arch", anciennement collectives de statut à présent domanial depuis la révolution agraire, mais qui restent fortement revendiquées par les ayants droits d'origine, mises à profit par de nombreux détenteurs de capitaux urbains totalement étrangers à la steppe (Bedrani, 1993).

2. Évolution de la mobilité des éleveurs dans les parcours steppiques

Le nomadisme et notamment la transhumance (Achaba-Azzaba) constitue la principale activité pastorale qui découle des facteurs historiques économiques et sociaux. C'est une forme d'adaptation à un milieu contraignant où l'offre fourragère est marquée par une discontinuité dans le temps et dans l'espace. Ces déplacements, s'effectuant en été vers les zones telliennes pour une durée de 4 mois, et en hiver vers les parcours présahariens pour 3 mois (Nedjimi et Homida, 2006). Selon Bencherif (2011), la transhumance saisonnière, en été ou en hiver, jouait un rôle très important dans l'équilibre écologique de la steppe, permettant le repos des parcours en réduisant la charge animale durant la saison de moindre production.

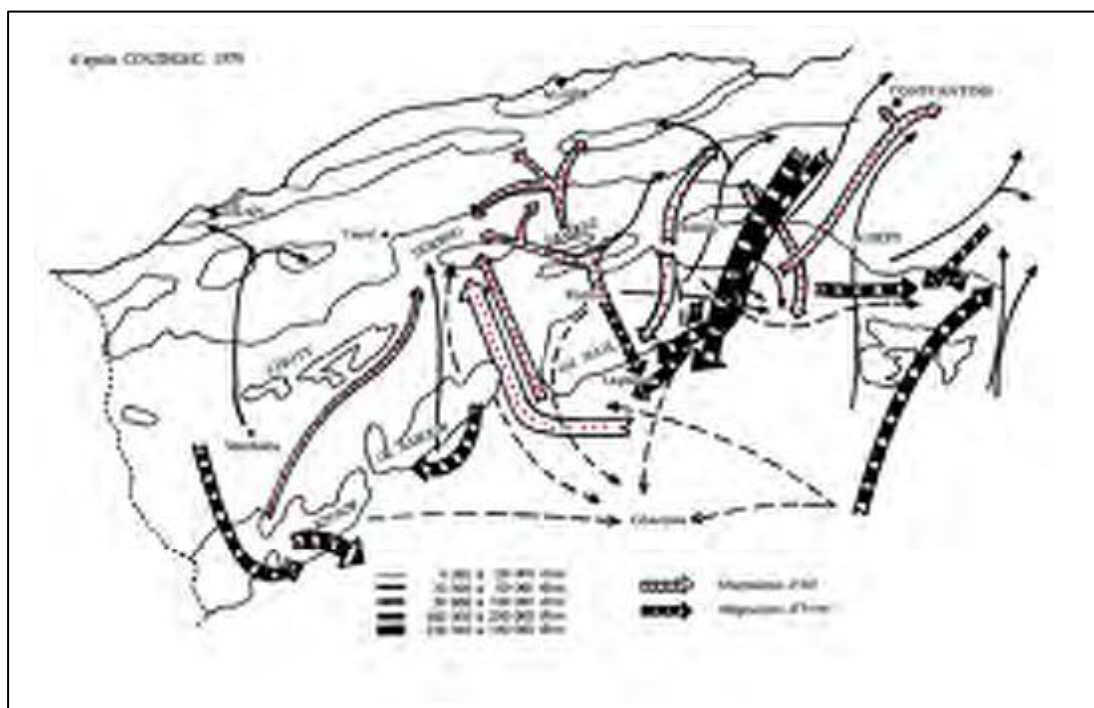


Figure 10 : Déplacement des éleveurs dans le passé (1976). Source : Boukhobza, 1982

La mobilité des troupeaux a été une réponse rationnelle des pasteurs nomades face à la variation et au rationnement saisonnier des disponibilités fourragères (Khaldi, 2014). Mais actuellement, la situation s'est complètement bouleversée, du fait de ces profondes modifications portant sur les statuts des parcours, les modes d'occupation de l'espace et les déplacements des éleveurs ont changé de nature, la motorisation a fait son apparition. Partout au Maghreb, là où les pistes sont carrossables, le camion, rendent des services inestimables et modifient profondément les façons de faire : l'eau et les concentrés viennent maintenant vers les troupeaux et non l'inverse (Bourbouze,2002).

3. Évolution de l'appropriation des terres des parcours steppiques

Le statut juridique des terres en Algérie pendant la période coloniale a eu des répercussions sur les autres statuts juridiques jusqu'à nos jours et par conséquent sur la nature du marché du capital fourrager et les anticipations des producteurs de mouton. Il est donc nécessaire, de donner un aperçu sur le statut juridique actuel des terres :

- Les principales lois prises pendant la période coloniale expriment précisément ces enjeux. Celle du *Senatus Consulte de 1863* distingue dans le territoire de chaque groupe les biens *beylik* (appartenant l'Etat), les biens *melks* (appartenant à des personnes privées), les biens communaux et les biens collectifs, ces deux dernières catégories étant propriété du groupe. Le *Senatus Consulte* prescrit de délimiter les territoires des tribus et des douars et d'y créer la propriété privée. Cette délimitation a été exécutée pendant la fin du XIXème siècle. Dans les zones steppiques, considérées à l'époque comme non susceptibles de colonisation, la seule délimitation faite a été celle concernant les territoires des tribus. Les législations de 1873 et 1887 avaient au contraire pour but de faciliter aux colons l'accès aux terres collectives en revenant à la notion de terre *Arch* dans le sens d'un usufruit toléré par l'Etat (Abaab et *al.*, 1995).

Afin de répondre à notre problématique, nous avons choisi la zone steppique de **Guellet-Es-Stel**, wilaya de Djelfa où se présente l'évolution des systèmes de production agropastoraux face à la dynamique de la désertification, il s'agit donc de s'interroger sur la manière d'accéder à une représentativité des types de changements dans notre zone d'étude.

La wilaya de Djelfa, localisée en plein cœur de la steppe algérienne, est la plus importante des wilayas steppiques de par son étendue et ses effectifs ovins. Cette wilaya constitue une zone de transition entre les hauts plateaux steppiques de l'Atlas tellien et les présahariennes de l'Atlas saharien. Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord. Sa superficie est de 33 256.35 km² dont 70 % constitue les parcours steppiques (Yabrir *et al.*, 2015).

I. Caractéristiques de la zone d'étude Guellet-Es-Stel

1. Localisations géographiques de la zone d'étude Guellet-Es-Stel : la zone d'étude est limité comme le montre la figure 11 :

- Au Nord par la commune de Ain ousara
- Au Sud par la commune de Hasi bahbah
- A l'Ouest par la commune de Guernini
- A l'Est par la commune de Bouiret lahdeb

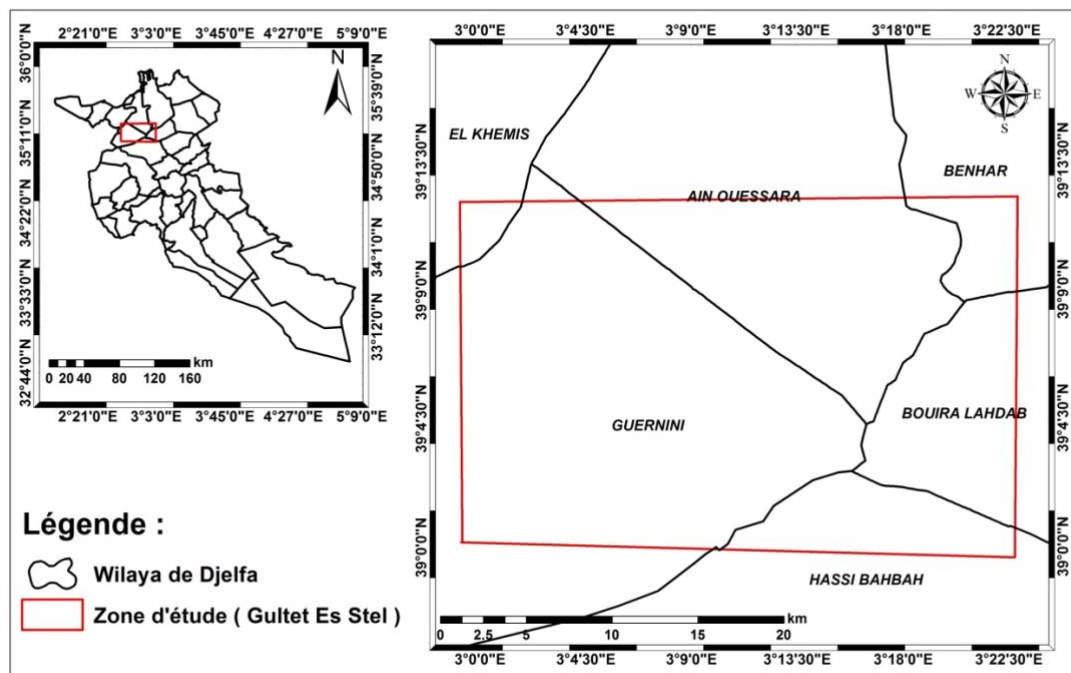


Figure 11 : Localisation géographique de Guellet-Es-Stel (W. Djelfa)

2. Altitude : la carte ci-dessous montre les tranche altitudinale de la wilaya de Djelfa en générale et celle de la zone d'étude en particulier.

Selon Pouget (1980), la similitudes des reliefs de Gultet-Es-Stel, sont des forme structurales liée à la tectonique, à la lithologie et à l'érosion. Selon la nature lithologique on peut distinguer le :

- Modelé à prédominance de roches tendres, marnes et marno-calcaires.
- Modelé à prédominance de roches dures et de roches tendres.
- Modelé à alternance de roches dures et de roches tendres.

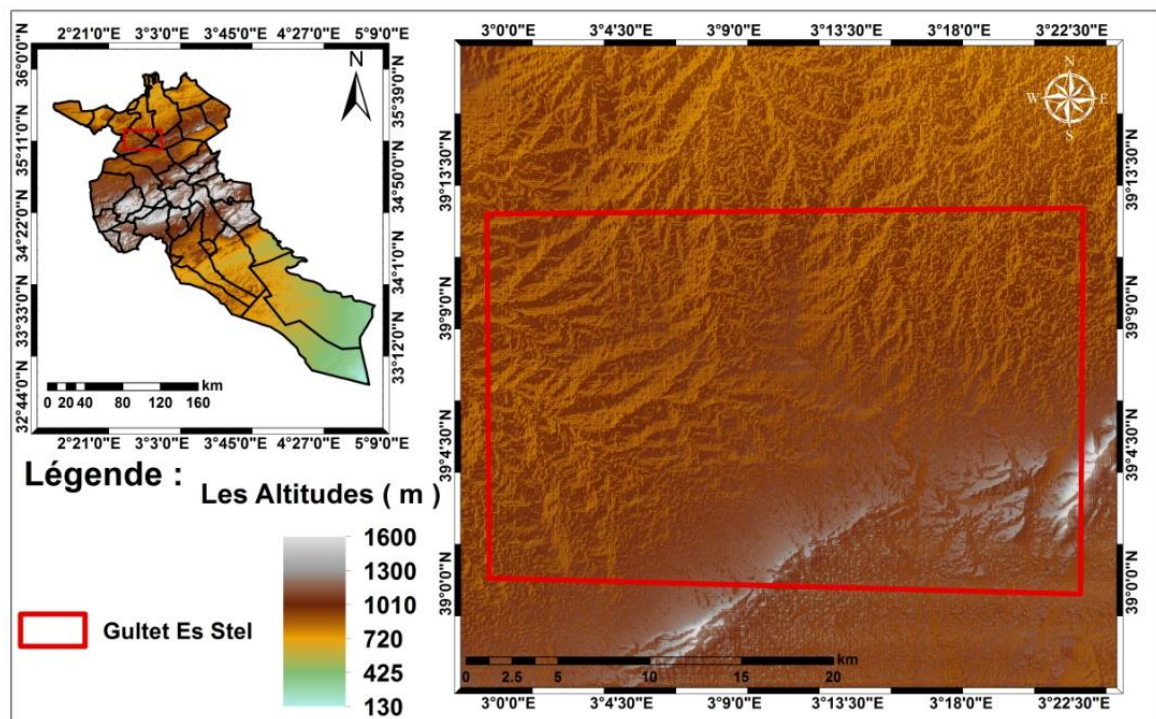


Figure 12 :carte d'altitude de wilaya Djelfa cas Gultet es-stel

- a) Les ensembles massifs : formé de roche dures, la pente des versants est généralement fort ;ils constituent les djebels traversant les hautes plaines steppiques ou bordant l'Atlas saharien au Nord et au sud.
- b) Les reliefs en collines : formé de roches tendres (marnes-calcaires),la pente est plus ou moins forte ;ils sont fossilisés par une croûte calcaire Kadi-hanifi (1998).
- c) Les reliefs monoclinaux : Formé de roches dures ;s'alignent dans le sens général de l'atlas saharien.

2.1. Relief et morphologie

L'espace de programmation territoriale des hauts plateaux appartient à l'ensemble naturel des hautes plaines, dit communément « Hauts Plateaux », qui s'intercale entre la chaîne tellienne accolée au littoral et la chaîne atlasique, qui marque le domaine saharien. Globalement, l'espace de programmation territoriale Hauts Plateaux Centre se distingue sur le plan physique par : Un relief à paysages variés, dont les espaces désertiques (plate-forme saharienne) Le relief est agencé du Nord vers le sud selon les grandes unités géomorphologiques (Figure 13)

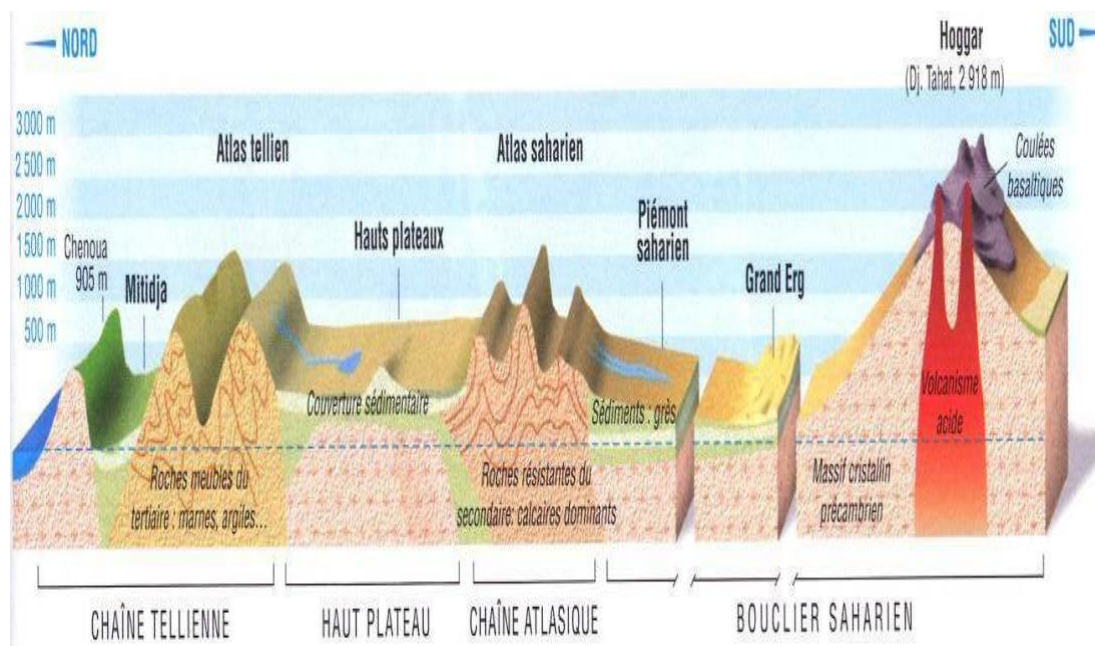


Figure 13 : Présentation des reliefs de l'Algérie

3. Géologie de la zone Geultet es-stel :

Le découpage séquentiel qui est présenté sur les séries sédimentaires s'appuie essentiellement sur les méga-séquences de 6ème et 5ème ordre qui correspondent respectivement aux super cycles et cycles de 2ème ordre selon (Vail et al, 1977).

L'étude géologique réalisée par Pouget (1980) décrit notre zone d'étude comme un manteau de terrains continentaux apparus après les grands mouvements orogéniques (mouvement de l'écorce terrestre) du milieu du Tertiaire

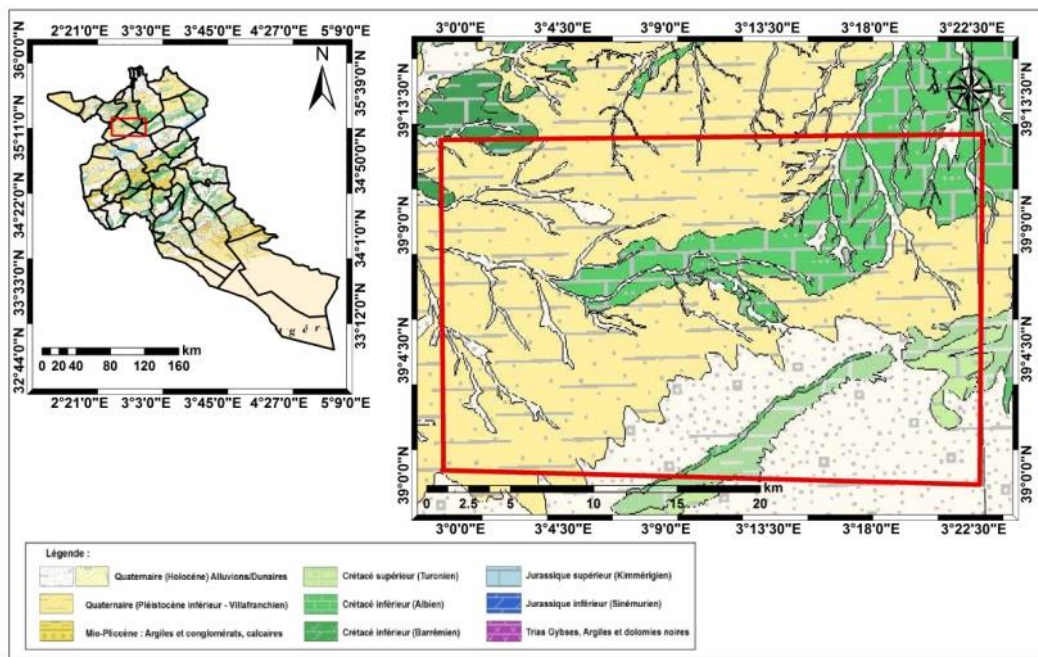


Figure 14: Carte de Geologie de la zone de Geultet es-stel

4. Pédologie

Les sols en zones arides sont le résultat de l'action du climat, de la roche mère et de la topographie. La distribution des différents sols se fait en relation étroite avec la situation géomorphologique (Pouget, 1980). Ces sols se caractérisent par :

5 Dayas : dépressions alluvionnaires, ou suivant le réseau hydrographique.

- une richesse en calcaire.
- une pauvreté en matière organique, avec un pH basique.
- une pauvreté en éléments fertilisants.
- une sensibilité à l'érosion.
- une saturation en sels, au niveau des nappes phréatiques superficielles et surtout au bord des chotts.

La classification des sols de la Zone de Zahrez fait ressortir cinq classes de sols (selon la classification française : C.P.C.S de 1967), (Pouget et Halitim, 1980).

5. Géomorphologie

De par les conditions de son milieu naturel et l'étendue de son territoire, la wilaya de Djelfa est une wilaya steppique où prédomine l'élevage ovin extensif. Sa vocation principale est

pastorale avec 95,74 % de parcours (y compris l'Alfa) par rapport à la surface agricole totale. Parmi les types de dunes qui existent dans la zone Gueltet-Es-Stel, nous trouvons :

a] Les dunes anciennes à matériaux non gypseux : ce sont des placages de sable piégés contre les reliefs, ils sont constamment remaniés par les ruissellements et le vent, ils sont identiques aux dépôts éoliens rencontrés sur le glacis septentrional

b] Les dunes actuelles ou vives présentées par sont :

b-1] Les cuvettes ensablées : ce sont des dépressions localisées entre les champs de micro-dunes ou les nappes de sable ;

b-2] Les voiles sableux : ils présentent un dépôt sableux discontinu, peu épais plus ou moins mobile. Ces dépôts favorisent le développement des psammophytes annuelles telles que *Plantago albicans* (Lelma) ;

b-3] Les nappes de sables : c'est une accumulation de sable continue dont l'épaisseur varie de 10 cm et plus, localisée dans la dépression et colonisée généralement par *Thymelea microphylla* (Methnan) ;

b-4] Les microdunes : ce sont des accumulations de sable d'épaisseur variable, mais supérieure à 1 m de hauteur et sont plus ou moins fixées par les psammophytes vivaces comme *Aristida pungens* (Drin);

b-5] Les barkanes : ce sont des accumulations très importantes de sable fin, formant des dunes continentales ou cordon dunaire qui s'étend sur environ 200 km de longueur et 5 à 7 km de largeur avec une hauteur de 18m en moyenne. Ils constituent un des éléments topographiques majeurs de la plaine et une coupure fondamentale entre le Nord et le Sud de la zone de **Gueltet-Es-Stel**

b-6] Les nebkas : c'est une accumulation de sable fin, piégée par des obstacles naturels de petites dimensions, tels que les touffes et les arbustes adaptées comme *Retama retem* (R'tem) et *Ziziphus lotus* (Cedra) (**Maoui, 2007**).

6. Hydrographie dans la zone Gueltet Es-stel

Le rôle social et économique des facteurs climatologiques est primordial en Algérie, pays soumis aux influences tour à tour de la Méditerranée et du Sahara. Les hauteurs des précipitations moyennes varient rapidement d'un point à l'autre; les hauteurs annuelles en une station donnée et leur répartition dans les douze mois de l'année subissent des fluctuations considérables; les chutes de pluies torrentielles alternent avec de longues périodes de sécheresse. Les réseaux hydrographiques sont conditionnés par les caractéristiques des terrains géologiques traversés par les différents oueds. La lithologie des formations intervient

sur le degré et la forme des ramifications des oueds. La tectonique et le relief, par contre ont pour rôle d'influer sur les tracés. Dans les zones à forte transmissivité : cas des plaines alluviales, les régions calcaires, le réseau est généralement peu développé en raison du fort taux d'infiltration (Fig.15).

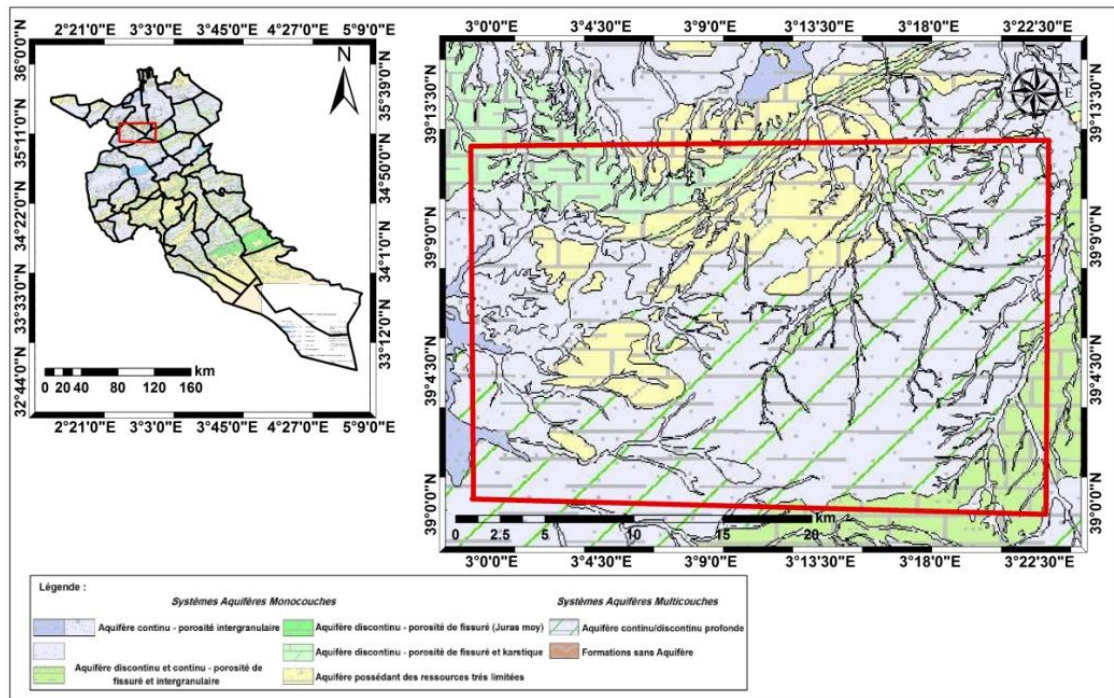


Figure 15 : Carte hydrologique de Wilaya Djelfa : cas de Geultet estel

6.1. Les Oueds à écoulement pérennes : Ils traversent les plaines et le cordon dunaire pour atteindre la dépression de Zahrez Gharbi, qui collecte les eaux des plateaux et des plaines ainsi que les eaux de son impluvium, il s'agit de l'Oued El Mesrane et l'Oued El Hadja.

6.2. Les Oueds à écoulement spontané : Traversent différentes zones pour atteindre le cordon dunaire. Ils naissent à partir du bassin montagneux sud, leur écoulement spontané est dû aux orages.

6.3. Les nappes phréatiques : Les nappes phréatiques assez proches de la surface exercent une influence directe sur les composantes du milieu, de plusieurs façons ; d'une part, elles sont responsables de l'halomorphie et de l'hydromorphie des sols et d'autre part elles conditionnent en même temps le couvert végétal steppique par la variation de la salure et la composition chimique (Ben rebiha, 1984). La nappe phréatique située sous le cordon dunaire,

peu profonde de 0 à 15 m, mais elle atteint 30 m dans quelques endroits, c'est un excellent aquifère dont le niveau est variable en fonction de la disponibilité des pluies.

7. Cadre climatique et bioclimatique

Pour cette partie nous nous sommes basé sur les données de la station de Djelfa, distante de 50 Km environ de la zone d'étude pour caractériser le climat de la zone d'étude. Les données utilisées concernent une chronique de quarante-huit ans consécutives (1971 - 2019).

7.1. Les précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (Ramade, 1984). La forme des précipitations la plus importante est la pluviosité.

7.1.1. La Pluviométrie moyenne mensuelle

L'analyse des données de la pluviométrie moyenne mensuelle des 48 ans montre que :

- les précipitations tombent surtout de septembre à Mai (Fig. 16), période qui connaît une moyenne de 72 jours de pluie.
- le mois de mars reçoit les précipitations les plus abondantes avec une moyenne de 32,65 mm suivi du mois de septembre avec 31,87 mm.
- Le mois de Juillet avec une moyenne de 9,63 mm est le mois le moins arrosé (mois le plus sec).

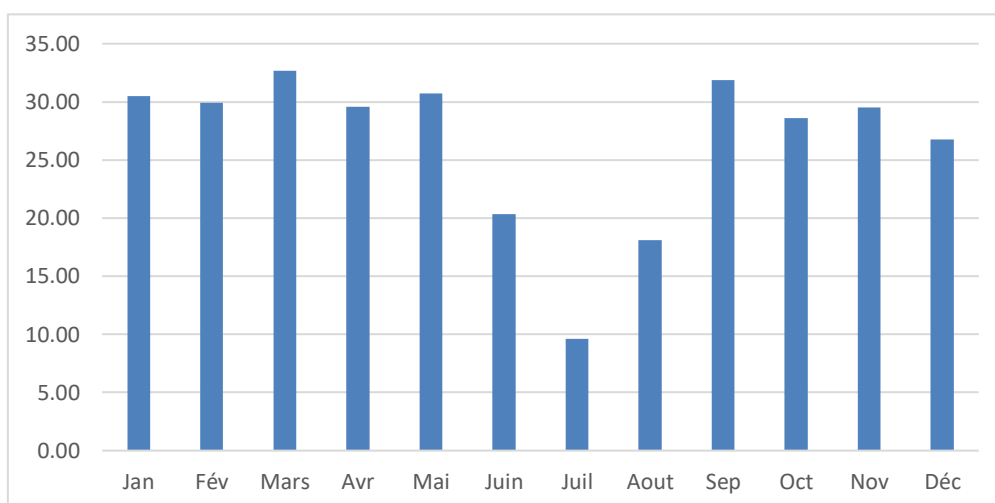


Figure 16 : Pluviométrie moyenne mensuelle de la station de Djelfa (1971-2019)

7.1.2. Les précipitations moyennes annuelles

Les précipitations moyennes annuelles de la station de **Djelfa (1971-2019)** s'élèvent à 318,2 mm. Les valeurs annuelles varient d'un minimum de 152,5 mm enregistré en l'an **2000** à un maximum de 511 mm en 1976 (Fig. 17). Ceci montre que les fluctuations sont fortes d'une année sur l'autre. L'écart-type atteint 85, 72,5 mm.

Sur 48 années complètes d'observation, la région de **Djelfa** a connu six années très arrosées ($P. > 400$ mm), dix années arrosées ($400 > P. > 350$ mm), onze années moyennement arrosées ($350 > P. > 300$ mm), dix années relativement sèches ($300 > P. > 250$ mm) et douze années sèches ($P. < 250$ mm).

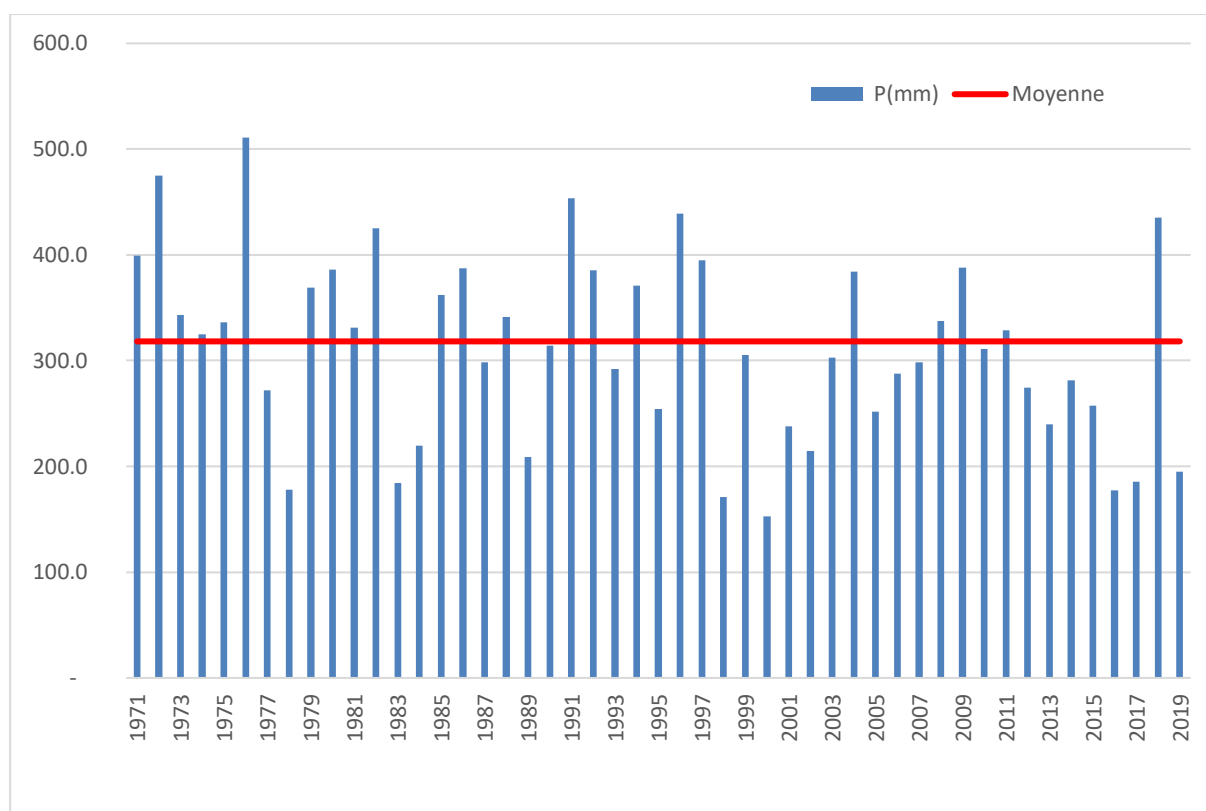


Figure 17 : Pluviométrie moyenne annuelle de la station de Djelfa (1971-2019)

7.1.3. le régime saisonnier

La saison sèche est par définition celle où se manifeste, pour la plupart des plantes, des conditions de stress hydrique plus ou moins intense et plus ou moins continues (**le Houèrou, 1995**). D'après le bilan des précipitations saisonnières (Fig. 18), le régime saisonnier est marqué par la dominance des pluies printanière avec 92,95 mm. La saison estivale présente un

bilan pluviométrique faible avec seulement 48,04 mm. De ce fait il constitue la saison sèche. Le régime saisonnier de la wilaya de Djelfa par les 48 années d'étude est de type **PAHE**.

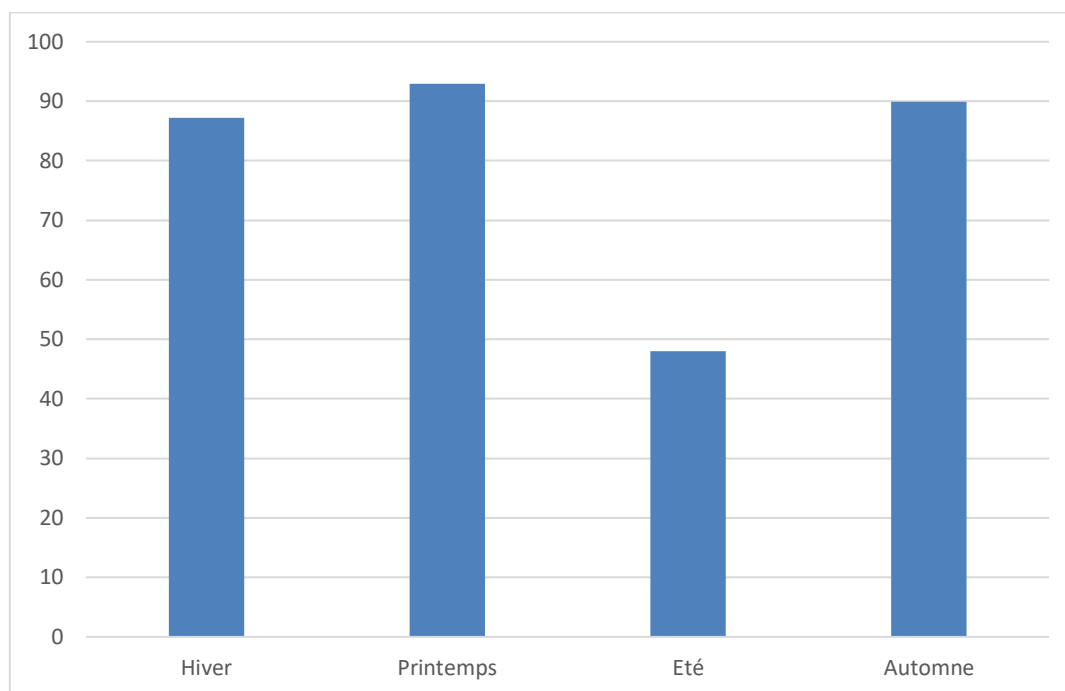


Figure 18 : Répartition saisonnière des précipitations

7.2. les températures

La vie végétale se déroule entre deux extrêmes thermiques que l'on peut à une première approximation assimiler à « m » et « M » (Sauvage ,1963).

- **m= moyenne des minimums du mois le plus froid (C°)**
- **M= moyenne des maximums du mois le plus chaud (C°)**

Les données des températures moyennes mensuelles (**T. moy.**) des températures moyennes, minimales (**m**) et des températures moyennes maximales (**M**) de la station de Djelfa pour la période **1975- 2019** sont consignées dans le tableau 2. L'examen du tableau montre que la température augmente régulièrement de janvier jusqu'à atteindre un maximum au mois de juillet 33,8 °C, puis diminue régulièrement jusqu'au mois de décembre où elle atteint les 10,7 °C. La température moyenne annuelle est de 14,7 °C, avec une moyenne des minima de 8,6 °C et une moyenne des maxima de 20,7 °C (fig. 19) .

Tableau 2 : Variation des températures moyennes mensuelles en (°C)

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
M °C	9,8	11,6	14,9	18,6	23,6	29,9	33,8	33	27,4	21,3	14,3	10,7
m °C	0,5	1,4	3,3	6,3	10,3	15,3	18,6	18,1	14,3	9,5	4,4	1,7
M + m /2	5,1	6,5	9,1	12,4	17	22,6	26,2	25,6	20,9	15,4	9,4	6,2

À l'échelle mensuelle, les températures moyennes sont comprises entre 5,1 °C au mois de janvier et 26,2 °C au mois de juillet. Les valeurs moyennes des minima vont de 0,5 °C au mois de janvier à 18,6 °C au mois de juillet et celles des maxima de 9,8 °C en Janvier à 33,8 °C au mois de juillet (Fig. 19).

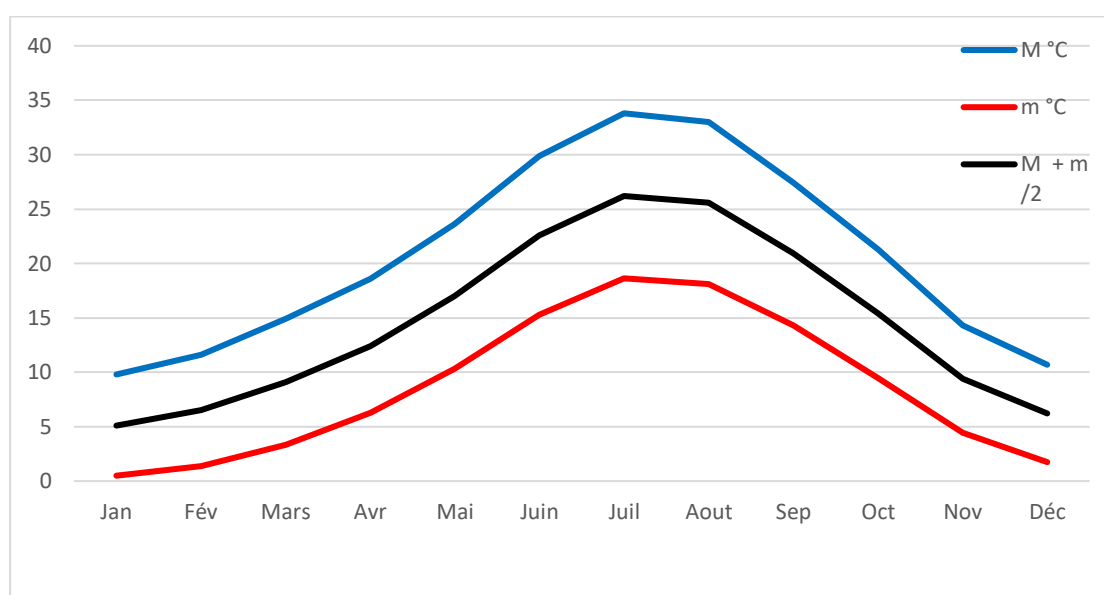


Figure 19 . Moyennes mensuelles des températures moyennes (T. moy), minimales (Moy Tmini) et des températures maximales (Moy Tmax) de Djelfa pour la période 1975- 2019.

La valeur des températures du mois le plus froid se trouve en janvier avec 0.5 °C. La plus basse valeur moyenne des températures minimales est de -3,7 °C enregistrée en janvier 2000. Cependant le mois de juillet présente les valeurs les plus élevées avec 33,8 °C avec des valeurs extrêmes de 36.1°C enregistrés en juillet 2005.

7.3. les autres éléments du climat

D'autres paramètres climatiques peuvent également jouer un rôle important dans la vie du végétal, et accentuer les effets des températures. Il s'agit en particulier des gelées et des vents.

7.3.1. Le gèle : La région de Djelfa subit une moyenne annuelle de 35 jours de gelée blanche par an qui peut se produire dès octobre et jusqu'en mai, contribuant ainsi à faire baisser les températures minimales. Les données analysées montrent que les jours de gèle sont concentrer sur la saison hivernale (27 jours/an). Néanmoins, il n'est pas rare que ce phénomène se produit au printemps, et plus particulièrement au mois de mars (4 jours en moyenne) et en automne en mois de novembre (3jours en moyenne). Notons que l'année 2000 est la plus marquée en nombre de jours de gèle avec 66 jours, alors que l'année 1986 est l'année qui a connu le moins de jours de gèle avec seulement 11 jours.

7.3.2. Le vent : Le vent qui est un facteur primordial du climat, influe sur les températures et sur les précipitations. Il est la source d'énergie qui met le sable et les particules fines en mouvement. Son importance est essentiellement liée aux fréquences de ses directions et à sa force. Selon l'échelle de Seltzer (1946), la vitesse moyenne mensuelle des vents est plutôt modérée pour l'ensemble des mois de l'année. En matière de direction la zone d'étude est soumise aux vents du secteur de l'ouest. L'action du sirocco, vent chaud et sec provenant du sud, peut à son tour faire monter les températures.

7.3.3. Évapotranspiration potentielle (ETP) et réelle (ETR)

Pour l'estimation de l'évapotranspiration nous avons utilisé la formule de En 1944, Thornthwaite (1944) qui s'exprime comme suit :

$$ETP (m) = 16 * [(10 * T (m) / I]^a * F (m, \varphi)$$

Tels que :

ETP (m) : L'évapotranspiration potentielle moyenne du mois m (m = 1 à 12) en mm

T (m) : Moyenne interannuelle des températures du mois, C°

a = 0.016 * I + 0.5

F (m,φ) = Facteur correctif fonction du mois m et de la latitude φ

I, l'indice thermique annual :

$$I = \sum_{m=1}^{12} i(m) \quad ; \quad i(m) = [T(m) / 5]^{1.514}$$

Les résultats de l'évapotranspiration potentielle moyenne par mois pour la période allant de 1985 à 2014 sont mentionnés sur la figure 20.

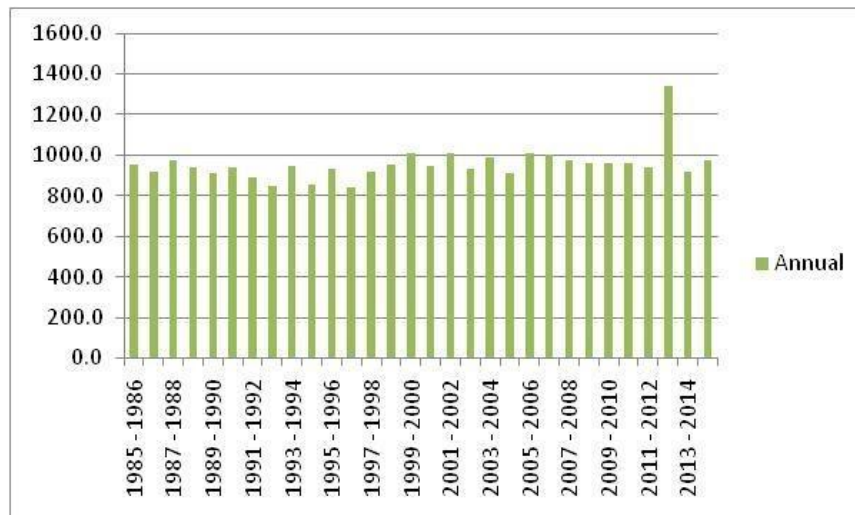


Figure 20 : Évapotranspiration de wilaya Djelfa année 1985-2014

La visualisation de la figure 20 montre que en moyenne l'évapotranspiration dans la wilaya de Djelfa oscille entre 800 et 1000 mm/an exception faite pour 2012 où l'évapotranspiration avoisine les 1400 mm/an ceci peut s'expliquer par les fortes températures durant la période estivale 34,9 °C en moyenne et une pluviométrie de 35 mm pour la même période.

7.4. Synthèse climatique

La synthèse du climat fait appel à différents indices et diagrammes proposés par plusieurs auteurs. Parmi les expressions les plus utilisées en steppe et intégrant les variables pluviosité et température, citons le quotient pluviothermique (Q2) d'Emberger (1955), le diagramme Ombro-thermique et l'indice xérothermique de Bagnouls et Gausson (1953).

7.4.1- Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gausson :

Dans le but de bien préciser et de confirmer la durée des deux saisons humide et sèche, nous avons utilisé le diagramme ombro-thermique de Gausson et Bagnouls (1953). Il permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il utilise les deux principaux paramètres climatiques la température et les précipitations, représentées en abscisse par les mois de l'année, en ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en°C. Avec une échelle de $P \leq 2T$.

Le diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausson indique la durée et l'importance de la période sèche de l'année. Le diagramme ombro-thermique de la station de Djelfa (Fig. 21) permet de distinguer la saison sèche qui s'étale de la mi-mars jusqu'au mois de novembre soit une durée de huit mois et demi.

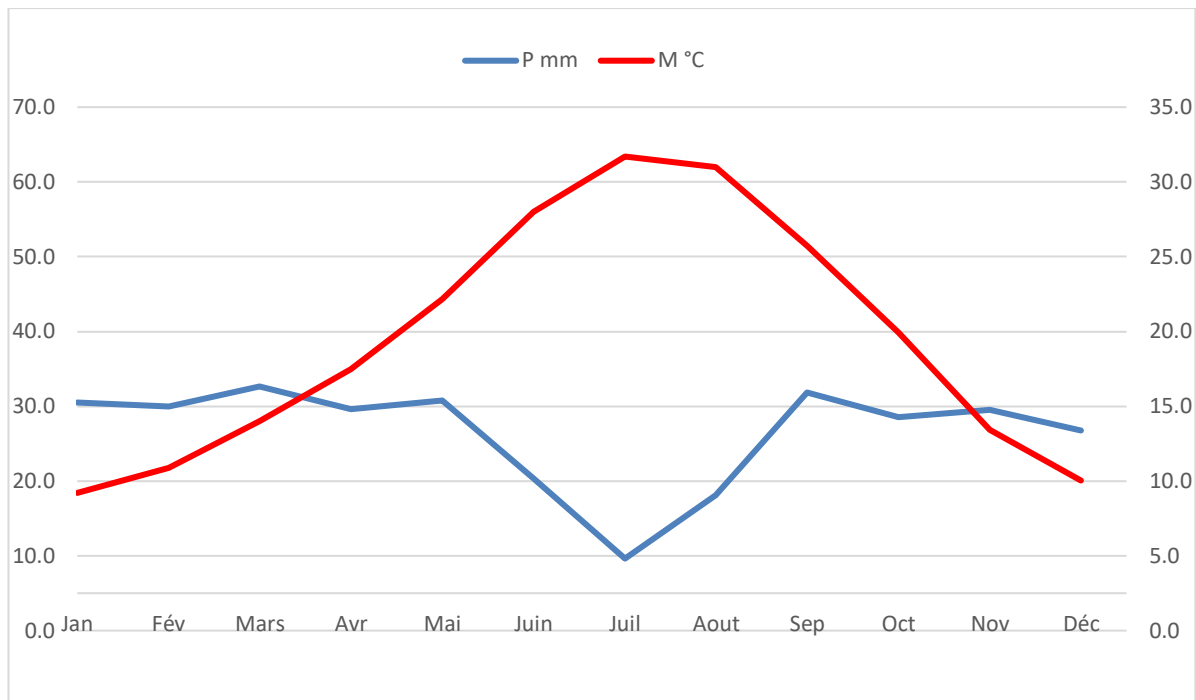


Fig. 21 . Diagramme Ombro-thermique de **Bagnouls** et **Gausсен** de la station de **Djelfa**

7.4.2- Quotient pluviothermique d'EMBERGER

Le Quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q2) permet de déterminer le type de bioclimat de la station. Il est calculé sur la base de la formule suivante :

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

- P pluviosité moyenne annuelle en mm
- M température moyenne des maxima du mois le plus chaud (en degré kelvin)
- m température moyenne des minima du mois le plus froid (en degré Kelvin)

La valeur calculée du Q2 pour est de 32,9 et celle de la température moyenne des minima du mois le plus froid (0,5 °C), situent la station de Djelfa dans l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver froid.

7.5. Notion de bilan d'eau .

Le bilan d'eau global correspond à une équation entre les apports et les pertes qui influent directement sur la variation des réserves. Ainsi pour déterminer le bilan de la région étudiée, il est indispensable d'évaluer ses composantes (infiltration, ruissellement et évapotranspiration). Pour cela, nous nous sommes basées sur les données de 11 stations dans la région des hauts plateaux pour une période d'observation de 30 ans (1985-2015).

L'excédent des précipitations sur l'évapotranspiration potentielle est emmagasiné dans le sol. Ce qu'il augmente les réserves (RU) jusqu'à ce que ce dernier soit saturé.

7.5.1. Bilan d'eau de la station de Djelfa (1985-2015)

La lecture du tableau 3 et la visualisation de la figure 21 montrent que la RFU (réserve facilement utilisable) commence à se reconstituer à partir du mois de Novembre pour atteindre une valeur maximale de l'ordre de 26 mm +aux mois de janvier, Février et Mars.

Tableau. 03 : Bilan hydrique de Djelfa selon la méthode de THORNTHWAITE

Djelfa	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	20.88	8.7	1.03	97.2	31.92	-65.3	-0.7	0.0	0.0	31.9	65.3	0.0
O	15.66	5.6	0.97	57.7	26.23	-31.4	-0.5	0.0	0.0	26.2	31.4	0.0
N	9.44	2.6	0.86	22.6	34.67	12.0	0.5	12.0	12.0	22.6	0.0	0.0
D	7.55	1.9	0.81	14.9	25.39	10.5	0.7	10.5	22.5	14.9	0.0	0.0
J	4.73	0.9	0.87	7.5	31.82	24.3	3.2	3.5	26.0	7.5	0.0	20.8
F	6.01	1.3	0.85	10.8	27.93	17.1	1.6	0.0	26.0	10.8	0.0	17.1
M	9.20	2.5	1.03	26.0	29.29	3.3	0.1	0.0	26.0	26.0	0.0	3.3
A	12.51	4.0	1.10	45.5	30.41	-15.1	-0.3	-15.1	10.9	45.5	0.0	0.0
M	17.23	6.5	1.21	83.8	39.04	-44.8	-0.5	-10.9	0.0	49.9	33.9	0.0
J	22.77	9.9	1.22	132.4	19.32	-113.1	-0.9	0.0	0.0	19.3	113.1	0.0
J	26.94	12.8	1.24	176.3	9.65	-166.7	-0.9	0.0	0.0	9.7	166.7	0.0
A	26.39	12.4	1.16	159.5	22.49	-137.0	-0.9	0.0	0.0	22.5	137.0	0.0
Annuel	14.9	69.2		834.4	328.2	-506.2				287.0	547.4	41.2

Elle diminue à partir du mois de Mars jusqu'à ce qu'elle soit totalement épuisée au mois d'Avril, l'apparition du déficit agricole (DA) à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Octobre. L'ETP atteint son maximum au mois de juillet (176.3 mm) et son minimum au mois de janvier (7.5 mm). On peut constater que notre bilan hydrique est déficitaire durant toute l'année sauf les mois allant du mois de Novembre jusqu'au mois de Avril. Enfin on peut constater que notre bilan hydrique est déficitaire durant toute l'année.

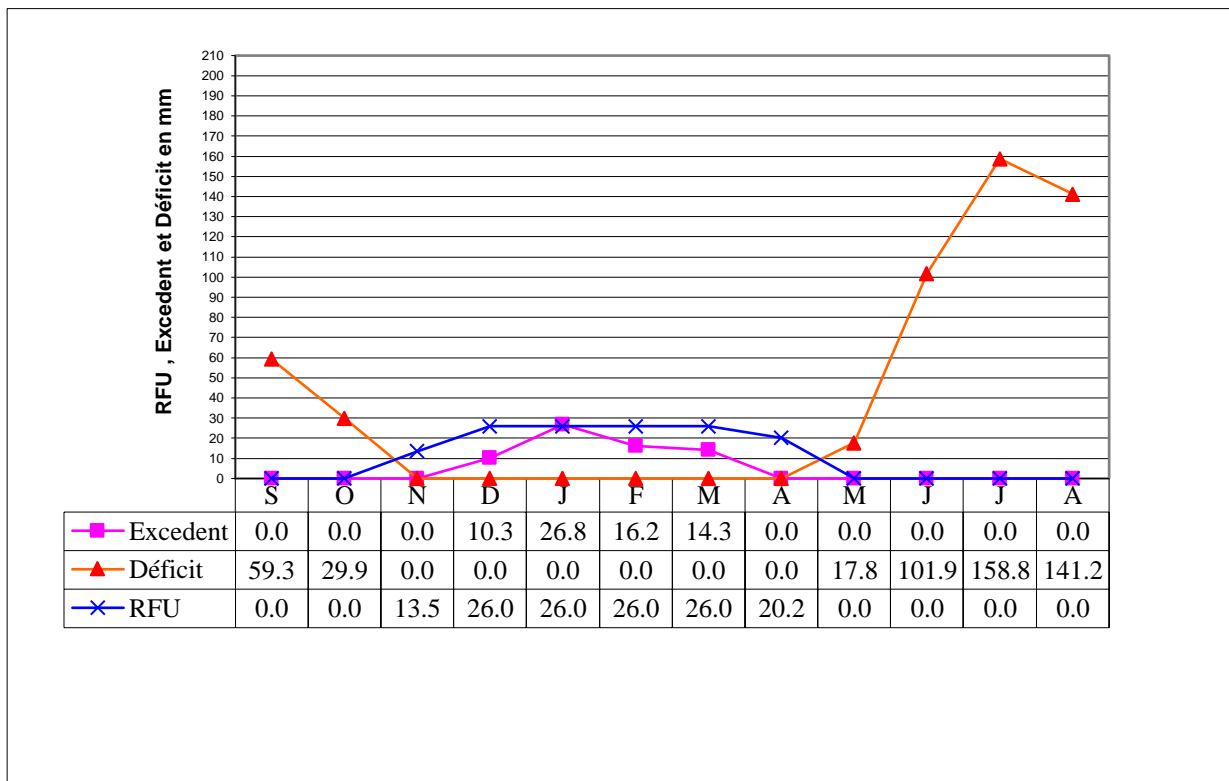


Figure 22 : Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent de la station de Djelfa (1985-2015).

8. Végétation de la zone d'étude

La végétation est un indice important et constitue la résultante des conditions physiques et climatiques du milieu (Bouziane, 1985). Selon l'étude de Smaïl (1991), menée au niveau de la zone Geulte Es-stel les principales associations végétales rencontrées sont :

- L'association dominée par le Sparte (*Lygeum spartum*).
- L'association dominée par l'Alfa (*Stipa tenacissima*).
- L'association dominée par l'Armoise blanche (*Artemisia herba alba*).
- L'association dominée par l'Atriplex (*Atriplex halimus*).
- L'association dominée par le Drin (*Aristida pungens*).

- L'association dominée par Rtem (*Retama retam*) .
- L'association dominée par Zefzef (*Helianthemum sp.*) .
- L'association dominée par Methnan (*Thymelaea microphylla*) .

8.1. Les zones agricoles : Les zones agricoles occupent les zones d'épandage (Oueds et Dayas), l'agriculture est de type aléatoire et dépend directement de la pluviométrie. Elle est orientée vers la céréaliculture en particulier l'orge.

8.1.1. Les zones ensablées : Elles couvrent des surfaces localisées essentiellement dans le cordon dunaire lequel composé de petits massifs dunaires à l'ouest et d'un massif continu à l'est caractérisé par la présence de psammophiles telles que : *Tamarix aphylla*, *Aristida pungens*, *Retama retam* .

8.1.2. Les zones forestières : Elles sont caractérisées par la présence de deux espèces :

- Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*)
- Le chêne vert (*Quercus ilex*)
- Tamarix (*Tamarix gallica*)

Les terres proches de la zone sont marquées par la présence d'une végétation halophile : *Atriplex halimus*, *Arthrocnemum glaucum*, *Salsola vermiculata*, *S. foetida*, *Suaeda fruticos*.

8.1.3. Plantations pastorales d'Atriplex ssp. : Les arbustes fourragers qui ont donné les meilleurs résultats sont ceux du genre *Atriplex* et en particulier, *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens* donnent d'excellents résultats, en culture sèche, surtout dans les zones basses et sous les pluviosités de 150 mm par an, ils sont très résistants à la sécheresse, productifs, de bonne valeur alimentaire et d'appétibilité (Le Houérou, 1975).

Conclusion : La région de Djelfa est caractérisé par des oscillations climatique importantes, souvent il survient des pluies orageuses dépassant la limite dangereuse ,suivies d'une forte sécheresse qui désagrège le sol ,accélèrent le phénomène érosif et exposant ainsi les jeunes plantes au dépérissement . Une mauvaise répartition des pluies ,avec une succession d'années sèches et d'années pluvieuses ,montre que le climat de la région de Djelfa est perturbé .ceci permet de dire que le phénomène de saisonnalité est presque absent, vu qu'on ne remarque que deux saison par année la saison sèche et la saison humide. Le steppe sud Algéroises offrent un exemple de la dégradation du climat méditerranéen et son passage progressif a un climat franchement désertique, quoique encore de type méditerranéen cette dégradation correspond a une aridité croissante (Pouget 1980).

Pour répondre à notre problématique à savoir l'évolution des systèmes écologiques de la zone de Gullet es-stel sur une période relativement longue (**1988-2019**), nous avons combiné deux outils : Les logiciels de télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG).

I. Description de la démarche du travail

I.1 Réalisation des cartes d'occupation des sols et de dynamiques de ses unités

La carte d'occupation du sol, extraite des analyses par télédétection spatiale par utilisant la classification des images satellitaires, permet de caractériser les unités d'occupations des sols et de renseigner le degré de la dégradation de la couverture des sols. Une fois la base de données géographiques constituée, nous pouvons choisir les couches d'informations qui nous intéressent afin de les combiner et superposer. L'objectif de cette partie de travail porte sur la mise au point d'une méthode basée sur l'intégration des images satellites (unités d'occupations des sols) et des données cartographiques dans un SIG afin d'évaluer le changement d'occupation du sol, notamment la désertification par les cartes de dynamiques dans la zone d'études. Cette étude est basée sur l'analyse diachronique des changements de l'occupation du sol entre 1988 et 2019. En réalisant des superpositions et croisements des données, nous avons établi des cartes et des tableaux qui montrent l'évolution de chaque unité en mettant en évidence les gains et les pertes et LCM et INDV. Ensuite, nous avons cherché grâce à nos enquêtes de terrain, les causes du changement du couvert du sol en le mettant en relation avec les changements environnementaux et humains sans oublier le rôle des institutions de l'État pour la lutte contre la désertification.

I.2. Matériel utilisé pour la classification supervisée

I.2.1. Les images satellitaires zone Gueltet-Es-Stel : nous avons utilisé les images LandSat de deux périodes 1988 et 2019. Puis nous avons téléchargé le modèle numérique du terrain (MNT) à partir du site web USGS.

I.2.2. Les cartes : pour les besoins de cette étude nous avons utilisé les cartes suivantes :

- Carte d'occupation de Sol Gueltet-Es-Stel
- Carte des limites géographiques Gueltet-Es-Stel
- Carte topographique : carte à l'échelle 1/50.000 Gueltet-Es-Stel (Wilaya de Djelfa).
- Carte Hydrogéologie

- Carte des altitude
- Carte Géologie

I.2.3. Les tableaux LCM par logiciel TerrSet : grâce au logiciel TerrSet nous avons dressé les tableaux LCM.

I.2.4. Les graphes de population par GEE : des sorties graphiques ont été réalisées en utilisant le GEE

I.3. Outils de travail

I.3.1. Traitement de l'image satellitaire, choix des canaux et des points d'appui : les images satellitaires que nous avons utilisées dans notre étude, ont été déjà corrigées et traitées (choix des canaux et calage), elles étaient donc prêtes à l'utilisation, nous avons fait le choix de nos points d'appui pour vérifier sur terrain les différentes unités ciblées sur l'image satellitaire 2019, qui va nous permettre de valider notre classification supervisée sur cette image.

I.3.2. La réalisation de carte d'occupation des sols : certes, les images satellites sont très utiles pour étudier l'évolution de l'occupation du sol pour un lieu donné. Mais à cela doit s'ajouter un travail de terrain qui a pour objectif de valider les images satellites.

I.3.3. La validation des points d'appui et réalisations des cartes d'occupation des sols : par la classification supervisée et la classification non supervisée.

I.3.4. Classification supervisée pour l'image 2019 : Après la vérification sur terrain, nous avons validé la classification avec un maximum de vraisemblance sur l'image satellite 2019 nous avons regroupé les unités homogènes en classes d'occupation après leur digitalisation à la souris, ces classes représentent les unités d'occupation des sols qui nous ont servis à l'élaboration de la carte d'occupation des sols 2019

II Logiciels de télédétection et SIG

Pour cette étude nous avons fait appel aux logiciels suivants :

- **SIG** : (SIG télédétection et occupation de sol)
- **NDVI** : Normalized Difference Vegetation Index

- **TerrSet : LCM land change modeler in terrset**
- **GEE : Google earthengine (GEE)**

II.1.1. Définition des SIG : Le SIG est un « système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace » (Girard et Girard, 1999).

Dans notre étude, nous avons mis en relation les données qualitatives et quantitatives issues des enquêtes de terrain et la télédétection et les SIG, pour caractériser l'évolution des pratiques d'élevage et l'agriculture, leur impact sur la modification de l'environnement par la désertification des parcours steppiques dans la zone Geultet esstel, en mettant en avant, d'une part, les changements importants qui sont issus de la classification des images satellitaires (1988-2019) et aussi les occupations du sol et les pratiques agricoles mises en œuvre d'autre part, la répartition des ressources naturelles (eau et ressources pastorales), ainsi que les actions de l'État en matière de projet de réhabilitations des parcours steppiques.

- **Système (S) :** c'est un ensemble organisé et comprenant des éléments qui se coordonnent pour aboutir à un résultat. Ces éléments sont liés entre eux par certaines relations bien déterminées qui se doivent d'être coordonnées pour être plus efficace. Le système se réfère donc à l'ensemble intégré utilisateur/machine pour l'élaboration de l'information. Ce sont toutes les fonctionnalités informatiques et cognitives nécessaires à la capture, au stockage, à la gestion, à l'analyse et à la représentation des donnée

Information (I) : Il s'agit de la banque des données possédant outre des caractéristiques spatiales, des critères d'identification et de description. Autrement dit, c'est le résultat de l'interprétation de l'ensemble des relations qui existent entre un certain nombre d'éléments distincts appelés données. Ces dernières sont des représentations symboliques qui décrivent la population, les lieux, les objectifs ou événements qui une fois assemblées, ou placées dans un contexte spécifique, deviennent une information pour l'utilisateur

- **Géographique (G) :** La notion de géographique induit le caractère spatial des données. Ces données doivent donc être référencées dans l'espace et représentées sous formes cartographiques. La référence spatiale peut être une projection cartographique (UTM, Géographique) ou un plan quelconque lié à l'espace

II.1.2. Définition de la Télédétection : La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'image, permet d'obtenir l'information sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (Kluser, 2000).

II.2. Normalized Difference Vegetation Index Ndvi

II.2.1. définition : L'Indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est un indice normalisé permettant de générer une image affichant la couverture végétale (biomasse relative). Cet indice repose sur le contraste des caractéristiques de deux canaux d'un jeu de données raster multispectral : l'absorption du pigment chlorophyllien dans le canal rouge et la haute réflectivité des matières végétales dans le canal proche infrarouge (NIR).

L'indice NDVI est utilisé dans le monde entier pour surveiller la sécheresse, contrôler et prévoir la production agricole, aider à la prévention des incendies et cartographier la désertification. L'indice NDVI est privilégié pour l'observation globale de la végétation car il permet de compenser les changements de conditions d'éclairage, de pente de surface, d'exposition et d'autres facteurs exogènes (Lillesand 2004).

La réflexion différentielle dans les canaux rouge et infrarouge (IR) permet de contrôler la densité et l'intensité de la croissance végétale à l'aide de la réflectivité spectrale du rayonnement solaire. Les feuilles vertes affichent fréquemment une meilleure réflexion dans la plage de longueur d'onde proche infrarouge que dans les plages de longueur d'onde visibles. Lors du stress hydrique des feuilles ou lorsqu'elles sont malades ou mortes, elles deviennent plus jaunes et ont une moindre réflexion dans la plage proche infrarouge. Les nuages, l'eau et la neige affichent une bien meilleure réflexion dans la plage visible que dans la plage proche infrarouge, alors que la différence est presque nulle pour la roche et le sol nu. Le processus Indice NDVI crée un jeu de données monocanal qui représente principalement la couverture végétale. Les valeurs négatives représentent les nuages, l'eau et la neige et les valeurs proches de zéro représentent la roche et le sol nu.

L'équation NDVI par défaut documentée se présente comme suit :

$$\text{NDVI} = ((\text{IR} - \text{R})/(\text{IR} + \text{R}))$$

IR = valeurs de pixel du canal infrarouge.

R = valeurs de pixel du canal rouge

Cet indice génère des valeurs comprises entre -1.0 et 1.0, représentant principalement la couverture végétale, où les valeurs négatives sont essentiellement générées par les nuages, l'eau et la neige et les valeurs proches de zéro essentiellement générées par la roche et le sol nu. Les très faibles valeurs de l'indice NDVI (0,1 et inférieures) correspondent aux surfaces stériles de roche, de sable ou de neige. Les valeurs intermédiaires (0,2 à 0,3) représentent des zones d'arbustes et de prairies, alors que les valeurs élevées (0,6 à 0,8) indiquent des forêts tempérées ou tropicales humides.

ArcGIS utilise l'équation suivante pour générer les données en sortie :

$$\text{NDVI} = ((\text{IR} - \text{R})/(\text{IR} + \text{R})) * 100 + 100$$

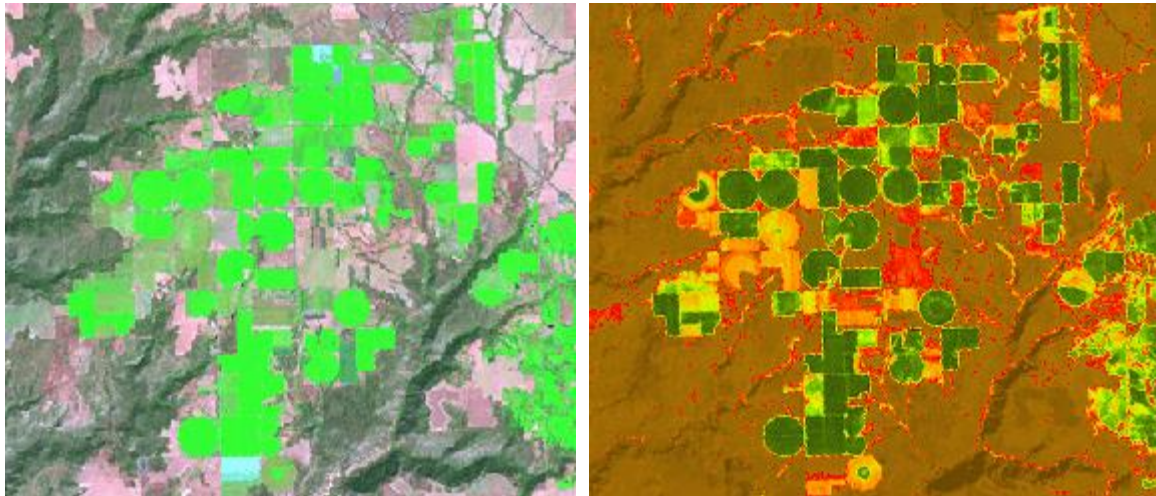
Cela se traduira par une plage de valeurs comprises entre 0 et 200 dans une structure 8 bits, qui peut être représentée facilement avec un dégradé de couleurs ou une palette de couleurs spécifique. Si vous avez besoin de valeurs de pixels spécifiques (-1.0 à 1.0), utilisez la fonction arithmétique de canal et choisissez la méthode Indice NDVI. Lors de l'utilisation du bouton Ajouter une fonction Ajouter une fonction dans la fenêtre Analyse d'image pour appliquer un indice NDVI, vous pouvez ouvrir la boîte de dialogue Options d'analyse d'images, cliquer sur l'onglet Indice NDVI, puis activer +++Scientific Output. Sous cet onglet figure également l'option +++Use Wavelength, qui essaie d'identifier les canaux corrects à utiliser si les informations de longueur d'onde se trouvent dans le jeu de données. Dans le cas contraire, les numéros de canal sont utilisés.

Vous trouverez ci-dessous des exemples présentant une combinaison de canaux LandSat 7,4,3 (gauche) et un Indice NDVI utilisant une palette de couleurs mettant en surbrillance l'activité agricole de la zone (droite).

Les entrées pour cette fonction sont les suivantes :

- Raster en entrée
- Identifiant de canal visible
- Identifiant de canal infrarouge

Utilisez la fonction Palette de couleurs pour visualiser l'image avec un dégradé de couleurs NDVI.



II.2.2 Utiliser les images LandSat dans ArcGis (ArcMap) pour le NDVI

Nous avons vu comment télécharger les images LandSat 8 par site USGS. Nous allons voir maintenant comment les utiliser dans ArcGis, que vous utilisiez ArcMap ou ArcGis Pro. Pour LandSat 8 le rouge c'est la bande N°4 et l'infra-rouge la bande N°5.

On pourrait calculer directement le NDVI en entrant sa formule dans la calculatrice raster, en utilisant les deux images tiff correspondantes. Mais ArcGis vous permet de calculer le NDVI directement sur une image, à condition qu'elle contienne les bandes nécessaires, et, en général, on souhaite aussi « voir » l'image optique (RVB) et non seulement le calcul du NDVI.

II.2.3. Création d'une image composite à partir des différentes bandes

Nous allons donc commencer par créer une image composite contenant les trois bandes du visible (RVB) et la bande de l'infra-rouge. Ces quatre bandes sont, chacune, dans une image séparée, nous utiliserons un outil de la toolbox pour créer une seule image composite. Vous trouverez la commande « Canaux composite » dans la boîte à outils « Gestion de données » -> Raster -> Traitement raster. Si vous utilisez ArcGis Pro, le même outil est disponible dans la fenêtre Geoprocessing. Sélectionnez les quatre bandes dont les noms se terminent par B1, B2, B3 et B4. Avec les flèches changez l'ordre des images pour qu'elles correspondent à l'ordre des images optiques (R-V-B-Ir), c'est à dire B3 en premier, puis B2, B1 et finalement B4.

Si vous ne sauvegardez pas l'image dans une geodatabase, n'oubliez pas d'ajouter l'extension .tif au nom en sortie. Le résultat de la commande est chargé dans la fenêtre ArcMap.

II.2.4. Calcul et affichage du NDVI

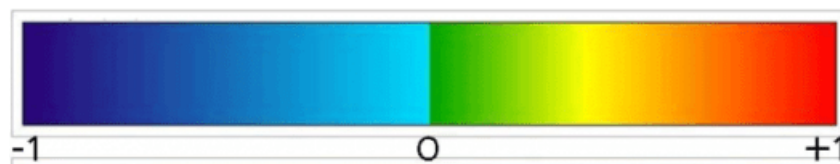
Pour calculer l'indice NDVI, il suffit d'ouvrir la fenêtre Image Analysis d'ArcMap : Avant de procéder au calcul, il faut configurer les bandes à utiliser.

- Cliquez sur l'icône « Options », tout en haut et à gauche.
- Dans l'onglet Indice NDVI rentrez 1 comme canal rouge et 4 comme canal infra-rouge.
- Cochez la case Scientific Output, pour avoir des résultats entre -1 et 1. Si non, vous aurez le NDVI entre 0 et 255.

Fermez la fenêtre d'options. L'affichage de l'indice NDVI se fait en cliquant sur le quatrième icône du bloc traitements (la feuille d'érable verte).

II.2.5. Création d'une symbologie personnalisée pour l'affichage du NDVI

La symbologie par défaut est en nuances de gris. Pour lui appliquer une symbologie plus « standard » il faut créer un dégradé de couleurs dans ArcMap. Cette symbologie « standard » représente les valeurs négatives de NDVI en nuances de bleu et les valeurs positives dans un dégradé de vert à rouge par le jaune.



Cette opération ne sera à faire que la première fois. Vous réutiliserez le dégradé les prochaines fois. Pour créer le dégradé personnalisé:

Dans le menu d'ArcMap, cliquez sur Personnaliser -> Gestionnaire de Styles. Ouvrez le dossier de styles personnels (surtout n'ouvrez pas le dossier ESRI). Sélectionnez « dégradés de couleur ». Cliquez droit sur la fenêtre de droite. Sélectionnez « Nouveau » dans le menu -> Dégradé de couleurs multi-parties.

On va créer deux parties pour le dégradé: la première pour les dégradés de bleu, la deuxième pour les dégradés de vert à rouge.

Cliquez sur « Ajouter ». Puis sélectionnez « Dégradé de couleurs algorithmique »
Un dégradé par défaut est ajouté à la fenêtre. Cliquez sur « Propriétés ». Dans « Couleur 1 sélectionnez un bleu foncé. Dans couleur 2 sélectionnez un bleu clair **dans la même colonne que le bleu foncé.**

Cliquez à nouveau sur « Ajouter ». Puis sélectionnez « Dégradé de couleurs algorithmique »
Cliquez sur « Propriétés ». Dans « Couleur 1 sélectionnez un vert brillant. Dans couleur 2 sélectionnez le rouge **dans la même ligne que le vert.** Le jaune devrait se situer sur cette ligne. Cliquez sur OK et sur OK Renommez le dégradé en « NDVI ». Voilà! C'est fini, le dégradé apparaîtra maintenant dans la fenêtre déroulante de dégradés de la symbologie des couches ArcMap. Ouvrez la fenêtre de propriétés de la couche NDVI, sélectionnez l'onglet « Symbologie ». Sélectionnez le dégradé NDVI, vous aurez le résultat à l'affichage (Fig. 23).

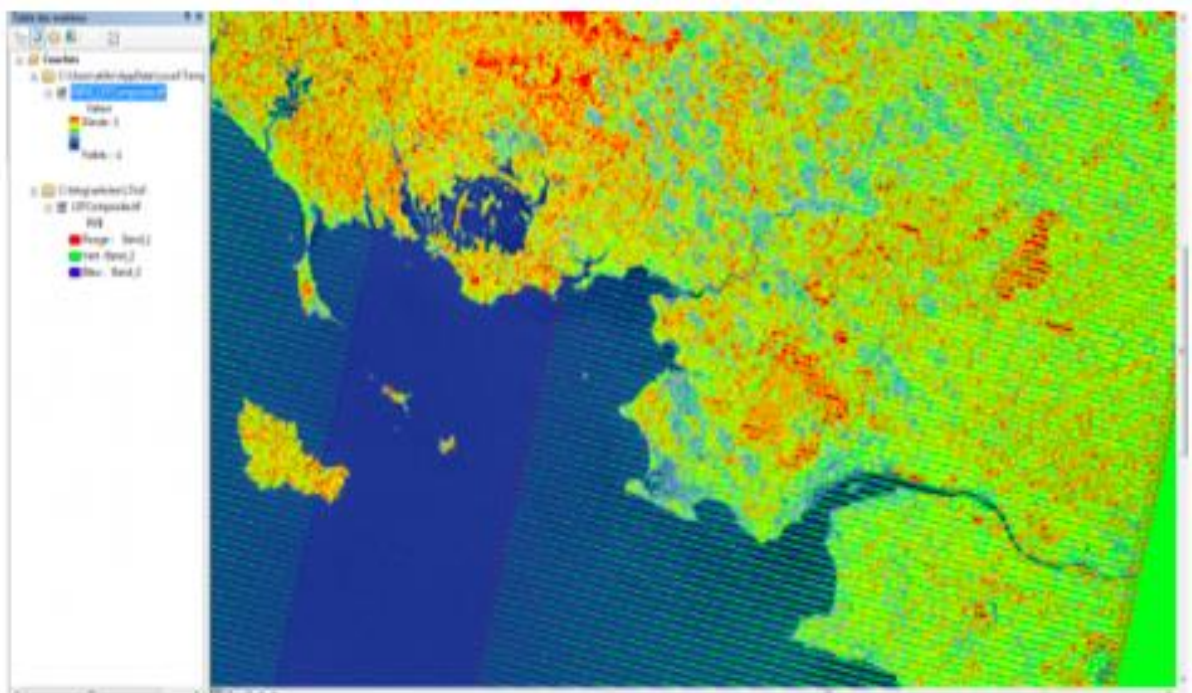


Figure 23: Résultat Ndpi

Durant notre étude une méthodologie basée sur le calcul d'NDVI à partir des images raster (deux image Landsat de date différentes 1988, 2019) a été proposés. Sur la figure 24 sont représentées es étapes de la méthodologie suivi :

- **Préparation des données** : avant d'utiliser les images Landsat, et pour assurer la superposition dans le SIG, une rectification géométrique a été appliquée sur ces images (Géo-référencement).
- **Calcul d'NDVI** : L'NDVI est basé sur la différence de la réflectance infrarouge et rouge des objets. Il permet de discriminer les pixels qui représentent la végétation.
- **Binarisation** : Cette étape permet de séparer les surfaces vertes avec les surfaces brillantes. Les pixels sont codés avec 1 pour la végétation et 0 pour les autres pixels.
- **Zonal SUM** : Pour calculer la superficie des espaces verts, la fonction « SUM » a été utilisée pour sommer les pixels codé avec 1 (Pixels Végétation) par arrondissement.

L'objectif de notre méthodologie c'était de :

- Cartographier la végétation pour les dates 1988 et 2019.
- Suivre l'évolution de la surface de végétation.
- Comparer la norme d'espace vert de chaque arrondissement de la ville Geultet-Es-Stel.

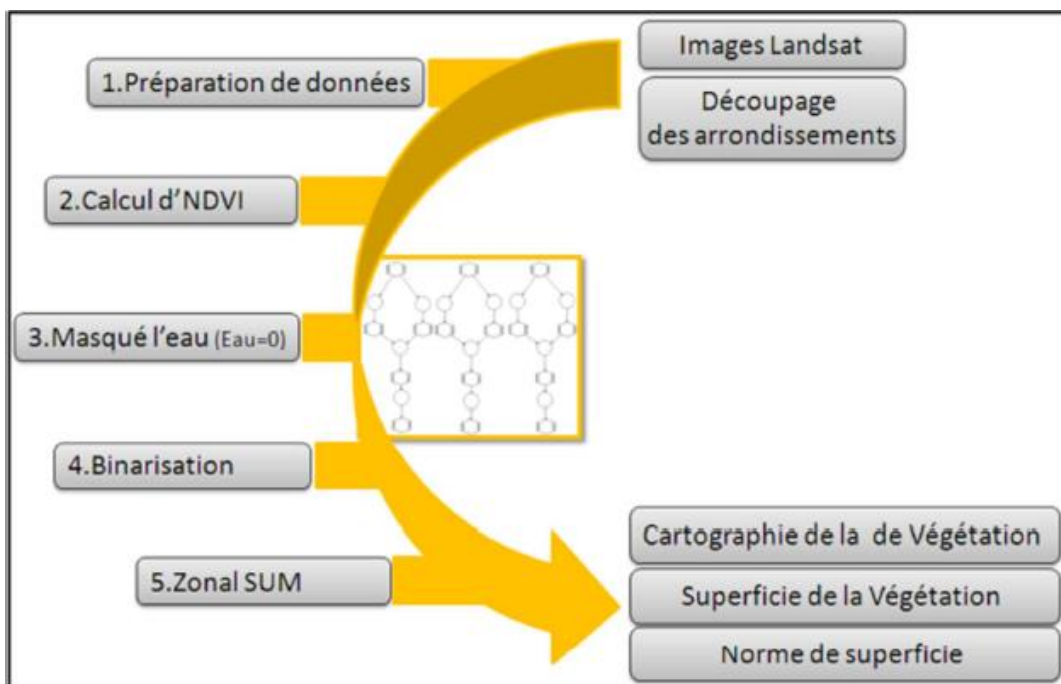


Figure 24 : méthodologie suivie sur NDVI

II.2.6. Indice de Végétations

Les indices de végétation sont des formules conçues pour fournir des mesures quantitatives qui sont souvent en rapport avec la biomasse et l'état de la végétation. L'indice le plus communément utilisé est NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

III. TerrSet : Land Change Modeler dans TerrSet Vue d'ensemble

Land Change Modeler est un outil pour l'analyse et la prévision des changements d'occupation spatiale et de leur implication dans la biodiversité. Clark Labs a travaillé pendant plusieurs années au développement de scénarios d'évolution qui ont été intégrés à IDRISI en 2006. L'interface du logiciel est organisée de manière séquentielle autour des principales tâches liées à l'analyse des changements spatiaux, la prévision des évolutions et l'analyse de l'habitat afin de proposer un processus de travail particulièrement performant et intuitif. Les utilisateurs ont accès à un système d'aide contextuel et à un ensemble de tutoriels qui en facilite l'apprentissage.

Avec Land Change Modeler, vous pouvez analyser les mutations spatiales. Spécifiez deux cartes d'occupation spatiale à différentes dates et visualisez immédiatement les gains et les pertes par catégorie, soit sur la carte soit sur un graphique.

Le logiciel terrset peut être utilisé sur Pc en faisant appel au (i) Modéleur Terrset, (ii) Modélisateur Lcm Land Changes pour analyser le changement de la couverture terrestre, la modélisation empirique des relations avec les variables explicatives et la projection des changements futurs. Il comprend également des outils spéciaux pour l'évaluation de la REDD (Réduction des émissions dues à la déforestation et aux forêts Dégradation) et les Stratégies d'atténuation du changement climatique.

VI . Google Earth-Engine (GEE)

VI.1. Données de télédétection : Accumulation de collections massives de données de télédétection depuis le sol, Plateformes aériennes et satellites. Aux États-Unis, ces collections comprennent le record de 40 ans de l'USGS Images satellitaires Landsat (comprenant des pétaoctets de données); la Terre de la NASA Système d'observation des données et du système d'information, ayant plusieurs données centres et plus de 7,5 pétaoctets (x 1000 téraoctets) d'images archivées et les systèmes actuels de la NASA qui enregistrent environ 5 To de télédétection données associées par jour De nouvelles technologies de capture de données telles que LiDAR sont utilisées régulièrement pour produire plusieurs pétaoctets (Begni et al.,2005).

VI.2. Défis du traitement du Big-Data

- Traiter des problèmes tels que le stockage, le traitement, la gestion, l'archivage, diffusion et analyse de grands volumes d'informations RS.
- Puissance de calcul requise pour traiter ces données massives sources. Traditionnellement, les ordinateurs de bureau avec un ou plusieurs des noyaux ont été utilisés pour traiter les données de télédétection de petites zones. En revanche, les applications de télédétection à grande ou macroscopie peuvent nécessitent des technologies HPC; calcul sur GPU; et parallèle, cluster, et les approches informatiques distribuées sont de plus en plus acceptées (Puget,2016).

VI.3. Qu'est-ce que GEE?(Fig. 25)

- Plateforme basée sur le cloud pour l'analyse géospatiale -Accédez à plus de 40 ans d'images satellite
- Télécharger ses propres ensembles de données à intégrer aux données accessibles au public
- Appliquer une gamme d'algorithmes communs aux données
- Exportez des images, des tableaux, des graphiques, des sorties cartographiques (Gorelick et al.,2017)

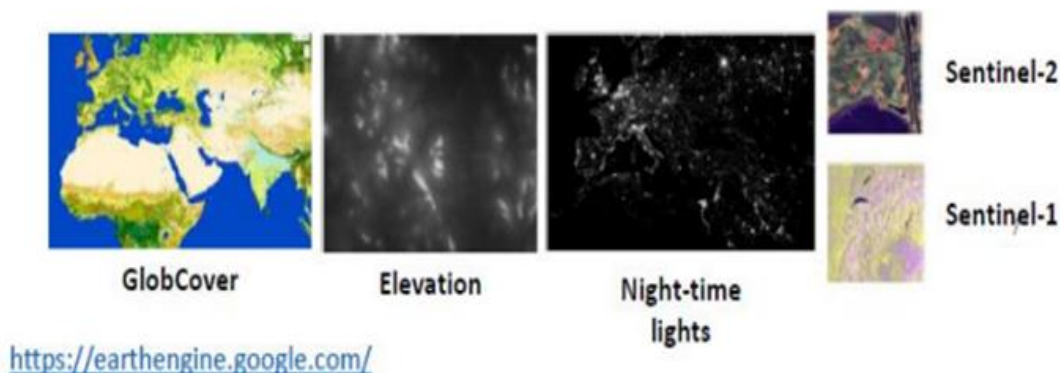


Figure 25: **Google Earth-Engine (GEE)**

VI.3.1 Collections d'images dans GEE (Fig. 26 ; 27)

Une collection d'images fait référence à un ensemble d'images Earth Engine. Par exemple, la collection de toutes les images LandSat 8 et LandSat 5

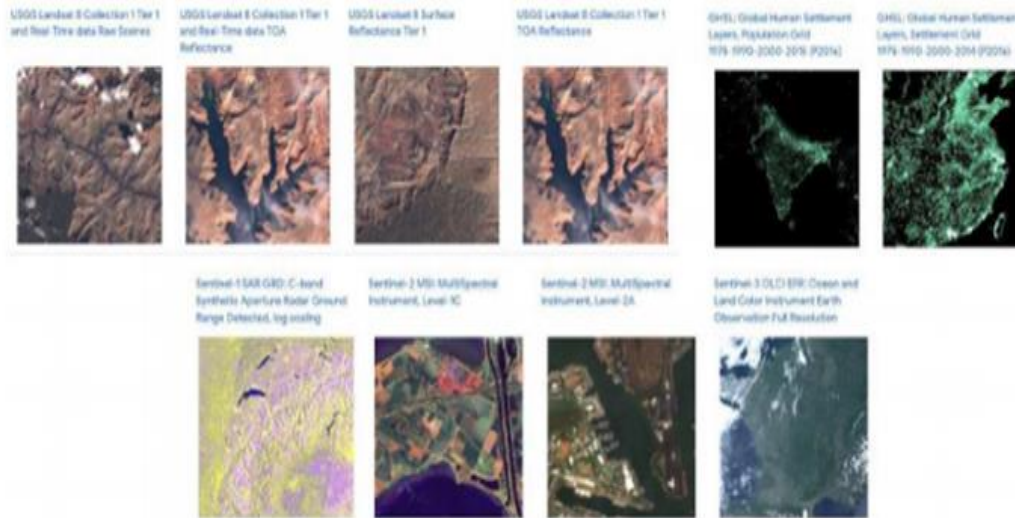


Figure 26: Collections d'image dans le GEE



Figure 27 : L'interface du programme GEE

IV.4. Classifications et Machine Learning (l'apprentissage automatique)

L'apprentissage automatique est loin d'être un sujet de science-fiction pour devenir l'outil commercial le plus fiable et le plus diversifié qui améliore les multiples facettes de chaque opération commerciale. Son influence sur les performances de diverses entreprises est devenue si importante que la mise en œuvre d'algorithmes d'apprentissage automatique de

premier ordre est nécessaire pour assurer la survie de nombreuses industries dans ce monde hautement concurrentiel. La mise en œuvre du ML dans les opérations commerciales nécessite une quantité importante de ressources et constitue une étape stratégique. Par conséquent, maintenant que nous comprenons pourquoi les algorithmes d'apprentissage automatique sont importants, l'étape suivante consiste à comprendre comment vous pouvez utiliser les algorithmes ML à votre secours. La première étape vers cela est de comprendre clairement quel est le problème commercial que vous souhaitez résoudre à l'aide de l'apprentissage automatique et de comprendre clairement la quantité de ressources et d'efforts requis dans différents types d'algorithmes d'apprentissage automatique, pour que vous puissiez choisir le meilleur algorithme parmi les nombreux qui sont sur la table. (Gregory et al.,2020). Dans cette partie, nous aborderons les principaux types d'algorithmes d'apprentissage automatique, expliquerons l'objectif de chacun d'eux et découvrirons leurs avantages

VI.4.1 Classification Supervisé : La classification supervisée par des algorithmes ML traditionnels exécutés dans Earth Engine. Ces classificateurs incluent CART, RandomForest, NaiveBayes et SVM. Le flux de travail général pour la classification est:

- Collecter des données d'entraînement.
- Assembler des fonctionnalités qui ont une propriété qui stocke l'étiquette de classe connue et des propriétés stockant des valeurs numériques pour les prédicteurs.
- Instancier un classificateur.
- Régler ses paramètres si nécessaire.
- Former le classificateur à l'aide des données d'entraînement.
- Classifier une image ou une collection d'objets.
- Estimer l'erreur de classification avec des données de validation indépendantes.

Les données d'entraînement sont une Feature-Collection avec une propriété stockant l'étiquette de classe et des propriétés stockant les variables de prédiction. Les étiquettes de classe doivent être consécutives, des entiers commençant à 0. Si nécessaire, utilisez remap pour convertir les valeurs de classe en entiers consécutifs. Les prédicteurs doivent être numériques.

Les données de formation et / ou de validation peuvent provenir de diverses sources. Pour collecter des données d'entraînement de manière interactive dans Earth Engine, vous pouvez

utiliser les outils de dessin de géométrie (voir la section des outils de géométrie de la page Editeur de code). Vous pouvez également importer des données d'entraînement prédéfinies à partir d'un élément de table Earth Engine (voir la section Importation pour plus de détails). Obtenez un classificateur de l'un des constructeurs dans EE-Classifier. Entraînez le classificateur à l'aide de `classifier.train`. Classifiez une Image ou Feature-Collection à l'aide de `classify`.(Richardson,2018).

VI.4.2. CART Algorithme

VI.4.2.1. Définition CART : Arbres de classification et de régression ou CART en abrégé est un terme introduit par Leo Breiman pour désigner les algorithmes d'arbre de décision qui peuvent être utilisés pour des problèmes de modélisation prédictive de classification ou de régression (Breiman et al.,1984). Classiquement, cet algorithme est appelé «arbres de décision», mais sur certaines plateformes comme R, ils sont désignés par le terme plus moderne CART. L'algorithme CART fournit une base pour des algorithmes importants tels que les arbres de décision en sac, la forêt aléatoire et les arbres de décision boostés (Breiman et al.,1984)

VI.4.2.2. Applications de Classification CART : Dans GEE Arbres de classification et de régression ou CART en abrégé est un terme introduit par Leo Breiman pour désigner les algorithmes d'arbre de décision qui peuvent être utilisés pour des problèmes de modélisation prédictive de classification ou de régression. Classiquement, cet algorithme est appelé «arbres de décision», mais sur certaines plateformes comme R, ils sont désignés par le terme plus moderne CART. L'algorithme CART fournit une base pour des algorithmes importants tels que les arbres de décision en sac, la forêt aléatoire et les arbres de décision boostés. Le package Classifier gère la classification supervisée par des algorithmes ML traditionnels exécutés dans Earth Engine. Ces classificateurs incluent CART, RandomForest, NaiveBayes et SVM. Le flux de travail général pour la classification est :

- Collectez des données d'entraînement. Assemblez des fonctionnalités qui ont une propriété qui stocke l'étiquette de classe connue et des propriétés stockant des valeurs numériques pour les prédicteurs.

- Instanciez un classificateur. Réglez ses paramètres si nécessaire. - Formez le classificateur à l'aide des données d'entraînement.
- Classez une image ou une collection d'objets.
- Estimer l'erreur de classification avec des données de validation indépendantes. Les données d'entraînement sont une Feature-Collection avec une propriété stockant l'étiquette de classe et des propriétés stockant les variables de prédiction.

Les étiquettes de classe doivent être consécutives, des entiers commençant à 0. Si nécessaire, utilisez `remap` pour convertir les valeurs de classe en entiers consécutifs. Les prédicteurs doivent être numériques. Les données de formation et / ou de validation peuvent provenir de diverses sources. Pour collecter des données d'entraînement de manière interactive dans Earth Engine, vous pouvez utiliser les outils de dessin de géométrie (voir la section des outils de géométrie de la page Editeur de code). Vous pouvez également importer des données d'entraînement prédéfinies à partir d'un élément de table Earth Engine (voir la section Importation pour plus de détails). Obtenez un classificateur de l'un des constructeurs dans EE-Classifieur. Entraînez le classificateur à l'aide de `classifieur.train`. Classifiez une Image ou Feature-Collection à l'aide de `classifieur.classify`

VI.4.2.3. Mesures de précision : Il existe de nombreuses façons différentes d'examiner l'exactitude thématique d'une classification. La matrice d'erreur vous permet de calculer les mesures de précision suivantes :

- La matrice de confusion.
- OverallAccuracy
- Consumers-Accuracy.
- Statistiques de précision.

VI.4.2.4. Statistiques de précision Kappa : Le coefficient Kappa est généré à partir d'un test statistique pour évaluer la précision d'une classification. Kappa évalue essentiellement les performances de la classification par rapport à l'attribution aléatoire de valeurs. C'est-à-dire que la classification a fait mieux que le hasard. Le coefficient Kappa peut varier de -1 à 0 1. Une valeur de 0 indique que la classification n'est pas meilleure qu'une classification aléatoire. Un nombre négatif indique que la classification est nettement pire que aléatoire. Une valeur proche de 1 indique que la classification est nettement meilleure qu'aléatoire.

Les cartes d'occupation des sols résultantes de la classification des images satellitaires utilisées ont permis de calculer les superficies des différentes unités d'occupation des sols cantonnées dans le tableau 4 et .

**Tableau 04 : Surface des unités étudiés de la carte d'occupation Geultet Es-Estel
1988 - 2019**

Formation	Année	Shape_Leng	Shape_Area	Surface (ha)
Forêts	1988	5,913542113	0,001132353	11,44
	2019	36,55601933	0,004460058	45,04
Sol nus	1988	48,22271986	0,053285438	538
	2019	116,4429272	0,036298529	367
Urbain	1988	0,035969064	0,00000707	0,07
	2019	1,061141348	0,00012524	1,26
Végétations	1988	48,18612018	0,010990676	111
	2019	111,8828797	0,024533511	248

L'analyse du tableau 4 et la visualisation des figures 28 et 29 montrent une remonté biologique significative dans la zone d'étude avec un net recul des sols nu qui sont passés de 538 ha en 1988 à 367 ha en 2019 soit une diminution de 171 ha (-31,8 %). En effet, nous remarquons que entre 1988 et 2019 les surfaces des forêts et les recouvrements globales de la végétation des parcours à pratiquement triplé. Pour les forêts on est passé de 11,44 ha en 1988 à 45,04 ha pour les forêts soit un taux d'accroissement de 74,60 %. Cette expansion des forêts s'expliquerais par les actions de restauration et de réhabilitation du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) et des reboisements entrepris par la direction générale des forets (DGF) dans la zone d'étude. Notons que la DGF a planté entre 2000 et 2020, 32 258 ha dans la wilaya de Djelfa répartie comme suit : 25 457 ha d'essences forestières, 2970 ha d'espèces pastorales et 3831 ha d'arbres fruitiers.

La même tendance est relevé pour les parcours ou le recouvrement de la végétation est passé de 111 ha à 248 ha soit une augmentation de 55,24%. Cette augmentation est liée probablement aux actions du HCDS. En effet, la wilaya de Djelfa a connue entre 1994 et 2019

la réhabilitation (plantation fourragère), par le HCDS de 38 409 ha et la restauration par des mises en défens de 132 004 ha.

Aussi, une augmentation très significative de l'urbanisation est à signaler avec un taux d'accroissement de 95,23%. En effet, la zone d'étude qui fait partie de la commune de Bouiret El Hadab a vu sa population exploser entre 1988 et 2019. Elle est passé de 5957 habitants en 1988 à 13780 habitants en 2019 soit une augmentation de plus de 56 %, ceci s'expliquerait par les dispositions gouvernementale en matière de logements ruraux surtout à partir de 2010 ou l'état à travers une législation à favoriser l'expansion de ce mode d'habitation afin de désengorger les villes est permettre aux agropasteurs d'occuper les parcours dans le but de les encourager à travailler la terre et développer le pastoralisme. Malheureusement, les agropasteurs ont saisi cette opportunité pour s'approprier des hectares de terre de parcours. En effet, là où il faut 200 à 400 m² pour construire une maison, les agropasteurs s'étalent sur quelques hectares.

La densité de la population dans cette commune confirme la politique d'urbanisation dans ces espaces. Entre 1988 et 2019 la densité est passé de 15,6 Habitant/Km² à 36,1 Habitant/Km².

Les améliorations de couverture végétale peuvent être visualiser sur les cartes que nous avons élaborées avec les systèmes d'information géographique (Fig. 28 et 29). La remonté biologique dans la zone d'étude peut s'expliquer par les actions de désenclavement via l'ouverture des pistes et la mobilisation des eaux par les joubs, puits, marres et seguias comme nous pouvons le voir sur la carte d'occupation du sol élaborée pour 2019. Ces actions ont permis aux agropasteurs de la région d'augmenter les surfaces des labours (orge et blé et luzerne) pour subvenir aux besoins de leur cheptel qui est passé de 11800 têtes en 1988 à 33500 têtes en 2019, notons que sous l'entité cheptel nous regroupons les ovins, caprins, bovins et camelins soit un taux de croissance annuel de 2,1 % .

Rappelons que les données statistiques utilisées dans cette partie sont fournis par de la Direction des services Agricoles de la wilaya de Djelfa (DSA Djelfa).

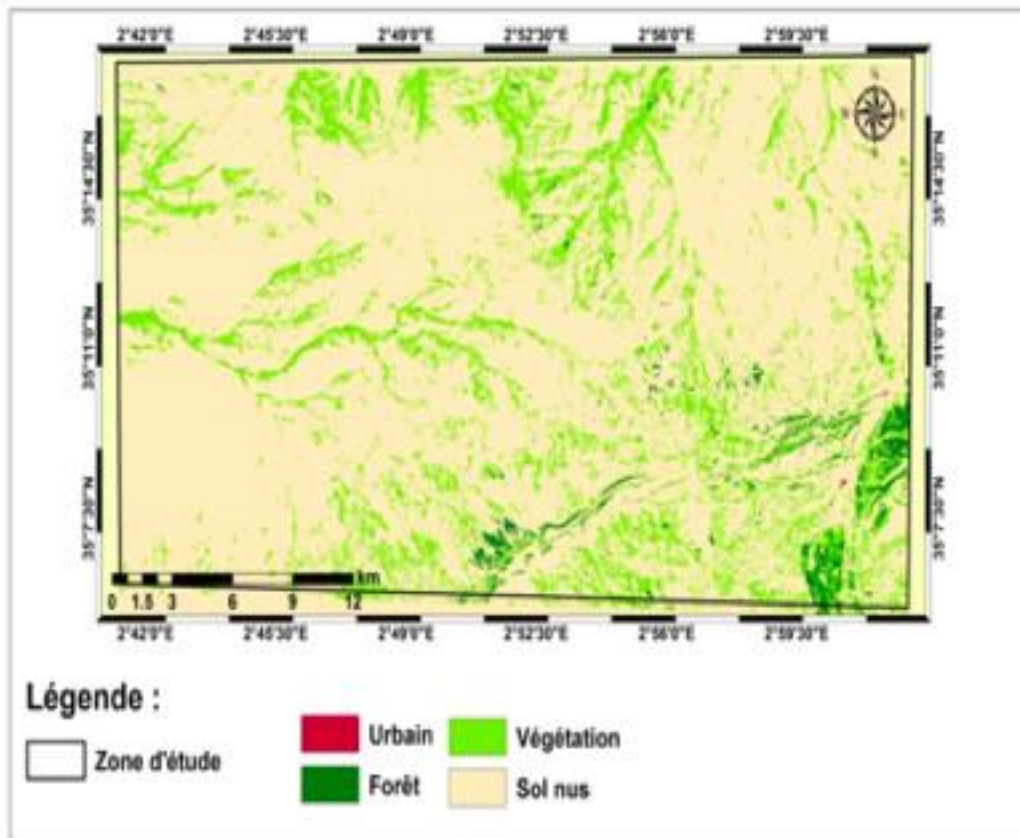


Figure 28 : Carte d'occupation de la zone d'étude pour l' année 1988

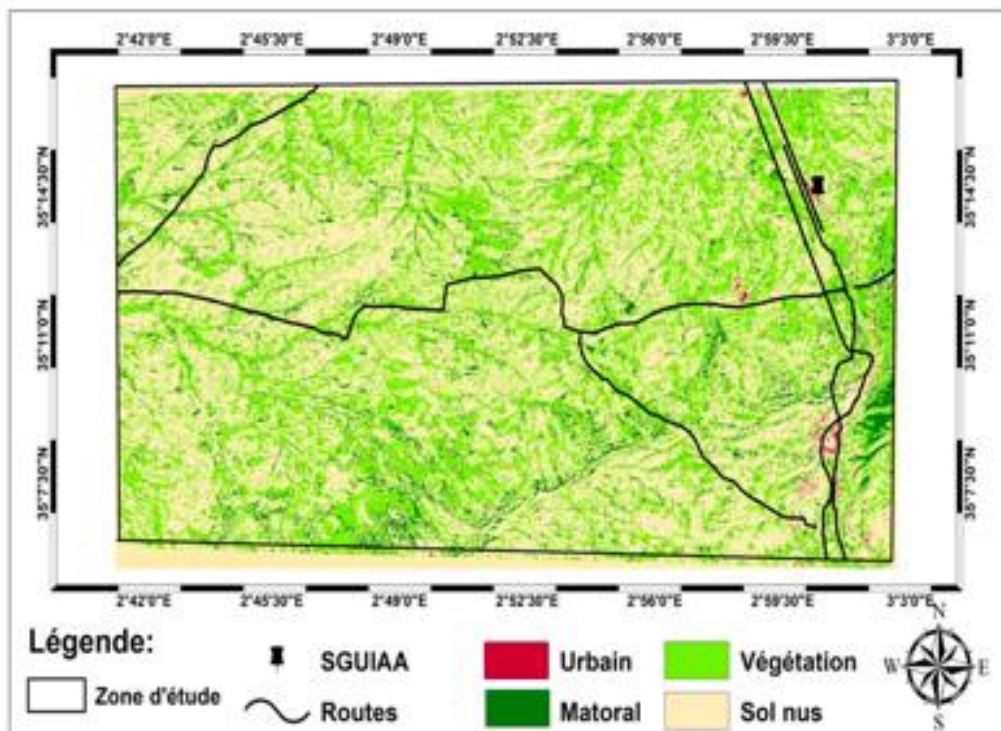


Figure 29 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude pour l' année 2019

Pour évaluer les pertes et les gains des classes de sol nus et de végétation nous avons réalisé, grâce aux facilités offertes par les SIG, la carte pertes et gains pour les sols nus et la végétation (Fig. 30) ainsi que la carte pertes et gains pour les forêts et la zone urbaine (Fig. 31). La visualisation des deux figures montrent une diminution des sols nus en faveur des sols végétalisés ceci confirme les résultats cantonnés dans le tableau 4.

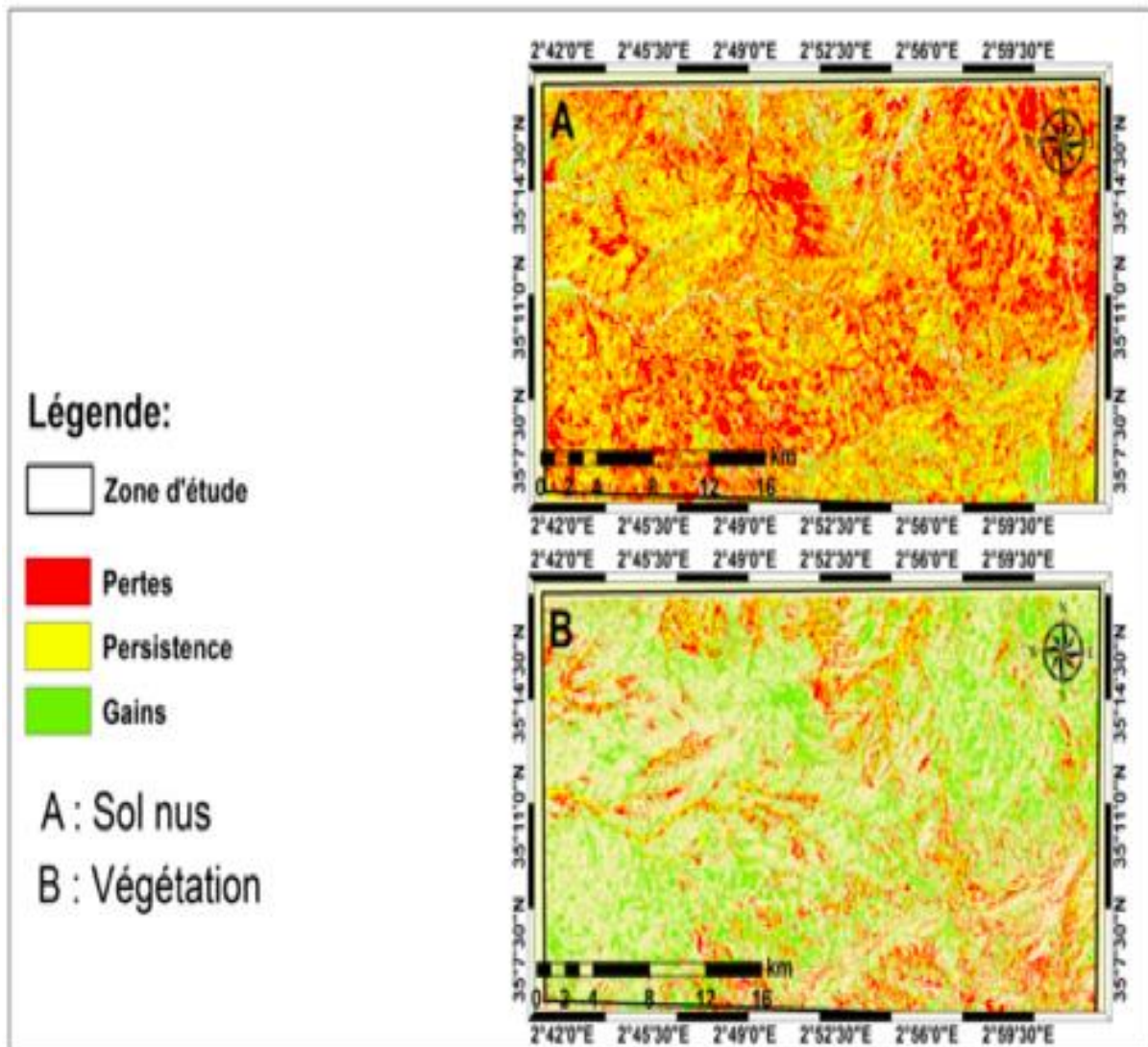


Figure 30 : Représentation graphique des pertes et gains Sol nu - Végétation

Cependant nous assistons à la diminution des surfaces forestières durant la décennie noire (1990 -2000) à cause des incendies volontaires pour lutter contre le terrorisme dans la région.

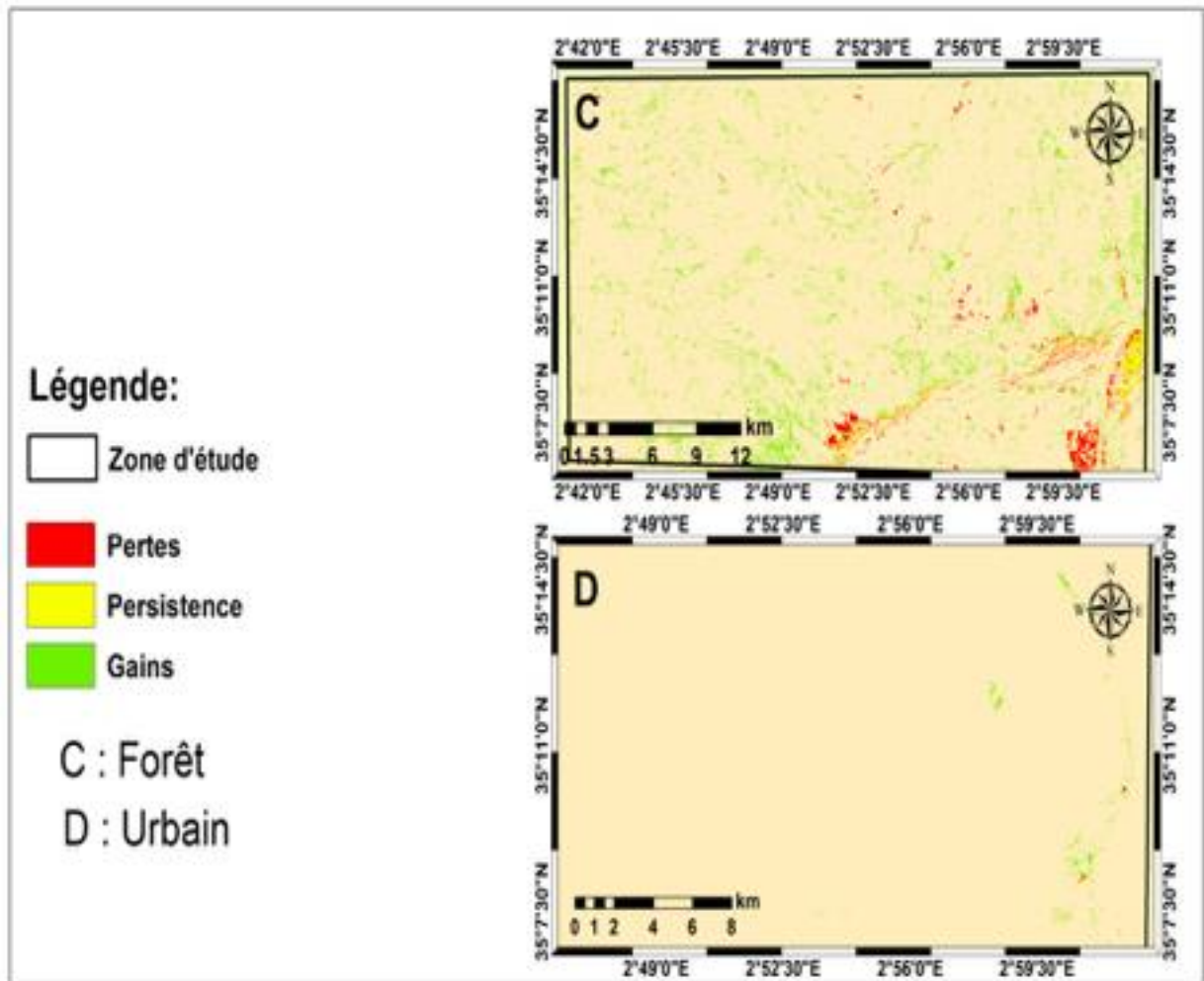


Figure 31 : Représentation graphique des pertes et gains Forêt - Urbanisation

L'indice de végétation par différence normalisé, (NDVI)

Les observations par satellite et l'évolution des techniques de traitement d'images jouent un rôle important dans la caractérisation de la variation interannuelle de la végétation. La méthodologie proposée a donné des résultats satisfaisants et la combinaison et la comparaison des résultats obtenus permettent de faire le suivi spatio-temporel de l'évolution du recouvrement végétal.

Une meilleure compréhension de l'évolution des modes d'utilisation des sols et du couvert végétal est une préoccupation majeure pour les pays dont les écosystèmes subissent des dégradations sévères. En effet, les dynamiques d'occupation des sols ont des implications directes sur la disponibilité des ressources naturelles. Notre étude menée à Gueltet Esstel, en

utilisant l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), met en évidence l'ampleur des changements du couvert végétal entre 1988 à 2019. Une évolution progressive du couvert végétal est relevée sur pratiquement l'ensemble du territoire de la zone d'étude sauf au sud-est et au nord-ouest des monts du Gueltet Esstel, tout particulièrement dans la "forêt de Gueltet Esstel " où une évolution régressive est observée, cette régression du couvert végétal s'expliquerait par la déforestation, le surpâturage, les incendies de forêts et l'érosion hydrique (Aidoud-Lounis, 1997 ; Kadi-Hanifi, 1998 ; Hirche, 2010 ; Amghar, 2012).

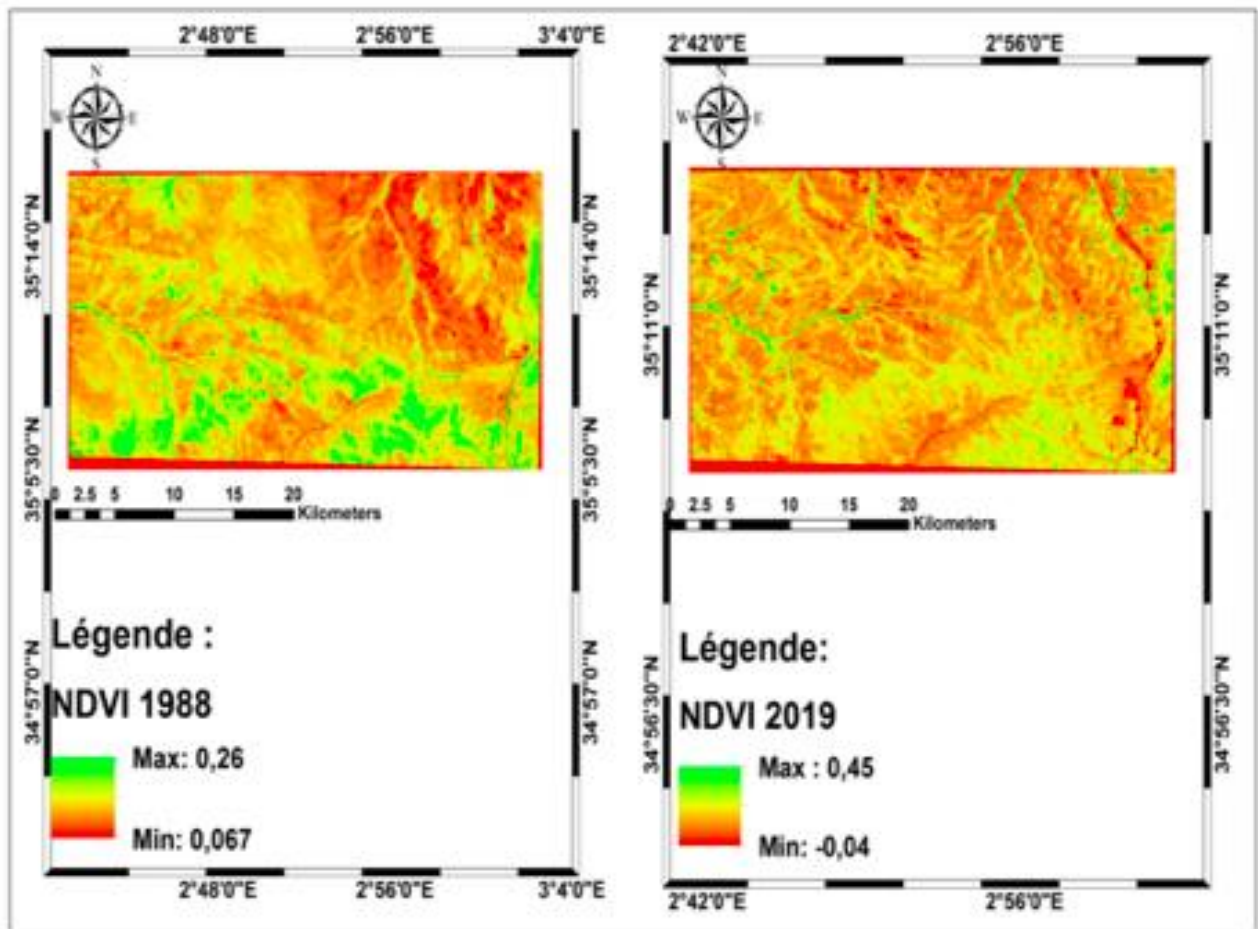


Figure 32 :Carte NDVI de Geultet Esstel (1988-2019)

En guise de conclusion, nous tenons à rappeler que l'objectif de ce travail est le suivi des changements dans l'occupation du sol de la station de Guellet Esstel commune de Boiuret El hedab wilaya de Djelfa. Pour cela nous avons réalisé une étude diachronique en combinant les SIG et la Télédétection.

L'étude conduite a permis de ressortir les résultats suivants :

- Les précipitations moyennes annuelles s'élèvent à 318,2 mm avec de fortes fluctuations d'une année à l'autre. Sur les 48 années d'observation, nous avons six années très arrosées ($P. > 400$ mm), dix années arrosées ($400 > P. > 350$ mm), onze années moyennement arrosées ($350 > P. > 300$ mm), dix années relativement sèches ($300 > P. > 250$ mm) et douze années sèches ($P. < 250$ mm).
- La valeur des températures du mois le plus froid se trouve en janvier avec $0,5$ °C. La plus basse valeur moyenne des températures minimales est de $-3,7$ °C enregistrée en janvier 2000. Cependant le mois de juillet présente les valeurs les plus élevées avec $33,8$ °C avec des valeurs extrêmes de $36,1$ °C enregistrés en juillet 2005.
- Les données analysées montrent que les jours de gèle sont concentrés sur la saison hivernale (27 jours/an).
- La vitesse moyenne mensuelle des vents est plutôt modérée pour l'ensemble des mois de l'année. En matière de direction la zone d'étude est soumise aux vents du secteur de l'ouest.
- L'évapotranspiration moyenne oscille entre 800 et 1000 mm/an, exception faite pour 2012 où l'évapotranspiration avoisine les 1400 mm/an
- Le régime saisonnier est de type PAHE.
- La période sèche s'étale de la mi-mars jusqu'au mois de novembre soit une durée de huit mois et demi.
- La station de Djelfa dans l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver froid ($Q_2 = 32,9$; $m = 0,5$ °C).
- Une remontée biologique significative dans la zone d'étude est enregistrée, avec un net recul des sols nus qui sont passés de 538 ha en 1988 à 367 ha en 2019 soit une diminution de 171 ha (-31,8 %). Les surfaces des forêts et les recouvrements globaux de la végétation des parcours ont pratiquement triplé.
- Une augmentation très significative de l'urbanisation est signalée avec un taux d'accroissement de 95,23%.
- La carte des pertes et des gains réalisée pour les sols nus et la végétation montre une diminution des sols nus en faveur des sols végétalisés. Cependant la carte des pertes et

des gains élaborée pour les forêts et la zone urbaine montre une diminution des surfaces forestières durant la décennie noir (1990 -2000), à cause des incendies volontaires pour lutter contre le terrorisme dans la région.

- L'utilisation de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), met en évidence l'ampleur des changements du couvert végétal entre 1988 et 2019, une évolution progressive du couvert végétal est relevée sur pratiquement l'ensemble du territoire de la zone d'étude sauf au sud-est et au nord-ouest de Gueltet Esstel, où sont localisés les massifs forestiers qui présentent une évolution régressive.

- Abaab et al., 1995.** Les politiques agricoles et la dynamique des systèmes agropastoraux au Maghreb. In : Allaya M. (ed.). Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000.
- Aidoud-Lounis, F., 1997.** Le complexe à alfa-armoïse-sparte (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso., *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie ; structure et dynamique des communautés végétales. Thèse Doctorat ES Science, Univ. Aix-Marseille III, France, 214 p. + Ann.
- Amaouche, N., 2010.** Les potentialités agropastorales de la steppe algérienne : requêtes cartographiques, analyse et interprétation de l'information géographique. Alger : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural - Haut Commissariat au Développement de la Steppe et BNEDER. 33 p.
- Amghar, F., 2012.**
- Bagnouls F. et Gaussen H., 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 88 : 193-239.
- Bencherif, S., 2011.** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Evolution et possibilités de développement. Thèse de Doctorat : AgroParisTech - France. 295 p.
- Bedrani, S. 1997.** Les effets du commerce mondial sur la désertification dans les pays du Maghreb, In : L'Annuaire de l'Afrique du Nord. Aix-en-Provence : CNRS. VOIR : Impact des politiques économiques sur la désertification : le cas des pays du Maghreb [Chapitre d'ouvrage] / Bedrani, S.; Elloumi, M.. - Paris [France] : CNRS, 1998. - p. 115-132: réf.. - (Annuaire de l'Afrique du Nord; 35).
- Bedrani, S. 1999.** La situation de l'agriculture, de l'alimentation et de l'économie en Algérie. Paris : CIHEAM. (National reports).
- Bedrani, S. 1993a.** Les systèmes agro-pastoraux maghrébins, une étude de cas à El-Guedid (Wilaya Djelfa). Revue des régions arides, n. 5, p. 3-34
- Bedrani, S. 1993b.** Les aspects socio-économiques et juridiques de la gestion des terres arides dans les pays méditerranéens. In : Etat de l'agriculture en Méditerranée. Les sols dans la région méditerranéenne : utilisation, gestion et perspectives d'évolution. Zaragoza : CIHEAM. (Cahiers Options Méditerranéennes ; n.1 (2)). <http://om.ciheam.org/om/pdf/c01-2/95605228.pdf>
- Bedrani, S. 1997.** Les effets du commerce mondial sur la désertification dans les pays du Maghreb, In : L'Annuaire de l'Afrique du Nord. Aix-en-Provence : CNRS. VOIR : Impact des politiques économiques sur la désertification : le cas des pays du Maghreb [Chapitre d'ouvrage] / Bedrani, S.; Elloumi, M.. - Paris [France] : CNRS, 1998. - p. 115-132: réf.. - (Annuaire de l'Afrique du Nord; 35).

- Bourbouze, A. et El Aich, A., 2000.** Gestion des parcours et des troupeaux en régions steppiques et réponses à l'aléa climatique. In : Guessous F., Rihani N., Ilham A. (eds). Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean: proceedings of the joint ANPA-EAAP-CIHEAM-FAO Symposium, Agadir, Morocco, 22-24 October 1998. Wageningen : Wageningen Pers. p. 307-319. (EAAP series, n. 94).
- Bied-charreton, 2009.** Sécheresse, désertification et développement en Afrique. Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines et Comité scientifique français sur la désertification. Cours de master 2. 2007- Version 2009. 53 p. http://www.cndp.fr/crdprouen/images/stories/lehavre/pdf/afrique/texte_integral_desertification.pdf
- Brun, J., 2004.** Etude du potentiel des indices de végétation de l'imagerie MODIS pour l'observation de l'évolution intra- et inter-annuelle de la couverture du sol.
- Emberger, L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot., Montpellier, 7, 3-43.
- FAO, 2000.** Développement durable des terres arides et lutte contre la désertification. Définitions et approche générale des problèmes. [Consulté en janvier 2016] <http://www.fao.org/docrep/V0265F/v0265f01.htm>
- Girard, M.C. et Girard, C.M., 1999.** Traitement des données en télédétection. Éditions Dunod, Paris, 529 p.
- Hirche, A. R., 2010.** Contribution à l'évaluation de l'apport de la télédétection spatiale dans la dynamique des écosystèmes en zones arides : cas du sud oranais. Thèse Doctorat. Es Science, Univ. Sci. Tech. H. BOUMEDIENE. Alger, 327 p. + Ann.
- Kadi-Hanifi Achour, H., 1998.** L'alfa en Algérie. Syntaxonomie, relation milieu-végétation, Dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doctorat Es science, Univ. Sci. Tech. H. BOUMEDIENE. Alger. 270 p. + Ann.
- Le Houèrou, H.N., 1969.** La végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues de l'Algérie, de la Libye et du Maroc). Annales de l'INRAT (Tunisie), n. 42, 617 p.
- Le Houèrou, H.N., 1975.** Problèmes et potentialités des terres arides du Nord de l'Afrique. In : L'aménagement des zones arides. Paris : CIHEAM. p. 17-35. (Options Méditerranéennes; n. 26).
- Le Houèrou, H.N., 1995.** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, Diversité biologique, développement durable et désertisation, Options méditerranéennes, sér. B : recherches et études : 1-396 p.

- Mohammedi, H., Labani, A. et Benabdeli K., 2006.** Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne. Développement durable et territoire. [Consulté en Mars 2016]. <http://developpementdurable.revues.org/2925#bibliography>
- MARA, 1974.** Enquête nomadisme. Alger : Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire. (Statistique série, n°14, avril 1974).
- MADR, 2014.** Bulletin de statistiques agricoles. **Alger : DSASI (Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information). 60 p.**
- Maoui, A., 2007.** Evolution et origine du chimisme des eaux de l'aquifère superficiel de Zaâfrane : région de la steppe Sud Algéroise. Etude de la variation spatiale de la salinité et ses risques sur les sols et la végétation. Thèse de doctorat : Faculté des Sciences de la terre, Département Géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba (Algérie). 257 p. + annexes.
- Nedjraoui, D., 2003.** Profil fourrager : Algérie. Rome : FAO. 30 p. [Consulté en Avril 2016]. <https://www.yumpu.com/fr/document/view/19672316/profil-fourrager-algerie-fao>
- Nedjraoui, D. et Bedrani, S., 2008.** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Vertigo, vol. 8, n. 1. [Consulté en Mars 2016]. <http://vertigo.revues.org/5375>.
- Nedjimi, B. et Homida, M., 2006.** Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. Djelfa : Centre Universitaire.
- Pouget, M., 1977.** Cartographie des zones arides : géomorphologie, pédologie, groupements végétaux, aptitudes du milieu à la mise en valeur (à 1/100.000 région de Messaad-Aïn El Ibel, Algérie). Paris : ORSTOM. 101 p.
- Pouget, M., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. Thèse Sciences Naturelles : Université Aix-Marseille 3. 555 p.
- Pouget M. et Halitim, A., 1980.** Structure et dynamique de la strate ligneuse de la steppe sahélienne.
- Seltzer, P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et de Phys. Du Globe. Univ. Alger. 219 p. + Carte h.t.
- Soudani, K., 2005.** Introduction générale à la télédétection. Partie I : Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux. Université Paris Sud XI - Faculté des Sciences d'Orsay. 26 p. Cours 2006-2007. [Consulté en Mars 2016]. http://www.ese.u-psud.fr/IMG/pdf/doc_cours_teledec.pdf
- Ramade, F., 1984.** Éléments d'écologie : écologie fondamentale 3^{ème} édition. Mc Graw Hill. Paris. 397 p.

Sauvage Ch., 1963. Le quotient pluviométrique d'Emberger, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc. Ann. Serv. Phys. G1. Météorol. 20. 11-23.

Soudani, K., 2006. Exploration d'images de télédétection et quelques traitements et analyses élémentaires.

Steinberg, J., 2002. Cartographie, système d'information géographique et télédétection. Paris : Armand Colin. 160 p.

Union du Maghreb Arabe, 1999. Programme d'action sous-régional de lutte contre la désertification au Maghreb. Addis Abeba : Bureau pour l'Afrique du Nord de la Commission économique pour l'Afrique. 11 p.

Université Paris Sud XI - Faculté des Sciences d'Orsay, 12 p. Module géomatique 2006-2007. Travaux dirigés. http://www.esse.u-psud.fr/IMG/pdf/td1_teledec.pdf

UNCCD, 1994. Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier l'Afrique. Bonn : Secrétariat de la Convention. [Consulté en mars 2016]. <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-fre.pdf>

UNCCD, 2009. La gouvernance territoriale et ses enjeux pour la gestion des ressources naturelles. Des approches novatrices pour lutter contre la désertification et la dégradation des terres et des eaux. CNULD (Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification). 64 p.

UNCCD, 2011. Désertification : une synthèse visuelle. CNULD. 52 p.

Vendé-Leclerc, M. 2008. Définitions et domaines d'application des SIG. DEUST Revégétalisation et gestion de l'environnement minier : Université de Nouvelle Calédonie. Diaporama. 55 vues. https://dimenc.gouv.nc/sites/default/files/download/cm_biblio.pdf

Yabrir B., Laoun A., Chenouf N. S., Mati A., 2015. Caractéristiques des élevages ovins de la steppe centrale de l'Algérie en relation avec l'aridité du milieu: cas de la wilaya de Djelfa. Livestock Research for Rural Development, vol. 27, Article #207. <http://www.lrrd.org/lrrd27/10/yabr27207.html>

Zitouni, R., 1976. Processus de dégradation de la steppe et crise du pastoralisme en Algérie. Esquisse d'une analyse des actions de développement. Mémoire DEA : Université de Montpellier, Faculté de Droit.

Les sites :

https://climateengine.org/?fbclid=IwAR1DFJXsjQZn1xEqeNL4TgNeW0HTfddWMMh1sx1Nsyot0O5fK2Z1j7_arDA

<https://www.sigterritoires.fr/index.php/utiliser-les-images-landsat-gratuites-dans-arcgis-arcmap-pour-le-ndvi/>

<https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>

https://www.geomatique.fr/terrset/land-change-modeler/?fbclid=IwAR3Gm6y7gVDQuW2cAbeOM7K_r8FTwy67TSzX96uBNMjpos_jVrRFN1iw6nY

Résumé

Pour montrer les changements dans l'occupation du sol dans la station de Gueltet Esstel (W. Djelfa). Une étude diachronique a été menée sur une période de 31ans (1988 – 2019) en combinant la télédétection et les systèmes d'information géographique. Il ressort que la zone d'étude a enregistré une remonté biologique avec une diminution des sols nu en faveur des forêts et des parcours avec un recouvrement globale de la végétation relativement important. L'urbanisation à connue une expansion très significative en 1988 et 2019 avec un taux d'accroissement de l'ordre de 95,23%.

L'utilisation de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), met en évidence une évolution progressive du couvert végétal sur pratiquement l'ensemble du territoire de la zone d'étude à l'exception du Sud-Est et du Nord-Ouest de Gueltet Esstel, où sont localisés les massifs forestiers qui présentent une évolution régressive.

Mots clés : Étude diachronique, Gueltet Esstel, Télédétection, NDVI, SIG, Steppe.

Summary

To show the changes in Gueltet Esstel land use. A diachronic study was carried over 31-year period (1988 – 2019) using a combination of remote sensing and geographic information systems. As results the study area has recorded a biological return with a decrease in bare soils in favor of forests and rangelands with a relatively large overall cover of vegetation. Urbanization experienced a very significant expansion in 1988 and 2019 with an increase rate 95.23%.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), shows a gradual change in vegetation cover over almost of the study area with the exception on the South-East and North-West of Gueltet Esstel, where are located the forest ranges which exhibit a regressive development.

Keywords: Diachronic study, Gueltet Esstel, Remote sensing, NDVI, GIS, Steppe.