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

Université d'Aïn-Témouchent Belhadj Bouchaib – UATBB-
Faculté des sciences et de la technologie
Département de l'Agroalimentaire



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie environnement

Spécialité : Ecologie végétale et environnement

Par:

M^{elle} **Aouabdi Farah Sakina**

THEME

Apport de la télédétection dans le suivi de l'ensablement dans
le sud de la wilaya de sidi bel abbés (Algérie).

Soutenu Le 15/09/2022

Devant le jury composé de :

Président : Mr. Amara Mohamed	« MCA »	U.B.B.A.T
Examineur: Mr. Chihab Mounir	« MCB »	U.B.B.A.T
Encadrant: Mr. Bardadi Abdelkader	« MCB »	U.B.B.A.T

Année universitaire : 2021-2022

Remerciements

Je remercie tout d'abord dieu tout puissant de m'avoir donné la force et le courage pour arriver au bout de ce travail.

Je tiens à remercier mon encadreur Mr : BARDADI Abdelkader, qui a su me guider et m'orienter dans toutes les étapes de mes travaux.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant d'examiner ce mémoire et de l'enrichir par leurs suggestions.

Enfin, je remercie également toute ma famille, qui m'ont soutenus et encouragés. Mes remerciements à tous mes amis.

DEDICACE

A la mémoire de mon frère SAIDO.

TABLE DES MATIERES

Introduction générale :	Error! Bookmark not defined.
1 Définition :	Error! Bookmark not defined.
2 Types de steppes :	Error! Bookmark not defined.
3 Présentation la steppe Algérienne :	Error! Bookmark not defined.
3.1 Le climat :	Error! Bookmark not defined.
3.2 La pluviométrie :	Error! Bookmark not defined.
3.3 Température :	Error! Bookmark not defined.
3.4 Les vents :	Error! Bookmark not defined.
3.5 Le sol :	Error! Bookmark not defined.
4 La végétation steppique :	Error! Bookmark not defined.
4.1 Les steppes à graminées :	Error! Bookmark not defined.
4.2 Les steppes à chaméphytes :	Error! Bookmark not defined.
4.3 Les steppes à remt (Arthrophytumscoparium):	Error! Bookmark not defined.
4.4 Les steppes à halophytes :	Error! Bookmark not defined.
4.5 Les steppes à psmophytes:	Error! Bookmark not defined.
5 Dynamique de la végétation steppique :	Error! Bookmark not defined.
5.1 Evolution progressive	Error! Bookmark not defined.
5.2 Evolution régressive	Error! Bookmark not defined.
6 Situation des steppes Algériennes :	Error! Bookmark not defined.
7 Dégradation des parcours steppique :	Error! Bookmark not defined.
7.1 La Dégradation des steppes à alfa :	Error! Bookmark not defined.
7.2 La dégradation des steppes à armoise blanche :	Error! Bookmark not defined.
7.3 La dégradation des steppes à spart :	Error! Bookmark not defined.
8 Les causes de la dégradation steppique :	Error! Bookmark not defined.
8.1 Causes naturels :	Error! Bookmark not defined.
8.1.1 La sécheresse :	Error! Bookmark not defined.
8.1.2 L'érosion éolienne et hydrique :	Error! Bookmark not defined.
8.1.3 Problème de salinité des sols :	Error! Bookmark not defined.
8.2 Causes anthropique :	Error! Bookmark not defined.
8.2.1 La croissance démographique :	Error! Bookmark not defined.
8.2.2 Défrichage et extension de la céréaliculture :	Error! Bookmark not defined.
8.2.3 Le surpâturage :	Error! Bookmark not defined.
9 Les conséquences de la dégradation des parcours steppique :	Error! Bookmark not defined.
10 Les politiques d'organisation de la steppe :	Error! Bookmark not defined.
11 Conclusion :	Error! Bookmark not defined.
1 Définition :	Error! Bookmark not defined.
2 Historique :	Error! Bookmark not defined.
3 Principe de base de la télédétection:	Error! Bookmark not defined.
4 Le rayonnement électromagnétique :	Error! Bookmark not defined.
4.1 Les ondes électromagnétiques:	Error! Bookmark not defined.
4.2 Rayonnement et énergie :	Error! Bookmark not defined.
5 Les domaines spectraux :	Error! Bookmark not defined.
5.1 Signature spectrales :	Error! Bookmark not defined.
6 Les systèmes d'acquisitions de la télédétection :	Error! Bookmark not defined.
6.1 Les capteurs:	Error! Bookmark not defined.
6.2 Les satellites Landsat :	Error! Bookmark not defined.

7	Traitements des données de télédétection :.....	Error! Bookmark not defined.
7.1	Prétraitements :.....	Error! Bookmark not defined.
7.1.1	Corrections géométriques:.....	Error! Bookmark not defined.
7.1.2	Corrections atmosphériques :	Error! Bookmark not defined.
7.1.3	Corrections radiométriques :	Error! Bookmark not defined.
7.2	Traitements :	Error! Bookmark not defined.
7.2.1	La composition colorée :	Error! Bookmark not defined.
7.2.2	Rehaussement des linéaments par filtrage :.....	Error! Bookmark not defined.
7.2.3	Le seuillage interactif :.....	Error! Bookmark not defined.
7.2.4	Classification des données de télédétection:	Error! Bookmark not defined.
8	Les indices :.....	Error! Bookmark not defined.
8.1	L'indice de végétation normalisé NDVI :.....	Error! Bookmark not defined.
8.2	Les indices de végétation :.....	Error! Bookmark not defined.
9	Conclusion :.....	Error! Bookmark not defined.
1	Présentation de la wilaya de Sidi Bel Abbés :	Error! Bookmark not defined.
2	Aperçu général sur l'occupation des espaces de la wilaya de Sidi Bel Abbés : .	Error! Bookmark not defined.
	not defined.	
3	Etat de l'utilisation des espaces :	Error! Bookmark not defined.
3.1	L'espace agricole.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	L'élevage	Error! Bookmark not defined.
3.3	L'espace forestier	Error! Bookmark not defined.
3.4	L'espace steppique :	Error! Bookmark not defined.
4	Localisation géographique de la zone d'étude :.....	Error! Bookmark not defined.
5	Étude bioclimatique :	Error! Bookmark not defined.
5.1	Introduction:.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Aperçu climatique et paléo-climatique	Error! Bookmark not defined.
5.3	Le rôle de l'évolution du climat :	Error! Bookmark not defined.
5.3.1	Des précipitations plus faibles et réparties de façon plus irrégulière :	Error! Bookmark not defined.
	not defined.	
5.3.2	Une augmentation des températures	Error! Bookmark not defined.
1	Matériels.....	Error! Bookmark not defined.
1.1	Les images satellitaires:.....	Error! Bookmark not defined.
1.2	Logiciel ENVI :	Error! Bookmark not defined.
1.3	Logiciel eCognition :	Error! Bookmark not defined.
1.4	Logiciel arcGIS :	Error! Bookmark not defined.
2	Méthodologie :.....	Error! Bookmark not defined.
2.1	Extraction de la zone d'étude :.....	Error! Bookmark not defined.
2.2	Prétraitement des images :	Error! Bookmark not defined.
2.3	Traitement : Segmentation.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1	Description de l'algorithme :.....	Error! Bookmark not defined.
2.4	Traitement : classification.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1	Techniques de classifications disponibles :	Error! Bookmark not defined.
1	Résultats	Error! Bookmark not defined.
1.1	Carte d'occupation du sol de la commune de Bir El Hmam -année 1987...	Error! Bookmark not defined.
	not defined.	
1.2	Carte d'occupation de sol de la commune de bir el hammam-année 2017.	Error! Bookmark not defined.
	not defined.	
1.3	Évolution des classes d'occupation entre 1987 et 2017 :	Error! Bookmark not defined.

2	Discussion :.....	Error! Bookmark not defined.
3	Conclusion :.....	Error! Bookmark not defined.
	Conclusion générale :.....	67
	Références bibliographiques	

Liste des figures

Figure 1: Délimitation des steppes algériennes (Nedjraoui, D., & Bédrani, S. 2008).	4
Figure 2: Carte bioclimatique de l'Algérie (ANAT, 2004).	5
Figure 3: Schéma évolutif des steppes arides, supérieures et moyennes du Nord de l'Afrique (LE HOUEROU ET HOSTE, 1977).	9
Figure 4: Série régressive proposée par DJEBAILI (1970).	10
Figure 5: évolution estimée des steppes d'alfa (en millions d'hectares) dans les hautes plaines.(A Aidoud, J Touffet 1996).	12
Figure 6: Évolution de la pluviosité (1907-2003) dans le Sud Oranais (Méchéria et El Bayadh) (source : hirche et al, 2007).	14
Figure 7: Évolution démographique en Algérie 1969-2017. (BOUBOU, N B. 2019).	16
Figure 8: l'estimation d'évolution du cheptel algérien 1968 2014. (S Bencherif 2018).	18
Figure 9: Les indicateurs de dégradation des écosystèmes steppiques (Source : SADKI, 1977).	19
Figure 10: principe de base de la télédétection	Error! Bookmark not defined.
Figure 11: représentation de l'onde électromagnétique.	Error! Bookmark not defined.
Figure 12: domaine spectral des longueurs d'onde (Gabreil, F. marie-josée, C. (2020).	Error! Bookmark not defined.
Figure 13: Courbe de réflectance des végétaux, sols et eaux.	Error! Bookmark not defined.
Figure 14: Les différents capteurs utilisés en télédétection spatiale : capteurs passifs (a) et capteurs actifs (b) (Normandin, C. 2019).	Error! Bookmark not defined.
Figure 15: Niveaux de correction des images.	Error! Bookmark not defined.
Figure 16: Situation de la wilaya de Sidi Bel Abbés dans le contexte régional.	Error! Bookmark not defined.
Figure 17: Répartition spatiale des principales forêts la wilaya de Sidi Bel Abbés (Image Landsat TM, 1987).	Error! Bookmark not defined.
Figure 18: localisation géographique de la zone d'étude.	Error! Bookmark not defined.
Figure 19: Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (Source : ANRH).	Error! Bookmark not defined.
Figure 20: Les précipitations mensuelles à Bir el hmamm.	Error! Bookmark not defined.
Figure 21: Régime saisonnier de bir el hmamm.	Error! Bookmark not defined.
Figure 22: températures moyennes mensuelles de bir el hmamm.	Error! Bookmark not defined.
Figure 23: diagramemes ombrothermiques de bir el hmamm.	Error! Bookmark not defined.
Figure 24: Climagrammepluviothermique d'Emberger pour la station bir el hmamm.	Error! Bookmark not defined.
Figure 25: carte d'occupation du sol de la commune de Bir El Hammam_année 1987.	Error! Bookmark not defined.
Figure 26: Carte d'occupation de sol de la commune de bir el hammam-année 2017.	Error! Bookmark not defined.

Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition générale des terres dans la wilaya de Sidi Bel Abbés.	Error!
Bookmark not defined. Tableau 2: Superficies des plus grandes forêts de la wilaya de Sidi Bel Abbés.	39
Tableau 3: le coefficient relatif saisonnier de Musset de la station de bir el hmamm.	
Error! Bookmark not defined. Tableau 4: principales caractéristique des satellites landsat.	48
Tableau 5: type d'occupation et superficie en 1987. Error! Bookmark not defined. Tableau 6: type d'occupation et superficie en 2017	
Tableau 7 : taux d'évolution d'occupation de sol	56
Tableau 8: Matrice de transformation de l'occupation du sol de 1987 et 2017.	
Error! Bookmark not defined.	

Liste des abréviations

PNLCD : plan national de lutte contre la désertification.

CNUED : Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement.

CPCS : commission de pédologie et de cartographie des sols.

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

PLCD : plan d'action national pour la lutte contre la désertification.

CNTS : centre national des techniques spatiales.

HCDS : haut-commissariat pour le développement de la steppe.

SAU : surface agricole utile.

Résumé :

Cette étude a pour objectif de montrer d'une part, le potentiel de l'utilisation de la Télédétection et du système d'information géographique pour la caractérisation de l'état de l'occupation du sol et son évolution spatio-temporelle à partir des traitements effectués sur une série d'images satellitaires de différentes dates. D'autre part, de mettre à la disposition des utilisateurs potentiels et des décideurs les informations sur l'état de l'environnement et les ressources naturelles de cette zone, via la mise en place d'un prototype intégré dans un système d'information géographique. Le prototype sera un outil d'aide à la décision, utile pour la gestion des phénomènes naturels, et plus particulièrement la dégradation des sols et l'ensablement des terres dans le sud de wilaya de sidi bel abbés.

Mots clés : SIG et Télédétection, occupation du sol, Dégradation, ensablement, sidi bel abbés.

Summary :

This study aims to show on the one hand, the potential of the use of remote sensing and the geographic information system for the characterization of the state of land use and its spatio-temporal evolution from processing carried out on a series of satellite images from different dates. On the other hand, to provide potential users and decision-makers with information on the state of the environment and the natural resources of this area, via the implementation of a prototype integrated into an information system geographical. The prototype will be a decision-making tool, useful for the management of natural phenomena, and more particularly soil degradation and silting of land in the south of the wilaya of Sidi Bel Abbés.

Keywords : GIS and remote sensing, land use, degradation, sand encroachment, sidi bel abbés.

ملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى توضيح إمكانات استخدام الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية لتوصيف حالة استخدام الأراضي وتطورها المكاني والزمني من المعالجة المنفذة على سلسلة من صور الأقمار الصناعية من مختلف تواريخ. من ناحية أخرى، تزويد المستخدمين المحتملين وصناع القرار بمعلومات عن حالة البيئة والموارد الطبيعية في هذه المنطقة، من خلال تنفيذ نموذج أولي مدمج في نظام معلومات جغرافي. سيكون النموذج الأولي أداة لصنع القرار، ومفيدة لإدارة الظواهر الطبيعية، وبشكل خاص تدهور التربة وغمر الأراضي في جنوب ولاية سيدي بلعباس

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ، استخدام الأراضي ، التدهور ، زحف الرمال ، سيدي بلعباس

Introduction Générale

Introduction générale

La dégradation des différents écosystèmes de la planète a déjà commencé il y'a quelques centaines de milliers d'années, L'ensemble des conditions climatiques et édaphiques fait de la steppe un milieu fragile.

Dès le dernier siècle, plusieurs botanistes et chercheurs ont attiré l'attention sur la dégradation du tapis végétal en Algérie. De nombreux facteurs écologiques militants, le plus souvent agissant en synergie, contribuent à l'affaiblissement de la steppe. Le fragile équilibre de cette barrière, naturellement mit en épreuve par un climat semi-aride et des précipitations irrégulières et rares, butte, depuis déjà quelques décennies, contre un accroissement démographique fort éprouvant et une exploitation inadaptée (Khader, 2019).

L'ampleur de la dégradation a engendré une situation nouvelle caractérisée par : la réduction du couvert végétal, la diminution de la production fourragère et l'extension rapide de l'ensablement sur des zones agricoles et non agricoles (Benmessaoud, 2008). À son tour, la réduction du couvert végétal augmente encore plus la vulnérabilité des sols dénudés par rapport aux vents efficaces, ce qui entraîne à court et moyen termes à des déplacements de sable sur de longues distances et l'édification de nouvelles dunes (Bensaïd, 2006).

L'Algérie, à l'instar des autres pays d'Afrique du Nord, est touchée par le phénomène de l'ensablement, conséquence directe de l'érosion éolienne. Cette dernière affecte principalement l'écosystème steppique qui représente environ 20 millions d'hectares (Grandi, 2010).

En Algérie près de 20 millions d'hectares sont menacés par l'érosion éolienne. Le territoire des steppes occidentales dont fait partie la région des hautes plaines sud oranaises (HPSO) n'échappe pas à son tour au phénomène de l'ensablement. Cet écosystème, déjà mis à rude épreuve, par une multitude de contraintes abiotique et biotiques, tels qu'une exploitation effrénée des ressources, le surpâturage, le défrichement des terres, et la sévérité du climat, subit ces dernières décennies (environs quarante ans) l'occurrence de plus en plus prononcée de l'ensablement, traduisant l'ampleur et la puissance de l'érosion éolienne à marquer de son empreinte le paysage de cet immense territoire (Grandi, 2010).

Conscient de l'ampleur de l'ensablement et de la dégradation, le gouvernement algérien a fixé comme objectif la mise en œuvre du Plan National de Lutte Contre la Désertification (PNLCD) élaboré depuis 1987. Ce plan s'insère dans le cadre des différents programmes de développement des zones steppiques. Il vise l'intensification et l'extension du projet du barrage vert par la limitation des labours mécanisés en les localisant, dans le cadre de la mise en valeur au niveau des zones agricoles (Daya, Oglat, Mekmene), la reconstitution des forêts dégradées par les reboisements en masse, la mise en défens en vue d'une remontée

Introduction générale

biologique de la végétation steppique et la mise en place d'une infrastructure de désenclavement des zones marginalisées (DGF, 1999). En plus du PNLCD, l'Algérie a ratifié la convention internationale sur la désertification, adoptée en 1994. Cette convention est entrée en vigueur le 26 décembre 1996. À travers celle-ci l'Algérie a voulu combattre la désertification et atténuer les effets des sécheresses et de la dégradation des terres par le biais d'une approche participative et intégrée conformément à l'agenda 21 adopté par la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) à Rio en 1992.

Malgré les efforts déployés par l'État, les processus de dégradation sont loin d'être maîtrisés. Au contraire, le phénomène prend de l'ampleur d'année en année. Le pays se doit de mettre en œuvre tous les moyens pour essayer de comprendre l'ensemble des processus néogènes qui interagissent pour permettre l'apparition et l'installation du sable dans une région donnée.

L'objectif central de cette étude est de montrer d'une part, le potentiel de l'utilisation de la télédétection et du système d'information géographique (SIG) pour la caractérisation de l'état de l'occupation du sol steppique et son évolution spatio-temporelle à partir d'une série d'images satellitaires de Landsat de différentes (1987_2017). D'autre part, de mettre à la disposition des utilisateurs potentiels, des responsables, locaux et des décideurs les informations fiables et mises à jour sur l'état de l'environnement et les ressources naturelles dans le sud de la wilaya de sidi bel abbés.

Chapitre I

Généralités sur la steppe algérienne

1 Définition

Divers auteurs ont défini la steppe méditerranéenne, parmi les définitions les plus courantes :

La steppe est une "formation végétale, primaire ou secondaire, basse et ouverte dans sa physionomie typique et inféodée surtout aux étages bioclimatiques arides et désertiques dont elle est l'expression naturelle" (Donadieu, 1979).

D'après Le Houerou (1985), le terme steppe évoque d'immenses étendues à relief peu couvert d'une végétation herbacée et clairsemée. La steppe correspond à une formation végétale néo-climacique, basse, discontinue, formée d'espèces pérennes et annuelles dépourvues d'arbres où le sol nu apparaît dans des proportions variables.

Les steppes sont des types de végétation zonaux (c'est-à-dire induits par le macroclimat) dominés par les herbes, principalement des graminées et d'autres graminoides, parfois avec un mélange important de chamaephytes, dans les climats trop secs (Wesche, 2016).

2 Types de steppes

Il est possible de reconnaître différents types de steppes qui peuvent exister en formation pures ou en mélange (Le Houerou 1995). Deux grands types de steppe sont prépondérants :

Les steppes dominées par des *poacées* (=graminées) pérennes dont les principales sont *Stipa tenacissima* (alfa), *Lygeum spartum* (sparte), *Stipagrostis pungens* (drinn).

Les steppes ligneuses formées de sous-arbrisseaux dont les plus typiques sont celles à armoise blanche (*Artemisia herba-alba* = *A. inculta*), à *Noaë mucronata*, *Thymelaeasp*, *Salsolasp* et à *Hammadascoparia* dans les milieux pré-sahariens à sahariens.

Les autres types de steppes sont d'importance secondaire. Ce sont les steppes:

- succulentes à base de glycophytes charnues spontanées ou naturalisées qui se développent dans les milieux à humidité atmosphérique élevée;
- pluvieuses formées de xérophytes épineux qui se rencontrent sous le climat des Hautes montagnes aride à semi-aride très froid;
- crassuléscentes formées d'espèces halophiles qui sont liées à des sols salés

3 Présentation la steppe Algérienne

Les steppes algériennes, situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (figure 1), couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares. Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa tenacissima*). Les étages bioclimatiques s'étalent du semi-aride inférieur frais au per aride supérieur frais (figure 2). Ce zonage bioclimatique est actuellement en cours de révision par les chercheurs qui se penchent sur l'impact des changements climatiques et celui du processus de désertification sur ces limites (Dalila et Slimane, 2008).

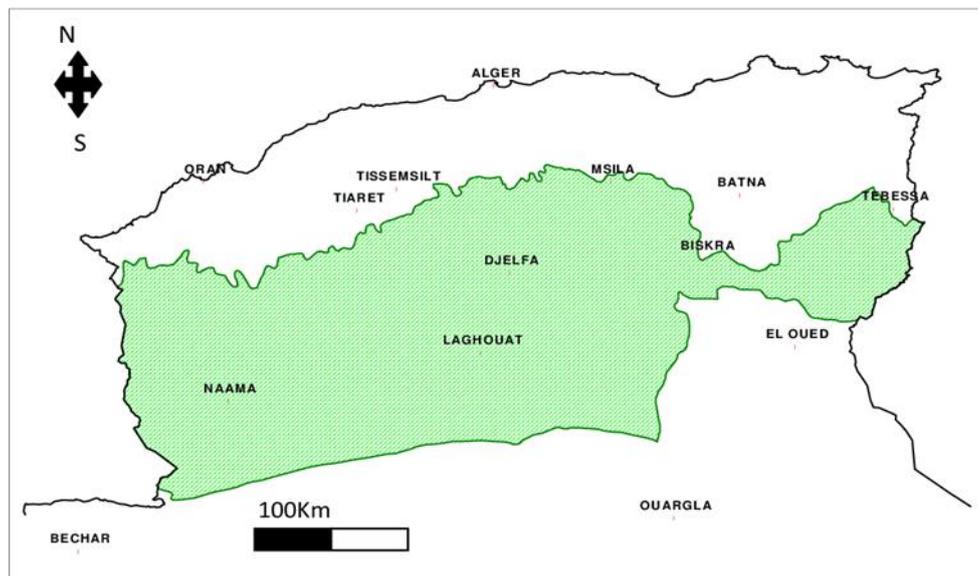


Figure 1: Délimitation des steppes algériennes (Dalila et Slimane, 2008).

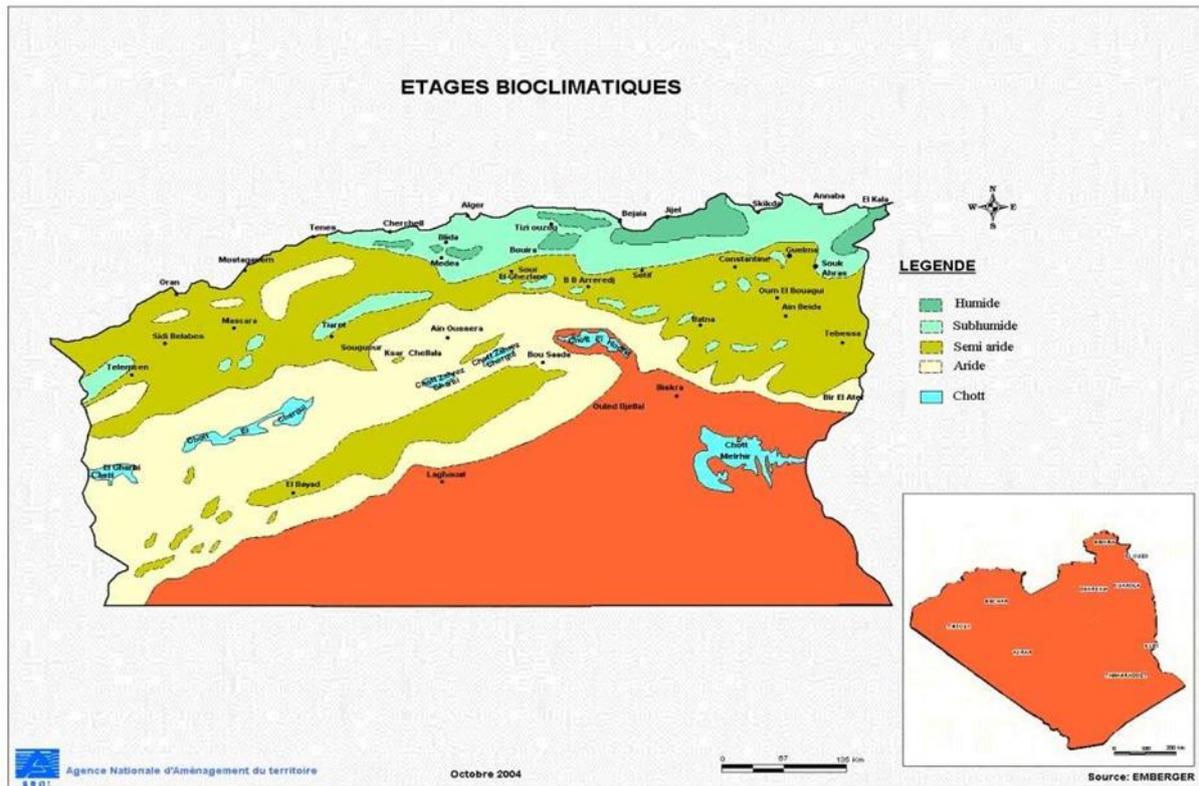


Figure 2: Carte bioclimatique de l'Algérie (ANAT, 2004).

3.1 Le climat :

La steppe algérienne a un climat de type méditerranéen avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche ou froide. Elle se caractérise par une irrégularité accrue des pluviosités, augmentation des températures et de la longueur des périodes de sécheresse estivale rendant encore plus difficiles les conditions de développement des plantes avec un bilan hydrique déficitaire (Le Houerou, 1995).

3.2 La pluviométrie :

La pluviométrie est non seulement faible mais irrégulière. Elle présente des variations spatio-temporelles très importantes et les précipitations tombent souvent sous forme de pluies violentes (averses) (Benchrif, 2011).

Selon Djebaili (1984), la steppe algérienne est limitée au plan pluviométrique entre 400 mm et 100 mm de précipitation moyenne.

3.3 Température :

La moyenne des températures minimales du mois le plus froid est comprise entre 0 et 9 °C dans les régions littorales et entre -2 et +4 °C dans les régions semi-arides et arides. La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud varie avec la continentalité, de

28 °C à 31 °C sur le littoral, de 33 °C à 38 °C dans les Hautes Plaines steppiques et supérieure à 40 °C dans les régions sahariennes (Benslimane et al, 2009).

3.4 Les vents :

Une autre caractéristique du climat steppique est le vent violent. En effet, celui de l'hiver occasionne des dégâts ; celui de l'été venant du Sahara (sirocco), est le plus catastrophique, il est un vent chaud qui souffle de 30 jours par an et a des effets dégradants sur la végétation (Djellouli et Djebaili, 1984).

3.5 Le sol :

Les sols steppiques sont peu profonds et pauvres en matières organiques, caractérisés par une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation. Les bons sols sont destinés à une céréaliculture aléatoire et se localisent dans les dépressions, les lits d'oued, les dayas et les piémonts de montagne du fait que leur endroit permet une accumulation d'éléments fins et d'eau. (Nedjimi et Brahim, 2012).

.Les principaux types de sols selon la CPCS (1967) sont les suivants [6]:

- **Les sols minéraux bruts ou sols très peu évolués** sont localisés principalement sur les sommets des djebels et sont soumis à une érosion hydrique intense. Ces sols caractéristiques des forêts et des matorrals, comportent :
Les lithosols sur les roches dures (grès ou calcaires), Les régosols sur les roches tendres (marnes et calcaires marneux), Les sols minéraux bruts d'apport alluvial dans les lits des oueds caillouteux.
- **Les sols peu évolués** regroupent :
Les sols d'origine colluviale sur les piedmonts des djebels et les glacis, Les sols d'origine alluviale dans les lits d'oued, les zones d'épandage et les dayas, Les sols d'origine éolienne avec des formations sableuses fixées.
- **Les sols calcimagnésiques** regroupent les sols carbonatés parmi lesquels on retrouve:
Les rendzines humifères sur les versants des djebels, les sols bruns calcaires à accumulation calcaire vérifiée qui sont très répandus sur les glacis polygéniques du Quaternaire ancien et moyen. Les sols à encroûtement gypseux qui sont plus rares, représentés par des petites plages dans les zones de grès alternant avec les marnes et argiles versicolores (Nedjraoui, 2003)

Les sols carbonatés sont les plus répandus en Algérie, notamment dans les écosystèmes steppiques et pré sahariens où ils représentent de vastes étendues encroûtées (Halitim, 1988).

Les sols isohumiques sont représentés dans les glacis d'érosion polygéniques du Quaternaire récent. Ils regroupent les sols à encroûtement calcaire ou gypseux. On les retrouve dans les régions arides lorsque les précipitations sont inférieures à 200 mm/an.

Les sols halomorphes regroupent les sols salins (solontchak) profils AC et les sols salins à alcalis (solontchak-solonetz) profil A (B) C. Ces sols sont généralement profonds et localisés dans les chotts et les sebkhas. Ils sont pauvres en matière organique. Leur salinité est chlorurée, sulfatée, sodique et magnésienne.

4 La végétation steppique

4.1 Les steppes à graminées :

Ces steppes sont dominées par des graminées pérennes cespiteuses telles que l'alfa2 (*Stipa tenacissima*), le sparte (*Lygeum spartum*) et certaines autres moins sociables comme le drinn (*Stipagrostis pungens*) (Aïdoud et al, 2006).

Les steppes à alfa investissent les espaces à bioclimats semi-arides à hiver frais et froid et dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Elles colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1800 mètres d'altitude. Cette steppe couvre 4 millions d'hectares sur les Hauts-Plateaux, de la frontière marocaine à la frontière tunisienne; à l'ouest, elle déborde jusque dans le Tell, atteignant le littoral; au centre, elle couvre quelques milliers d'hectares dans le Sahara (Bensaïd, 2006)

La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 UF/ha selon le recouvrement et le cortège floristique (Nedjraoui, 2004).

Les steppes à sparte couvrent 2 millions d'hectares. *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). La productivité, relativement élevée (110 kg MS/ha/an), des espèces annuelles et petites vivaces, confère à ces types de parcours une production pastorale importante de 100 à 190 UF/ha/an et une charge de 2 à 5 ha/mouton (Nedjraoui, 2004).

Les steppes à "Drinn" (*Aristida pungens*) qui est constituée d'espèces qui poussent sur les sols sableux, et qui peuvent jouer un rôle de fixation des dunes (Benchrif, 2011)

4.2 Les steppes à chaméphytes :

Principalement l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*), qui recouvrent 3 millions d'hectares (en aire potentielle). L'armoise ayant une valeur fourragère importante de 0,45 à 0,70 UF/kg MS), les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours, 1 à 3 ha/mouton (Nedjraoui, 2004). très appréciés par les moutons et recherchés par les bergers, surtout en automne où ils produisent beaucoup de biomasse verte. La particularité de l'armoise blanche, est qu'elle donne son arôme à la viande des moutons (Bencherif, 2011).

4.3 Les steppes à remt (*Arthrophytum scoparium*):

D'après Nedjraoui, (2001) les parcours à *remth* (*Arthrophytum scoparium*) forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5%. Les mauvaises conditions de milieu, xérophilie ($20 < P < 200$ mm/an), thermophilie, variantes chaude à fraîche, des sols pauvres, bruns calcaires à dalles ou sierozems encroûtés, font de ces steppes, des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La valeur énergétique de l'espèce (Remt) est de l'ordre de 0,2 UF/kgMS. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 kgMS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an avec une charge pastorale de 10 à 12 ha/mouton.

4.4 Les steppes à halophytes :

Ces steppes couvrent environ 1 million d'hectares. La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace vont créer une zonation particulière de la végétation halophile très appréciée autour des dépressions salées (Nedjraoui, 2003).

Ce sont des formations particulières des dépressions salées parmi les espèces qu'on y rencontre, signalons les *Atriplex* (*Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*), le *Tamarix* (*Tamarix galica*) (Benchrif, 2011).

Ce type de steppe est très recherché par les pasteurs et sa valeur pastorale est d'environ 300 UF/ha (Nedjraoui, 2003).

4.5 Les steppes à psammophytes:

Les steppes à psammophytes sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne, elles suivent les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions constituées par les chotts, elles sont plus fréquentes en zones arides et présahariennes, elles forment des steppes à *Stipa grostispungens* et *Thymelaea microphylla* ou encore des steppes arbustives de *Retama raetam* et leurs valeurs pastorales varient de 200 à 250 UF/ha (Hamida et al, 2017).

5 Dynamique de la végétation steppique :

Les populations naturelles ne sont pas des entités amorphes subissant passivement les effets des facteurs externes ou de leurs variations (Barbault, 1981), aboutissant à une transformation au fil du temps. Cette transformation a été reconnue par Ozenda (1979) comme "dynamique de la végétation" (Chalane, 2017).

D'après Le Houerou (1995), la dynamique de la végétation peut être subdivisée en deux catégories: une progressive ou évolutive et l'autre régressive

5.1 Evolution progressive

L'évolution progressive est observée dans des zones plus ou moins protégées des facteurs de dégradation. L'ensemble des processus observés est appelé "remontée biologique" (Le Houerou et Hoste, 1977). Elle se caractérise par l'augmentation du taux de recouvrement permanent, de la biomasse pérenne, du taux de matière organique dans le sol, de la stabilité structurale, de la perméabilité et du bilan d'eau, de l'activité biologique et de la productivité primaire.

5.2 Evolution régressive

L'étude de la dynamique des steppes montre qu'elles sont dérivées de forêts claires de la façon suivante (Le Houerou, 1995):

- forêt claire de pin d'Alep ou de thuya de Berbérie.
- garrigues à romarin, cistes et alfa avec d'autres compagnes forestières.
- steppes d'alfa avec compagnes forestières : romarin, genévrier de Phénicie, ciste à feuilles de sauge, ciste du Liban, thymus, globulaire, hélianthèmes forestiers.
- steppe d'alfa avec reliques mineures de compagnes forestières: thymus, globulaire, hélianthèmes forestiers.
- steppe d'Alfa avec invasion d'espèces steppiques, d'armoïse blanche et ou d'armoïse champêtre, hélianthèmes steppiques et espèces présahariennes.
- steppe d'armoïse blanche.
- steppe dégradée ou culture ou jachères.

Ces transformations de la végétation sont accompagnées d'une évolution des sols.

Chapitre 1 : généralités sur les steppes

Les facteurs agissants de la dégradation des écosystèmes sont le déboisement et les incendies de forêts combinés avec le surpâturage, notamment par les caprins, le défrichement et la culture des steppes (Le Houerou, 1995).

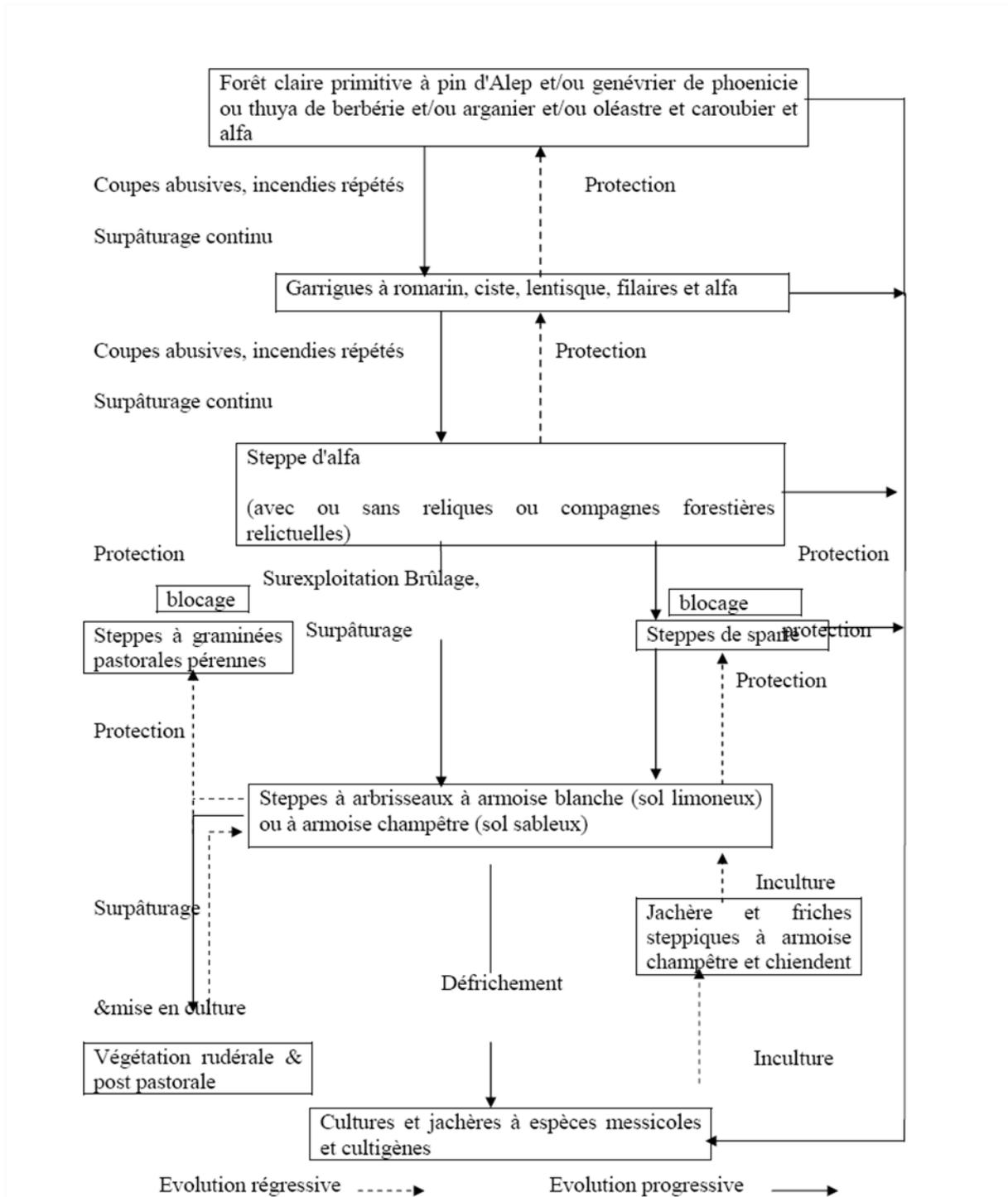


Figure 3: Schéma évolutif des steppes arides, supérieures et moyennes du Nord de l'Afrique (Le Houerou et Hoste, 1977).

Chapitre 1 : généralités sur les steppes

La couverture végétale est une mosaïque de steppes à alfa (*Stipa tenacissima L.*), à armoise blanche (*Artemisia herba-alba Asso.*), à sparte (*Lygeumspartum L.*) et à armoise champêtre (*Artemisiacampestris L.*). Les steppes, comme celles à sparte et à Armoise blanche, qui en dérivent par dégradation, peuvent se maintenir durablement constituant des «stades alternatifs stables» (Houamel, 2018).

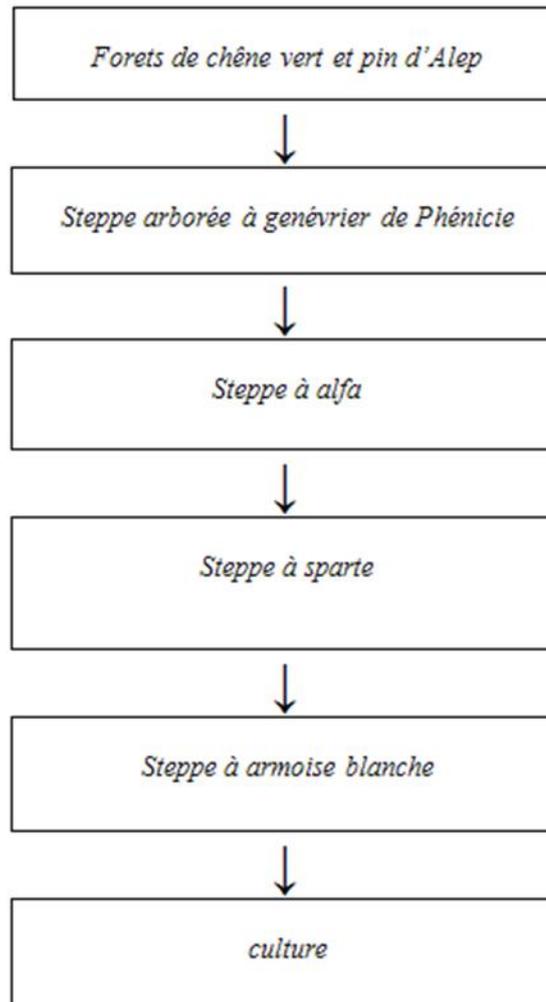


Figure 4: Série régressive proposée par Djebaili (1970).

6 Situation des steppes Algériennes

En Algérie, l'équilibre de l'écosystème steppique a été pour longtemps assuré par une harmonie très rigide entre l'homme et le milieu dans lequel il vit. Cet équilibre a été à l'origine des pratiques humaines ancestrales qui pouvaient assurer la durabilité et la régénération des ressources naturelles. Cependant, ce territoire qui fut l'espace du nomadisme et des grandes transhumances, a subi des modifications profondes ces dernières décennies, par

l'apparition de nouvelles pratiques, étrangères au mode de vie des populations steppiques. La conséquence de ces modifications étant une dégradation de plus en plus importante ressentie à tous les niveaux du territoire steppique (Nedjimi et Brahim, 2012).

La steppe algérienne est l'objet d'une exploitation écologiquement non durable. La désertification y gagne du terrain du fait d'une sécheresse récurrente, de la surcharge pastorale et de l'extension d'une agriculture pluviale et parfois irriguée, inadaptée aux conditions du milieu naturel. La dégradation des terres concerne donc à la fois la propriété collective (terres de parcours) et la propriété privée (les terres cultivées). La désertification affecte la végétation qui diminue voire disparaît et les sols qui s'érodent (Khaldi, 2014).

Les tendances actuelles dans les steppes arides et semi-arides sont la régression des espèces pérennes ou à cycle long au profit des annuelles ou des plantes à cycle court. Les plantes herbacées pérennes ont fortement régressé, alors que les peuplements graminée annuels n'ont pas sensiblement changé. On observe une augmentation de l'hétérogénéité dans la répartition du couvert herbacé, avec l'apparition d'une structure en mosaïque. Ces phénomènes traduisent à la fois les effets des successions d'années sèches et ceux du surpâturage. Les tendances actuelles dans les steppes arides et semi-arides sont la régression des espèces pérennes ou à cycle long au profit des annuelles ou des plantes à cycle court. Les plantes herbacées pérennes ont fortement régressé, alors que les peuplements graminée annuels n'ont pas sensiblement changé. On observe une augmentation de l'hétérogénéité dans la répartition du couvert herbacé, avec l'apparition d'une structure en mosaïque. Ces phénomènes traduisent à la fois les effets des successions d'années sèches et ceux du surpâturage (Le Houérou, 2002).

7 Dégradation des parcours steppique

7.1 La Dégradation des steppes à alfa

L'alfa en tant qu'espèce dominante, participe à des groupements de matorrals et des groupements pré-forestiers, comme elle forme des groupements d'alfa en bon état mais également dans les steppes à alfa dégradées et/ou ensablées (Khouane, 2018). Sa régression peut avoir des graves conséquences sur l'équilibre de l'écosystème tout entier après dégradation du sol et destruction de la communauté végétale typique de la steppe d'alfa dite "pure". Ceci se traduit notamment par l'appauvrissement de la diversité spécifique (Aidoud et

Touffet, 1996) et entraîne une réduction de la richesse floristique (Melzi, 1993 ; Aidoud-Lounis, 1997)

La phytomasse d'une steppe à *Stipa tenacissima* non mise en défens à 1254 kg MS/ha. Nedjraoui en 2001 évalue cette phytomasse exploitable à une production de 1000 à 1500 kg MS/ha (Moulay et Benabdeli, 2012). Les nappes alfatières se dégradent rapidement depuis une trentaine d'années dans les hautes plaines steppiques. Dans de nombreux sites, l'Alfa tend à être remplacé par l'armoïse (Bensid et Debouzie, 1996).

Cette régression qui favorise l'installation et l'extension d'espèces mieux adaptées, des thérophytes en majorité (Khouane, 2018) et qui, produisent une grande quantité de graines, colonisent rapidement les espaces libres. C'est la thérophytisation (Barbero et al, 1990) indicatrice de dégradation.

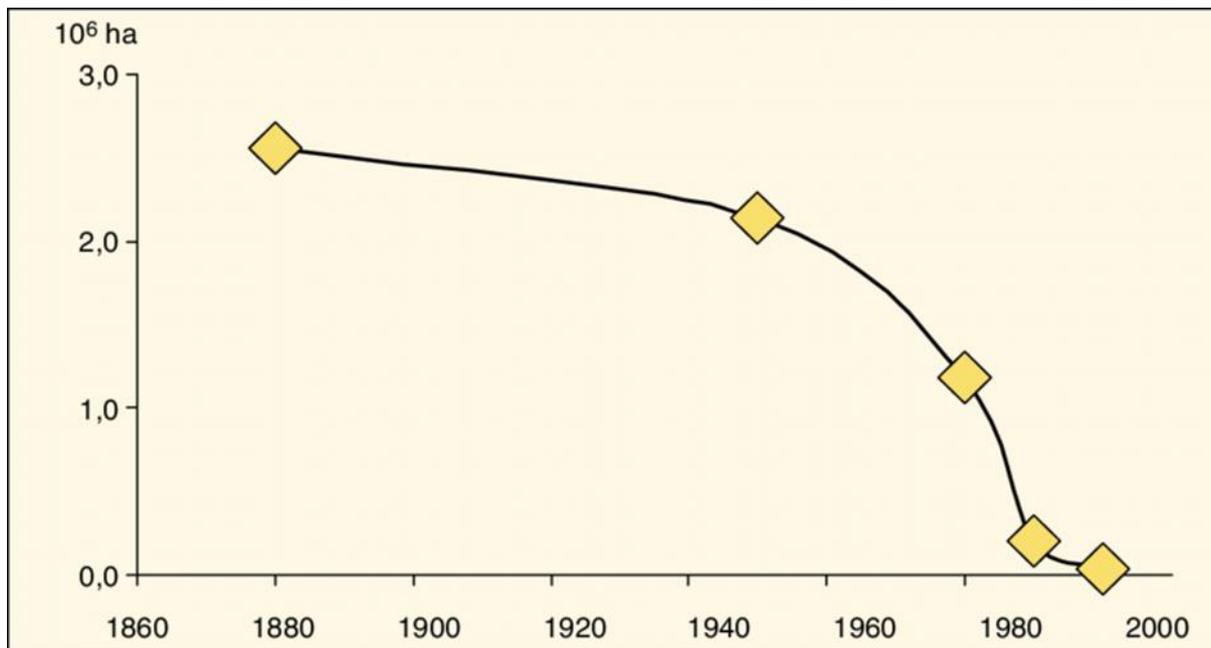


Figure 5: évolution estimée des steppes d'alfa (en millions d'hectares) dans les hautes plaines. (Aidoud et Touffet, 1996).

7.2 La dégradation des steppes à armoïse blanche :

L'armoïse ayant une valeur fourragère importante de 0,45 à 0,70 UF/kg MS (Nedjraoui, 2004). Durant les dernières décennies, au même titre que pour les autres types de steppes, la dégradation des parcours d'armoïse a été importante. Cette dégradation, a été décrite comme un effet du surpâturage qui est plus efficace durant les sécheresses récurrentes (Houamel, 2018). Cette régression s'est accompagnée de changements dans la composition et la

dominance des communautés avec l'apparition ou l'extension d'espèces indicatrices de changements de conditions écologiques avec notamment l'augmentation d'une flore rudérale et psammophile (Lahmar-Zemiti et Aidoud, 2016)

7.3 La dégradation des steppes à spart :

La régression des steppes à sparte est très importante, en particulier dans le sud oranais. Ces steppes constituent souvent le faciès de dégradation des steppes à alfa, auxquelles elles se substituent après ensablement. Cependant, les jeunes pousses de sparte et l'important cortège floristique qui l'accompagne sont très recherchés par les troupeaux. Ces steppes ont l'avantage de fixer les sols (Mouhous, 2005).

Les steppes à *L. spartum* occupaient en 1978 une surface analogue à celle des steppes à *S. tenacissima*. La surface de l'UP à *L. spartum* a augmenté entre 1978 et 2006, bien que la tendance générale fût à la dégradation. Cette surface est restée importante en 2014 malgré une légère baisse après 2006. Cette évolution peut conduire à la conclusion que *L. spartum* est une espèce plus résistante que *S. tenacissima* au surpâturage. En fait, la dynamique spatiale montre que l'UP à *L. spartum* a disparu de son emplacement d'origine dans 4/5 des cas au cours de la période considérée (Houriziet al. 2017).

8 Les causes de la dégradation steppique

8.1 Causes naturels

8.1.1 La sécheresse

En générale la pluviométrie moyenne annuelle est faible (100 à 400mm) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averse) et leurs aspects orageux (Le Houerou, 1995).

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 diminution des précipitations et la saison sèche a augmenté de mois durant le siècle dernier (Nadjaoui et al, 2008).

Les travaux de Hirche et al(2007) portant sur une analyse statistique de l'évolution de la pluviosité de plusieurs stations steppiques, montrent que les steppes algériennes se

caractérisent par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales (Figure 6).

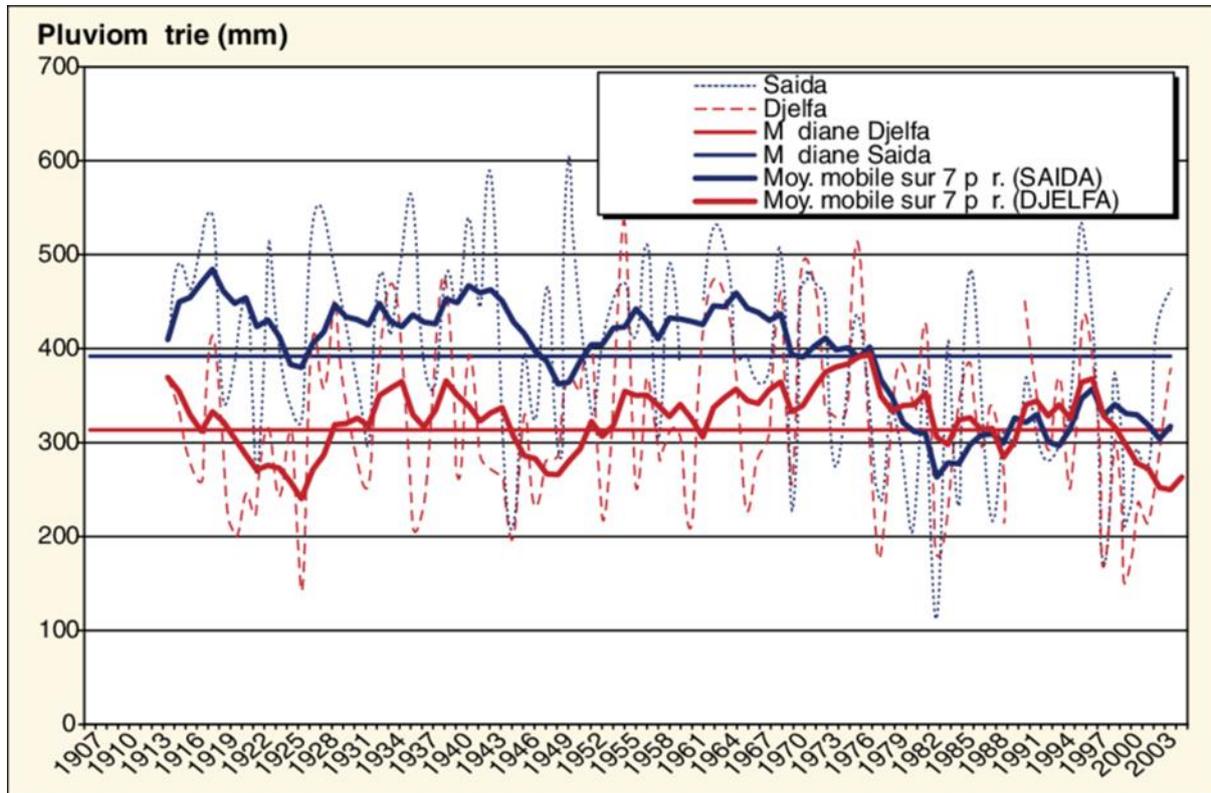


Figure 6: Évolution de la pluviosité (1907-2003) dans le Sud Oranais (Méchéria et El Bayadh) (source : hirche et al, 2007).

Il a été convenu pour un ensemble des auteurs que l'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification, mais elle constitue un facteur important d'aggravation de l'effet anthropique sur la dégradation des terres en zones sèches (Le Houérou, 1995). En effet, la végétation et les sols des régions arides se sont adaptés à des conditions de sécheresses récurrentes au cours des siècles et des millénaires passés acquérant une capacité à récupérer leurs caractéristiques après perturbation (Le Houérou, 1995).

8.1.2 L'érosion éolienne et hydrique

L'action de l'érosion éolienne varie en fonction de l'importance du couvert végétale. Dans un milieu où le recouvrement de la végétation est inférieur à 30 %, le vent emporte les fines particules telles que les sables et les argiles, en laissant sur place un sol squelettique. La perte de sol, dans les steppes défrichés, causé par ce type d'érosion est de l'ordre de 150 à 300 t/ha/an (Le houérou, 1995). L'érosion hydrique, due en grande partie aux pluies torrentielles (sous formes d'orages violents), diminue la perméabilité et la fertilité des sols. Un volume de

50 à 200 t/ha/an de terre est entraîné par le ruissellement sur les sols dénudés à forte pente (Le houérou, 1995)

Ces phénomènes provoquent d'énormes pertes, ils accentuent le processus de désertification. Ils sont la cause de la désertification totale, sans possibilité de remontée biologique, de près de 600.000 ha de terres en zone steppiques et leurs effets menacent près de 6.000.000 d'hectares (Nedjraoui, 2004)

8.1.3 Problème de salinité des sols

Plus de 95% des sols des régions arides sont soit calcaires, gypseux ou Salso sodiques (Halitim, 1988). Du fait des hautes températures qui sévissent pendant une longue période de l'année, les précipitations subissent après leur infiltration, une forte évaporation entraînant la remontée vers la surface du sol, des particules dissoutes qui se concentrent en croûtes et stérilisent le sol. On trouve deux types de dépressions salées aux niveaux des régions arides et semi-arides dont les termes vernaculaires sont Chott Et Sebkha (Pouget, 1980). La différence entre ces deux noms réside dans le mode d'alimentation. Les sebkhas sont sous la dépendance d'apport des eaux de crues et les Chotts sont alimentés respectivement par les apports de ruissellement et aussi par les nappes artésiennes profondes arrivant jusqu'en surface par des sources et/ou des suintements. Les Chotts seraient de véritables «machines évaporatoires», en période pluvieuse normale (hiver, printemps) une couche d'eau de quelques centimètres, saturée en sel (300-400g/l) recouvre la surface, laissant après évaporation des dépôts surtout de chlorure de sodium, parfois exploitables. Après de fortes pluies, les Chotts peuvent constituer de véritables lacs de plusieurs mètres de profondeurs; quelques mois après, l'évaporation très forte assèche complètement la surface (Des Forets, 2003). Le vent balayant cette surface desséchée et dénudée peut, dans certaines conditions, entraîner des particules argileuses et des cristaux de sels (chlorure de sodium, gypse) qui s'accumulent en bordure de la dépression (Des forets, 2003). Tout autour de ces systèmes, la présence d'une nappe phréatique plus ou moins salée et inégalement profonde contribue à la formation de sols halomorphes (Nedjimi et Brahim, 2012).

8.2 Causes anthropique

8.2.1 La croissance démographique

L'équilibre social et biologique s'est trouvé fortement perturbé par l'intensification des besoins engendrés par la croissance démographique qui n'a pas été accompagnée par une création d'emplois suffisamment conséquente pour absorber la main-d'œuvre excédentaire par

rapport aux besoins d'une exploitation raisonnable des parcours naturels (Dalila et Slimane, 2008).



Figure 7: Évolution démographique en Algérie 1969-2017. (Boubou, 2019).

La plus grande majorité de la population est concentrée dans les villes principales. Cette concentration provoque une consommation de terres forestières et de parcours. La croissance démographique des régions concernées a conduit à une exploitation incontrôlée de l'environnement et des pratiques agricoles inappropriées qui ne laissent aucune possibilité de régénération de l'espace. (Benabadji et al, 2014).

8.2.2 Défrichement et extension de la céréaliculture

Selon Senoussi et al. (2014), Le défrichage des parcours pour mise en culture de céréales (avoine, orge et blé) est une autre cause majeure qui altère les parcours en réduisant leurs surfaces. Le défrichement est l'un des indicateurs de la dégradation des ressources végétales. Ces dernières se manifestent surtout à travers la diminution du taux de recouvrement et le changement du cortège floristique. Les faciès que l'on retrouve sont modifiés tant sur le plan de la densité du couvert végétal que sur le plan de leur valeur pastorale.

Au cours des années 70, l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation du tracteur à disques pour le labour des sols à texture grossière fragile. Les labours par ces derniers constituent en un simple grattage de la couche superficielle accompagné de la destruction quasi totale des espèces pérennes. Ces techniques

de labour ont aussi une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible. Compte tenu des terres laissées en jachère, la superficie labourée en milieu steppique est estimée à plus de 2 millions d'hectares, la plus grande partie de ces terres se situe sur des sols fragiles en dehors des terres favorables des fonds d'oueds ou de Dayates. Cette culture épisodique détruit les plantes vivaces qui sont remplacées par des espèces annuelles incapables de retenir le sol. Le Houerou estime que le degré de recouvrement des pérennes de la végétation steppique a diminué d'environ 25% en moyenne à moins de 5% (Bouzid et Mokhtar, 2006).

8.2.3 Le surpâturage

La dégradation du couvert est rapide compte tenu de la charge élevée en cheptel. Le développement de la végétation est très faible à partir du moment où on ne laisse pas le temps aux plantes de s'épanouir ce qui explique que la vitesse de régénération ne s'équilibre pas avec la vitesse à laquelle pâture ce cheptel (Bousaid, 2008).

Aujourd'hui, c'est bien évidemment que le surpâturage est la principale cause de la dégradation des terres dans la steppe algérienne par le maintien d'un effectif trop important de troupeaux par rapport aux disponibilités fourragères réelles de la steppe (Bencherif, 2011). Depuis le constat amer effectué en 1970, où la steppe ne pouvait supporter plus de 4 millions de têtes d'ovins, les effectifs ont continué d'augmenter passant de 5,6 millions (7,89 millions éq-ov) en 1968, à 8,5 millions en 1978, à 12 millions en 1988, à 16,32 millions (19, 17 éq-ov) en 1998 (Fodil, 2018).

L'exploitation permanente des pâturages naturels, utilisant une charge animale nettement supérieure au potentiel de production des parcours, a pour effet de réduire leur capacité de régénération naturelle (Nedjimi et Brahim, 2012).

Depuis le constat amer effectué en 1970, où la steppe ne pouvait supporter plus de 4 millions de têtes d'ovins, les effectifs ont continué d'augmenter passant de 5,6 millions (7,89 millions éq-ov) en 1968, à 8,5 millions en 1978, à 12 millions en 1988, à 16,32 millions (19, 17 éq-ov) en 1998 (Fodil, 2018).

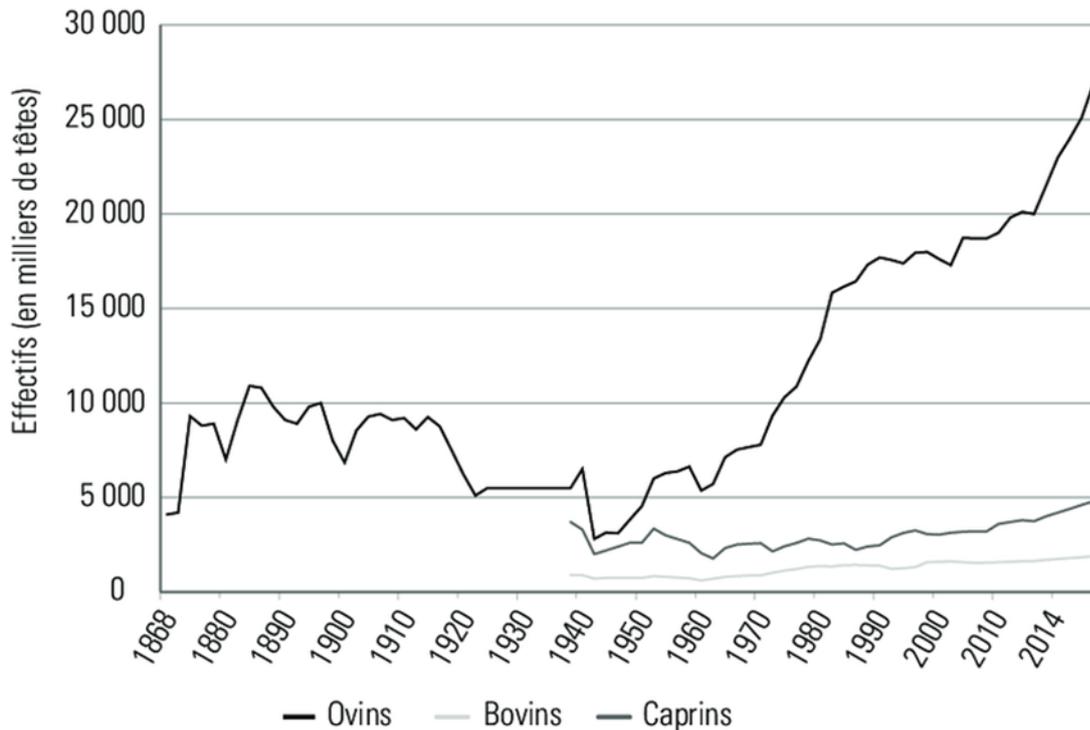


Figure 8: l'estimation d'évolution du cheptel algérien 1968 2014. (Bencherif, 2018).

Le surpâturage s'explique par deux facteurs principaux (Dalila et Slimane, 2008) :

1. Le manque de création d'emplois (agricoles et surtout non agricoles) pousse les ménages pauvres à défricher des lopins de terre pour produire un minimum de céréales et les pousse à posséder quelques têtes de caprins et d'ovins pour subvenir à un minimum de leurs besoins.
2. La gratuité des unités fourragères prélevées sur les parcours pousse les gros possédants à accroître la taille de leurs troupeaux et les conduits aussi à défricher les parcours pour se les approprier.

Selon Dalila et Slimane (2008). Cet état des choses résulte de la demande soutenue et croissante de la viande ovine en relation avec la croissance démographique, par la haute rentabilité de l'élevage en zones steppiques du fait de la gratuité des fourrages.

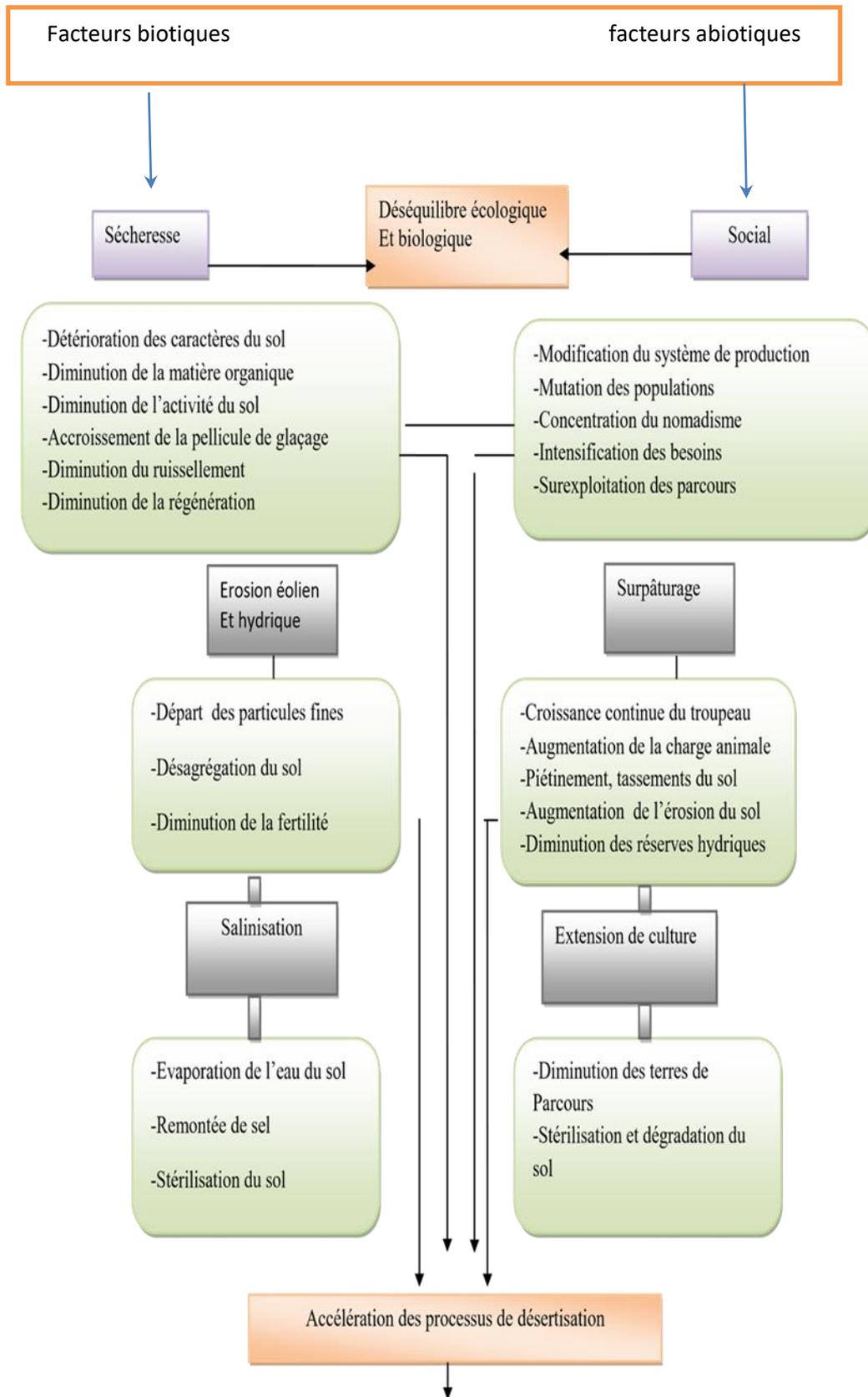


Figure 9: Les indicateurs de dégradation des écosystèmes steppiques (SADKI, 1977).

9 Les conséquences de la dégradation des parcours steppique

La désertification est définie comme la diminution ou la destruction du potentiel des terres qui peut conduire à terme à des conditions de type désertique ((UNEP, 1977)

La dégradation des sols a un impact sur le cycle global du C par son effet sur le changement d'utilisation des terres et la réduction de la couverture végétale qui affectent négativement la profondeur du sol supérieur et le sol qualité (LalRattan, 2001).

La dégradation du couvert végétal (par inondations, incendies, sécheresse, surpâturage, déforestation, épuisement de la fertilité du sol, mauvaises pratiques culturales, etc.) expose le sol aux agents atmosphériques et entraîne la destruction rapide du sol organique(FAO). Par action les érosions hydrique et éolienne.

Cette dégradation entraîne des phénomènes d'ensablement des zones voisines, des problèmes de crues et d'inondations, des problèmes de comblement des barrages, de transports d'aérosols à grande distance mais aussi des problèmes de migrations (Jauffret, 2001).

Dans le PLCD, le territoire concerné vise 26 millions d'hectares sensibles à la désertification, composé de parcours steppiques (20 millions d'ha) et de parcours présahariens (06 millions d'Ha) en déséquilibre dans un milieu aride et semi-aride, en sus d'une nappe alfatière réduite à 4 millions d'hectares, et des territoires sahariens (Yahi et Abdelgurfî, 2012).

La direction générale des forêts (DGF) a établi, avec le concours du centre national des Technologies Spatiales (CNTS), une carte de sensibilité à la désertification de l'Algérie septentrionale (Benderradji et al 2006), il en ressort :

- Zones désertifiées : 487.902 ha ;
- Zones sensibles : 2.215.035 ha ;
- Zones moyennement sensibles : 5.061.388 ha ;
- Zones peu sensibles : 2.379.170 ha.

Conséquences socio-économiques :

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

La désertification, en réduisant les capacités productives des sols, conduit à une détérioration des conditions de vie des populations des régions sèches. Par manque de capital et d'opportunités économiques, ces populations pauvres sont conduites à surexploiter leurs ressources limitées pour satisfaire des besoins pressants, ce qui aggrave les processus de désertification. Il y a donc un cercle vicieux entre désertification et pauvreté : la désertification accroît la pauvreté qui en retour conduit à des pratiques néfastes sur le milieu naturel. Les mécanismes de contrôle d'accès et de gestion des ressources naturelles mis en place par les sociétés traditionnelles deviennent alors obsolètes (Requier-Desjardins et Bied-Charreton, 2006).

10 Les politiques d'organisation de la steppe

L'extension de la céréaliculture et la surexploitation des parcours sont les résultats de l'échec des différentes politiques menées en milieu steppiques depuis l'indépendance. Ces politiques ont toujours ignoré l'organisation traditionnelle des éleveurs ainsi que leurs préoccupations.

Au lendemain de l'indépendance le statut juridique des terres de la steppe était issu de l'application de la loi du 22 avril 1863 (Sénatus Consulte), qui a partagé le territoire steppique en :

- Terres publiques de statut domanial et communal regroupant les terres forestières, alfatières et les superficies de parcours. Les droits de l'exploitation sur ces terres sont précaires et révocables.
- Terres «Arch», propriétés collectives des tribus.

Les tentatives d'organisation des éleveurs et de parcours sont nombreuses et très peu ont donné des résultats positifs allant dans le sens de l'amélioration des parcours. En 1975, fut promulguée, au titre de la troisième phase de la révolution agraire l'ordonnance du 17/06/1975, portant le code pastoral. Celle-ci stipule que les terres de parcours situées dans les zones steppiques et de statut communal, domanial et « Arch », sont propriété de l'Etat, à l'exception des terres ayant l'objet d'une mise en valeur constante.

L'application de la troisième phase de la révolution agraire à travers la mise en œuvre du code pastoral, a pratiquement été réduite au versement de l'ensemble des terres publiques et Arch au fond national de la révolution agraire (FNRA). Ces terres, en l'absence de règles de

gestion, sont exploitées en fonction des capacités de chacun sans se soucier de la préservation des ressources naturelles (Bouzid et al 2006).

En 1981 fut créé par décret, le Haut-Commissariat au Développement de la steppe (HCDS), chargé de mettre en place une politique de développement intégré de la steppe, en tenant compte de tous les aspects économiques et sociaux.

Le HCDS lança plusieurs actions d'amélioration des parcours steppiques : mise en défens, plantations fourragères, ensemencements. Compte tenu de l'absence de participation des agro-éleveurs et du non-règlement du problème foncier, ces actions n'ont aucun effet positif sur la régénération des parcours. Au contraire la dégradation des parcours s'est aggravée depuis.

En 1992, le HCDS met en œuvre une nouvelle méthode de réalisation des projets de développement (notamment ceux relatifs aux plantations fourragères), basée sur la participation des membres de familles d'agro-pasteurs, soit au niveau des périmètres communaux dont la gestion, une fois le projet réalisé sera confié à la commune, soit au niveau des terrains propriété d'agro-pasteurs, le HCDS assurant l'appui matériel et technique. L'impact de cette nouvelle approche participative sur l'amélioration des ressources pastorales reste conditionné par le règlement du problème foncier et la participation active des communautés d'éleveurs à l'élaboration et la réalisation des projets et à la gestion des périmètres aménagés.

11 Conclusion

Après plus d'un demi-siècle d'indépendance, le processus de désertification des zones steppiques algériennes ne s'est pas arrêté et s'est même amplifié. Cela est dû à plusieurs facteurs dont le principal est l'inadaptation des politiques macroéconomiques et des politiques visant spécifiquement la steppe (Dalila et Slimane, 2008). En effet, les différents facteurs de dégradation se conjuguent pour créer un déséquilibre écologique social et biologique. Les indicateurs de la désertification, qui concernent en fait les attributs vitaux de l'écosystème, sont la détérioration des caractères du sol, la diminution des réserves hydriques et de la fertilité du sol, allant souvent jusqu'à sa stérilisation, et la régression de la productivité végétale, ce résultat influe négativement sur la situations socio-économiques du pasteur, La surveillance continue de l'écosystème par les outils modernes tels que la télédétection et les SIG notamment la géomatique qui est un axe prioritaire de recherche qu'il faudrait développer

Chapitre 1 : généralités sur les steppes

car ils permettent de délimiter les différents écosystèmes en fonction de leur état de dégradation et de dégager les zones prioritaires d'intervention pour lutter contre le processus de désertification.

Chapitre II

La télédétection

1 Définition

Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante :

« Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (Kergomard, 1990).

La télédétection comme étant est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...) (Soudani, 2006-2007).

2 Historique

La télédétection a une longue histoire où cinq phases peuvent être identifiées :

- Avant 1925 : Les premières photographies prises depuis les airs à l'aide de pigeons embarquant des appareils photographiques ont été réalisées dans les dernières années du XIXe siècle. Des photographies aériennes prises depuis des ballons et des avions montrent ensuite la valeur des vues aériennes du sol, valeur très exploitée durant la première guerre mondiale.
- Entre 1925 et 1945 : les améliorations techniques de la photographie aérienne permettent l'élargissement des applications en particulier dans le domaine de la cartographie topographique avec les images stéréoscopiques.
- Entre 1945 et 1960 : la photographie aérienne est en plein développement et les explications débordent la topographie, apportant de nombreuses informations en géologie, agriculture, forêt, archéologie...etc. Cette période correspond à la réalisation de couverture aérienne de nombreux pays en voie de développement.
- Entre 1960 et 1972 : c'est la naissance des satellites de télédétection avec caméras et capteurs relativement primitifs. Ces années correspondent au développement des satellites météorologiques. Cette période correspond à la mise en place d'un système mondial d'observation météorologique, avec l'investigation d'autres parties du spectre, en particulier l'infrarouge thermique, celles attachées à l'observation photographique. Enfin entre 1972 et 1989 : à ces années correspond la maturité de la technologie et des systèmes d'observation de

la Terre avec le développement de la haute résolution spatiale, l'acquisition et distribution opérationnelle et l'expérimentation de nouveaux capteurs dans une variété de bandes spectrales. La période commence avec le lancement de Landsat en 1972 et dans le milieu des années 1980 ce programme est devenu opérationnel (Rafik, 2013).

3 Principe de base de la télédétection:

Le principe de la télédétection, tel qu'il est présenté dans sa définition ci-dessus, repose sur l'acquisition de signaux de radiation ou de réflexion de l'objet. Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme.(Figure 10) C'est Le fruit d'interaction entre trois éléments fondamentaux ; une source d'énergie, une cible et un capteur, et consiste à mesurer un signal électromagnétique émis ou réfléchi par une cible (Big03).

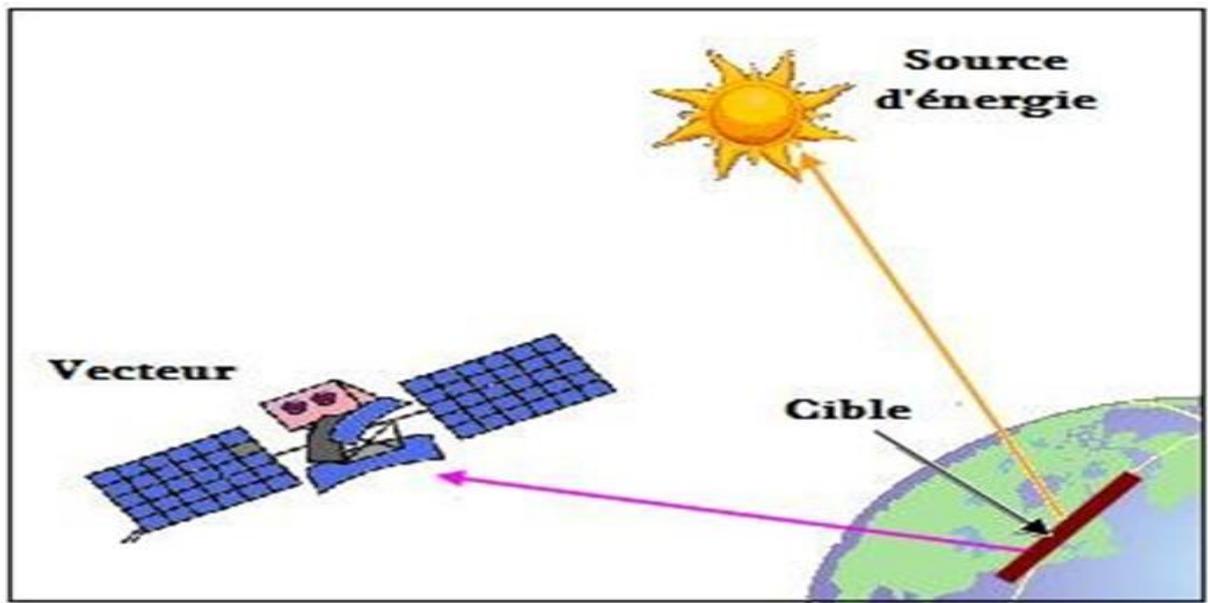


Figure 1: principe de base de la télédétection (Big03).

- **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie** est l'élément qui "éclaire" la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons).
- **Le vecteur ou plate-forme** de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible (Big03).

La perception et l'enregistrement du rayonnement naturel ou de la réflexion de l'énergie solaire des objets sont appelés télédétection passive. La trace multi bande visible et infrarouge de l'information de surface du sol en est un exemple. En revanche, lorsqu'il s'agit d'illuminer

des objets précis puis de récolter l'information à partir de la réflexion de l'énergie émise par la plate-forme elle-même, le procédé s'appelle télédétection active (Benmessaoud, 2009)

4 Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation de l'énergie dans la nature, dont la forme qui nous est la plus familière est la lumière visible telle que la perçoit l'œil humain. Historiquement, la physique spécialisée dans l'étude du rayonnement (optique) est née de l'étude de la propagation de la lumière et de ses interactions avec les matériaux (optique géométrique). Le rayonnement a été ensuite reconnu par les physiciens comme un phénomène ondulatoire, en relation avec l'électricité et le magnétisme (optique électromagnétique) ; cette perspective a permis d'étendre considérablement le champ des connaissances sur le spectre du rayonnement électromagnétique, bien au-delà de la lumière visible. Enfin, la physique moderne a montré que le rayonnement électromagnétique pouvait également être considéré comme un déplacement de particules élémentaires représentant une quantité d'énergie (optique énergétique et quantique) (Kergomard, 1990).

4.1 Les ondes électromagnétiques:

Une onde électromagnétique correspond à la vibration simultanée dans l'espace d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Une onde électromagnétique est une onde progressive et transversale ; le sens de la variation des champs est perpendiculaire à la direction de propagation (figure 11) (Kergomard, 1990).

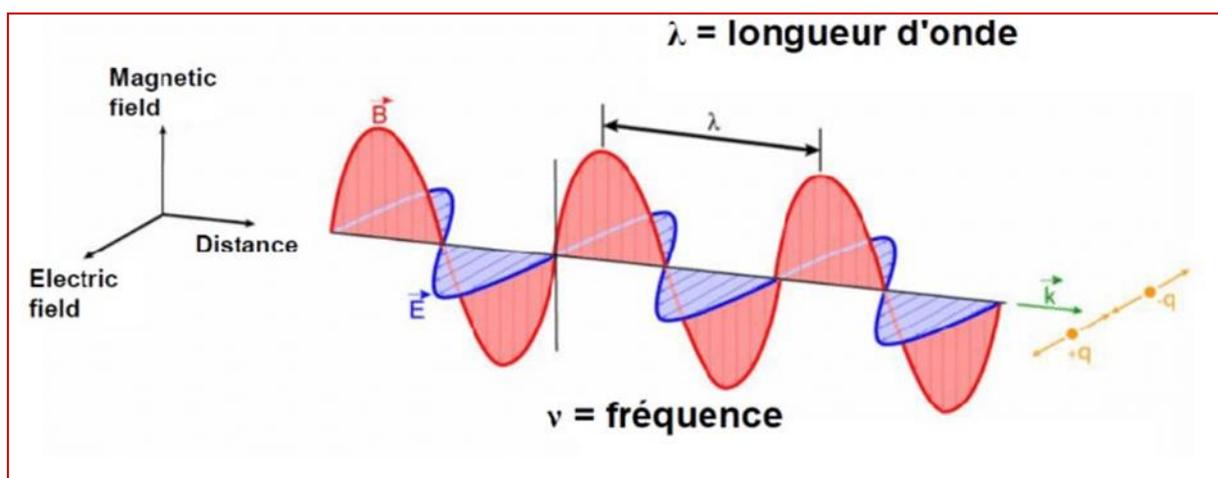


Figure 2: représentation de l'onde électromagnétique (Kergomard, 1990).

creux) qu'on note λ (m). La fréquence est le nombre d'oscillations par unité de temps qu'on note ν (nombre oscillations/s ou Hertz Hz). La relation reliant ces deux propriétés est : c (m s⁻¹) = λ (m) ν (Hz) (Soudani, 2006-2007).

4.2 Rayonnement et énergie

Le rayonnement électromagnétique est une forme de transport d'énergie. Une onde électromagnétique transporte l'énergie non pas de façon continue, mais de façon discrète (au sens mathématique du terme), par entités élémentaires ou quanta d'énergie. Ces quanta d'énergie peuvent être assimilés à des particules, et sont parfois appelés des photons. La quantité d'énergie associée à un photon dépend de la fréquence : $E = h \cdot \nu$ où E est la quantité d'énergie, la fréquence et h la constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s, Les rayonnements de fréquence élevée ou de courte longueur d'onde (ultraviolet, lumière visible) transportent ainsi beaucoup plus d'énergie que les rayonnements de grande longueur d'onde (infrarouge, micro-ondes). C'est l'énergie transportée par le rayonnement électromagnétique qui est détectée par les capteurs utilisés en télédétection (Kergomard, 1990).

5 Les domaines spectraux :

C'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). L'ensemble des fenêtres de toutes les longueurs d'ondes est appelé « spectre électromagnétique ». Les principaux domaines du spectre électromagnétique (l'ultraviolet, le visible, l'infrarouge proche, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique, et les hyperfréquences ou micro-ondes) ainsi que leurs longueurs sont illustrés dans la figure 12 (Djamel, 2019).

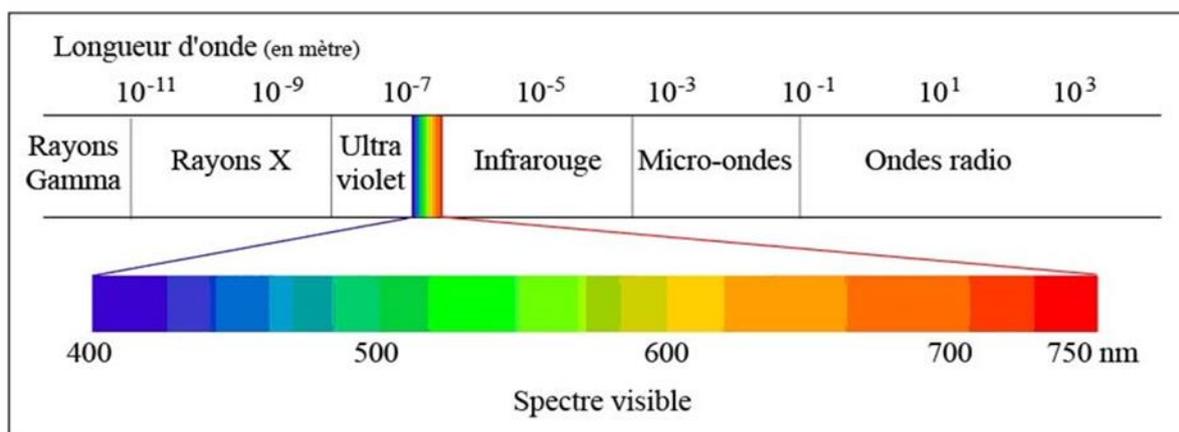


Figure 12 : domaine spectral des longueurs d'onde (Gabreil et marie-josée, 2020).

5.1 Signature spectrales :

En mesurant l'énergie réfléchié ou émise par la cible avec une variété de longueurs d'onde, nous pouvons construire la signature spectrale pour chaque objet. Les signatures spectrales sont donc la réponse radiométrique des objets dans une succession de longueurs d'ondes (Tobbal, 2012).

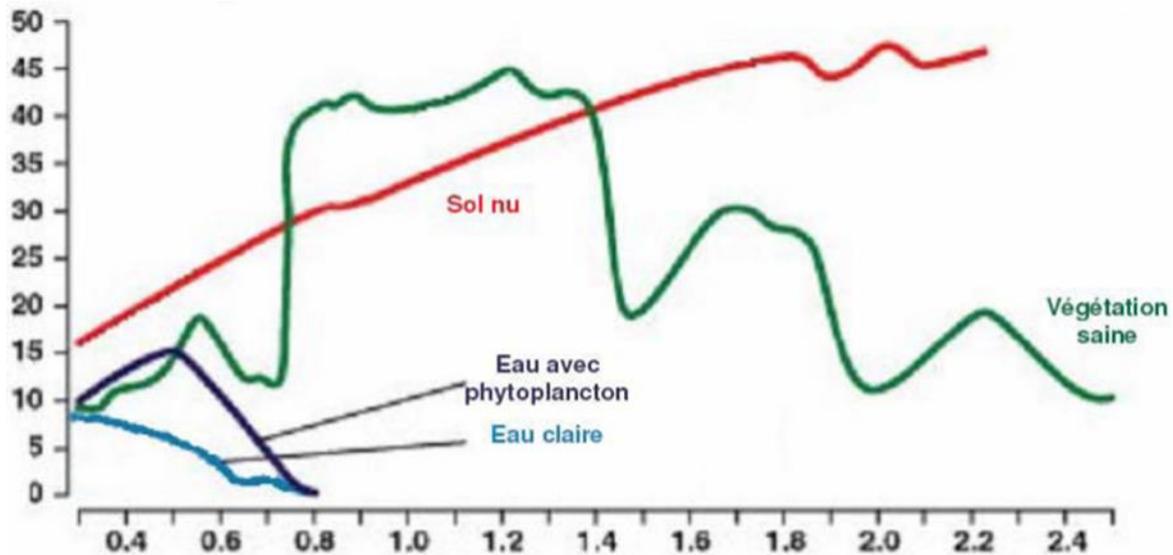


Figure 3: Courbe de réflectance des végétaux, sols et eaux (Ouattara, 2012).

6 Les systèmes d'acquisitions de la télédétection :

Le système d'acquisition comprend des capteurs qui sont montés sur la plate-forme du satellite.

6.1 Les capteurs:

Les capteurs sont des instruments qui recueillent de l'énergie radiative de la scène visée, et délivrent un signal électrique correspondant et mesurable.

En télédétection, il existe deux types de capteur :

- Le capteur passif enregistre la partie du rayonnement solaire réfléchié.
- Le capteur actif produit lui-même un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Il enregistre ensuite la part de rayonnement réfléchié par la cible (Rafik, 2013).

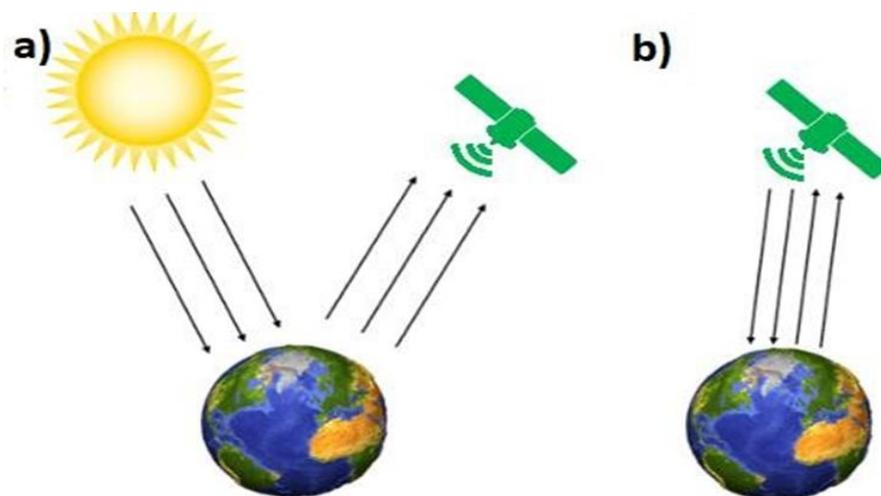


Figure 4: Les différents capteurs utilisés en télédétection spatiale : capteurs passifs (a) et capteurs actifs (b) (Normandin, 2019).

6.2 Les satellites Landsat :

La première génération de satellites, composée des satellites Landsat 1, 2 et 3 a été lancée entre 1972 et 1985. Les données enregistrées par cette génération de satellites, conçus pour la cartographie de la végétation, apportent peu d'information dans les domaines du spectre électromagnétique discriminatoire des minéraux. Actuellement seuls les satellites Landsat 4, 5 et 7 de la seconde génération lancés entre 1982 et 1997, sont encore en fonction. Ces satellites fournissent des données d'une même surface à différentes dates, sur toute la surface terrestre exceptée pour les régions polaires. Les données des capteurs Thematic Mapper (TM) à bord de Landsat 4 ou 5 sont utilisées pour plusieurs applications comme la gestion des ressources, la cartographie, la surveillance de l'environnement et la détection des changements anthropiques ou naturels à la surface de la terre. La limite de résolution spatiale du capteur TM est de 30 m pour toutes les bandes, sauf l'infrarouge thermique qui est de 120 m. Landsat 7, dernier satellite de la famille Landsat, possède à son bord le capteur multi-spectral ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Ce capteur enregistre la réflectance de la surface terrestre dans sept bandes spectrales ; quatre dans le Visible et Proche Infrarouge, deux dans l'Infrarouge Moyen, une dans l'Infrarouge Thermique et une bande en mode panchromatique (l'image panchromatique est obtenue à partir de données acquises dans une seule bande spectrale, correspondant à la partie visible du spectre à l'exception du bleu, la bande couvre la région du spectre comprise entre 0,52 et 0,90 μm). (Gomez, 2004)

7 Traitements des données de télédétection :

Les traitements des données consistent à transformer les données enregistrées en informations susceptibles d'utilisation immédiates. D'après Chamignon (1990), on peut classer ces traitements en trois types: les prétraitements, les traitements numériques proprement dits et les traitements d'optimisation.

7.1 Prétraitements :

Les prétraitements englobent la correction géométrique, atmosphérique et radiométrique.

7.1.1 Corrections géométriques:

Les images enregistrées par les capteurs des satellites contiennent des informations spectrales et spatiales. Par ailleurs, l'instabilité des satellites (Lacet, roulage et tangage), l'effet de la forme de la terre et les effets de reliefs peuvent provoquer des déformations sur les images. La correction géométrique consiste à régler la géométrie des images selon un référentiel cartographique d'usage courant (Bonn et Rochon, 1996). Ces corrections peuvent être réalisées par le distributeur, mais aussi par l'utilisateur directement sous logiciel de traitement d'image par prise de points de calages "points d'amer").

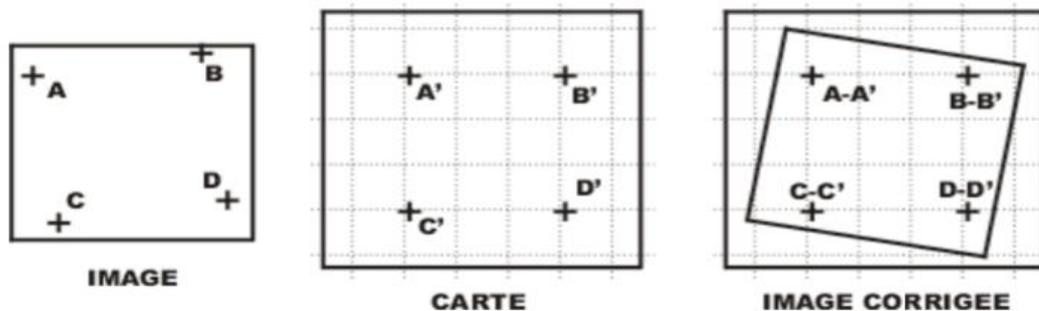


Figure 5: Niveaux de correction des images (Salim, 2018).

Lors de l'achat ou de l'acquisition d'images satellites, on distingue différents niveaux de correction (Salim, 2018) :

1A : l'image est brute, sans aucune correction (rare)

1B : l'image a été corrigée radiométriquement (niveau standard)

1AP : Etirement des lignes pour compenser en partie l'effet atmosphérique

2A : Corrections radiométriques et géométriques simples pour superposition à carte sans point d'appui

2B : Corrections radiométriques et géométriques complexes pour superposition à carte et à autre image avec points d'appui (coût très élevé)

Ortho - S : Corrections complètes avec compensation du relief

En générale, l'utilisateur n'effectue que des corrections géométriques simples (translations, rotations...) et parfois plus complexes à partir de points caractéristiques identifiés sur carte et sur image : les points d'amers (d'appui) ; et applique des transformations polynomiales sur l'image à partir des algorithmes proposés par le logiciel (Salim, 2018).

7.1.2 Corrections atmosphériques :

Les corrections atmosphériques agissent principalement comme un facteur additif puisque les courbes spectrales évoluent de manière sensiblement parallèle (Caloz et Collet, 2001). L'objectif de ces corrections est l'élimination de l'effet de l'atmosphère et la conversion des données de luminance enregistrées par le capteur en des données de réflectance qui mesurent la fraction du rayonnement réfléchi par la surface. Dans ce contexte, plusieurs méthodes ont été développées. Elles peuvent être groupées en deux catégories : les méthodes empiriques ou encore basées sur l'image et les méthodes se basant sur les modèles de transfert radiatif (Agili et al. 2014).

7.1.3 Corrections radiométriques :

La correction radiométrique permet d'obtenir des comptes numériques calibrés indépendant de l'aire de rétrodiffusion contribuant au signal radar et dont le carré, aux effets de speckle pris (Troufleau et al, 1994). Généralement, le terme correction radiométrique implique deux principaux processus qui doivent être appliqués sur les données d'imagerie directement issues du capteur : la correction de données manquantes ou dégradées et l'étalonnage. Le premier traitement consiste à supprimer les erreurs liées au dysfonctionnement du capteur alors que le deuxième assure la conversion des valeurs numériques enregistrées (c-à-d. des comptes numériques) par le capteur en des valeurs de luminance qui correspondent au rayonnement réfléchi par la surface (Agili et al. 2014).

7.2 Traitements :

Le traitement d'images désigne une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées qui étudie les images numériques et leurs transformations, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information.

7.2.1 La composition colorée :

La composition colorée est une synthèse chromatique des trois couleurs additives (rouge, vert et bleu), chacune associée à un canal de l'image. Lorsque les données satellitaires ont été enregistrées dans plus de trois canaux, l'opérateur choisit en fonction de ses préoccupations les canaux auxquels les couleurs seront attribuées. Cette synthèse permet d'obtenir une image couleur appelée composition colorée en « fausses couleurs ». Lorsque l'un des trois canaux de la combinaison est dans l'infrarouge, l'image obtenue est dite composition colorée en « fausses couleurs l'infrarouge » ou simulation d'une émulsion infrarouge couleur (karimoune et Ozer, 1994).

Les compositions en fausse couleur sont identifiées par trois chiffres commençant par la composante affichée en rouge, suivie de celle du vert puis de celle du bleu (RGB). Par exemple, une composition TMI, 3, 4 affiche le canal vert de TM en bleu, le canal rouge en vert et le canal proche infrarouge en rouge: le résultat, une image aux couleurs naturelles. La composition qui utilise les canaux de l'infrarouge moyen (TMS et TM7) apporte une information intéressante sur la végétation et les sols (Caloz et Collet, 2001).

7.2.2 Rehaussement des linéaments par filtrage :

- **Filtrage spatiale :**

Le filtrage spatial par convolution permet de modifier la valeur numérique d'un pixel selon sa relation avec les valeurs des pixels voisins. Le niveau de gris de chaque pixel à l'intérieur de la fenêtre mobile sur l'image est multiplié par la valeur correspondante de la matrice de convolution. La valeur finale attribuée au pixel central représente la somme de ces produits divisée par le nombre d'éléments de la fenêtre. L'image résultante provient de la convolution & la fenêtre sur l'image entière (Lacina, 1996).

- **Filtrage directionnel :**

Les filtres directionnels améliorent la perception des linéaments en provoquant un effet optique d'ombre portée sur l'image comme si elle était éclairée par une lumière rasante (Marion, 1987). De plus, ce type de filtre permet de rehausser les Linéaments qui ne sont pas favorisés par la source d'éclairage (Lacina, 1996).

7.2.3 Le seuillage interactif :

Le seuillage est une opération dont le but est de segmenter les valeurs de réflectance d'une scène ou d'une sous-scène en un certain nombre de classes. Chaque classe est figurée sur l'image par une plage de couleur homogène. Le nombre de classes et les seuils sont fixés par l'opérateur selon les détails qu'il veut faire apparaître (karimoune et Ozer, 1994).

7.2.4 Classification des données de télédétection:

La classification est un processus de reconnaissance des formes. Elle consiste à effectuer la correspondance entre les éléments d'une scène de l'image matérialisés par des classes spectrales (classes regroupant des pixels dont les comptes numériques (niveaux de gris) sont semblables) définies à l'aide de paramètres statistiques (moyenne, écart-type...), et des classes connues préalablement par un utilisateur (les classes thématiques).

Cette méthode de classification va permettre de réaliser des cartes d'occupation du sol dans Sur le terrain à partir des données d'échantillonnages (sites d'entraînements) effectuées sur des parcelles dont on connaît leurs constituants à priori et des documents auxiliaires (carte topographique, carte géologique, visite de terrain,...etc.) (Salim, 2018). La classification peut se faire de deux manières :

- **classification dirigée (supervisée) :**

Procédure utilisée pour l'identification de zones spectrale ment similaires d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir desquels on extrapole pour le reste de l'image.

Lors de l'utilisation d'une méthode de classification supervisée, l'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de surfaces (classes d'information). Ces échantillons forment un ensemble de données-tests. La sélection de ces données-tests est basée sur les connaissances de l'analyste, sa familiarité avec les régions géographiques et les types de surfaces présents dans l'image (Rafik, 2013).

L'analyste supervise donc la classification d'un ensemble spécifique de classes. Les informations numériques pour chacune des bandes et pour chaque pixel de ces ensembles sont utilisées pour que l'ordinateur puisse définir les classes et ensuite reconnaître des régions aux propriétés similaires à chaque classe. L'ordinateur utilise un programme spécial ou algorithme afin de déterminer la signature numérique de chacune des classes. Plusieurs algorithmes différents sont possibles. Une fois que l'ordinateur a établi la signature spectrale de chaque classe à la classe avec laquelle il a le plus d'affinités. Une classification supervisée commence

donc par l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent (Rafik, 2013).

- **Classification non dirigée (non supervisée) :**

Elle est effectuée par traitement informatique uniquement basé sur les statistiques d'image sans recours à des échantillons d'entraînement. La classification produit un regroupement naturel des pixels de l'image que l'on nomme regroupement spectral ou classe. Ainsi, on présume que les régions de l'image ayant une même signature spectrale ont un type d'utilisation du sol similaire. L'analyste doit ensuite déterminer l'identité de ces regroupements spectraux (Rafik, 2013).

La classification non supervisée procède de la façon contraire. Les classes spectrales sont formées en premier, basées sur l'information numérique des données seulement. Ces classes sont ensuite associées, par un analyste, à des classes d'information utile (si possible). Des programmes appelés algorithmes de classification sont utilisés pour déterminer les groupes statistiques naturels ou les structures des données (Rafik, 2013).

Habituellement, l'analyste spécifie le nombre de groupes ou classes qui seront formés avec les données. De plus, l'analyste peut spécifier certains paramètres relatifs à la distance entre les classes et la variance à l'intérieur même d'une classe. Le résultat final de ce processus de classification itératif peut créer des classes que l'analyste voudra combiner, ou des classes qui devraient être séparées de nouveau. Chacune de ces étapes nécessite une nouvelle application de l'algorithme. L'intervention humaine n'est donc pas totalement exempte de la classification non supervisée. Cependant, cette méthode ne commence pas avec un ensemble prédéterminé de classes comme pour la classification supervisée (Rafik, 2013).

8 Les indices :

8.1 L'indice de végétation normalisé NDVI

En télédétection, les indices font parties des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multi spectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. Basés sur le caractère multi spectral des données satellitaires, ils permettent de décrire l'état d'un phénomène. Un indice de végétation par exemple, peut rendre compte du stade de croissance végétale à un moment donné. (Bannari et al, 1995)

Tous les indices, que ce soient les indices de végétation, les indices des sols, les indices relatifs à la colonne d'eau, etc., reposent sur une approche empirique basée sur des données

expérimentales. Les indices de végétation sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif, etc.

8.2 Les indices de végétation :

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (Bannari et al. 1995A review of végétation indices). Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes. On a l'habitude de les classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux, tels que l'influence de l'atmosphère, la contribution spectrale des sols, la teneur en eau des végétaux (indices de sécheresse), etc.

- **NDVI – NormalizedDifferenceVegetation Index:**

Le NDVI est un indice de végétation qui se définit comme la différence normalisée des mesures de réflectance spectrale acquises dans les zones de longueurs d'onde « Proche Infra-Rouge » (« PIR ») et « Rouge ».

$$NDVI = ((PIR - ROUGE)) / ((PIR + ROUGE))$$

Sa valeur théorique varie entre -1 et 1. En pratique, une surface d'eau libre (océan, lac,...) prendra des valeurs de NDVI proches de 0, un sol nu prendra des valeurs de 0.1 à 0.2, alors qu'une végétation dense aura des valeurs de 0.5 à 0.8.

Les indices de végétation ont été utilisés dans des applications très nombreuses et variées depuis l'apparition de la télédétection spatiale. Leur usage pour des estimations quantitatives soulève un certain nombre de questions qui peuvent limiter sérieusement leur utilité réelle s'ils ne sont pas correctement interprétés.

Ils dépendent de nombreux paramètres (éclairage solaire, angles de visée, etc.) et sont perturbés par plusieurs facteurs (sensibilité aux effets atmosphériques, aux types de sols et à leur taux d'humidité).

9 Conclusion

Le développement de la télédétection et de système d'information géographique offre une aide pour l'étude de l'état des écosystèmes fragiles et des phénomènes à évolution rapide. Par conséquent, l'utilisation des données de la télédétection à différentes dates et échelles et l'intégration dans un système d'information géographique facilitent la cartographie et le suivi de la dynamique du phénomène complexe.

Chapitre III

Présentation de la zone d'étude

1 Présentation de la wilaya de Sidi Bel Abbés :

La wilaya de Sidi Bel Abbés borde la partie méridionale occidentale du Tell algérien (figure16). Située au nord-ouest du pays, elle occupe une position centrale stratégique et s'étend sur environ 15% de l'espace régional, totalisant de ce fait une superficie cadastrale de 915 063 km². Née du premier découpage administratif découlant de l'ordonnance n°74-69 du 02 juillet 74, la wilaya comprenait 6 Daïras regroupant 37 communes. Le nouveau découpage administratif induit par la loi n°84-09 du 01 Février 84 relative à l'organisation territoriale du pays l'actuelle wilaya Sidi Bel Abbés comprenant 52 communes regroupées en 15 daïras

L'espace de la wilaya se distingue par une vocation agro-sylvo-pastorale, de sa représentativité à l'échelle régionale en matière d'occupation du sol, de gestion de l'espace et de l'élevage (Benabdeli, 2000).

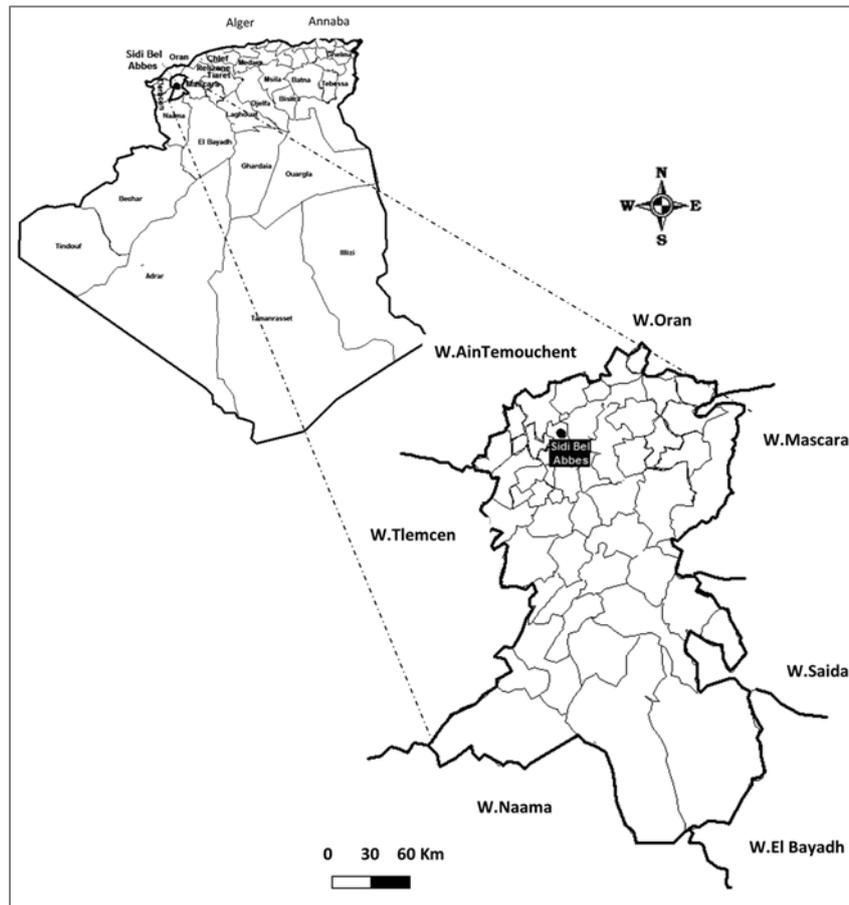


Figure 16: Situation de la wilaya de Sidi Bel Abbés dans le contexte régional (Bennabi et al, 2012).

2 Aperçu général sur l'occupation des espaces de la wilaya de Sidi Bel Abbés :

Les 915.063 hectares du territoire de la wilaya de Sidi Bel Abbés sont actuellement utilisés selon les données cadastrales des services des domaines comme suit :

- 38.9% par l'espace agricole
- 21.4% par l'espace forestier
- 17.1% par l'espace steppique
- 22.05% par l'espace improductif

De par ses particularités climatiques et édaphiques la wilaya devrait s'orienter comme par le passé, vers un développement axé essentiellement sur l'agriculture, l'élevage et la sylviculture. L'importance de ces trois espaces justifie cette option (Benabdeli, 2000).

La réalité en a fait autrement pour diverses raisons tant politiques qu'économiques, l'extension urbaine remarquable a pesé de tout son poids pour déstructurer fatalement l'unique développement permettant de rentabiliser les différents espaces par une utilisation en inadéquation avec les potentialités naturelles et sociales. Les politiques successives et incohérentes en matière de gestion du foncier et des terres agricoles se sont soldées par une perturbation de l'organisation et de la structure des espaces naturels et productifs ainsi que de l'occupation du sol qui en découle (Benabdeli, 1998). Le régime foncier est le premier critère à prendre en charge avant d'entamer toute opération de restructuration ou de gestion de l'espace. La maîtrise de l'occupation de l'espace permet de concilier développement et respect de l'environnement par la réglementation et l'organisation (Dobremez, 1979).

3 Etat de l'utilisation des espaces

L'utilisation des espaces constitue une donnée de référence fondamentale pour cerner les carences en matière d'exploitation rationnelle des ressources et apprécier les altérations causées aux facteurs naturels garant de l'équilibre écologique (Charif et Benabdeli, 2001). La situation actuelle est relativement permanente et induit les observations suivantes (tableau 01) :

- Importance des cultures annuelles et des terres improductives ;
- Importances des formations forestières basses et dégradées ;

Chapitre 3 : Présentation de milieu d'étude

- La steppe couvre plus de 16% de la surface totale ;
- Les terrains improductifs et nus occupent 21%.

Ces éléments confirment une mauvaise exploitation des espaces se soldant par une fragilité et une prédisposition à l'altération physique d'abord puis biologique. La superficie totale de la wilaya évaluée à 915.063 ha.

Tableau 1: Répartition générale des terres dans la wilaya de Sidi Bel Abbés.

Superficie agricole utile	Dont terres irriguées	Terres improductives	Pacages et parcours	Superficie totale
362 970	8 966	19 636	3 723	386 329

Source : (Doc 2016).

L'analyse de l'occupation du sol donne une image conséquente sur les spéculations, l'utilisation de l'espace étant généralement déterminante pour apprécier les répercussions sur le milieu humain. La superficie des différents espaces laisse apparaître une prédominance des terres agricoles. La vocation agricole se confirme et l'occupation du sol donne un aperçu sur l'utilisation des potentialités et la gestion de l'espace.

3.1 L'espace agricole

La wilaya de Sidi Bel Abbés impose d'abord sa vocation, principalement agricole, puis forestière et pastorale. La SAU représente 41% de la surface totale, les espaces forestiers et steppiques occupent 38% du territoire de la wilaya et imposent une orientation complémentaire à l'agriculture (Benabdeli, 1998). Selon Benabdeli (1996) ces vocations jouent par leur surface un impact socio-économique.

3.2 L'élevage

L'élevage y est mené de façon extensive et menace de façon inquiétante le couvert végétal au niveau de la wilaya, notamment dans les zones steppiques et particulièrement sur l'Alfa principale plante de la steppe. Le cheptel ovin estimé à 469.000 têtes est localisé à plus de 70% au niveau de la steppe. Les productions animales, hormis les viandes blanches (poulet de chair) connaissent une amélioration conséquente, c'est en particuliers le cas du lait de vache dont les effectifs et les rendements ont progressé. La constitution et le développement du besoin laitier de la wilaya avec ses 32.339 têtes de bovins dont 20.480 vaches laitières ; et

Chapitre 3 : Présentation de milieu d'étude

une production annuelle de lait frais autour de 45.45 millions de litres soit 6 litres par jours et par vache en moyenne (DSA, 2005).

3.3 L'espace forestier

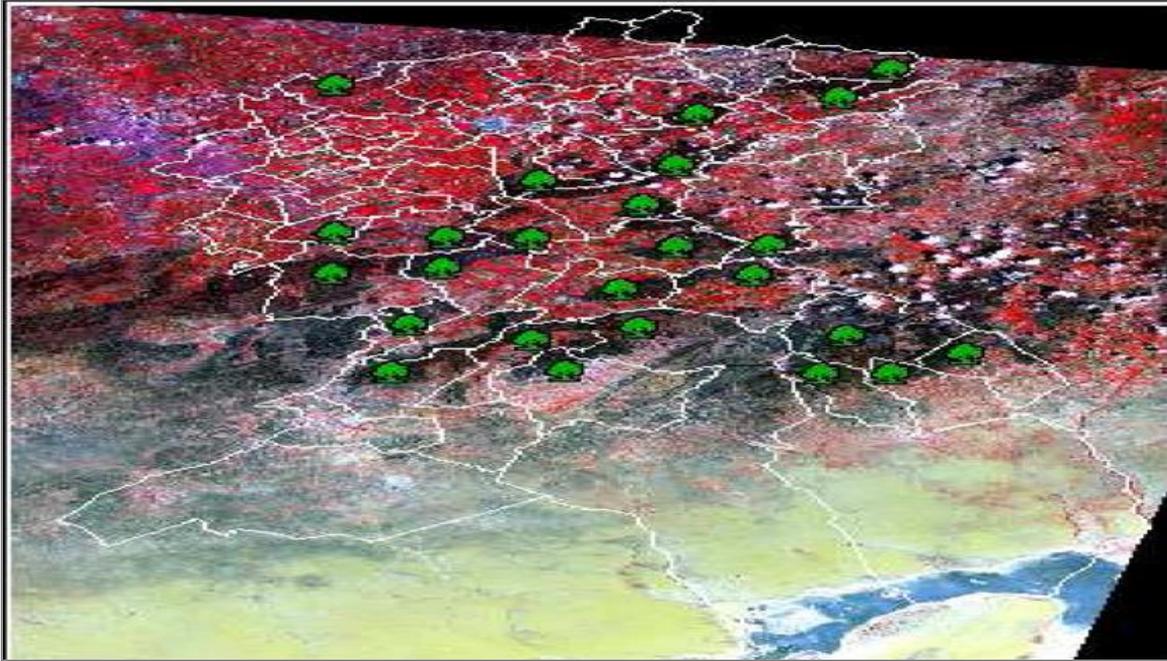
La wilaya de Sidi-Bel-Abbès est une zone de type agro-sylvo-pastorale à cause de ses richesses naturelles. Elle est connue par son patrimoine forestier qui fait d'elle l'une des wilayas fortement boisée. Son massif forestier occupe une place importante avec un taux de boisement de 22%, et une superficie forestière de 209 489 ha englobant 20 forêts domaniales (tableau 2).

Néanmoins il faut souligner que plus de 10% de la superficie totale est sous forme de formations dégradées utilisées le plus souvent comme parcours.

Du point de vue forestier, la wilaya de Sidi Bel Abbés regroupe 20 forêts dont les plus importantes sont situées dans les monts de Dhaya, telles que les forêts de :

Tableau 2: Superficies des plus grandes forêts de la wilaya de Sidi Bel Abbés.

Forêts	Conservation des forêts (2005)	BNEF (1976)	Différence
Zegla	57 588	56,634	924
Touazizine	13 220	12,224	696
Bouyetas	14 566	14,564	2
Slissen	13 493	38,590	-25 087
Beni Mathar	9 600	9600	0
Toumi et Sud	9765	9775	-10
Toumi et Nord	5641	5662	-21
Autres : ha	/	/	/



**Figure 1: les formations forestières de la wilaya de Sidi Bel Abbés
(Image Landsat TM, 1987).**

3.4 L'espace steppique :

L'espace steppique occupe plus de 16% de la superficie totale de la wilaya et impose des activités spécifiques tant dans l'occupation des espaces que dans leur utilisation. Le parcours steppique constitue l'activité principale et s'impose comme espace socio-économique déterminant dont la gestion est devenue impossible au regard des diverses pressions qui s'y exercent en permanence (Benabdeli, 2000).

Cet espace se caractérise par son étendue et l'absence de structure claire chargée de sa gestion, le droit d'usage largement autorisé est permis depuis plusieurs années et l'exploitation des nappes alfatières par les pasteurs font que cet espace est devenu acquis. Bourahla(2002) souligne à ce propos que l'éleveur de la steppe reste très attaché à la culture pastorale et plus particulièrement à son ancien mode de production d'élevage ovin, dont la conduite se poursuit encore selon le mode traditionnel. Cette culture traditionnelle est fortement marquée par une rationalité sociale qui considère le cheptel et son agrandissement comme étant la seule finalité, à la différence de la rationalité économique qui reste toujours conditionnée par la maximisation du surplus monétaire (Boukhobza, 1981).

Chapitre 3 : Présentation de milieu d'étude

Le pasteur s'est transformé en berger à la recherche d'herbe pour faire face aux besoins de ses troupeaux. Il ne reconnaît plus les différents pâturages et leur temps d'emploi. Il est rentré dans un cycle classique et mécanique de lutte contre la précarité de sa famille et la vie de son troupeau qui demeure l'unique source (Boukhobza, 1982)

On a choisi la commune de **bir el hmamm** comme zone d'étude :

4 Localisation géographique de la zone d'étude :

La zone retenue dans le cadre de notre étude se place dans le contexte géographique des hautes plaines steppiques du Sud Oranais. Elle est située dans la partie occidentale de l'Algérie.

Elle appartient à l'étage bioclimatique aride qui est marqué par un fort gradient thermique et des précipitations faibles et irrégulières. Les précipitations annuelles sont très faible, la moyenne enregistrée est de l'ordre de 125 mm (calcul sur la période 1987-1996)., elle est caractérisée par un relief plus au moins plat avec un terrain à faible pente (1% et 2%). Elle s'allonge au Nord avec une latitude de 34°56' Nord et au Sud avec une longitude 00°47' Ouest (figure 18).



Figure 2: localisation géographique de la zone d'étude.

5 Étude bioclimatique :

5.1 Introduction:

Le climat d'Algérie a fait l'objet de nombreuses études analytiques et synthétiques, notamment par Seltzer (1946) ; Bagnouls et Gausson (1953) ; Emberger (1954) ; Chaumont et Paquin (1971); Stewart (1969); Bottner (1981) ; Le Houerou (1995). Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale, et une saison froide et pluvieuse en coïncidence avec la saison hivernale. En Algérie, cette pluviométrie peut être soumise à l'orographie et aux influences maritimes. En effet, tous les auteurs qui ont étudié la pluviométrie en Algérie ont montré que la répartition de la pluie subit trois influences. Il s'agit de l'altitude, les conditions de topographie, de la longitude et enfin celle de l'éloignement à la mer.

D'après la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (Figure 18) des dernières années établie par (l'ANRH) on constate qu'en Algérie :

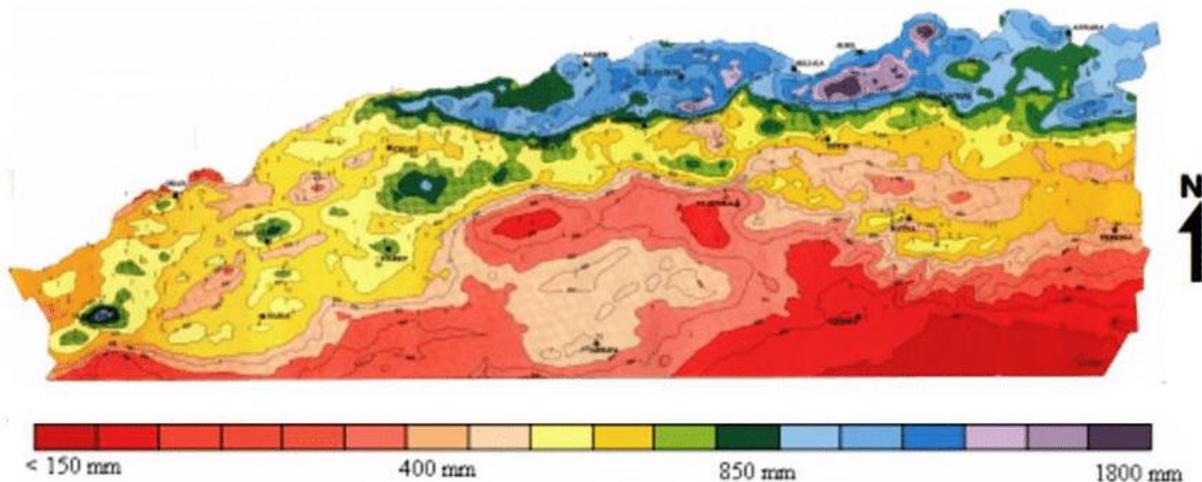


Figure 3: Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (Source : ANRH).

- La pluviométrie est supérieure dans la partie Nord-est;
- La pluviométrie est moins importante dans la partie Nord-ouest;
- La pluviométrie est faible dans la partie Sud.

5.2 Aperçu climatique et paléo-climatique

Le climat est un facteur très important en raison de son déterminisme et son importante influence sur la distribution, des végétaux. Son influence est prépondérante sur les zones steppiques (Benbadji et Bouazza, 2000).

Plusieurs études ont été menés sur le climat de la steppe et tous les auteurs s'accordent à dire qu'il est du type méditerranéen (Seltzer, 1946 ; Bouazza, 1995). Ce dernier est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale avec un été très chaud et très sec, tempéré seulement en bordure de mer. Il est qualifié de xérothermique à semi-aride inférieur à hiver frais (Benabadji et Bouazza, 2000).

Le climat du nord de l'Algérie est un climat extratropical et méditerranéen, se caractérisant par une sécheresse estivale de 3 à 4 mois sur le littoral et de 5 à 6 mois à l'approche de l'atlas saharien, et des températures relativement douces (Hamide, 2003). Le climat méditerranéen est aussi caractérisé par une concentration hivernale des précipitations, l'été étant sec (Benmansouret al, 2008).

Les steppes s'inscrivent entre les isohyètes 400 mm et 100 mm selon le transect Nord-Sud d'aridité croissante. Elles sont aussi encadrées par les isothermes minima (m) -2 et 6°C (Le Houerou et al, 1977) ; ce qui nous mène à dire que selon la classification de DEBRACH (1953), la région d'étude se répertorie dans le climat semi-continentale.

5.3 Le rôle de l'évolution du climat :

Pour étudier le climat de la région d'étude et son évolution, nous avons utilisé les données de Seltzer (1946) pour la période 1913-1938 et les données récentes de la station météorologique de GLOBAL WEATHER-Data pour la période 1985-2012.

5.3.1 Des précipitations plus faibles et réparties de façon plus irrégulière :

5.3.1.1 *Le régime pluviométrique mensuel et l'évolution des précipitations*

Le régime mensuel de précipitations de bir el hmamm est caractérisé par deux maxima, en mars et en novembre, tandis que les précipitations estivales sont très faibles en juillet et août. L'analyse comparée des données climatiques des deux périodes 1913-1938 et 1985-2012 révèle une diminution significative des précipitations, qui sont passées de 301 mm à seulement 159 mm, soit une diminution de 53 % (figure 20) (Bensmiraet al, 2015).

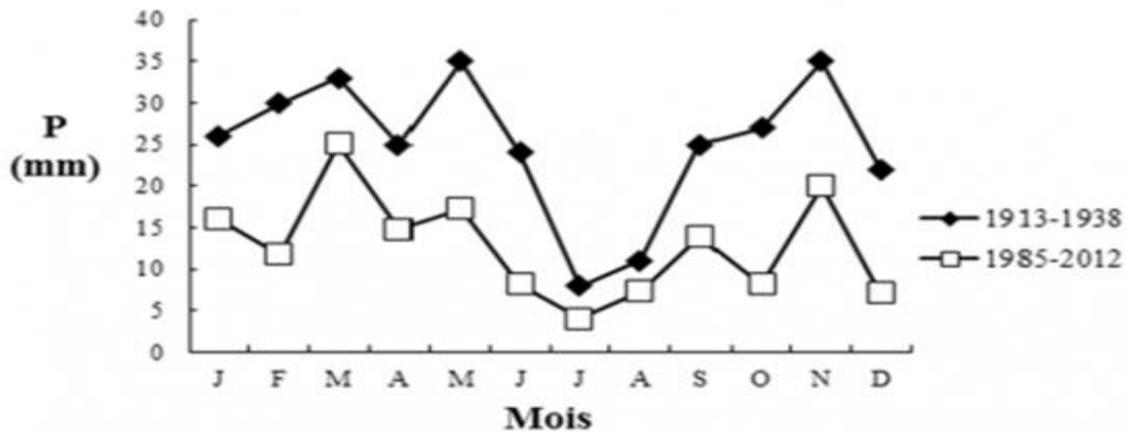


Figure 4: Les précipitations mensuelles à Bir el hamm (Bensmira et al, 2015).

Nos résultats s'accordent avec ceux de Hirche et al. (2007), qui soulignent une aridité croissante en steppe occidentale. La comparaison du régime mensuel de précipitations entre les deux périodes montre bien cette diminution très nette. Les travaux de Benlabiod et Medjerab (2014) confirment cette situation : les sécheresses intenses et de courte durée (3 mois) sont en augmentation alors que les sécheresses de moyenne durée (6-12 mois), bien que moins nombreuses, sont plus sévères.

5.3.1.2 Régime saisonnier :

La station de bir el hamm se caractérise par une abondance pluviale au printemps et en automne et une sécheresse estivale (figure 21). D'après l'indicatif de Musset (Musset, 1935), le régime saisonnier est du type PAHE (printemps, automne, hiver, été).

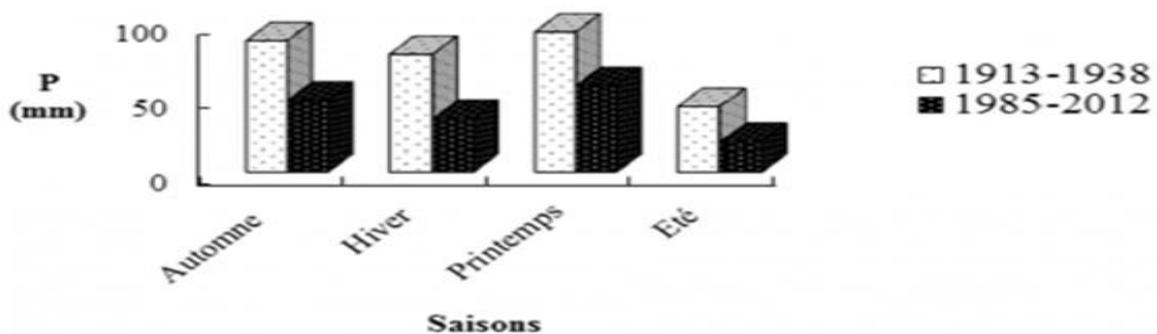


Figure 5: Régime saisonnier de Bir el hamm (Bensmira et al, 2015).

Chapitre 3 : Présentation de milieu d'étude

La comparaison entre les deux périodes permet de mettre en évidence une réduction des précipitations de 46 % pour l'automne, 55 % pour l'hiver, 39 % pour le printemps, et 54 % pour l'été, d'où une accentuation des déséquilibres saisonniers, puisque les saisons les moins arrosées (été, hiver) sont celles qui ont connu la plus forte diminution des précipitations, alors que c'est le printemps, la saison la plus arrosée, qui a connu la plus faible diminution (Bensmira et al, 2015).

C'est ce que confirme le calcul du coefficient relatif saisonnier de Musset:

$Crs = Ps \times 4 / Pa$ où Ps = précipitations saisonnières et Pa = précipitations annuelles Plus le Crs est bas, plus la saison est marquée par un déficit de précipitations.

Tableau 3: le coefficient relatif saisonnier de Musset de la station de bir el hmamm (Bensmira et al, 2015).

Saison / Séries Climat iques	Hiver H		Printemps P		Été E		Automne A		Pa (mm)
	Ps (mm)	Crs	Ps (mm)	Crs	Ps (mm)	Crs	Ps (mm)	Crs	
1913_ 1938	78	1.03	93	1.18	43	0.58	87.2	1.15	301
1985- 2012	34.9	0.88	57.2	1.44	19.6	0.48	47.2	1.19	158

Le tableau 3 met en évidence une distribution irrégulière des précipitations dans la région de Bir el hnam constatée pour la période 1985-2012 avec un Crs de l'ordre de 0,88 en hiver et 0,48 en été. Cette mauvaise distribution saisonnière des pluies rend difficile l'adaptation des espèces steppiques (Bouazza, 1990).

Cette répartition saisonnière est particulièrement importante pour la régénération et le développement des espèces végétales annuelles, dont le rôle est souvent prédominant dans la physiologie de la végétation (Hellal et al, 2004).

5.3.2 Une augmentation des températures

5.3.2.1 Température moyenne :

La température est un facteur climatique écologique fondamental pour la vie du végétal. Or, on constate (figure 22) une augmentation de 1,6 °C des moyennes annuelles des températures, qui sont passées de 15 °C pour la période 1913-1938 à 16,6 °C pour la période 1985-2012.

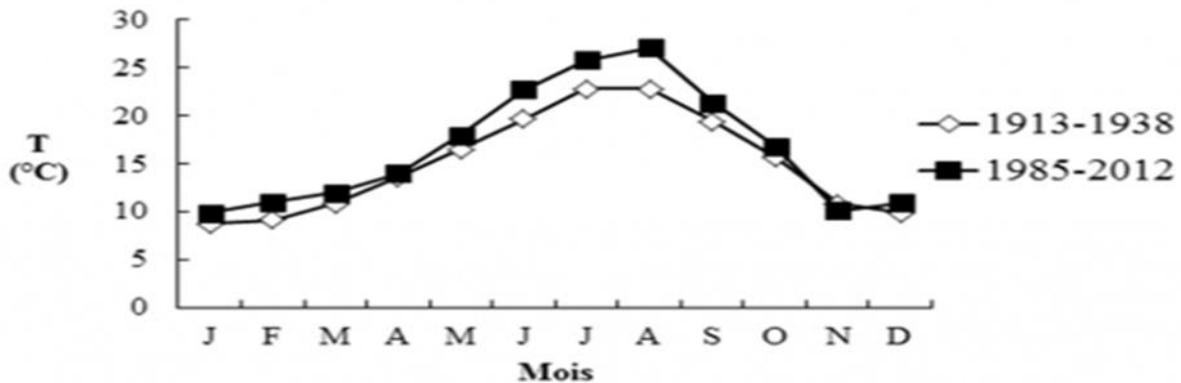


Figure 22 : températures moyennes mensuelles (Hellal et al, 2004).

Cette augmentation est particulièrement marquée pour la période estivale : +4,3 °C pour le mois d'août, où les températures sont passées de 22,8 °C pour la période 1913-2012 à 27,1 °C pour la période 1985-2012. Cela ne fait qu'accentuer les problèmes de sécheresse, comme le montrent les diagrammes ombrothermiques (figure 23) et favoriser l'augmentation des phénomènes de steppe s'expliquant par les évolutions du couvert végétal en faveur des espèces xérophiiles (Bensmira et al, 2015).

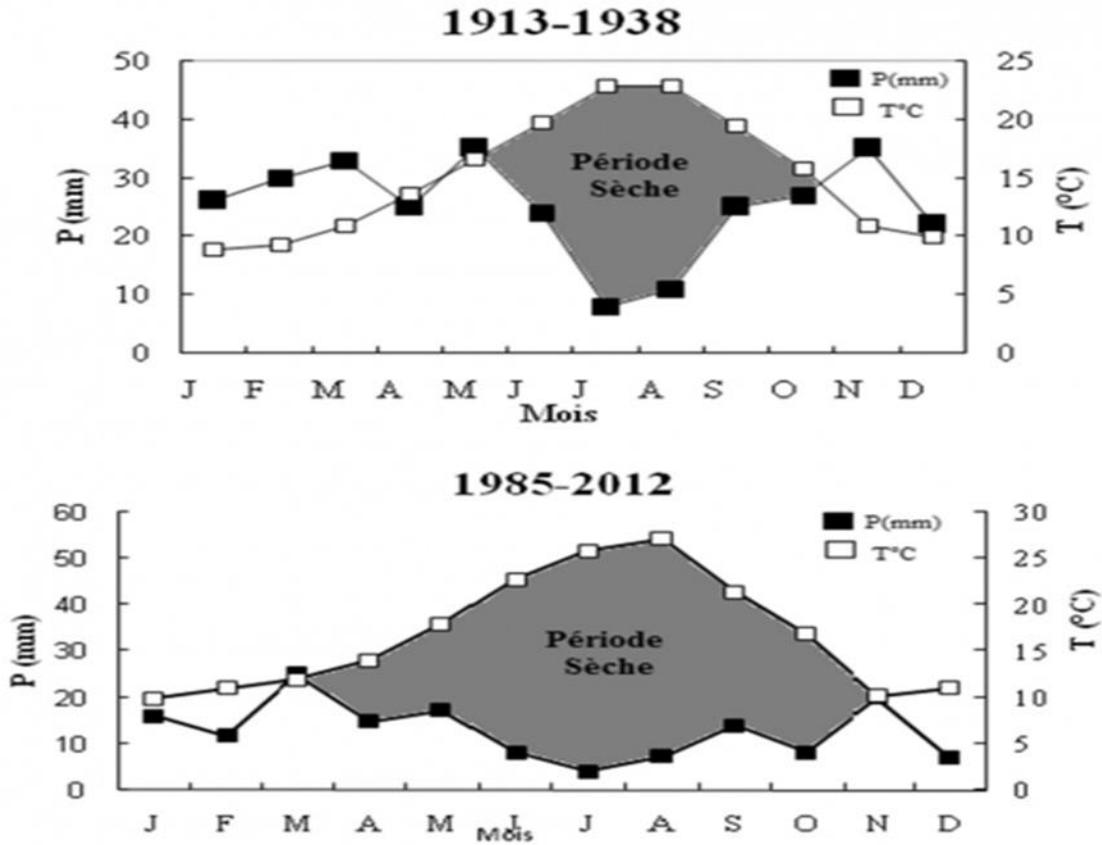


Figure 23 : diagrammes ombrothermiques de bir el hmamm (Hellal et al, 2004).

5.3.2.2 Diagrammes ombrothermiques :

D'après les diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen (1953) établis pour la station de bir el hmamm (figure 23) afin de déterminer la durée de la période sèche, on constate une accentuation de la sécheresse, puisqu'actuellement, la région accuse une sécheresse de plus de sept mois, d'avril à novembre, contre seulement cinq mois pour la période 1913-1938.

5.3.2.3 Le quotient pluviothermique d'Emberger :

Louis Emberger (1955) a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen, permettant de définir les étages et sous-étages bioclimatiques du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation, à partir du calcul du quotient pluviothermique Q2, formulé de la façon suivante :

$$Q2 = 2000P / M2 - m2$$

Chapitre 3 : Présentation de milieu d'étude

Avec

M = moyenne des températures maximales du mois le plus chaud; m = moyenne des températures minimales du mois le plus froid;

P = moyenne des précipitations.

C'est ainsi que sur le climagramme du quotient pluviothermique, les étages bioclimatiques sont repérés sur des axes orthogonaux où le Q_2 est porté en ordonnée et le m en abscisse. Chaque station se positionne alors, d'une part, en fonction de la sécheresse globale du climat (Q_2) et, d'autre part, en fonction de la rigueur du froid (m).

En positionnant la station de bir el hmamm sur le climagramme pluviothermique d'Emberger pour les deux périodes, on observe un glissement significatif de la station de l'étage semi-aride à hiver frais vers l'étage aride à hiver tempéré, en relation avec une sécheresse plus importante et une élévation des températures moyennes minimales m (figure 24).

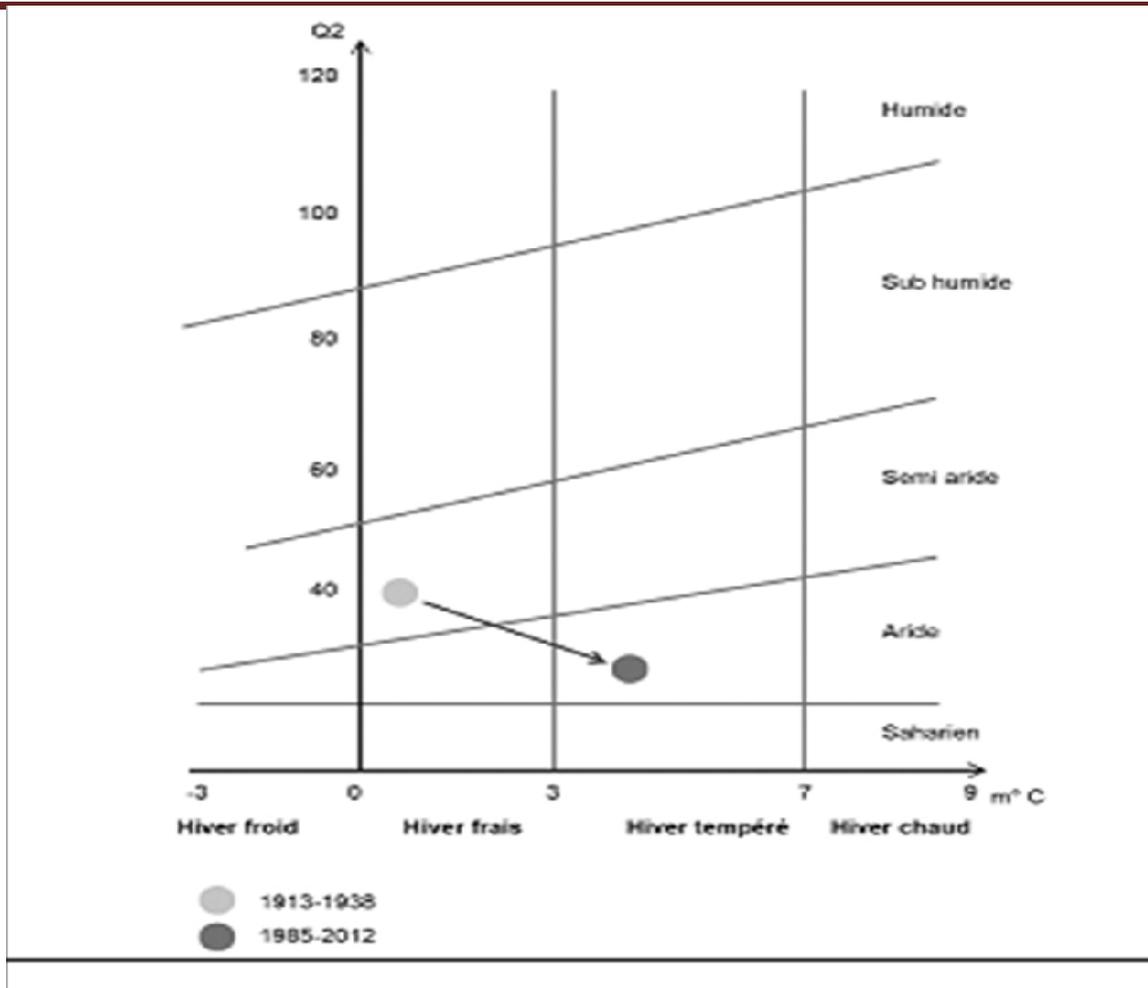


Figure 6: Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la station bir el hmamm (Bensmir et al, 2015).

Cette sécheresse accrue et l'augmentation des températures, associées à une augmentation de l'évapotranspiration de la végétation, peuvent être à l'origine d'un changement dans les communautés végétales par la prolifération active des espèces xérophiiles, comme nous avons pu le constater dans nos relevés de végétation. Par ailleurs, ces changements dans le paysage steppique rendent le sol désertique davantage exposé à l'érosion éolienne, provoquant sa dénudation et détruisant ainsi les couches supérieures vivantes du sol (Bensmir et al, 2015).

La région de Bir El Hmam se caractérise donc par des évolutions climatiques significatives, marquées par des précipitations plus faibles et réparties de façon plus irrégulières, tandis que les températures ont augmenté, renforçant les contraintes pour la végétation liées à la sécheresse estivale. Ces évolutions expliquent en partie les évolutions du couvert végétal que nous avons mises en évidence, marquées notamment par une aridification. Cependant, à ces facteurs climatiques s'ajoutent des facteurs liés aux mutations des sociétés

Chapitre 3 : Présentation de milieu d'étude

pastorales, dont les modes de production ont évolué en relation avec différents facteurs, parmi lesquels le changement climatique a joué également un rôle important (Bensmir et al, 2015).

Chapitre IV

Matériels et méthodes

1 Matériels

1.1 Les images satellitaires:

Une image satellitaire est une image numérique, traitée par outil informatique, élaborée à partir des signaux transmis par un satellite (Gérard, 1987 in Lakhdar et al, 2021).

Selon Erus (2008), l'imagerie satellitaire présente en plus de nombreux avantages par rapport aux autres sources d'observation du sol comme l'imagerie aérienne, les relevés de terrain et les cartes géographiques. Elle est rapide, économique, universelle, facilement à la mise à jour et détaillée (occupation du sol).

Nous avons travaillé avec **des images satellitaires Landsat.**

Tableau 4: principales caractéristique des satellites landsat.

	Landsat 1-3 MSS	Landsat 4- 5TM	Landsat 7 ETM	Landsat 8 LDCM
Statut satellite	Actif	(L-4achevée) (L-5 fonctionne en mode dégradé)	Actif	Actif
Fonctionnement	1972-1982	Depuis 1982	Depuis 1999	Mais 2013
Altitude	915 km	705 km	705 km	705 km
Cycle orbite	18 jours	16 jours	16 jours	16 jours
Largeur de champ	185 km	185 km	185 km	185 km
Résolution spatiale	79m	30m	30m	30m

Source : (files 01).

Les cartes topographiques et les images Landsat ont été complétées par des données de terrain. Les relevés de terrain ont principalement concerné la collecte, à l'aide d'un récepteurs GPS, des points d'échantillonnage ayant servi à la classification des images. Des illustrations

des unités d'occupation du sol ont également été faites grâce à un appareil photographique (Kpedenou, 2017).

1.2 Logiciel ENVI :

C'est un logiciel performant qui permet de corriger, de traiter et d'analyser les images satellitaires ayant des tailles et des formats différents. Le logiciel « ENVI » propose une grande gamme d'outils d'analyse d'image multi-spectrales et hyper spectrales qui forme la source des données de télédétection la plus fiable pour la caractérisation des milieux naturels notamment le couvert forestier ainsi que l'utilisation des terres. On peut résumer les avantages de ce logiciel dans les points suivants (Khader, 2019) :

- L'exploration de différents types d'images satellites, radar ou photographie arienne, cartes topographiques. Soit une large gamme de formats d'images SPOT, IKONOS, LANDSAT, MODIS, ASTER, AIRSAR, ERS, SEAWIFS, ENVISAT, SPOT végétation, HDF-EOS, RADARSAT, topsar, Airsar, E-SAR, GEOTIFF, AVRIS, CASI, ALsat;
- L'ouverture des formats vecteurs les plus connus ArcView, Shapefile, Table de MapInfo, Micro station DGN, AutoCad;
- Gestion de couches vectrices et interrogation des attributs;
- Prétraitements : géométrique, radiométrique, mosaïque ;
- Analyse statistique des données de télédétection ;
- Traitements des images transformation (ACP, Tasseled Cap, indices spectraux, Fusion des données..tec), filtrage, classification supervisée et non supervisées, Analyse post-classification ... etc.;
- Grace au langage IDL « interactive data langage » inclus dans ENVI, l'utilisateur peut rapidement créer ses propres algorithmes de traitement ou l'accès à de nouveaux formats d'images.

L'analyse des données de télédétection permet d'utiliser les réponses spectrales des pixels à des différentes résolutions radiométriques pour obtenir des informations spécifiques. En fin on peut résumer la démarche méthodologique adoptée dans l'organigramme si dessous (Khader, 2019).

1.3 Logiciel eCognition :

Le logiciel eCognition fonctionne d'une manière un peu différente de la plupart des logiciels sur le marché qui permettent de faire de la classification. Au lieu de travailler au niveau pixel, c'est-à-dire utiliser les pixels comme objets fondamentaux de classification, eCognition génère d'abord ses propres objets, appelés « image objects », par un procédé de segmentation paramétrable. Ensuite ces objets sont classifiés en utilisant une des techniques disponible dans le logiciel (Hosford, 2003).

Trois étapes principales existent dans la chaîne de traitement d'eCognition. La première est de construire un projet à partir des données images, la seconde consiste à générer une segmentation appropriée pour l'application. Cette segmentation peut compter plusieurs niveaux d'échelle. Chaque niveau est issu d'une segmentation appliquée à l'échelle précédente. Ainsi les objets générés par la segmentation à une échelle servent d'objet de base pour la segmentation à l'échelle supérieure. L'étape finale dans eCognition produit une classification en utilisant des objets générés par les différents niveaux de segmentation. Par la suite, ces diverses étapes seront examinées en détail (Hosford, 2003).

1.4 Logiciel arcGIS :

Arcgis est un logiciel SIG de ESRI (EnvironmentalSystemsResearch Institute), il est développé pour faciliter la gestion et l'analyse des données spatiales afin de répondre à une problématique donnée (El Hadraoui, 2013).

Ce logiciel a été utilisé dans ce travail pour :

- La création, l'habillage et l'édition des cartes ;
- La détection de changement entre les différentes images satellitaires ;
- L'analyse de quelques données statistiques.

2 Méthodologie

2.1 Extraction de la zone d'étude :

Secteur d'étude fut extrait à partir des images landsat qui s'est déroulée à travers toute une série d'opérations regroupées en deux phases. Une première phase consacrée au prétraitement des images et une seconde phase dédiée au traitement proprement dite.

2.2 Prétraitement des images

Le prétraitement d'image a débuté par la correction radiométrique pour réduire les effets perturbateurs de l'atmosphère, qui est particulièrement chargée de nuage de poussière en période de l'harmattan (Song et al, 2001).

2.3 Traitement : Segmentation

2.3.1 Description de l'algorithme :

Dans eCognition la segmentation n'est pas vue comme une fin en soi, mais comme une étape dans laquelle on extrait des objets que l'on exploitera par la suite. La méthode de segmentation implémentée est censée fournir un ensemble d'objets homogènes à partir desquels une classification pertinente peut être construite. La segmentation s'appuie donc sur des critères d'hétérogénéité pour regrouper les pixels en petits objets. Pendant le déroulement de la segmentation, des objets de plus en plus hétérogènes sont regroupés avec, comme conséquence, l'augmentation du critère d'hétérogénéité global. Ces regroupements sont effectués jusqu'au dépassement du seuil défini par le facteur d'échelle. La procédure fonctionne ainsi (Hosford, 2003) :

- démarrage en considérant chaque pixel comme un objet ;
- regroupement d'objets voisins semblables. Ces objets sont sélectionnés de manière à faire augmenter aussi peu que possible le critère d'hétérogénéité ;
- calcul de l'augmentation du critère d'hétérogénéité global ;
- si cette augmentation est inférieure au seuil défini par le facteur échelle, le regroupement est accepté, sinon la procédure repart de l'étape numéro 2.

Afin de bien comprendre cette description d'algorithme on doit définir plus en détail plusieurs points précis dans les paragraphes suivants.

2.3.1.1 Critère d'hétérogénéité :

Un aspect critique pour l'efficacité de l'étape de segmentation est le critère qui définit l'hétérogénéité de chaque objet. Ce critère est en effet construit à partir de plusieurs indices portant sur la forme et la radiométrie des objets. Plus précisément, ce critère est calculé à partir de deux indices de forme et un indice de couleur, définis ci-après :

- indice d'hétérogénéité de couleur : défini par la somme des écarts types des valeurs spectrales de chaque canal, il est pondéré par le poids attribué à chaque canal. Plus la radiométrie des pixels de l'objet est variée, plus cet indice sera grand ;
- indice d'hétérogénéité de forme compacte : il est défini par la longueur de la frontière de l'objet divisée par la racine carrée du nombre de pixels. Plus la frontière contient de pixels de l'objet, plus cet indice sera grand
- indice d'hétérogénéité de forme lisse : il est défini par la longueur de la frontière de l'objet divisée par la plus courte longueur possible de la frontière. Plus la frontière d'un objet est découpée, plus cet indice sera grand.

Un indice général de forme est ensuite généré en fusionnant les deux indices de forme. Le critère d'hétérogénéité est issu de la fusion de cet indice global de forme avec l'indice couleur (Hosford, 2003).

2.3.1.2 Le facteur échelle :

L'étape segmentation d'eCognition donne la possibilité de régler l'échelle à laquelle on travaille. Le paramètre d'échelle agit sur l'hétérogénéité permise pendant la génération des objets. L'augmentation de ce paramètre force l'algorithme à accepter des objets plus hétérogènes et donc de plus grande taille (Hosford, 2003).

2.4 Traitement : classification

Au lieu de se baser exclusivement sur la radiométrie dans plusieurs canaux pour classer les pixels, comme le font la plupart des logiciels courants, eCognition s'appuie sur d'autres caractéristiques telles que la forme, la texture ou la classe des objets alentour. Cette approche de classification basée sur les caractéristiques (angl.: feature-based classification), jusqu'alors réservée à quelques chercheurs, est maintenant disponible à tout utilisateur de eCognition. Cependant l'exploitation de telles caractéristiques implique le traitement à l'échelle de groupes de pixels et non d'un pixel. Dans eCognition on appelle ces regroupements, qui sont

générés par l'étape de segmentation, les « objets image » (ang.: image objects). L'étape de classification débute après la phase d'extraction des objets image par le processus de segmentation (Hosford, 2003).

Les caractéristiques (ang.:features) pouvant être exploitées par eCognition sont nombreuses (voir documentation "eCognition user manual" p.3.51 à 3.53) ce qui entraîne un problème de choix de caractéristiques pour une classification donnée. Deux principales techniques de classification implémentées qui sont le plus proche voisin (PPV) et la logique floue, gèrent ce problème de manière différente (Hosford, 2003).

2.4.1 Techniques de classifications disponibles :

Il existe dans eCognition deux techniques principales de classification. La méthode la plus rapide à implémenter et la plus efficace lorsque l'on exploite un grand nombre de caractéristiques est la méthode dite du « plus proche voisin ». En dépit de sa simplicité conceptuelle, cette méthode, très utilisée comme référence, s'avère dans beaucoup de cas performants (Hosford, 2003).

➤ Plus proche voisin

L'algorithme du plus proche voisin (PPV) (Bishop, 1996) est basé sur le principe que deux éléments semblables se ressemblent en tous points. Ainsi, si les caractéristiques d'un élément sont très proches d'un autre, il est probable qu'ils appartiennent tous deux à une seule classe. Ce postulat amène deux questions :

- Comment choisir les caractéristiques de comparaison ?
- Comment quantifier les similarités ?

Habituellement les caractéristiques à utiliser pour une classification donnée sont définies à l'aide des connaissances sur le problème acquises soit auparavant, soit par l'analyse des données disponibles. Pour quantifier les similarités, il faut utiliser une mesure de distance telle que la distance Euclidienne. L'algorithme de classification PPV consiste à attribuer un objet à une classe en se basant sur les objets les plus proches dont la classe est connue.

Dans eCognition il existe deux implémentations de l'algorithme du plus proche voisin nommé « Standard NearestNeighbour » et « NearestNeighbour » respectivement. À la première méthode s'associe un ensemble de caractéristiques (ang.:feature set) globales qui s'applique à tout objet à classifier. La deuxième implémentation fonctionne avec un ensemble de caractéristiques propres à chaque classe. Dans les deux cas, l'utilisateur définit un échantillonnage (ang.sample set) qui décrit chaque classe. Tout pixel est classifié selon sa

similarité à ces descriptions de classe et une valeur d'appartenance (ang.membership value) est calculée pour chacune. Il faut noter que pour un pixel à classifier, les valeurs d'appartenance à chaque classe impliquée dans le procédé de classification PPV peuvent ensuite servir d'entrée dans le processus de classification par la logique floue. Dans ce cas, ces valeurs seront traitées comme toutes autres valeurs d'appartenance issues d'une fonction d'appartenance ((Hosford, 2003).

Chapitre V

Résultats et discussion

1 Résultats

Ces différents traitements effectués ont abouti à la réalisation de cartes de l'occupation des sols, ce qui permet un suivi de la dégradation dans ce milieu semi- aride. Ces cartes (fig 25 et 26) permettent d'identifier les diverses composantes de l'espace étudié, de comparer l'état du zone d'étude aux deux dates et donc d'analyser le phénomène de dégradation.

D'après l'analyse des images satellitaires, on peut faire les observations suivantes :

1.1 Carte d'occupation du sol de la commune de Bir El Hmam -année 1987.

Les statistiques des formes d'occupation du sol en 1987 sont présentées dans le tableau 5 :

Tableau 5: type d'occupation et superficie en 1987.

CLASSE	Superficie en ha	Superficie en %
Espace agricole	6480,81	4,8111396
Chott el-Gharbi	11906,82	8,83923047
Espace urbain	4442,89	0,32878693
Espace forestier	2238,93	1,66210779
Parcours steppique	53219,43	39,5083496
Sable	2398,86	17,8092809
Sol nu	18450,99	13,6974065
Parcours steppique dégradé	17974,53	13,3436983
Total	134704,26	100

Chapitre 5 : Résultats et discussion

La principale forme d'affectation du sol est représentée par les parcours steppiques, elles s'étendent sur plus de 39 % de l'espace. (La carte 25) montre que leur extension concerne tout le terroir sans exception. Le sable représente 17,80 % de la zone répartis sur une superficie de 23989,86 ha, il apparaît presque dans toute la zone. Les parcours steppique dégradé et sol nu sont faiblement représentés avec un pourcentage plus de 13 %, le sol nu se répartit dans l'extrême sud et les parcours steppique dégradé se retrouve dans milieu du nord.

L'occupation de sol par chott el gharbi et espace agricole sont moins faibles, le premier s'étend sur une superficie de 11906.82 ha, soit plus de 8%, le second n'occupant que 4,81 % de l'espace étudié. L'occupation de sol par espace forestier et espace urbain restent très faible.

Au final, les statistiques de l'année montrent que la zone dense par des parcours steppique.

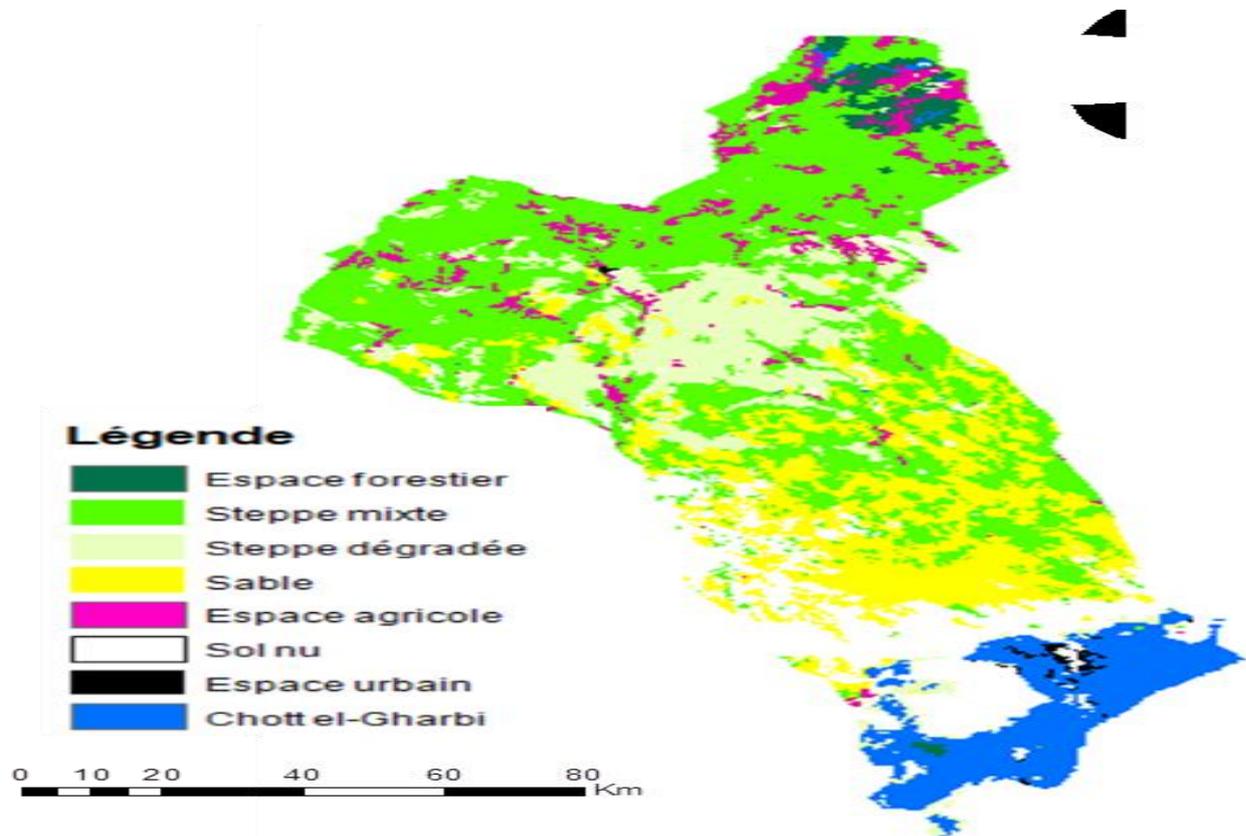


Figure 1: carte d'occupation du sol de la commune de Bir El Hammam_année 1987.

1.2 Carte d'occupation de sol de la commune de bir el hammam-année 2017.

Tableau 6: type d'occupation et superficie en 2017.

CLASSE	Superficie en ha	Superficie en %
Espace agricole	4225,86	3,1371244
Chott el –gharbi	11514,33	8,5478189
Espace urbain	1126,17	0,8360276
Espace forestier	7740,09	5,7459607
Parcours steppique	25965,09	19,275536
Sable	31046,49	23,061145
Sol nu	13673,88	10,15099
Parcours steppique dégradé	39394,98	29,245397
Total	134704,89	100

Les parcours steppique dégradé ont une superficie de 39394,98 ha, soit 29.24 % de l'espace étudié. C'est la deuxième forme d'occupation la plus importante après le sable. Dans la partie centrale de (la carte 26) on observe une forte sa répartition de sable avec une superficie 31046,49 ha, soit 23 %. L'espace naturel, c'est-à-dire les parcours steppiques, est faiblement représenté avec une superficie de 25965.09 ha, soit 19,27 %, il se répartit majoritairement dans l'extrême Nord. Espace forestier représente plus que 5 % dans la zone et sol nu représente 10 % dans la zone répartis sur une superficie de 13673,88 ha.

L'espace agricole et l'espace urbain restent très faibles.

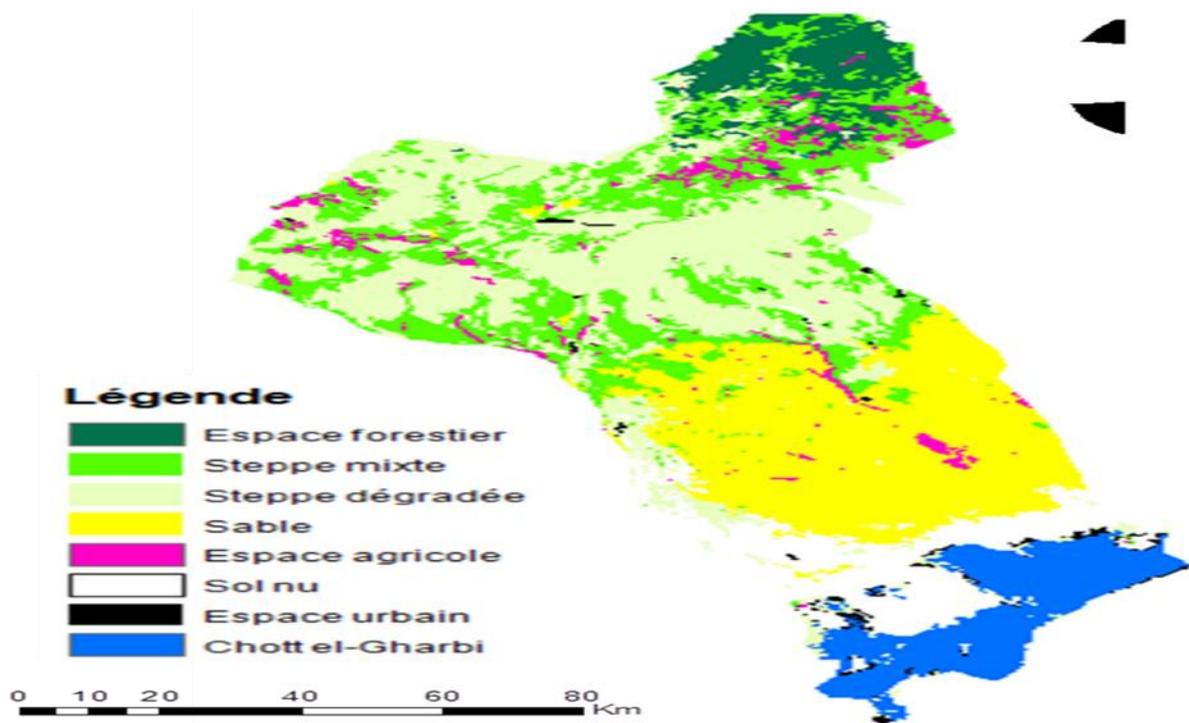


Figure 26 : carte d'occupation du sol de la commune de Bie El Hammam_année 2017.

1.3 Évolution des classes d'occupation entre 1987 et 2017 :

Entre 1987 et 2017 l'évolution les types d'occupation du sol présente des bilans contrastés. On observe en effet que certains types ont connu une progression alors d'autres ont perdu une partie plus ou moins importante de leur superficie. Les gains de superficie concernent les parcours steppique et sable.

Tableau 7 : Taux d'évolution d'occupation de sol.

CLASSE	Superficie				Taux d'évolution en %	
	1987		2017		1987-2017	1987-2017
	ha	%	ha	%	Tc	Tg
Espace agricole	6480,81	4,8111396	4225,86	3,1371244	-1,4210596	-34,794262
Chott el-Gharbi	11906,82	8,83923047	11514,33	8,5478189	0,11138907	-3,2963461
Espace urbain	442,89	0,32878693	1126,17	0,8360276	3,10136212	154,277586
Espace forestier	2238,93	1,66210779	7740,09	5,7459607	4,12210094	245,704868
Parcours steppique	53219,43	39,5083496	25965,09	19,275536	2,38493579	-51,211259
Sable	23989,86	17,8092809	31064,49	23,061145	0,85881849	29,4900846
Sol nu	18450,99	13,6974065	13673,88	10,15099	0,99572101	-25,890806
Parcours steppique dégradé	17974,53	13,3436983	39394,98	29,245397	2,60762763	119,171127
Total	134704,26	100	134704,89	100		

• **Stabilité et mutations des formes d'affectation du sol**

Entre 1987 et 2017, la section précédente a montré des évolutions notables en termes de gain ou de perte en superficie, ce qui est significatif d'une transformation, d'au moins en partie, des affectations du sol. Alors que certains espaces sont restés stables, d'autres ont évolué vers de nouvelles formes d'usage. D'une manière générale, l'observation du tableau 2 ci-dessous fait apparaître un niveau très important de stabilité, traduisant, pour ainsi dire, une faible transformation des affectations du sol. En effet, sur 134704,26 ha sont restés stables. Cette stabilité concerne tous les types de milieux. Certes, mais ce sont les parcours steppiques qui ont très peu changé.

Tableau 8: Matrice de transition de l'occupation du sol de 1987 et 2017.

	agriculture	chott	forest	P steppique	sable	sol nu	steppe degrade	Total général
agriculture	548,73	6,12	1595,07	2371,14	44,19	31,59	1883,97	6480,81
chott	7,29	10299,42	169,74	124,29	19,98	459,72	826,38	11906,82
espace urbain		379,08		0,99		14,94	47,88	442,89
forest	26,28	125,19	1770,48	313,11			3,87	2238,93
P steppique	3328,29	12,51	4016,97	17078,67	9503,46	224,01	19055,52	53219,43
sable	141,84			1799,01	16919,46	1142,01	3987,54	23989,86
sol nu	12,78	331,02		316,17	3869,55	11378,34	2543,13	18450,99
steppe degra	160,65	360,99	187,83	3961,44	707,67	581,04	12014,91	17974,53
Total généra	4225,86	11514,33	7740,09	25964,82	31064,31	13831,65	40363,2	134704,26

En trente ans, parcours steppique dégradé et sable enregistré le plus fort taux de progression dans la zone estimé plus que 119 % pour les parcours steppique dégradé et 29,49 % pour le sable, et diminution des parcours steppique, cette diminution entraîne d'augmentation le phénomène de désertification.

Ainsi qu'Espace agricole et chott el gharbi ont diminué pendant la période d'observation estimé 34,7 % pour espace agricole et 3,2 % pour chott el gharbi, on observe aussi d'augmentation de l'espace forestier.

Régression sol nu passe de 13,6 % à 10,1 %, sous l'effet de mobilisation éolienne, cette régression qui permet de l'installation et L'extension de sable qui passe de 17,8 % à 23 % s' fait au détriment de la végétation qui régresse les superficies des parcours steppique et espace agricole.

2 Discussion

La cartographie à l'aide des données multi sources et multi dates a permis d'enrichir la connaissance de l'occupation du sol du territoire bir el hmamm et de son évolution. Cette méthode présente l'avantage de renseigner à la fois de manière exhaustive sur l'occupation du sol à une date donnée, mais également de faire ressortir les évolutions. L'approche utilisée dans la présente étude, est basée sur l'utilisation conjointe des images satellites et des cartes topographiques issues des photographies aériennes. Les résultats obtenus ont été rendu possible par la géomatique, qui permet le traitement croisé des données spatiales multi sources telles que les images satellitaires, les photographies aériennes, les cartes topographiques, les enquêtes et les levés de terrain. Mais, si la matrice de confusion a permis de valider les opérations de classification des images Landsat, la fiabilité des mesures des unités de surfaces provenant de la digitalisation des cartes topographiques dépend donc de la qualité du géo référencement.

Chapitre 5 : Résultats et discussion

Les images satellites utilisées ont été prises entre 1987 et 2017. En effet, l'année 1987 permet d'avoir une idée globale des types d'occupation du sol à une date reculée, tandis que 2017 reflète l'état actuel de l'occupation des terres avec plus de précision. Tous les détails du paysage que renferment les images satellites se trouvant sur les cartes topographiques, il a été procédé à une généralisation qui, selon Atta & Amouzouvi (1987), consiste au choix des détails à représenter, la simplification de leur représentation et leur harmonisation.

L'analyse de la carte des changements pour toute la zone a montré l'impact de la progression du sable à l'intérieur de zone d'étude bir el hmamm,

3 Conclusion :

Nos résultats montrent l'existence d'une dégradation importante de la zone d'étude, des végétations clairsemées et une extension de sable. Il s'agit d'un diagnostic révélateur de l'évolution de cette zone semi-aride. Caractérisée par une régression considérable du couvert végétal. Cette régression est l'indicateur du déclenchement du phénomène de désertification de la région.

La carte d'occupation du sol constitue un outil utile pour l'appréhension du rythme de dégradation et de toutes ses conséquences. La connaissance des transformations actuelles des surfaces représente un enjeu important pour l'évaluation des problèmes environnementaux dont le suivi régulier peut être assuré au mieux par l'utilisation d'images satellitaires de haute résolution sur de longues périodes, complétant ainsi les études de terrain.

Conclusion Générale

Conclusion générale

La présente étude a pour objectif de détecter le changement de la superficie des parcours steppique et comprendre les mécanismes de la dégradation des sols steppique dans le sud de la wilaya de sidi bel abbés, en utilisant les images satellites provenant de la capture de landast.

La télédétection spatiale (série d'image Landsat 1987 et 2017) nous a permis la discrimination et l'identification des différentes unités d'occupation du sol. les résultats obtenus permettent de dégager de la superficie couverte par la végétation et l'augmentation de l'extension du sable après la décrue témoignage de la dégradation des sols steppique.

Nous assistons réellement à un changement profond de l'écosystème steppique où le matériel éolien (sable) remplace la végétation steppique.

Notre étude a permis d'apporter des enseignements précieux sur l'utilisation de la géomatique dans le domaine de l'analyse et de l'aménagement du milieu. Ainsi elle apparaisse comme une interface entre les chercheurs et les acteurs. Ce sont des outils de représentation d'une réalité, de compréhension des phénomènes et des conditions dans lesquelles ils se réalisent.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Agili, H., Daniel, S., & Chokmani, K. (2014). Revue des méthodes de prétraitement des données d'imagerie hyperspectrale acquises depuis un drone. *Geomatica*, 68(4), 331-343.
- Aidoud, A., & Touffet, J. (1996). La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Science et changements*.
- Aïdoud, A., Le Floc'h, É., & Le Houérou, H. N. (2006). Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 17(1), 19-30.
- Aidoud-Lounis, F. (1997). Le complexe alfa-armoisesparte des steppes arides d'Alger: structure et dynamique des communautés végétales (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Univ. d'Aix-Marseille, 263 p).
- ARNH, (1993). Carte pluviométrique pour que l'Algérie du nord. Agences nationale des ressources hydriques, 1993.
- Bagnouls F., Gaussen H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Doc. Cart. Prod. Vég. Serv. Gén. II, 1, art. VIII*, Toulouse : Université de Toulouse.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. (1995). A review of vegetation indices. *Remote sensing reviews*, 13(1-2), 95-120.
- Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., & Quézel, P. (1990). Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. *Vegetatio*, 87(2), 151-173.
- Benabadji, N., Bouchenak-Khelladi, A. B., Zineb, R., & Medarbal, K. (2014). Some anthropic aspects in Meridional Region of Sebdou (Oran-Algeria). *Open Journal of Ecology*, 2014.
- Benabdeli K., (1998) Impact socio-économique et écologique de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux: cas de la commune de Telagh (Sidi Bel Abbés, Algérie). *Rev. Opt. Médit. CIHEAM*, pp 185-194.
- Benabdeli K., (1998) Modalités pratiques de gestion de l'espace communal dans la wilaya de Sidi Bel Abbés. *Journée d'étude sur la protection de l'environnement dans la wilaya de Sidi Bel Abbés*.
- Benabdeli K., 1996- Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale. *Doct. Es-sci. Univ. Djilali Ljebes de Sidi Bel Abbés*, 356p.
- Benabdeli, K. (2000). Évaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique: Commune de Ras-El-Ma (Sidi Bel Abbés, Algérie). *Options méditerranéennes*, 39, 129-41.
- Bencherif, S. (2011). L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne. Évolution et possibilités de développement (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- Bencherif, S. (2018). Origines et transformations récentes de l'élevage pastoral de la steppe algérienne. *Revue internationale des études du développement*, (4), 55-79.
- Benderradji, M. E. H., Alatou, D., Arfa, A. M. T., & Benachour, K. (2006). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie. *New Medit*, 5(4), 15-22.

Références bibliographiques

- Benmansour, B., & Gaouar, A. (2008). Changements climatiques entre les deux périodes 1913-1936 et 1975-2006 à Tlemcen (ouest algérien) (Doctoral dissertation, Thèse de Doc).
- Benmessaoud, H. (2009). Etude de la vulnérabilité à la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des Aurès (Algérie) (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
- Benmessaoud, H., Kalla, M., Driddi, H., & Beghami, Y. (2008). Utilisation des données satellitaires pour le suivi des changements d'occupation du sol et de la dégradation du couvert végétal dans les zones semi-arides: cas de la région Sud des Aurès (Algérie). Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 18, 58-68.
- Bennabi, F., Hamel, L., Bouiadjra, S., & Ghomari, S. (2012). Ressources hydriques sous tension et enjeux de développement durable dans la wilaya de Sidi Bel Abbes (Algérie occidentale). Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography, (118), 105-111.
- Bensaïd, A. (2006). Sig et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride: le cas de la wilaya de Naâma (ALGÉRIE) (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).
- Bensid, T., & Debouzie, D. (1996). Ségrégation spatiale dans l'implantation de l'alfa, *Stipa tenacissima*, et de l'armoise, *Artemisia herba-alba*, dans les hautes plaines steppiques d'Algérie. *Ecologia mediterranea*, 22(3), 9-17.
- Benslimane, M., Hamimed, A., Zerey, W. E., Khaldi, A., & Mederbal, K. (2009). Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *VertigO - La revue électronique en sciences de l'environnement*, 8(3).
- Bensmira, Z., Hellal, B., Bouju, S., & Maire, R. (2015). Les incidences du changement climatique sur l'espace pastoral steppique de l'Algérie occidentale (cas de la commune de Ras El Ma). *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux*, (271), 319-348.
- Bonne F, Rochon G., (1996) ; Précis de télédétection. Volume 1 ; Principes et méthodes. Presses de l'université du Québec. Ed. AUPLEF.485p.
- Bouazza M. & Benabadji N. (2000). Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. Dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Revue sécheresse*, 11 (2): 117-123.
- Bouazza M., (1990) - Quelques réflexions sur le zonage écologique et l'importance des facteurs édaphiques des peuplements steppiques. Communication au séminaire maghrébin, mai, Tlemcen, Algérie, p. 1-10.
- Boubou, N. B. (2019). Efficacité énergétique et énergies renouvelables pour une gestion durable de l'eau en Algérie.
- Boukhobza M., (1981)- Une approche critique du concept de dualisme dans les recherches sur l'agriculture. In débats et critiques, n°5, INEAP, Alger, pp 1-29.
- Boukhobza M., (1982)- L'agro pastoralisme traditionnel en Algérie. OPU., Alger, 458p.
- Bourahla A., (2002)- Innovation, technique et production ovine en milieu steppique. *Rev. Ecosystème*, 1102, vol 2, pp 17-21.

Références bibliographiques

- Bourbouze, A., & Donadieu, R. (1987). L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. Options Méditerranéennes. CIHEAM/IAM, Montpellier.
- Bouzid, N. E. D. J. I. M. I., & Mokhtar, H. O. M. I. D. A. (2006). Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. *el-Bahith Review*, 4(1), 13-19.
- Caloz, R., & Collet, C. (2001). Précis de télédétection-Volume 3: Traitements numériques d'images de télédétection (Vol. 3). PUQ.
- Cazaux, J. C. (1990). Les systèmes spatiaux d'observation de la terre. *Options Méditerranéennes Série AN*, 4(1990), 31-38.
- Chalane, F. (2017). Inventaire et analyse de la phytodiversité des steppes à *stipa tenacissima* L. dans la région de saida (Algérie occidentale). *Sciences de l'environnement*, Université Djilali Liabes de sidi bel abbés, 154 p.
- Charif K. & Benabdeli K., (2001) Importance de la maîtrise de l'occupation des espaces dans la lutte contre la désertification. *Rev. Ecosystème*, n°1, Vol 1, pp 1-5.
- Dalila, N., & Slimane, B. (2008). La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 8(1).
- Debrach, J. (1953). Notes on the climate of Western Morocco. *Maroc medical*, 32(342), 1122-1134.
- Djamel, A. (2019) ; Intégration des données multi-sources dans un système d'informations géographiques (SIG) pour le diagnostic du milieu et l'aménagement hydro-agricole de la région steppiques quest-algérienne ; sciences des sols et foresterie ; université abdelhamid ibn badis ,mostaganem ;243p.
- Djebaili S., 1970.- Etude phytoécologique des parcours de Taadmit (Algérie). *Bull., Soc., Hist., Nat., Afr., Nord*, 61(3-4), 175-226 p.
- Djellouli, Y., & Djebaili, S. (1984). Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride Cas de la Wilaya de Saïda. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 131(2-4), 249-264.
- Dobremez Z.,) 1979 Mise au point d'une méthode cartographique d'études des montagnes tropicales. *Le Népal, écologie et phytoécologie. Doc. Sc. Grenoble*, 278p.
- Doc, (2016). Agriculture : répartition générale des terres, Office national des statistiques, 16 p.
- DSA. (2005), fascicule des statistiques agricoles de la wilaya de sidi bel abbés.
- El Hadraoui, Y. (2013). Étude diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg (Maroc) à partir des données de l'Observation de la Terre. *Mémoire d'Ingénieur CNAM, École Supérieure des Géomètres et Topographes*, 89.
- Emberger L., 1955 - Une classification biogéographique des climats. *Rec. travaux des Labor. de bot. Géol. et Zool. de la fac. Des Sci. De l'Univ. De Montpellier. Sér. Bot.*, 7, p. 3-43.
- Erus, G. (2008). Reconnaissance d'objets cartographiques dans les images satellitaires à haute résolution (Doctoral dissertation, Paris 5).
- Fodil, S. (2018). Dynamique de la désertification dans deux communes steppiques algériennes (El-Gueddid et Zaafrane-Wilaya de Djelfa) et réponses des acteurs:

Références bibliographiques

- évolution des systèmes agropastoraux et effets des aménagements publics contre la désertification.
- Gabreil, F. marie-josée, C. (2020) ; la modélisation 3D et la vision au service de la foresterie.
 - Gomez, C. (2004). Potentiels des données de télédétection multisources pour la cartographie géologique: Application à la région de Rehoboth (Namibie) (Doctoral dissertation, Université Claude Bernard-Lyon I).
 - Grandi, M. (2010). Contribution à l'étude du phénomène de l'ensablement dans le Sud Oranais (Doctoral dissertation, Alger).
 - Halitim, A. (1988). Sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, Alger, 384p. xpérimentale de sable additionné d'argile (Doctoral dissertation, Thèse Doc. INA Paris).
 - Hamide H., (2003). L'état de la biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture en Algérie, centre et direction du ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche, membres de la commission sectorielle des ressources génétique.
 - Hellal B., Benseddik B., Ayad N. et Benhassaini H., 2004 - La régénération dans la steppe du Sud oranais en Algérie occidentale, Sécheresse, vol. 15, n° 3, p. 173-179.
 - Hirche, A., Boughani, A., & Salamani, M. (2007). Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. Science et changements planétaires/Sécheresse, 18(4), 314-320.
 - Hosford, S. (2003). Exploitation du logiciel Cognition pour la classification assistée par ordinateur. BRCM/RP-52120-FR, 29 p., 12 fig., 2 tabl.
 - Houamel, S. (2018). Etude diachronique et phytoécologique des steppes à armoise blanche (*artemisia herba-alba* asso) dans la région est de l'Algérie.
 - HOUAMEL, S. (2018). Les steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) dans l'Est Algérien: répartition actuelle, biodiversité, dynamique et conditions de durabilité (Doctoral dissertation, Université Mohamed Kheider-Biskra).
 - Hourizi, R., Hirche, A., Djellouli, Y., & Nedjraoui, D. (2017). Changements spatio-temporels des paysages steppiques d'Algérie. Cas de la région de Méchéria. Revue d'Ecologie, Terre et Vie, 72(1), 33-47.
 - Jauffret, S. (2001). Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long term dans les écosystèmes méditerranéens arides: application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 3).
 - Karimoune, S., & Ozer, A. (1994). L'apport de la télédétection à l'étude des modelés éoliens du Niger méridional. Télédétection de l'environnement dans l'espace francophone, 31-54.
 - Kergomard, C. (1990). La télédétection aérospatiale: une introduction. Cours de télédétection, Ecole Normale Supérieure Paris.
 - Khader M. (2019). Apport de la géomatique à l'analyse spatio-temporelle des parcours steppiques : cas de la région de Djelfa – Algérie, département des sciences agronomiques, université Mohamed Khider-Biskra, 192 p.
 - Khaldi, A. (2014). La gestion non-durable de la steppe algérienne. VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement.

Références bibliographiques

- Khouane, C. Evolution of the plant communities of alfa (*stipa tenacissima* L.) steppes in algeria.
- Kpedenou, K. D., Drabo, O., Ouoba, A. P., Da, D. C. E., & Tchamie, T. T. K. (2017). Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire ouatchi au sud-est togo entre 1958 et 2015. *Cahiers du Cerleshs*, 31(55), 203-228.
- Lacina, C. (1996). Interprétation structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire: cas des sousprovinces d'Abitibi et d'Opatica (Québec). Memory Presented in Faculty of Humanities. University of Sherbrooke Quebec, Canada.
- Lahmar-Zemiti, B., & Aidoud, A. (2016). Suivi à long-terme dans la steppe d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* asso.) du Sud-Oranais (Algérie): facteurs et indicateurs de changements. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 71(2), 168-177.
- Lakhdar M. Youcef K, (2021). Eude du couvert forestier de la wilaya de bordj bouarreridj par les images landasat. biodiversité et environnement, université mohamed el bachir el ibrahimi .48 p.
- Lal, R. A. T. T. A. N. (2001). Soil degradation by erosion. *Land degradation & development*, 12(6), 519-539.
- Le Houérou H.-N. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertisation. In : Le Houérou H.-N. (ed.). *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertisation*. Montpellier : CIHEAM, 1995. p. 1-396.
- Le Houerou, H. N. (1985). La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger, ronéotypé.
- Le Houérou, H. N. (2002). Man-made deserts: desertization processes and threats. *Arid land research and management*, 16(1), 1-36..
- Le Houerou, H. N., & Hoste, C. H. (1977). Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean Basin and in the African SaheloSudanian zone. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 30(3), 181-189.
- Le Houérou, H. N., Claudin, J., & Pouget, J. C. M. (1977). Etude bioclimatique des steppes algériennes.
- Mélanie REQUIER-DESJARDINS, couts et conséquences socio-economique de la desertification ;
3p. http://www2.cnrs.fr/sites/communiqu/fichier/melanie_requier_desjardins.pdf.
- Melzi, S. (1993). Évolution de la végétation et du milieu dans la région présaharienne des steppes algériennes. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 4(2), 113-116. *planétaires/Sécheresse*, 7(3), 187-193.
- MOUHOUS, A. (2005). Les causes de la dégradation des parcours steppiques (Doctoral dissertation, INA).
- Moulay, A., & Benabdeli, K. (2012). Évaluation de l'effet du nettoyage des touffes sur la régénération de la steppe à Alfa (*Stipa tenacissima* L.) mise en défens dans l'ouest de l'Algérie. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 67(3), 283-294.

Références bibliographiques

- Musset R., 1935 - Les calculs relatifs aux régimes pluviométriques : Fraction pluviométrique, écart pluviométrique relatif, coefficient pluviométrique relatif, Geocarrefour, vol. 11, n° 1, p. 75-85.
- NEDJIMI, B., & Brahim, G. U. I. T. (2012). Les steppes algériennes: causes de déséquilibre. Algerian Journal of Arid Environment "AJAE", 2(2), 12-12.
- Nedjraoui, D. (2001). Country pasture/forage resource profiles. FAO, Algeria, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/Algeria/Algeria.htm>.
- Nedjraoui, D. (2003). Profil fourrager. Université des Sciences et de la Technologie H. Boumediène (USTHB). Alger.
- Nedjraoui, D. (2004). Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. Cahiers Options Méditerranéennes, 62, 239-243.
- Nedjraoui, D., & Bédrani, S. (2008). La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. Vertigo, 8(1), 15.
- Normandin, C. (2019). Contribution of high resolution spatial remote sensing for the study of surface water cycles and suspended particulate matter along the watershed-coastal ocean continuum (Doctoral dissertation, Université de Bordeaux).
- Ouattara, I. Z. (2012). Suivi par télédétection de l'évolution des formations végétales et du stock de carbone de la réserve de faune d'Abokouamékro en vue de son intégration dans le mécanisme REDD+. Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA), Option Eaux et Forêts, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, 52p.
- Pouget, M. (1980). Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises (Vol. 116). Paris, France: Orstom.
- Rafik, D. (2013). Utilisation des données de la télédétection pour les prévisions météorologiques ; faculté de mathématique et d'informatique, université des sciences et de la technologie d'Oran, Med Boudiaf, 93p
- Requier-Desjardins, M., & Caron, P. (2005). Is combating desertification an environmental global public good?: elements of an answer.
- Requier-Desjardins, M., & Bied-Charreton, M. (2006). Evaluation des coûts économiques et sociaux de la dégradation des terres et de la désertification en Afrique. Rapport pour l'AFD.
- Salim, A. (2018). Apport de la télédétection dans l'évolution de la couverture végétale sur le versant Nord du Haut Atlas de Marrakech au cours de ces 30 dernières années, Faculté des sciences et techniques département de géologie. Université cadi ayyad, marrakech, 44p.
- Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie. Alger : Carbonel ; 219p.
- Senoussi, A., Hadbaoui, I., & Huguenin, J. (2014). L'espace pastoral dans la région de M'sila, Algérie: état et perspectives de réhabilitation.
- Song, C., Curtis, E. Woodcock, Karen C. Seto, Mary P. Lenney, and Scott, A. Macomber (2001) Classification and change detection using Landsat TM data : When and how to correct atmospheric effects ? Remote Sens. Environ. 75, p. 230-244.

Références bibliographiques

- Soudani, k. (2006-2007) ; introduction generale a la teledetection. Faculté sciences d'orsay- université paris sud xi-France ; 26p.
- TobbalSeghir, M. (2012). Utilisation d'un SIG pour prospection et la hiérarchisation de la Bentonite dans le Bas-Chélif (Doctoral dissertation).
- Troufleau, D., Audoin, A., Vidal, A., Moran, M. S., Goodrich, D. C., & Washburn, J. (1994). Importance des corrections radiométriques dues au relief pour les données SAR du satellite ERS-1: Applications à l'hydrologie. Xème journées hydrologiques-Orstom, 635-650.
- UNEP, U., & UNEP. (1977). United Nations Conference on Desertification. Nairobi. 145p.
- Wesche, K., Ambarlı, D., Kamp, J., Török, P., Treiber, J., & Dengler, J. (2016). The Palaeartic steppe biome: a new synthesis. *Biodiversity and conservation*, 25(12), 2197-2231.
- Yahi, N., & Abdelguerfi, A. (2012). Rapport sur l'Etat de l'Environnement (RNE 2011) Volet Biodiversité.