



## Mémoire MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecologie Fondamentale et Appliquée

Présenté par : **BEDDIAF Sabrina, BELGHAR Yousra et KRAZDI Dounia,**

Thème

---

# Contribution à l'intégration de l'outil de la télédétection et de SIG dans l'étude de l'évolution du couvert végétal du sous bassin Garaat Tarf (khenchela)

---

Devant le jury :

<b>Présidente :</b>	Mr. BOULABEIZ Mahrez	MCB	Université de Khenchela
<b>Encadrant :</b>	Mr. AOUIDANE Laiche	MCB	Université de Khenchela
<b>Examinatrice :</b>	Mr. OUANAS Mayada	MCB	Université de Khenchela

Année 2021/2022



## *Remerciement*

Au moment de mettre un point final à ce travail nous exprimons nos remerciements à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Tout d'abord, on remercie DIEU le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous exprimons nos profondes gratitudee à notre encadreur

Monsieur **AOUIDANE LAICHE** pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa confiance, sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de notre mémoire de fin d'étude.

Nous remercions chaleureusement les membres de jury qui ont acceptés de juger ce modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements et nos salutations particulières à tous les enseignants qui sont arrivés là avec leurs conseils et leurs efforts au cours des dernières années, merci

beaucoup pour leurs qualités pédagogiques que nous avons reçues.

Enfin, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouve ici nos profonds et sincères remerciements.

# Graduation

## DÉDICACE

Avec l'expérience de ma reconnaissance, je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail a ceux qui, quels que soient les termes embrasser, je n'arriverai jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A mes chères parentes, que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leur dois, pour leur bienveillance, leur affection et leur soutien trésor de bonté « que dieu vous garde »

A men sœurs **MERYAM, HANIN** & mon frère **MOUHAMED** pour leur aide et leur soutien moral durant l'élaboration du travail de fin d'étude.

A mon adorable petite cousine **NOUR EL HOUDA** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille

A ma petit bout de chou **HIDAYA BAKHOUCHE** ma nièce cela a apporté de la joie à la famille.

A mon binôme **BELGHAR YOUSRA, KRAZDI DONIA** pour son soutien, sa patience et ca compréhension tout au long de ce projet.

A tout les cousines, les voisines et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.

Merci pour leurs amours et leur encouragement qui m'a doté d'une éducation digne son amour a fait de moi ce que Je suis aujourd'hui.



**BEDDIAF Sabrina**



# Graduation

## DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents

**Ma mère**, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

**Mon père**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes frères et sœur : **BOUCHRA, CHIHAB ABD ARRAUOUF, NOUR ABD ESSALEM**

qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A tout ma famille, mes tantes et oncles surtout mon oncle **NOUR EDDINE.**

Mes binômes : **KRAZDI DONIA, BOUDHIAF SABRINA**

Mes amies et mes amis de par le monde, qui n'ont cessé de m'encourager et m'aider à mon travail, et avec qui j'ai passé

Les meilleurs jours, surtout mes amis D'université **OM EL BOUAGHI**

Mes chers collègues de classe d'EFA promotion 2022

Mes professeurs d'université **ABBES LAGHROUR** qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

**BELGHAR Yousra**



# Graduation

## DÉDICACE

Il y a certaines satisfactions que les mots et les phrases parviennent difficilement à exprimer. Cela nous arrive lorsqu'il faut visualiser une émotion profonde afin d'être à la délicatesse des être qui nous sont très chers.

De ce fait : Je dédie ce modeste travaille à :

La femme qui m'a porté toute ma vie et qui m'a enveloppée de gentillesse. À la femme la plus extraordinaire et la plus douce du monde : mère **NAWARA** j'exprime mon profond amour.

À celui qui a été et qui est toujours pour moi le modèle, la référence : mon père **AMER** ; je lui exprime mon profond respect et j'espère que j'ai été à la hauteur. Ma joie est que tu sois fier de moi.

Mes belles sœurs symbole de tendresse : **BESSMA, MINA**

A mes frères ma source de bonheur : **GHANI, NADJIB, MOURAD, HAKIM**

Mes meilleures adorées **SABRINA, YOUSRA**

A mes copines avec qui je partage les plus beaux moments de ma vie : je vous amie

Ames collègues : **AYMEN, AYOUB**

Merci pour votre aide et sans oublier les petits anges de la famille je vous souhaite tout le succès dans votre étude  
Puisse dieu vous donne santé, bonheur et réussite, et ma

Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin. A tous les autres que

Je n'ai pas cités mais à qui Je pense aussi.

**KRAZDI Dounia**



**LISTE DES FIGURES**

<b>N° de Figure</b>	<b>Titre de Figure</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1</b>	Représentation des formations végétales dans le globe terrestre (Beaux, 2011).	3
<b>Figure 2</b>	Les composants d'un système d'information géographique.	16
<b>Figure 3</b>	Télédétection à l'aide des satellites (UVED, 2008).	19
<b>Figure 4</b>	Illustration de la télédétection passive (CCT, 2007).	21
<b>Figure 5</b>	Illustration de la télédétection passive (CCT, 2007).	21
<b>Figure 6</b>	Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008).	22
<b>Figure 7</b>	Structure cellulaire d'une feuille et son interaction avec le rayonnement électromagnétique. La plus grande partie de la lumière visible est absorbée, tandis que presque la moitié du rayonnement proche infrarouge est réfléchi (UVED, 2008).	23
<b>Figure 8</b>	La végétation a une faible réflectance dans le visible et une réflectance élevée dans le proche infrarouge (UVED, 2008).	23
<b>Figure 9</b>	Variation de la signature spectrale de la végétation selon le LAI et différents niveaux de stress hydriques (Imanishi et al., 2004).	24
<b>Figure 10</b>	Situation administrative de la région d'étude (DGFOB, 2005).	28
<b>Figure 11</b>	Situation géographique du bassin versant Gareat El Tarf (Rahmoune & Chermate, 2018).	29
<b>Figure 12</b>	Carte des reliefs du sous bassin versant Gareat El Tarf (Tir & Nemer, 2021).	31
<b>Figure 13</b>	Répartition spatiale des précipitations moyennes de vicennal du sous bassin versant de Garaat Et Tarf pour la période (1958-1977, 1978-1997, 1998-2020 et prédiction de 2060) (Tir & Nmer, 2021).	34
<b>Figure 14</b>	Répartition spatiale des températures moyennes de vicennal du sous bassin versant de Garaat Et Tarf pour la période (1958-1977, 1978-1997, 1998-2020 et prédiction de 2060) (Tir & Nmer, 2021).	35
<b>Figure 15</b>	Carte de sol de la zone d'étude (Lakhzoume & Sahraoui, 2020).	36
<b>Figure 16</b>	Carte d'occupation des sols de bassin versant Garaat El Tarf (Bakhouche & Salama, 2021).	37

## *LISTE DES FIGURES*

<b>Figure 17</b>	Organigramme de l'approche méthodologique à suivre	40
<b>Figure 18</b>	La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Gareat tarf (1990)	44
<b>Figure 19</b>	La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Gareat tarf (2000)	44
<b>Figure 20</b>	La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Garaat tarf (2010)	45
<b>Figure 21</b>	La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Gareat tarf (2020)	46
<b>Figure 22</b>	La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Gareat tarf (1990-2000-2010-2020)	47
<b>Figure 23</b>	Carte de répartition de l'occupation et utilisation des terres du Sous bassin Gareat Et Tarf (LULC) (1990,2000, 2010 et 2020)	48
<b>Figure 24</b>	Comportement de l'INDVI avec les feuilles vertes	49
<b>Figure 25</b>	La répartition des classes de l'indice de végétation (NDVI) de sous bassin Gareat Et Tarf (1990).	50
<b>Figure 26</b>	La répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Gareat tarf (2000)	51
<b>Figure 27</b>	La répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Gareat tarf (2010)	51
<b>Figure 28</b>	La répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Gareat tarf (2020)	52
<b>Figure 29</b>	L'évolution des classes de l'indice de végétation (NDVI) Sous bassin Gareat tarf (1990 à 2020).	53
<b>Figure 30</b>	les cartes de répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Gareat tarf (1990-2000-2010-2020)	54
<b>Figure 31</b>	La répartition de la classe de l'indice de végétation (SAVI) poule Sous bassin Gareat tarf (1990)	55
<b>Figure 32</b>	La répartition d'indice de végétation (SAVI) pour le Sous bassin Gareat tarf (2010)	56
<b>Figure 33</b>	La répartition d'indice de végétation (SAVI) pour Sous bassin Gareat Et Tarf (2020)	56
<b>Figure 34</b>	L'évolution d'indice de végétation (SAVI) pour le Sous bassin Gareat tarf (1990-2000-2010-2020)	57

## *LISTE DES FIGURES*

- Figure 35** Les cartes de répartition d'indice de végétation (SAVI) Sous bassin  
Gareat tarf (1990 à 2020) 58

**LISTE DES TABLEAUX**

<b>N° de Tableau</b>	<b>Titre de Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	Caractéristique des images satellitaires utilisées dans l'étude	41

## Liste des abréviations

<b>ANAT</b>	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire ;
<b>ans</b>	années ;
<b>BV</b>	Bassin versant ;
<b>CO2</b>	Dioxyde de carbone ;
<b>C°</b>	Degré Celsius;
<b>E</b>	Est;
<b>FAO</b>	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture ;
<b>Fig</b>	Figure ;
<b>Km</b>	kilomètre ;
<b>Km2</b>	kilomètre carré ;
<b>LULC</b>	Déterminer l'occupation du terrain ;
<b>m</b>	Mètre;
<b>mm/an</b>	millimètre par année ;
<b>N</b>	Nord;
<b>NDVI</b>	L'indice de végétation de différence normalisée (NDVI, Normalise Différence Végétation Index) ;
<b>NE</b>	nord-est ;
<b>NW</b>	nord-ouest ;
<b>PIR</b>	canal proche infra rouge ;
<b>PVI</b>	La méthode de l'indice de végétation perpendiculaire (PVI, Perpendiculaire Végétation Index) ;
<b>R</b>	canal rouge ;
<b>SAVI</b>	La méthode de l'indice de végétation ajusté au sol et modifié (SAVI, Soli-Adjusted Végétation Index) ;
<b>SE</b>	sud-est ;
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique ;
<b>SI</b>	Système d'Information ;
<b>SW</b>	sud-ouest ;
<b>S/BV</b>	Sous bassin versant ;
<b>T</b>	Température annuelle en (C°) ;
<b>TSAVI</b>	L'indice transformé de végétation ajusté au sol (TSAVI) ;
<b>%</b>	pourcentages

## **Table des matières**

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Liste des abréviations

Résumé

	<b>Page</b>
Introduction générale	1
Chapitre I : Etat des connaissances sur l'évolution du couvert végétal	3
I. 1. Le couvert végétal	3
I. 1. 1. Définition de couvert végétal	3
I. 1. 2. Etudier le couvert végétal	3
I. 1. 3. Les zones écologiques de la Terre	3
I. 1. 3. 1. La géographie des peuplements végétaux et animaux	4
I. 1. 3. 2. Les grandes formations végétales	4
I. 1. 4. Les adaptations générales des espèces végétales	5
I. 1. 5. Les principaux groupements végétaux en Algérie	6
I. 1. 5. 1. Les groupements végétaux de type zonal	6
I. 1. 5. 2. Les groupements végétaux de type azonal	6
I. 2. Méthodes d'étude des végétations	7
I. 2. 1. Méthodes dynamiques	7
I. 2. 2. Méthodes phytosociologies	8
I. 2. 2. 1. Analyse de la végétation	8
I. 2. 3. Méthode d'étude à distance du couvert végétal (Télédétection)	9
I. 3. Dynamique de couvert végétal	9
I. 3. 1. Evolution du couvert végétal	10
I. 3. 2. La Détérioration	10
I. 4. Dégradation du couvert végétal	11
I. 4. 1. Les facteurs de dégradation de couvert végétal	11
I. 4. 1. 1. Le surpâturage	11
I. 4. 1. 2. Les incendiés	11
I. 4. 1. 3. L'érosion hydrique	12
I. 4. 1. 4. L'arrachage des buissons	12

## *Table des matières*

I. 4. 2. Impact de dégradation du couvert végétal	12
I. 4. 3. Impact économique des couverts végétaux	13
I. 5. Conservation du couvert végétal	14
Chapitre II : Apport de SIG et télédétection dans les études environnementales	15
II. 1. SIG	15
II. 1. 1. Définition du SIG	15
II. 1. 2. L'utilisation de SIG	15
II. 1. 3. Objectifs des SIG	16
II. 1. 4. Domaine d'application des SIG	16
II. 1. 5. Quelques logiciels SIG	17
II. 1. 5. 1. Logiciels libres	17
II. 1. 5. 2. Logiciels Commerciaux	17
II. 1. 6. Caractéristiques de SIG	17
II. 2. Télédétection	18
II. 2. 1. Télédétection dans les études environnementales	18
II. 2. 2. Concept de la télédétection	18
II. 2. 3. l'importance de la télédétection	18
II. 2. 4. Domaines d'application	19
II. 2. 5. Traitements en télédétection	19
II. 2. 5. 1. La source d'énergie	19
II. 2. 5. 2. Les interactions du rayonnement avec l'atmosphère	20
II. 2. 5. 3. Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre	20
II. 2. 5. 4. L'enregistrement du signal par le capteur satellitaire	20
II. 2. 5. 5. La transmission et la réception des données	20
II. 2. 6. Principes de la télédétection	20
II. 2. 6. 1. la télédétection passive	21
II. 2. 6. 2. La télédétection active	21
II. 2. 7. Signatures spectrales des principales surfaces naturelles	22
II. 2. 7. 1. Le sol	22
II. 2. 7. 2. L'eau	23
II. 2. 7. 3. La végétation	23
II. 2. 8. L'analyse d'une image	25
II. 2. 8. 1. Classification d'analyse d'une image	26
II. 2. 9. Indices de végétation	27

## *Table des matières*

II. 2. 9. 1. Le principe	27
II. 2. 9. 2. Les principaux indices de végétation	27
Chapitre III : Présentation de la zone d'étude	29
III. 1. Situation administrative	29
III. 2. Situation géographique	30
III. 3. Le couvert végétal	30
III. 4. Le relief	31
III. 5. Hydrologie	32
III. 5. 1. Réseaux hydrographiques	32
III. 5. 2. Caractéristiques du réseau hydrographique	33
III. 6. Climat	33
III. 6. 1. Les précipitations	34
III. 6. 2. La température	34
III. 7. Les sols	36
III. 8. Agriculture dans la zone	37
Chapitre IV : Etude de l'évolution du couvert végétal du sous bassin Gareat et Tarf	38
IV. 1. Matériel et Méthodes	38
IV. 1. 1. Choix de zone d'étude	38
IV. 1. 2. Approche méthodologiques	39
IV. 1. 2. 1. Collecte des données	39
IV. 1. 2. 2. Donnée cartographiques	41
IV. 1. 2. 3. Traitement d'image	41
IV. 2. Résultats et Discussions	43
IV. 2. 1. Etude de l'occupation et utilisation des terres (LULC)	43
IV. 2. 1. 1. Calcul et identification de LULC de Gareat Tarf	43
IV. 2. 1. 2. L'évolution du couvert végétale (LULC)	46
VI. 2. 2. Etude d'indices de végétation (NDVI) (SAVI)	48
IV. 3. Conclusion	59
Conclusion général	60
Références Bibliographiques	62
Les sites web	67

## **Résumé**

Une meilleure compréhension de l'évolution des modes d'utilisation des sols et du couvert végétal est une préoccupation majeure dans régions semi-aride dont les écosystèmes subissent des dégradations naturelles et anthropiques sévères. Dans ce contexte notre étude se focalise sur le sous bassin endoréique de Garat Et Tarf, et qui vise la caractérisation des modifications spatiotemporelle d'occupation du sol, à partir d'une analyse diachronique de la zone d'étude, basons sur l'intégration de SIG et télédétection.

Les données utilisées dans cette étude sont, les images du satellite "Landsat 5 (1990), Landsat 7(2000), Landsat 5 (2010), et Landsat 8 (2020), et cela couvre une période de 30 ans. En effet, notre approche méthodologique est basée sur le traitement numérique des images satellitaires, la digitalisation des différentes informations utiles, on utilise différentes indices (NDVI, SAVI, et LULC) indicateurs de l'occupation des sols.

Les résultats d'analyse des images montrent une variabilité spatiotemporelle importante d'occupation des sols durant la période d'étude. Nous arrivons au développement suivant dans les zones urbaines et l'expansion des zones agricoles.

Nous notons également la stabilité et dans les zones de forêts, de la sebkha, en plus de cela, une diminution du pourcentage d'eau au point de sa absence.

### **Mots clés :**

Couvert végétal, SIG, Télédétection, Evolution du couvert végétal, Garat Et Tarf.

## **Abstract:**

A better understanding of the evolution of land use patterns and vegetation cover is a major concern in semi-arid regions whose ecosystems are subject to severe natural and anthropogenic degradation. In this context, our study focuses on the endothechia sub-basin of Garat Et Tarf, and which aims to characterize spatiotemporal changes in land use, from a diachronic analysis of the study area, based on the integration of GIS and remote sensing.

The data used in this study are, the satellite images "Landsat 5 (1990), Lansat 7 (2000), Landsat 5 (2010), and Landsat 8 (2020), and this covers a period of 30 years. Indeed, our methodological approach is based on the digital processing of satellite images, the digitization of different useful information; we use different indices (NDVI, SAVI, and LULC) indicators of land use.

The image analysis results show significant spatiotemporal variability in land use during the study period. We come to the following development in urban areas and the expansion of agricultural areas.

We also note the stability and in areas of forests, of the sebkha, in addition to this, a decrease in the percentage of water to the point of its absence.

### **Key words:**

Plant cover, GIS, Remote sensing, Evolution of plant cover, Gareat and Tarf.

## ملخص:

يعد الفهم الأفضل لتطور أنماط استخدام الأراضي والغطاء النباتي مصدر قلق كبير في المناطق شبه القاحلة التي تتعرض نظمها الإيكولوجية لتدهور طبيعي وبشري شديد. في هذا السياق ، تركز دراستنا على الحوض الفرعي **Endorheic** لـ **Garat Et Tarf** ، والذي يهدف إلى توصيف التغيرات الزمانية المكانية في استخدام الأراضي ، من تحليل متزامن لمنطقة الدراسة ، بناءً على تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. البيانات المستخدمة في هذه الدراسة هي صور الأقمار الصناعية "لاندسات 5 (1990) ، لاندسات 7 (2000) ، لاندسات 5 (2010) ، لاندسات 8 (2020)" ، وهذا يغطي فترة 30 عامًا. يعتمد النهج على المعالجة الرقمية لصور الأقمار الصناعية ، ورقمنة المعلومات المفيدة المختلفة ، ونستخدم مؤشرات مختلفة (**NDVI** ، و **SAVI** ، و **LULC**) لاستخدام الأراضي. تظهر نتائج تحليل الصور تباينًا كبيرًا في استخدام الأراضي الزماني والمكاني أثناء الدراسة الفترة .. نأتي إلى التنمية التالية في المناطق الحضرية والتوسع في المناطق الزراعية.

كما نلاحظ الاستقرار في مناطق الغابات والسبخة ، بالإضافة إلى انخفاض نسبة المياه إلى درجة غيابها.

### الكلمات المفتاحية :

الغطاء النباتي، **GIS**، الاستشعار عن بعد، تطور الغطاء النباتي ، **Tarf. Garrat**

## **Introduction générale**

Les questions environnementales préoccupent aujourd'hui la communauté internationale. De graves menaces pèsent sur les ressources naturelles soumises d'une part à l'effet des changements climatiques et d'une autre part à l'activité anthropiques (Sanda Conda, 2010). Dans les pays en développement, la conjugaison de la pauvreté et de la croissance démographiques dans les milieux semi-arides fragiles aboutit à une dégradation des ressources non renouvelables, ou difficilement renouvelables, notamment le couvert végétal, le sol, et l'eau.

Le besoin croissant d'estimer, de prévoir, de surveiller et de gérer les différentes ressources et surtout la végétation dans toutes les parties du monde et à différentes échelles (locale, régionale et globale) tend faire ressortir la nécessité d'améliorer en permanence les méthodes de recueil systématique et périodique d'informations caractérisant la végétation. L'analyse et la combinaison de ces informations permettra par la suite de cartographier l'état de la végétation, de suivre les phénomènes évolutifs et accéder à certaines zones bioclimatiques difficilement explorables (CRTS., 2004). La télédétection spatiale et le SIG sont donc devenus, grâce à leurs multiples atouts, une source généreuse et efficace pour la production et la mise à jour et le suivi de l'information géographique qualitative, et quantitative (El Khalki et al. 2014).

Le sous bassin de Gareat Et Tarf zone d'étude, fait partie des régions semi-aride, caractérisée par une faible pluviométrie, généralement inférieure à 300 mm/an, mais avec un couvert végétale très diversifié (Forêt, végétation steppique, agricole, et végétation halophytes autour de Sebkh). L'évolution de la zone d'étude est influencer par différentes facteurs ; naturelle tel que le changement climatique avec augmentation des températures et une diminution de bilan hydrique, et anthropiques tel que l'activité agricole intense de mise en valeur dans la région. L'objectif principal de cette étude est de montrer d'une part, le potentiel de l'intégration du SIG et de la télédétection pour la caractérisation de l'état de l'occupation du sol des zones semi-arides Eston évolution spatio-temporelle à partir d'une étude diachronique d'images satellitaires de Landsat de différentes dates.

D'autre part, de mettre à la disposition des utilisateurs potentiels, des responsables, élus locaux et des décideurs les informations fiables et mises à jour sur l'état de l'environnement et les ressources naturelles de la région dans le cadre de réaliser des projets de développement durable et efficace.

## *Introduction générale*

Dans le cadre de réaliser nos objectifs ont adopté le plans de travail pour ce mémoire et le diviser en quatre chapitre :

- Le premier chapitre expose un aperçu sur les connaissances du couvert végétal son importances, ses méthodes d'analyse, la dynamique et la dégradation
- Le deuxième chapitre, synthétise des généralités sur la télédétection et SIG en relation avec l'étude du couvert végétal ;
- Le troisième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude et ses compétences ;
- Le quatrième chapitre présente le matériel utilisé, précise la problématique de notre étude, explique les méthodes de traitement et d'analyse et définit notre démarche méthodologique ; En fin, répond à la problématique posée par une analyse et une interprétation des résultats de cette étude.

## **Chapitre I : État des connaissances sur l'évolution du couvert végétal**

L'homme a, depuis environ 7000 ans, marqué par son empreinte tous les écosystèmes méditerranéens. Devenant agriculteur, il s'est sédentarisé, ses activités et l'usage qu'il a fait de la nature ont abouti à la destruction presque totale de la végétation originelle. Tout ce qu'il y actuellement de « nature sauvage », ne correspond en fait qu'à des mosaïques successions elles de dégradation (AbdElbaki, 2012).

### **I. 1. Le couvert végétal**

#### **I. 1. 1. Définition de couvert végétal**

Un couvert végétal, appelé aussi couverture végétale ou couvert par ellipse, désigne la végétation, toutes strates confondues, recouvrant dans un espace donné, le sol de manière permanente ou temporaire (Hartwig & Ammon, 2002).

La flore d'une zone géographique c'est un facteur biotique très important dans le fonctionnement des écosystèmes, il transforme l'énergie lumineuse en biomasse utilisée par la suite par les différents composants des écosystèmes. Il a un rôle dans la réduction du dioxyde de carbone (Elafri, 2022).

#### **I. 1. 2. Etudier le couvert végétal**

Le couvert végétal, couvre une très grande partie des continents et premier maillon de la chaîne alimentaire en tant que producteur de matière organique ou biomasse, la végétation est un élément fondamental des écosystèmes terrestres. Les couverts végétaux régulent les échanges d'énergie et de matière à l'interface sol-végétation-atmosphère. Ils puisent l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur développement et leur croissance dans le sol et produisent l'oxygène, via le processus de photosynthèse, indispensable à la vie sur terre (AbdElbaki, 2012).

#### **I. 1. 3. Les zones écologiques de la Terre**

L'étude des peuplements végétaux et animaux permet de définir différentes zones écologiques qui peuvent être distinguées les unes des autres par la nature de leur couvert végétal en distingue :

### **I. 1. 3. 1. La géographie des peuplements végétaux et animaux**

Les facteurs écologiques déterminent, à l'échelle du globe, l'existence de grandes formations végétales. Ces communautés, bien caractérisées et relativement homogènes du point de vue de leur physionomie, sont appelées des biomes, qui correspondent à de grandes biocénoses. Ces formations présentent une extension généralement considérable, en relation avec les grandes zones climatiques. La prairie de l'Ouest américain, les forêts de feuillus ou les savanes africaines constituent des exemples de formations végétales aisément identifiables. Au sein de chaque formation, il est possible de distinguer des ensembles plus homogènes, constituant de plus petites biocénoses les différentes formations végétales sont peuplées par des ensembles variés d'animaux par exemple, savanes et prairies sont les domaines des grands herbivores. La répartition des animaux, ou zoogéographie, a conduit à la définition de grandes provinces faunistiques l'étude de la répartition des êtres vivants correspond à la biogéographie, celle des végétaux constitue la phytogéographie et celle des animaux la zoogéographie (Beaux, 2011).

### **I. 1. 3. 2. Les grandes formations végétales**

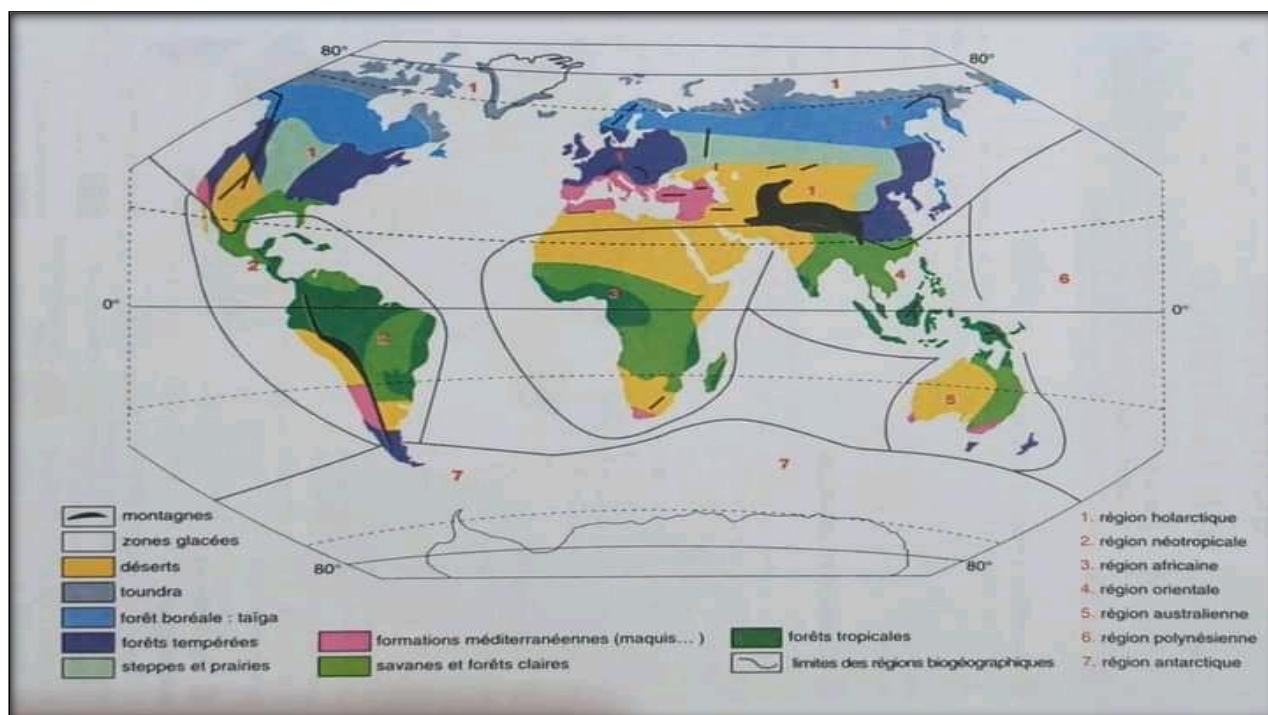
Une formation végétale est une communauté de végétaux caractéristique d'un écosystème ou d'un biome. Terme englobant, la formation végétale peut être reconnue facilement à la vue d'un paysage, sans analyse poussée, selon l'importance et la taille des types de végétaux qui la composent: herbes, buissons, arbustes, arbres...etc. On distingue ainsi, parmi les types de formation les plus courants, la prairie, la forêt, la savane, la taïga, la steppe...etc. Une formation végétale fermée recouvre entièrement le sol (forêt), contrairement à une formation ouverte (steppe) (Geconfluences, 2020).

Certaines formations végétales sont dites climaciques (elles auraient un profil comparable sans intervention extérieure), d'autres sont secondaires, par exemple les savanes qui prennent la place d'une forêt tropicale après déboisement, ou encore les maquis et garrigues méditerranéens (Fig. 1) (Geconfluences, 2020) on distingue :

- Les forêts couvrent une grande partie de la surface du globe, avec des formations très différentes selon la latitude, des forêts denses, équatoriales et tropicales, à la forêt du nord de l'Amérique et de l'Asie,
- Les savanes sont constituées de plantes herbacées hautes et rigides. Dans les régions où la saison sèche est longue, on observe la savane herbeuse, dépourvue d'arbres sauf en bordure des cours d'eau (forêts-galeries). Lorsque la saison sèche est moins longue, c'est la savane arborée, parsemée d'arbres (comme le baobab) et de buissons, qui se développent, Enfin, dans les régions bénéficiant d'une humidité plus régulière, on

trouve la savane boisée ou savane parc, comportant de nombreux arbres à feuilles caduques. Les savanes tropicales peuvent représenter des formes de transition entre forêts humides et zones plus sèches,

- Les steppes ou prairies sont des formations végétales herbacées souvent observées dans les zones sèches des régions tempérées, par exemple à l'intérieur des continents (grandes plaines de l'Amérique du Nord, de l'Asie, ou pampa de l'Argentine). Dans des environne semi-aride, les steppes apparaissent sous forme de tapis végétaux discontinus dont les espèces sont adaptées à la sécheresse. Dans les sols plus riches en eau, elles ont place à des prairies dont les espèces sont plus diversifiées.
- La toundra est la formation végétale la plus septentrionale. Elle est constituée de plantes rases, lichens, mousses et plantes herbacées. Dans les parties plus principales et méridionales apparaissent des bouleaux et des saules nains (Beaux, 2011).



**Figure 1.** Représentation des formations végétales dans le globe terrestre (Beaux, 2011).

#### **I. 1. 4. Les adaptations générales des espèces végétales**

Ces adaptations aux conditions de milieu et leurs mécanismes ont été décrits dans tous les groupements végétaux (Frontier et al., 2004). Dans les situations de sécheresse très longue et sévère, cette réduction peut devenir complète (Scheromm, 2000). Dans les zones arides, les rigueurs climatiques obligent les espèces végétales à des adaptations nécessaires à leur survie. Des déficits hydriques plus longs induisent des changements plus irréversibles, notamment de morphologie (réduction des surfaces d'évaporation). Dès qu'un déficit hydrique apparaît, la

plante ajuste, rapidement et de façon réversible, les flux d'eau qui la traversent par la fermeture de ses stomates. On sait en particulier que chez les plantes, le rythme des modifications saisonnières (dit rythme phréologique) est calqué sur le rythme saisonnier prévalant dans la région, et principalement le rythme de l'aridité atmosphérique (Ramade, 2003 in Frontier et al., 2004).

### **I. 1. 5. Les principaux groupements végétaux en Algérie**

Définit le groupement végétal comme « un ensemble de plantes réunies dans une même station, par suite d'exigences écologiques identiques ou voisines » (Ozenda, 1964). La répartition des communautés végétales reste déterminée en grande partie par leur relation avec les conditions offertes par le milieu où elles vivent. Dans ce contexte, il est classique de distinguer, les groupements végétaux de types zonal et les groupements végétaux de types azonal (Pouget, 1980).

#### **I. 1. 5. 1. Les groupements végétaux de type zonal**

Tels que les groupements forestiers et steppiques correspondent à une végétation naturelle déterminée par le climat. Du Nord au Sud de l'Algérie, nous passons des forêts, maquis et matorrals aux steppes semi-arides et arides puis vers les écosystèmes désertiques (Nedjraoui, 2003).

#### **I. 1. 5. 2. Les groupements végétaux de type azonal**

Caractérisent la végétation directement soumise à l'influence des facteurs édaphiques déterminant (Salure, Nappe d'eau, ...etc.).

- **Les groupements halophiles** : Plusieurs définitions ont été données concernant les espèces halophiles. Les halophytes sont toutes les espèces qui poussent sur un sol salé (Flowers et al., 1986). Selon d'autres auteurs comme toutes les espèces qui ont seulement une tolérance vis-à-vis du sel (Aronson, 1989). Pour Le Houer (1994), les espèces halophiles correspondent aux espèces qui se trouvent exclusivement dans les conditions écologiques naturelles sur des sols salés ou dans un environnement salin, mais aussi en rencontre ; *Les hypohalophytes* ces espèces tolèrent les taux de salinité relativement faible. *Les halophytes* ces espèces peuvent supporter des concentrations élevées, c'est le cas de *Tamarix* sp, *Atriplex* sp, *Spartina* sp). *Les hyper halophytes* ces espèces se développent dans des concentrations salines excédant celle de l'eau de mer telle *Halocnenumstrobilaceum*).

On peut distinguer aussi selon Le Houer (1995), en fonction de la texture crassules *entespsammohalophiles*, *limnohalophiles* et *argilohalophile*.

Le caractère de texture lié au pH et le taux de saturation en sodium du complexe absorbant les groupements halophiles présente un caractère méditerranéen Saharien (Ferchichi, 2000). Avec de nombreux points communs avec les plantes xérophiles (Frontier et al., 2004).

- **Les plantes nitrophiles:** Elles occupent des sols dans lesquels les nitrates sont abondants. Ces espèces sont dites rudérales (du latin rudéral: décombres). Elles se trouvent sur les déblais et les remblais ; dans les terrains vagues et de plus en plus dans les cultures sarclées. Parmi les plantes nitrophiles *lachénopodiacee* sont très représentées (*Atriplex*) de même que l'*urticacée* (Orties); *lapolygonacée* (*Rumex*); ainsi que des *astéracée* (Chardons; matricaire...). L'homme assure souvent leur propagation d'une manière bien involontaire lors de ses activités pastorales. C'est le cas de l'*aconit* (*Aconitum napellus* rchb) ; que l'on trouve dans les pâturages alpins dans les lieux fréquentés par les bovins (Sadfi & Hassine, 2018).
- **Les plantes calcicoles et les plantes calcifuges :** La simple observation sur le terrain montre que la flore n'est pas identique sur des terrains installés sur des sols calciques et des sols siliceux. En forêt; le pin d'Alep (*Pinus halepensis* willd) se trouve sur sol calcaire. Il est calcicole. De son côté; le châtaignier plantes calcicoles poussent sur des terrains contenant du calcium. Tandis que, les calcifuges préfèrent les sols siliceux (Sadfi & Hassine, 2018).

## **I. 2. Méthodes d'étude des végétations**

La caractérisation des habitats naturels et semi-naturels est, aujourd'hui plus qu'hier, une priorité de la connaissance du vivant afin de mettre en œuvre des mesures de protection, de gestion de la biodiversité, tant les espèces que leurs assemblages, au sein des communautés (Colasse et al., 2013). L'étude des groupements végétaux est l'une des clés d'un aménagement rationnel des espaces naturels et cultivés d'une manière durable.

### **I. 2. 1. Méthodes dynamiques**

C'est l'étude des séries de végétation. Elle permet de se rendre compte de l'évolution de la végétation. La dynamique de la végétation est le phénomène par lequel différentes plantes votes succéder à un même endroit au cours du temps, en fonction des conditions du milieu, et notamment du type de sol. Plus le sol est épais, plus de grandes plantes peuvent s'y développer ; en même temps (Sadfi & Hassine, 2018).

Les modèles de successions végétales ont été élaborés par Cléments (1916), sous l'angle des changements qui s'opèrent dans un système écologique depuis un état initial jusqu'au stade ultime dit « climacique » (Marage, 2003). Ce processus de succession, traduit donc en fait une évolution générale de l'écosystème stationne, dans sa structure et sa fonctionnement, et équivaut finalement à une succession écologique globale, répondent à deux possibilités (Lacoste & Salanon, 2001).

### **I. 2. 2. Méthodes phytosociologies**

Mise au point par Braun-Blanquet, la phytosociologie est la discipline botanique qui étudie les communautés végétales et leur relation avec le milieu, en se basant sur des listes floristiques les plus exhaustives possibles. Elle est l'une des branches de la géobotanique, laquelle peut s'appuyer sur d'autres types d'approches (*physionomiques, climatiques, éco morphologiques, agricoles sylvicoles, etc.*). Son objet est l'étude synthétique des communautés de végétaux spontanées, pour les définir et les classer selon des critères floristiques et statistiques (Sadfi & Hassine, 2018).

#### **I. 2. 2. 1. Analyse de la végétation**

- **Etape analytique :** Technique des relevés. Un relevé floristique se dit de l'inventaire des espèces végétales présentes dans une station (biotope) donnée, c'est également l'ensemble des opérations qui le permettent. Les relevés phytosociologies peuvent être effectués dans des quadrats ou le long de transects (Sadfi & Hassine, 2018).
- **Choix et délimitation des emplacements :** Lorsqu'on fait des relevés, on se livre obligatoirement à un échantillonnage dirigé. C'est un travail assez délicat, exigeant quelque pratique et, en tout cas, certaines précautions élémentaires (Guinochet, 1954).

Au terrain, la phytosociologie choisit l'emplacement de ses relevés selon deux niveaux de perception successifs (Gehu, 1980) : une première vision à l'échelle paysagère l'amène à choisir les éléments majeurs, significatifs, représentatifs et répétitifs du paysage végétal (formations végétales) qu'il veut étudier; une deuxième vision à l'intérieur de l'élément paysager choisi guidera le choix de l'emplacement du relevé et de ses limites.

- **Calcul de l'aire minimale des relevés :**

**Aire minimale :** C'est la plus petite surface nécessaire pour que la plus partie des espèces soient représentées. Les espèces en extension sont également notées en prenant en considération les critères d'homogénéité floristique afin d'établir une liste floristique pour la station. La détermination de l'aire minimale d'échantillonnage varie de 0,5 à 32 m, d'après les

travaux réalisées (Gounot, 1969 ; Aidoud, 1983 ; Kerkeb, 1989 ;Kaabache, 1990). Il faut que la surface du relevé soit au moins égale à l'aire minimale, ou autrement dit une surface suffisamment grande pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes sur l'individu d'association (Guinochet, 1973).Elle est définie à l'aide de la courbe aire-espèce.

**Vérification de l'homogénéité :** Le problème de l'homogénéité est le problème central de la phytosociologie (Godron, 1966). Une communauté végétale est dite floristiquement homogène quand les individus de toutes les espèces y sont réparties au hasard, d'une manière purement aléatoire, ou encore lorsque la probabilité de rencontrer un individu et constante, pour chacune des espèces, dans l'ensemble de la communauté étudiée (Daget, 1976).

### **I. 2. 3. Méthode d'étude à distance du couvert végétal (Télédétection)**

La télédétection est définie comme le processus d'acquisition d'informations sur un objet, une surface ou un phénomène sans entrer en contact avec eux. Notre œil magique est un bon exemple d'appareil pour estimer la quantité et la nature de l'énergie lumineuse visible qui nous est réfléchi dans notre champ visuel et pour déduire l'environnement. Cette énergie est générée par une source externe, généralement le soleil. Contrairement aux thermomètres qui ont besoin d'informations sur notre contact avec un objet pour mesurer sa température, la télédétection collecte des informations sur de longues distances. Cette définition est assez générale. Il a également été suggéré de réserver le terme d'énergie électromagnétique. Ainsi, la surface de la Terre sans contact direct avec elle. La télédétection englobe l'ensemble du processus qui va des matériaux à la surface de la Terre et la télédétection estime les interactions pour capturer et enregistrer l'énergie du rayonnement à l'aide de ces informations. C'est une science qui permet de prendre des photos de la terre à distance. Dans ce cas, il mesure et permet d'étudier la réponse spectrale de l'état de surface de la terre électromagnétique utilisée en fonction de la longueur d'onde de (C.F.Kh, 2022).

### **I. 3. Dynamique de couvert végétal**

La couverture végétale a un impact profond sur le déroulement des cycles biogéochimiques dans la biosphère, elle est le premier absorbeur de flux d'énergie reçu par le soleil, qui est la seule source d'énergie. La dynamique de la végétation est l'étude de la succession du couvert végétal au fil du temps. Une compréhension de la succession est nécessaire pour comprendre la protection des ressources (Faso, 2021).

On attend par dynamisme de la végétation, les modifications et transformations survenues durant un temps bien précis.

### **I. 3. 1. Evolution du couvert végétal**

Lorsque les facteurs de dégradations n'existent plus, la végétation évolue progressivement pour revenir à l'état initial avant la dégradation, c'est ce qu'on appelle la résilience d'un écosystème (Rozak, 2020).

Cette évolution de la végétation est aussi appelée dynamique progressive. L'évolution du couvert végétal s'exprime en deux types une évolution linéaire et l'évolution cyclique. L'évolution linéaire c'est l'ensemble des processus pilotant l'évolution de la végétation à partir des espaces dégradées alors que l'évolution cyclique c'est l'ensemble des dynamiques permettant à la végétation de revenir à sa phase de maturité (climax) (Garcia & Mollicone, 2019).

### **I. 3. 2. La Détérioration**

La Détérioration de n'importe quel écosystème passe par plusieurs étapes, les facteurs de dégradations varient entre une région et une autre, mais même si ces facteurs n'existent plus, il est difficile de revenir à l'état initial : l'intensité des facteurs de dégradation jouent un rôle majeur dans l'échelle temporelle de la dégradation, et au fil du temps, la capacité de l'auto restaurations ne peut pas être achevée par l'écosystème sauf s'il y'avait une forte intervention humaine (Aganze, 2021). En effet, il a été démontré que chaque écosystème est caractérisé par un seuil de dégradation à partir duquel, même en cas de disparition de la perturbation, le retour à un état antérieur ne peut être que très lent (Ferchichi, 1999).

Dans le cas de la steppe algérienne, quand ce seuil est atteint, le retour vers un écosystème productif nécessite une très forte intervention humaine qui s'appuie sur la réactivation du fonctionnement hydrique du sol, la reconstitution du stock des graines du sol, la réintroduction d'espèces pastorales et aussi la collaboration des agropasteurs (Ferchichi, 1994 ; Tarhouni et al., 2007).

Du point de vue théorique, à n'importe quel stade de dégradation, si la cause qui a provoqué celle-ci vient de disparaître, il peut se produire une reprise évolutive de la végétation vers le stade précédent. La différence entre dégradation et l'évolution progressive consiste surtout dans le fait que, tandis que la première a lieu à brève échéance, la seconde est lente. La fragilité des écosystèmes méditerranéens et la surexploitation de leurs ressources, rendent ces milieux plus vulnérables. En Algérie, ces écosystèmes connaissent depuis longtemps une dégradation excessive du couvert végétal. Cette dégradation est le résultat conjugué des facteurs naturels et d'actions anthropiques (Gaussen, 1952).

## **I. 4. Dégradation du couvert végétal**

La dégradation de quelque façon qu'elle se soit produite, passe par différents stades, qui peuvent varier selon l'intensité de la dégradation, la localité géographique où elle se produit (donc avec des aspects floristiques différents et le substrat) (Dajoz, 1971 in Abdelbaki, 2012).

La dégradation des parcours dans les régions semi-arides et arides est fortement médiatisée mais mal appréhendée. Vue sous un angle écologique, elle se manifeste par une évolution de la végétation s'éloignant d'une forme climacique. Malheureusement en zone aride on ne connaît pas bien le climax. On sait seulement que la dégradation suit à peu près le schéma suivant (Daget & Poissonet, 1971):

- Espèces appétibles
- Espèces moins appétibles
- Espèces envahissantes
- Dégradation du couvert végétal
- Désertification

Dans la pratique, la dégradation fait référence aux pertes d'usage ou de ressources. On parle de dégradation pastorale lorsque l'évolution de la végétation se traduit par une diminution de la valeur pastorale. Il peut y avoir dégradation pastorale alors même qu'il y a amélioration biologique (c'est à dire une évolution dans le sens du climax), par exemple en cas d'emboîssement par des ligneux (Daget & Poissonet, 1971).

### **I. 4. 1. Les facteurs de dégradation de couvert végétal**

#### **I. 4. 1. 1. Le surpâturage**

Une des causes directes de la désertification de vastes espaces, car touchant des écosystèmes caractérisés par des sols pauvres et une faible pluviométrie.

Les conséquences en sont connues (Besnemoune et al., 2008) :

- Diminution du couvert végétal exposant les sols à une intense érosion éolienne
- Réduction du potentiel fourrager
- Disparition des espèces les plus apprêtées par le bétail au profit des espèces les moins utiles,
- Compactage des sols, conséquence de la surcharge de surfaces de plus en plus réduites
- Stérilisation des zones situées à proximité des rares points d'eau

#### **I. 4. 1. 2. Les incendies**

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps ni dans l'espace. La combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant, nécessitant une source d'énergie pour être initiée. Pour que « ça brûle », il faut donc du

combustible, du comburant et une source d'énergie. C'est ce que l'on appelle le « triangle du feu » (Préventica, 2021).

#### **I. 4. 1. 3. L'érosion hydrique**

Dans le cas de l'érosion hydrique les eaux de pluie n'arrivent plus à s'infiltrer à cause du colmatage des pores du sol par les particules argileuses ou limoneuses. Il en résulte une baisse du niveau de la nappe aquifère et le milieu devient de moins en moins favorable à la croissance ou à la repousse des plantes (Ouedraogo, 1992).

Pour arrêter l'érosion, un couvert végétal est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, qu'il recouvre une forte proportion du sol durant les périodes de l'année où les pluies sont les plus agressives, qu'il ralentit l'écoulement du ruissellement et qu'il maintient une bonne porosité à la surface du sol. Cependant, il est difficile d'évoquer l'action protectrice d'un couvert végétal sans préciser les techniques culturales au sens le plus large, utilisées pour l'obtenir (FAO, 1994).

#### **I. 4. 1. 4. L'arrachage des buissons**

Bien que d'autres sources de combustible, telle que le gaz, soient disponibles et utilisées dans la steppe. La collecte de bois de feu demeure une pratique courante comme l'attestent les tas de buissons à proximité des aires de campement ou des groupes de maisons situées dans la steppe. Les quantités collectées sont estimées par Bahhady (1981) à plus de 5 000 buissons par an et par famille, soit l'équivalent de trois hectares. Tandis que Kernick(1979) avance, pour la fin des années 1970, le chiffre de 400 millions de buissons collectés chaque année. Les effets destructeurs de cette collecte ont toutefois été relativisés par une étude récente montrant que les coupes sont sélectives. Elles concernent plus particulièrement les plantes les plus âgées fournissant une plus grande quantité de matière ligneuse. La collecte de buissons n'entraîne pas, du moins immédiatement, la disparition de la végétation pérenne d'une zone donnée. La question est de savoir si les coupes excèdent les capacités de régénération de cette végétation (Giovannozzi, 1998).

#### **I. 4. 2. Impact de dégradation du couvert végétal**

La dégradation du couvert végétale a une conséquence très importante sur (Turlin, 2016):

- Limiter les fuites de nitrates,
- Améliorer l'autonomie en azote du système,
- Limiter l'érosion et favoriser la structure du sol,
- Limiter le développement des adventices,

- L'activité biologique (microbienne du sol et biodiversité fonctionnelle selon les espèces choisies),
- L'amélioration des Stocks de la matière organique dans le sol,
- Limiter les besoins d'entretien en amendements basiques,
- Assurer parfois une récolte de fourrage supplémentaire (culture dérobée).

#### **I. 4. 3. Impact économique des couverts végétaux**

Comme on le constate dans les prairies, la couverture permanente protège le sol et améliore sa structure, dynamise l'activité biologique et augmente le taux de matière organique. L'objectif d'une pratique régulière et adaptée des couverts végétaux est d'arriver à terme à des résultats comparables à une succession prairie culture en maintenant toute l'année un sol organisé avec des successions de plantes qui augmentent et recyclent la fertilité (Frédéric & Matthieu, 2013).

**Fertilité chimique:** En captant et en recyclant de grandes quantités d'azote, ainsi que toutes sortes d'éléments majeurs et d'oligoéléments, les couverts complètent l'action des cultures et vont améliorer graduellement la fertilité des sols. D'abord prélevés et stockés sous forme organique, ces éléments seront peu à peu restitués. Si les premières années peuvent se solder par une immobilisation, notamment pour l'azote, entraînant parfois une pénalisation des rendements, la conduite, le choix des espèces, la date et le mode de destruction sont à adapter au système pour limiter ce risque, tout en faisant progressivement croître « le volant d'auto fertilité »: un stock important tant de matières organiques labiles et une activité biologique fine qui fournissent davantage de fertilité en quantité et en qualité. Cependant, il faut garder en tête que le couvert végétal ne peut qu'accroître la quantité de carbone et d'azote dans le système ; il ne peut améliorer la disponibilité des autres éléments que s'ils sont présents dans le sol. Le couvert ne compensera pas les éléments exportés dans les grains ou les fourrages et ne corrigera jamais une carence vraie (Frédéric & Matthieu, 2013).

**Fertilité physique:** Le cumul de pratiques augmente le taux de matière organique, la qualité et la profondeur de l'organisation structurale du sol, améliore le stockage et la redistribution de l'eau. Une meilleure exploitation du milieu par les plantes conduit ainsi à une autonomie accrue des cultures qui peuvent alors exprimer tout leur potentiel et mieux résister à des stress de toutes natures. Un sol qui fonctionne correctement peut se passer de tout ou partie du travail du sol, tandis que les apports de fertilisants et les doses d'irrigation diminuent (Frédéric & Matthieu, 2013).

**Fertilité biologique :** Le développement d'une vie biologique intense et diversifiée favorise également un équilibre écologique grâce auquel les ravageurs sont en grande partie contrôlés,

principalement par leurs prédateurs. Mais, plus fondamentalement, une vie du sol intense et diverse est le gage d'une nutrition efficace des cultures. En effet, les plantes ne se nourrissent que par tellement en absorbant directement la solution minérale du sol et sont en fait nourries par une foule d'organismes vivants au niveau de la rhizosphère en échange (Frédéric & Matthieu, 2013).

### **I. 5. Conservation du couvert végétal**

Il existe deux méthodes différentes largement acceptées dans le monde, utilisées pour conserver la diversité biologique. Le premier d'entre eux est la conservation "In Situ" qui vise à protéger les plantes dans leurs propres zones de croissance naturelles. L'autre système est la conservation « Ex Situ » qui envisage la protection des caractéristiques de la diversité biologique en dehors de leurs aires de vie naturelles (Intechopen, 2013).

Bien qu'il soit possible de protéger un grand nombre d'espèces végétales en les déplaçant vers des zones extérieures à leurs écosystèmes au moyen de méthodes de conservation ex situ, le moyen le plus important de protéger les espèces végétales est de les protéger dans les habitats où elles vivent. La raison en est que tous les êtres vivants dépendent les uns des autres dans un écosystème. Aucune espèce dans la nature n'a un environnement isolé et les espèces interagissent avec les autres de plusieurs façons. Un autre avantage de la conservation in situ est que la protection d'une population d'espèces efficace dans son propre habitat est plus facile par rapport à la conservation ex situ. En conséquence, les méthodes de conservation ex situ apparaissent uniquement comme des méthodes de soutien aux côtés de la conservation in situ. Cependant, les jardins botaniques permettant de voir de nombreuses espèces de plantes ensemble et d'en apprendre davantage sont importants, notamment en termes d'éducation et de recherche scientifique. De même, les banques de semences et de tissus gagnent de plus en plus d'importance avec les méthodes biotechnologiques à croissance rapide. Cependant, chez les espèces avec l'environnement physique dans son ensemble pour protéger les écosystèmes, l'avenir sera garanti (Intechopen, 2013).

La Stratégie mondiale pour la conservation des plantes est un catalyseur pour travailler ensemble à tous les niveaux - local, national, régional et mondial - pour comprendre, conserver et utiliser de manière durable l'immense richesse mondiale de la diversité végétale tout en promouvant la sensibilisation et en renforçant les capacités nécessaires à sa mise en œuvre (BGCI, 2012).

## Chapitre II : Apport de SIG et télédétection dans les études environnementales

Dans ce chapitre on peut le diviser en deux grandes parties ; la première qui entame le SIG (Système d'information géographique) et ses concepts et son importance dans l'étude des phénomènes naturels, et la deuxième sera focalisée sur la nouvelle technique de suivi et d'évaluation des phénomènes naturels celle de télédétection.

### II. 1. SIG

#### II. 1. 1. Définition du SIG

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont relativement anciens, mais la communauté historique ne les a pas compris. Depuis la fin des années 1990, plusieurs colloques ont débattu des bienfaits de la recherche historique dans le cadre de la conférence internationale de la société des sciences sociales et d'histoire. En Europe, ce mouvement a été hérité au sein de la conférence de la société européenne des sciences sociales et d'histoire, notamment au sein du réseau Histoire et informatique (Pinol, 2011).

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

#### II. 1. 2. L'utilisation de SIG

Les utilisateurs (spécialiste en géomatique, géographe...)

- Les processus de travail (principes et méthodes) (méthodes de collecte de données, de structuration et d'entreposage, norme d'intégrité des données...).
- Les données géographiques structurées : Base de données à référence spatiale (accès, qualité et sécurité des données) ; sources fiables (ANSD, ANAT, CSE...).
- Le matériel physique (tels les ordinateurs, serveur, tablette électronique...).
- Les logiciels (ArcGIS, QGIS, MapInfo...) (Manga, 2015).

Nous présentons ci-dessous les composantes d'un système d'information géographique (Fig. 2)



**Figure 2.** Les composants d'un système d'information géographique

### II. 1. 3. Objectifs des SIG

En définir les objectifs d'utilisation des SIG comme (Lakhzoume & Sahraoui, 2020) suite :

- Définir les bases de la référence spatiale
- Développer et utiliser des outils pour localiser les différents éléments du territoire, existants ou à mettre en place
- Intégrer ou rendre intégrable les données obtenues en fonction des systèmes de référence choisis
- Offrir des données et information de qualité
- Améliorer leur traitement, stockage et diffusion grâce à l'informatique
- Analyser différents scénarios décisionnels à partir des informations obtenues

### II. 1. 4. Domaine d'application des SIG

Les SIG sont utilisés pour gérer et étudier une gamme très diversifiée de phénomènes et de réseaux de phénomènes. Les principales activités sont :

- Etablissement et mise à jour des cartes thématiques
- La reconnaissance d'un lieu, d'une région, le choix d'un chemin
- La représentation d'objet ou de classes d'objets
- La réalisation des inventaires de l'occupation, de la nature ou de tout autre attribut du sol
- La représentation des phénomènes dynamiques dans le temps (Lakhzoume & Sahraoui, 2020).

## II. 1. 5. Quelques logiciels SIG

### II. 1. 5. 1. Logiciels libres

- **GRASS GIS:** Il rassemble des propriétés de traitement d'images satellitaires et des fonctionnalités à base topologique.
- **MapServer:** Logiciel libre d'édition des cartes sur le web.
- **QGIS:** Il permet de visualisé les cartes ainsi que leurs transformation. Il présente une qualité qui le rend très simple à utiliser.
- **Post GIS:** C'est une extension pour la base de données Postgre SQL, qui permet de faire des requêtes SQL et spatiales.
- **uDig, gvSIG:** Logiciels libres développés en Java pour Linux et Windows.

### II. 1. 5. 2. Logiciels Commerciaux

- **ArcGIS:** (ArcInfo, ArcView, etc.) éditées par ESRI.
- **GeoMapGIS:** Métiers s'appuyant sur l'environnement Autodesk (AutoCAD, AutodeskMap, AutodeskMapGuide, etc.).
- **Manifold:** Logiciel novateur (serveur, géocodage, 3D, script .net, sgbd)

## II. 1. 6. Caractéristiques de SIG

Les SIG présentent des caractéristique qui lieu donne une certaine importance scientifique et économique (Khamar, 2021):

**Déterminisme** : existence justifiée

**Observabilité** : Observation des méthodes et moyens et des phénomènes

**Fonctionnel** : Nécessité du rôle individuel dans l'ensemble

**Quanti fiabilité** : Mise sous forme d'ensembles quantifiables

**Mesurabilité** : Mesure utilisant l'instrument et les unités pour des mesures

**Équilibre interne** : Entretien de la stabilité individuelle

**Composition** : Complémentarité individuelle dans un ensemble

**Maintenabilité** : Possibilité d'entretien

**Fiabilité** : Rôle prouvé dans l'ensemble

**Robustesse** : Tolérance aux fautes suite au différent chargement du système

**Dépendance** : Entretien et collaboration (Mohammed, 2013).

## II. 2. Télédétection

### II. 2. 1. Télédétection dans les études environnementales

La télédétection s'avère être un outil très adapté pour étudier les activités et selon l'évolution de la végétation. Grâce aux satellites, il est possible de cartographier couvert végétal à des échelles spatiales et temporelles très différentes, ils permettent également d'estimer l'irradiance solaire globale, ainsi que certains paramètres caractéristiques du couvert végétal, comme la quantité de biomasse ou le rayonnement photosynthétique actif. Outils pour mieux comprendre les processus physiques et biologiques qui régissent la dynamique des écosystèmes végétaux, les données de télédétection peuvent également être utilisés pour connaître les conséquences d'éventuelles modifications de la répartition du couvert végétal, pour mettre en place des solutions de gestion plus durables (UVED, 2008).

### II. 2. 2. Concept de la télédétection

C'est un ensemble de connaissances et de techniques utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures prises à distance, sans aucun contact physique avec eux. Il permet, à l'aide d'un capteur, d'observer et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi par n'importe quelle cible sans entrer en contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'approcher certaines propriétés de cette cible : géométrie (position, forme et taille), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, pH massique, matière organique du sol). De plus, la télédétection est le résultat de l'interaction entre trois facteurs fondamentaux: sources d'énergie, cibles et capteurs, et comprend la mesure des signaux électromagnétiques émis ou réfléchis par une cible (Soudani, 2005).

### II. 2. 3. l'importance de la télédétection

L'importance de la télédétection se résume comme suite :

- Un satellite couvre de très grandes surfaces en quelques secondes gaines du temps.
- Le coût de construction, de lancement et d'opération d'un satellite est partagé entre plusieurs milliers d'utilisateurs qui achètent les images pour leurs propres projets.
- Un satellite peut acquérir plusieurs images d'une même région et les ordinateurs peuvent détecter avec précision les changements entre les différentes images acquises. Pour le suivi de changements rapides (feux de forêt, inondations) ou lents (cultures, expansion des villes),

- La télédétection nous montre exactement ce qui se passe, où ça se passe et avec quelle ampleur. Elle n'est pas fondée sur la mémoire ou sur l'expérience humaine. La télédétection est fiable et permet de répéter l'information avec une précision mesurable.
- L'information de télédétection est numérique et peut être analysée et comparée par ordinateur. Les décisions peuvent donc être prises rapidement et avec précision.

#### **II. 2. 4. Domaines d'application**

La télédétection suscite de nombreux intérêts dans plusieurs domaines notamment (Ouattara, 2013) :

- L'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie) où elle permet d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière ;
- L'océanographie où elle offre l'avantage de permettre une vision synoptique de vastes régions qu'il est impossible d'obtenir par les moyens traditionnels (bateaux) ;
- L'Agriculture où elle permet la surveillance des cultures, l'évaluation des dommages etc;
- La foresterie où elle permet une bonne gestion des ressources forestières à travers l'évaluation des surfaces forestières et leur évolution spatiotemporelle
- La géologie et bien d'autres applications terrestres.

#### **II. 2. 5. Traitements en télédétection**

L'observation de la terre par les satellites peut être décomposée en cinq étapes ou processus, depuis la source d'énergie qui éclaire la surface terrestre jusqu'à la réception des données par la station satellite au sol (Fig. 3) (UVED, 2008).

##### **II. 2. 5. 1. La source d'énergie**

Trois sources d'énergie sont utilisées en télédétection à savoir le soleil, la surface terrestre (domaine thermique ou celui des micro-ondes passives) et le capteur satellite (domaine des hyperfréquences) (CPS, 2011).

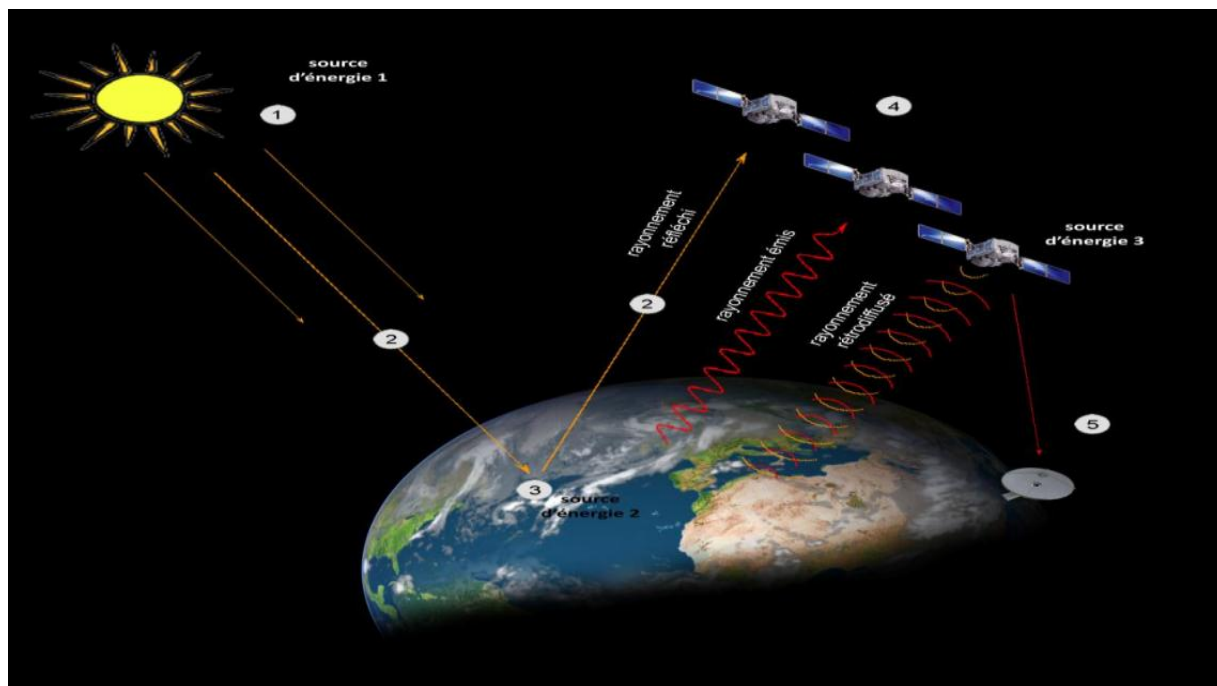


Figure 3. Télédétection à l'aide des satellites (UVED, 2008).

### II. 2. 5. 2. Les interactions du rayonnement avec l'atmosphère

Avant que le rayonnement utilisé pour la télédétection n'atteigne la surface de la Terre, celui-ci doit traverser une certaine épaisseur d'atmosphère. Les particules et les gaz dans l'atmosphère peuvent dévier ou bloquer le rayonnement incident. Ces effets sont causés par les mécanismes de diffusion et d'absorption (Rncan, 2015).

### II. 2. 5. 3. Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre

Lorsque le rayonnement parvient à la surface de la Terre, il va interagir avec celle-ci. La nature des interactions est fonction à la fois du rayonnement et des propriétés spectrales des surfaces (CPS, 2011).

### II. 2. 5. 4. L'enregistrement du signal par le capteur satellitaire

L'énergie réfléchi, émise ou rétrodiffusée par la surface de la Terre est captée puis enregistrée et discrétisée au niveau du capteur satellitaire (CPS, 2011).

### II. 2. 5. 5. La transmission et la réception des données

Une fois l'énergie reçue par le capteur, elle est transmise vers une station de réception et de traitement où elle est convertie en données numériques (CPS, 2011).

### II. 2. 6. Principes de la télédétection

La télédétection utilise des appareils : les capteurs ont pour rôle de mesurer l'énergie émis ou transmis par tout corps dans l'atmosphère ou à la surface de la terre. Mais avant qu'il le corps ou la cible doit recevoir une certaine quantité d'énergie interagira avec cible avant d'être

mesurée par le capteur. Par conséquent, selon la source d'énergie, nous fera la distinction entre la télédétection passive et la télédétection active (Ouattara, 2013).

### II. 2. 6. 1. La télédétection passive

La télédétection passive utilise des capteurs passifs qui peuvent seulement percevoir l'énergie réfléchi lorsque le soleil illumine la terre (Fig.4).La source d'énergie est donc le soleil et conséquemment c'est l'énergie dégagée naturellement par la cible qui peut être perçue par le capteur le jour ou la nuit tandis qu'il n'y a pas d'énergie solaire réfléchi le soir (Ouattara, 2013).

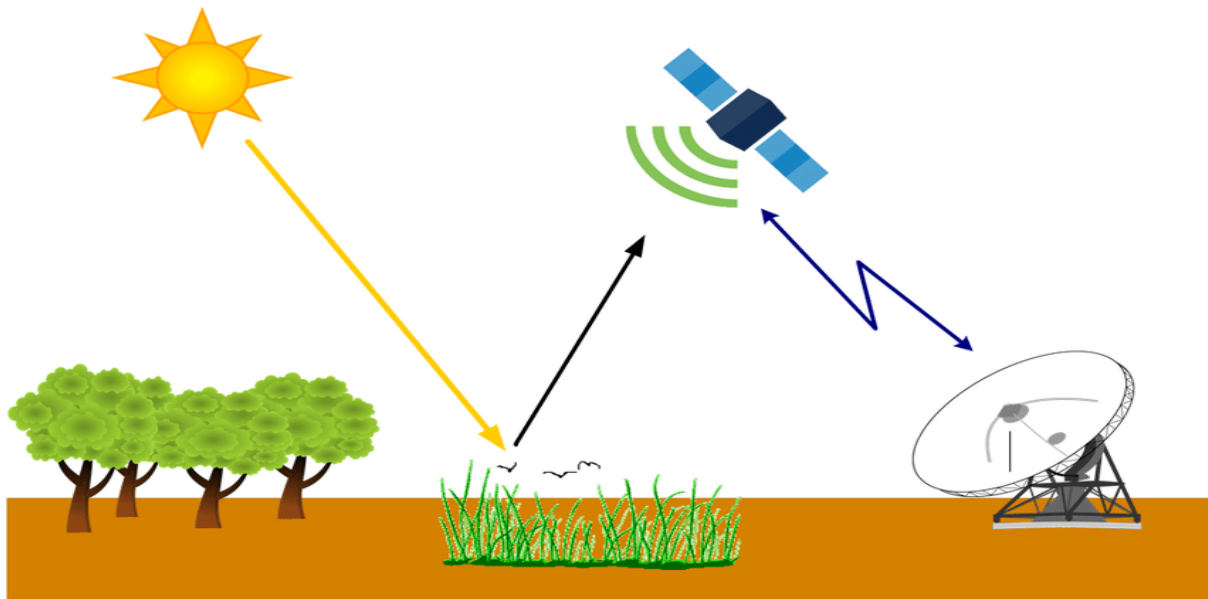


Figure 4. Illustration de la télédétection passive (CCT, 2007).

### II. 2. 6. 2. La télédétection active

La télédétection active utilise des capteurs actifs qui produisent leur propre énergie pour illuminer la cible : ils dégagent un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible (Fig. 5). Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. Le capteur actif a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison. Cependant, il doit produire une énorme quantité d'énergie pour bien illuminer une cible et utilise des longueurs d'onde qui ne sont pas produites en quantité suffisante par le soleil telles que les hyperfréquences (Ouattara, 2013).

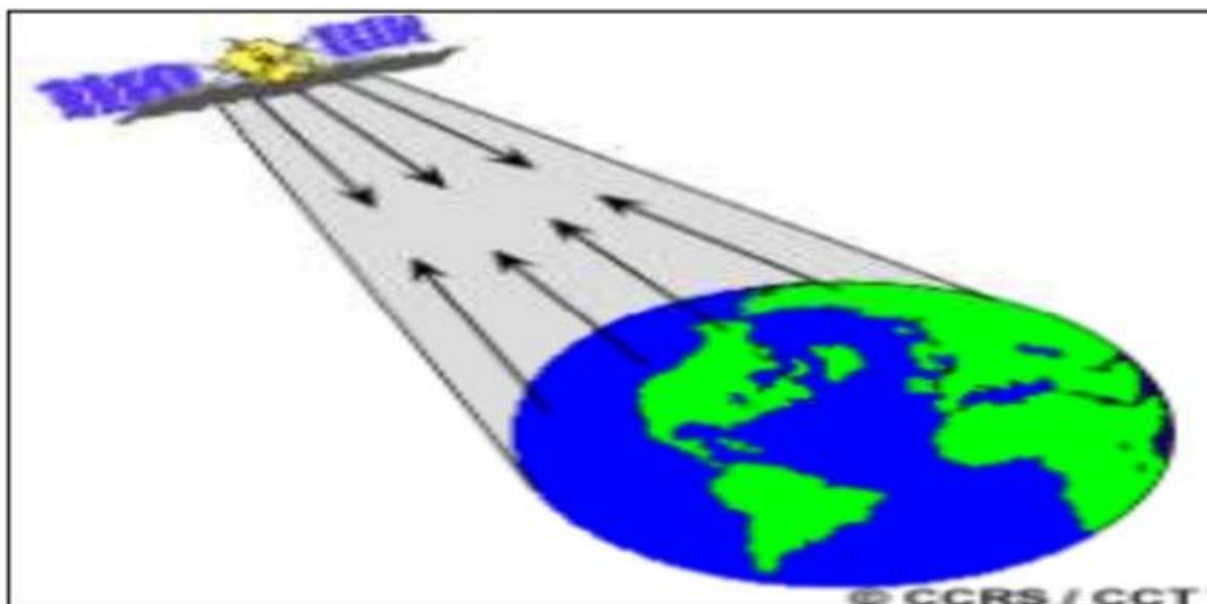


Figure 5. Illustration de la télédétection active (CCT, 2007).

### II. 2. 7. Signatures spectrales des principales surfaces naturelles

Ensemble des caractéristiques du rayonnement électromagnétique réémis, conditionnés par les propriétés de la matière irradiées, nécessaires et suffisantes pour l'identifier (Fig. 6).

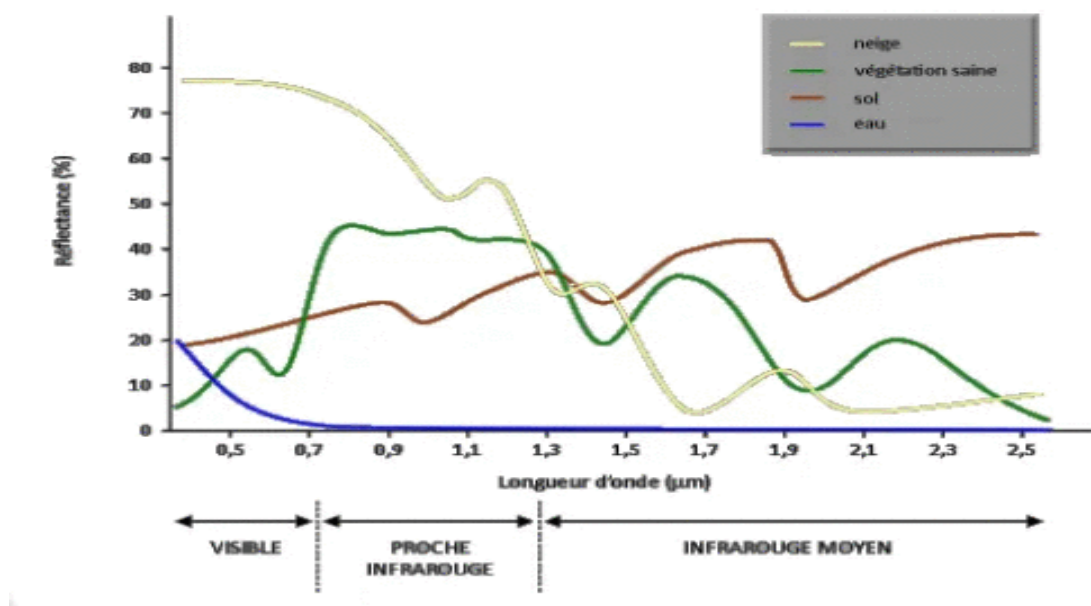


Figure 6. Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008).

#### II. 2. 7. 1. Le sol

En ce qui concerne la signature spectrale des sols, on note un accroissement régulier de la réflectance au fur et à mesure qu'on se déplace vers les grandes longueurs d'onde. Les discontinuités que l'on observe dans le proche infrarouge et l'infrarouge moyen sont dues aux bandes d'absorption de l'eau. L'étude des propriétés spectrales des sols est toutefois

particulièrement complexe car elle doit tenir compte de la nature hétérogène du sol qui contient à la fois des matières minérales et organiques, mais aussi une composante liquide ; tous ces éléments vont influencer la réflexion du rayonnement (Girard, 1989).

### **II. 2. 7. 2. L'eau**

L'eau a une réflectance très faible dans toutes les longueurs d'onde, elle absorbe cependant un peu moins les ondes les plus courtes, d'où sa couleur bleue. Sa signature spectrale dépend à la fois des molécules qui la constituent, mais aussi des éléments dissous ou en suspension dans la colonne d'eau, comme les organismes phytoplanctoniques, les sédiments ou les substances jaunes (Gower et al., 1988).

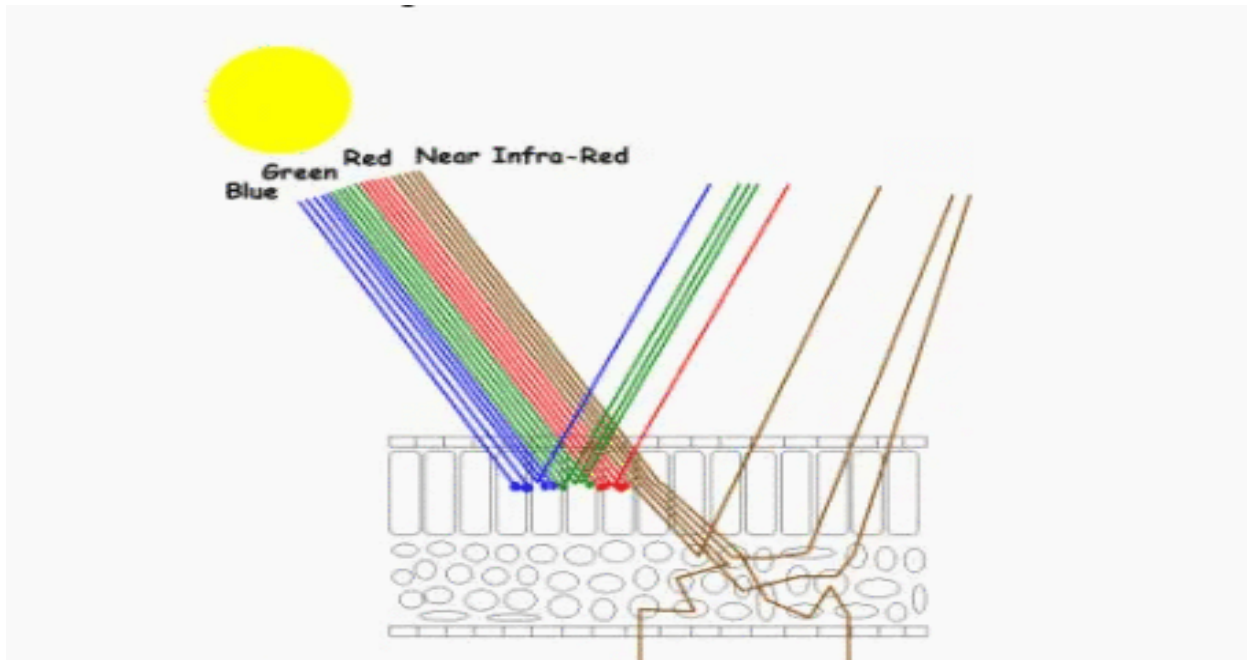
### **II. 2. 7. 3. La végétation**

La végétation couvre une énorme portion de la surface émergée de la Terre. Ses rôles dans la régulation de la température globale, dans l'absorption de CO<sub>2</sub> et dans d'autres fonctions importantes en font un type de couvert du sol particulièrement important et intéressant (Fig. 7). La télédétection profite de la manière particulière dont la végétation réfléchit le rayonnement électromagnétique incident pour obtenir de l'information sur la végétation (Guyot, 1984).

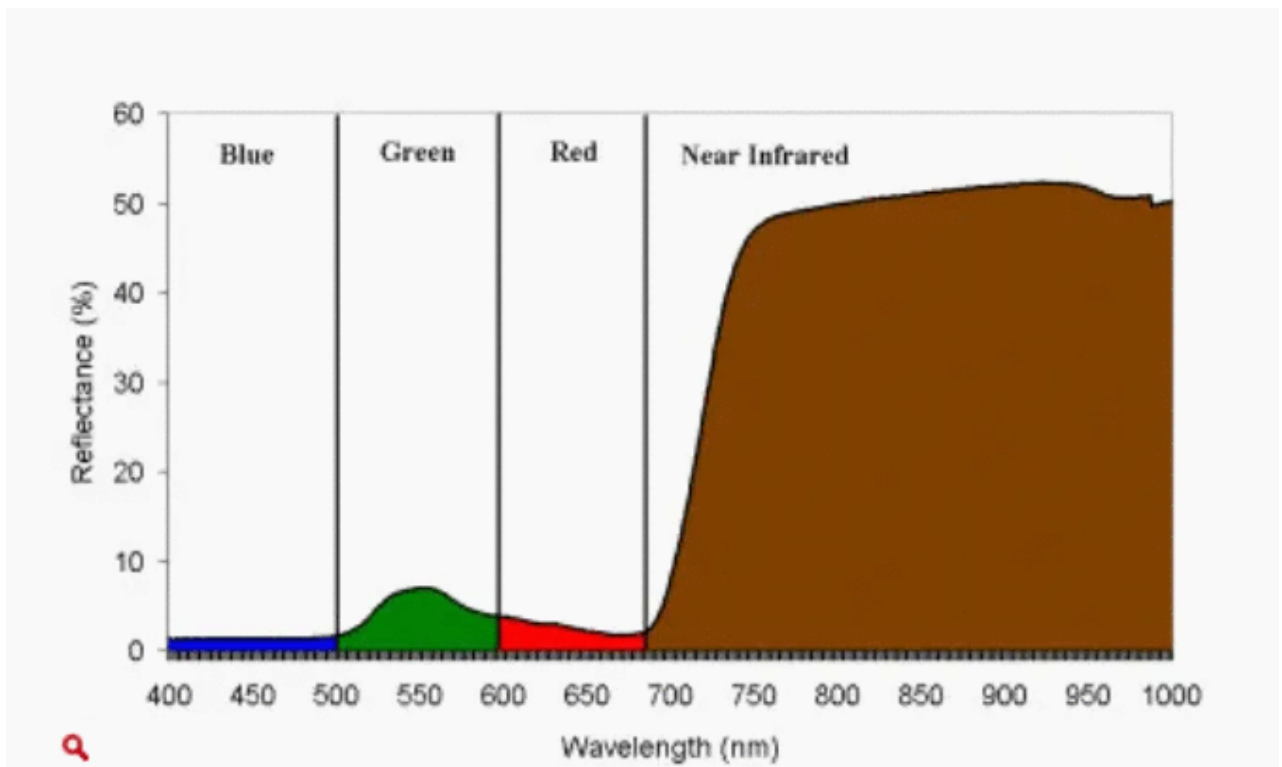
La combinaison d'une faible réflectance dans le visible et d'une réflectance élevée dans le proche infrarouge est spécifique à la végétation. C'est pourquoi on parle de signature spectrale de la végétation (Fig. 8).

#### **➤ Variation de signature spectrale de végétation**

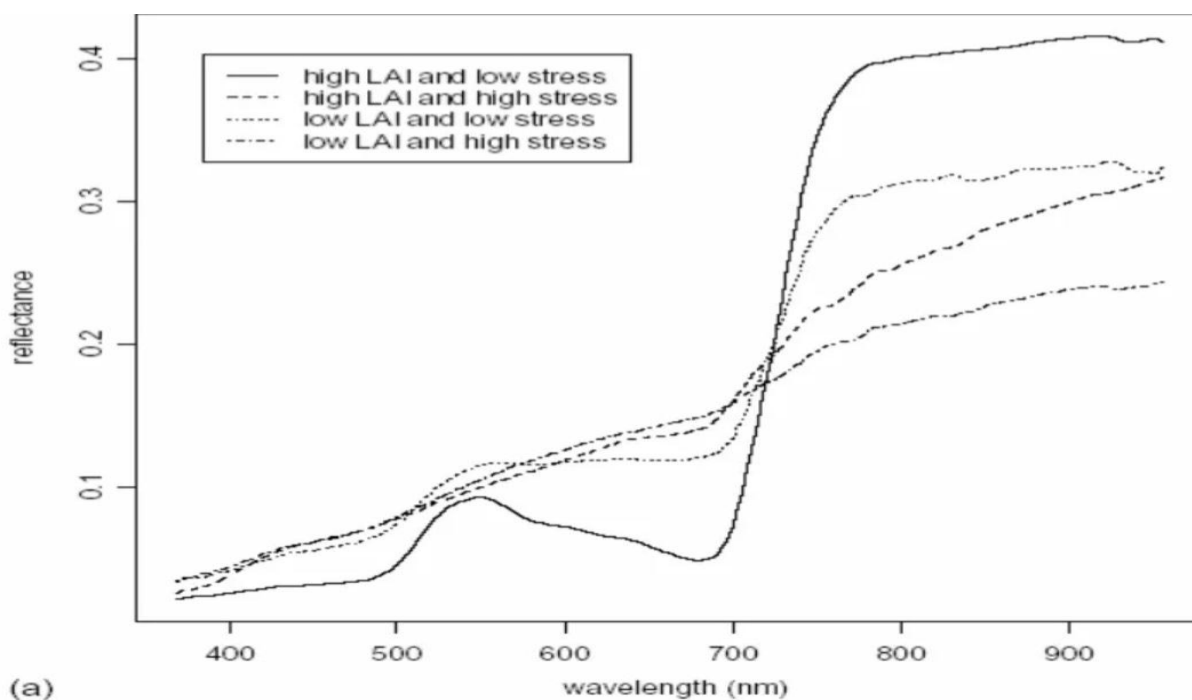
Les mesures prises avec le spectroradiomètre ASD nous permettent d'étudier la variation de la signature spectrale du couvert végétal entre 400 (bleu) et 1000 nanomètres (proche infrarouge). Cette signature est très peu variable dans le visible après l'arrêt de l'irrigation (Fig. 9). L'écart entre la signature des plants témoins et celle des plants induits en stress au début et à la fin du stress développement des feuilles est presque nulle. Ce résultat est également confirmé par l'Annexe 4 qui présente la variation de la signature spectrale des plants témoins et des plants induits en stress à plusieurs stades d'induction du stress (Imanishiet al., 2004).



**Figure 7.** Structure cellulaire d'une feuille et son interaction avec le rayonnement électromagnétique. La plus grande partie de la lumière visible est absorbée, tandis que presque la moitié du rayonnement proche infrarouge est réfléchi (UVED, 2008).



**Figure 8.** La végétation a une faible réflectance dans le visible et une réflectance élevée dans le proche infrarouge (UVED, 2008).



**Figure 9.** Variation de la signature spectrale de la végétation selon le LAI et différents niveaux de stress hydriques (Imanishi et al., 2004).

### II. 2. 8. L'analyse d'une image

L'objet de ce travail est l'estimation de la couverture végétale à partir d'images satellites hautes résolutions en optique. Pour cela, nous proposons tout d'abord de modéliser le transfert radiatif dans le couvert. Le modèle proposé consiste à coupler les modèles SAIL et Adding permettant ainsi une modélisation fiable de la diffusion et de tenir compte du phénomène de hot spot entre les flux diffus. Ensuite, nous définissons le modèle inverse qui permet d'estimer le taux de couverture à partir des mesures en Rouge et en Proche Infrarouge. Pour cela, nous proposons une inversion semi-empirique du modèle couplé SAIL/Adding consistant à étalonner quatre paramètres. Par la suite, dans le but d'améliorer les résultats, nous proposons de fusionner notre méthode avec des indices de végétation. Nous avons alors proposé une règle de combinaison qui tient compte de la redondance entre les différents estimateurs. La dernière partie est consacrée à la création d'une cartographie du taux de couverture. Nous nous plaçons ainsi dans le cadre de la classification Markovienne. Afin de conserver les structures fines de l'image, nous proposons de considérer un voisinage adaptatif pour chaque pixel (Kallel, 2010).

### **II. 2. 8. 1. Classification d'analyse d'une image**

Les méthodes de classification les plus communes peuvent être séparées en deux grandes catégories : les méthodes de classification supervisée et les méthodes de classification non supervisée.

#### ➤ **Classification supervisée**

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). 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. Une classification supervisée commence donc par l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent. -tests est basée sur les connaissances de l'analyste, sa familiarité avec les régions géographiques et les types de surfaces présents dans l'image. L'ordinateur utilise un programme spécial ou algorithme afin de déterminer la "signature" numérique de chacune des classes. L'analyste supervise donc la classification d'un ensemble spécifique de classes. Une fois que l'ordinateur a établi la signature spectrale de chaque classe à la classe avec laquelle il a le plus d'affinités. Ces échantillons forment un ensemble de données La sélection de ces données -tests.

#### ➤ **Classification non-supervisée**

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. Ces classes sont ensuite associées, par un analyste, à des classes d'information utile (si possible). Habituellement, l'analyste spécifie le nombre de groupes ou classes qui seront formés avec les données. Cependant, cette méthode ne commence pas avec un ensemble prédéterminé de classes comme pour la classification supervisée. 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. Des programmes appelés algorithmes de classification sont utilisés pour déterminer les groupes statistiques naturels ou les structures des données. Les classes spectrales sont formées en premier, basées sur l'information numérique des données seulement. La classification non supervisée procède de la façon contraire. L'intervention humaine n'est donc pas totalement exempte de la classification non supervisée.

## II. 2. 9. Indices de végétation

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.

### II. 2. 9. 1. Le principe

Le principe est de lier les caractéristiques spécifiques de la végétation (humidité, évapotranspiration, etc.) aux valeurs radiométriques (valeurs de réflexion et, le cas échéant, température de luminance) enregistrées dans deux ou plusieurs bandes spectrales du capteur. En effet, le problème est de réaliser des combinaisons linéaires ou non linéaires (différences, rapports...) de réflectances obtenues à différentes longueurs d'onde. Le calcul de l'indice est essentiellement basé sur la différence de réflectance observée dans différentes bandes spectrales et la variation de réflectance au sein d'une même bande spectrale reflétant la surface de différentes textures. Par conséquent, les différences dans les propriétés optiques de la végétation rouge et proche infrarouge sont principalement utilisées. Les réflexions dans le proche infrarouge augmentent avec la présence de végétation (fortes réflexions du parenchyme lacunaire) et les réflexions rouges diminuent (pic d'absorption de la chlorophylle) (Bannari et al., 1995).

### II. 2. 9. 2. Les principaux indices de végétation

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (Bannari et al., 1995). 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.

#### ➤ TSAVI

L'indice transformé de végétation ajusté au sol (TSAVI) est un indice de végétation qui minimise les influences de la luminosité du sol en supposant que la ligne du sol présente une pente et une interception arbitraires (Baret & Guyot, 1991).

$$\text{TSAVI} = (s * (\text{NIR} - s * \text{Red} - a)) / (a * \text{NIR} + \text{Red} - a * s + X * (1 + s^2))$$

- NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge
- Red = valeurs de pixel du canal rouge
- s = pente de la ligne de sol
- a = intersection de ligne de sol
- X = facteur d'ajustement défini pour minimiser le bruit du sol

➤ **PVI**

La méthode de l'indice de végétation perpendiculaire (PVI, Perpendiculaire Végétation Index) est similaire à un indice de végétation par différence. Il est toutefois sensible aux variations atmosphériques. Si vous utilisez cette méthode pour comparer des images, ne l'appliquez qu'à des images qui ont subi une correction atmosphérique (Baret & Guyot, 1991).

$$\text{PVI} = (\text{NIR} - a \cdot \text{Red} - b) / (\text{sqrt}(1 + a^2))$$

- NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge
- Red = valeurs de pixel du canal rouge
- a = pente de la ligne de sol
- b = dégradé de ligne de sol

Cet indice génère des valeurs comprises entre -1,0 et 1,0.

## Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

Ce chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude, qu'est une démarche très importante et indispensable avant toute étude pour une vision globale et précise sur la zone et cela va bien la formulation des hypothèses, définir la recherche et par conséquent bien analyser les résultats obtenus. Dans ce contexte on présente, principales caractéristiques physiques, hydrologiques et morphologiques du bassin versant Gareat El Tarf.

Le bassin de Gareat El Tarf on le rencontre dans la partie nord orientale de l'Algérie ; à l'extrême est des hautes plaines steppiques entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au Sud (massif des Aurès) (Benzata, 2013).

### III. 1. Situation administrative

Gareat El Tarf est un bassin versant des hauts plateaux constantinois, fait partie des hautes plaines steppiques orientales, occupe une partie de superficie de deux wilayas Khenchela et Oum ElBouaghi (Fig. 10), plus précisément dans cinq communes (DGFOB, 2005) :

- Wilaya de Khenchela : Khenchela, El Hamma, Remila.
- Wilaya d'Oum El Bouaghi : Ain Zitoune, Oum El Bouaghi.

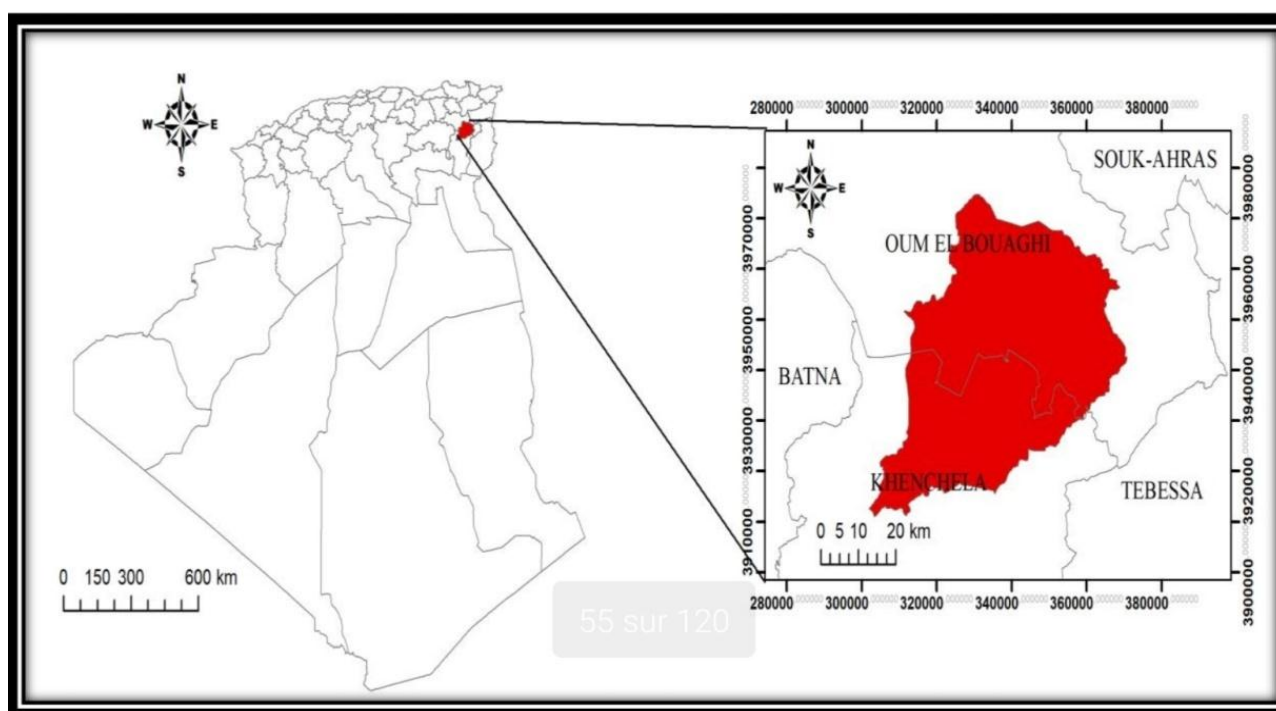
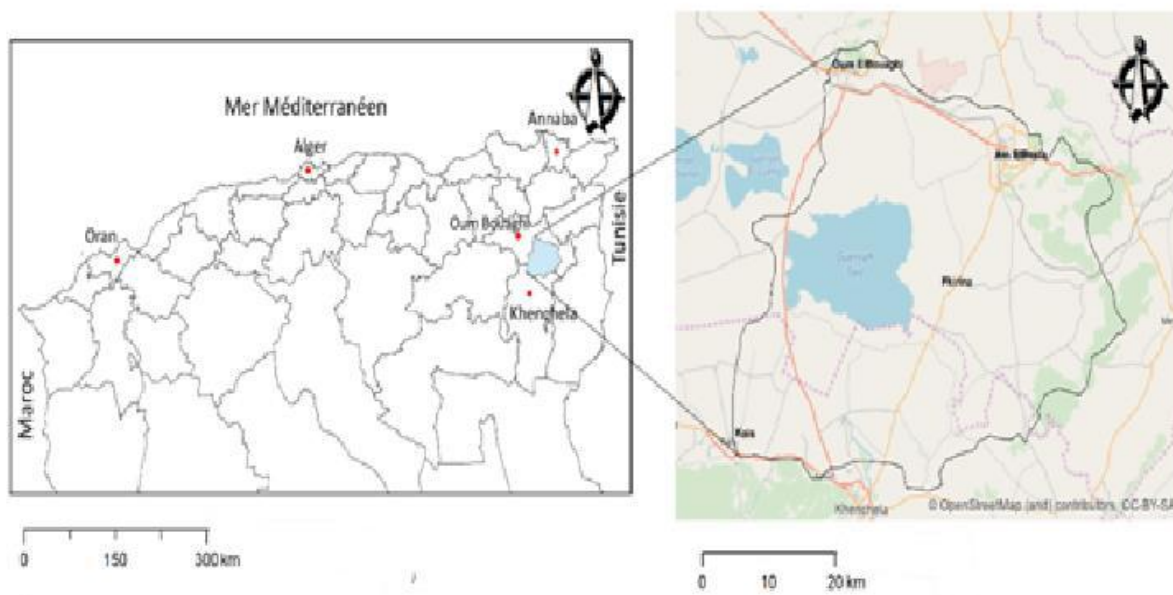


Figure 10. Situation administrative de la région d'étude (DGFOB, 2005).

### III. 2. Situation géographique

Le bassin versant de Gareat El Tarf fait partie de l'ensemble des bassins versants des hauts plateaux constantinois. Il couvre une superficie de 2432 km<sup>2</sup>. Il se situe entre la latitude 35°19'405" et 35°54'583" Nord et la longitude 6°49'655" et 7°34'651" Est (Banzata, 2013). Le centre de bassin est jalonné par une dépression endoréique (Garaat) plus connue sous l'appellation de Sebkhha (lac salé) et qui couvre une superficie de 200 km<sup>2</sup> (Fig. 11). Les limites du bassin « Sebkhha » correspondent à (Rahmoune & Chermate, 2019) :

- Au Nord, la ligne de crête, de direction NW-NE des massifs de Sidi Reghis et Aamamet El Kebir.
- A l'Est, la ligne de crête, de direction NE-SW des massifs de Dj. Fedjidj, Dj. Boutokhma, Tafrennt et Chettaia.
- Au Sud, la ligne de crête de direction SE-SW, des Djebels Feraoun, Aurès, et El Aoud



**Figure 11.** Situation géographique du bassin versant Gareat El Tarf (Rahmoune & Chermate, 2018).

### III. 3. Le couvert végétal

La végétation ne trouve pas des conditions climatiques favorables pour sa croissance, la couverture végétale est xérophile (adaptée à l'aridité), la végétation arborisée est rare, seules les plantes steppiques comme le Disse (*Ampelodesma Mauritanica*). En revanche, les cultures de blé et de l'orge peuvent se faire sans irrigation sur ces vastes plaines, La végétation est

essentiellement entourée par des champs de culture céréalière et avec une richesse floristique peu importante, La végétation dans les plaines et les plateaux de basse altitude est de type steppique très clairsemé, en altitude, la région est boisée surtout de belles et de vastes forêts constituées essentiellement de chênes verts. De pin d'Alpes, genévriers, ifs, à partir de 1500ssm des forêts de cèdres. Les prairies sont bien représentées ; et les périmètres irrigués sont bien développés surtout dans la plaine de F'kirina et Remila dans le cadre de la mise en valeur des terres. Tout autour de la Sebkhia subsiste une végétation herbacée composée essentiellement d'Armoise Blanche et d'À triplex (Dali, 2009).

### III. 4. Le relief

Le bassin de Gareat El Tarf constitue une dépression endoréique très étendue et relativement élevée, environ 960 m, qui a reçu tous les apports d'érosion des reliefs environnants. La géomorphologie est dominée par des hautes plaines parsemées des dépressions constituant le chott (Gareat El Tarf), avec une altitude d'environ 830 m ce dernier s'étend sur 20 km de long et 15 km de large dont seulement le 1/4 est inondé (Laassab & Kaoua , 2018), tout autour, on trouve des chotts satellites qui fusionnent avec celui d'El Tarf lors des grandes crues. Les périmètres de ce lac salé sont caractérisés par un niveau plat. Les massifs qui encadrent le bassin dépassent les 2000 m. Les bordures sud et nord du bassin sont marquées par des inclinaisons relativement importantes ; conséquence d'une activité tectonique ayant affecté ces régions, permettant un écoulement superficiel plus important (Guiraud, 1973).

La géomorphologie du site est caractérisée par une topographie au sol plane sur l'ensemble de la terre. Les bordures sud et nord du bassin sont marquées par des inclinaisons relativement importantes, conséquence d'une activité tectonique ayant affecté ces régions, permettent un écoulement superficiel plus important. Le massif des Aurès est la barrière montagneuse qui prolongeant les hauts plateaux de l'Atlas, marque brutalement sur sa surface sud, la zone saharienne grâce à sa haute position (Fig.12), Trois grands ensembles géographiques caractérisent le relief de la zone d'étude (Bakhouche & Slama, 2021):

- Les montagnes (35 % de la superficie de la wilaya): à l'ouest de la wilaya se trouvent les plus hautes montagnes du massif des Aurès (avec le mont Chelia à 2328 m), dans la zone centrale les monts des Nememcha et, au Nord-Est les montagnes de Tafrent (Ain Touila).
- Les plaines: En trouve la plaine de Remila au Nord, les hautes plaines de Bouhmamaau Sud et M'toussa à l'Ouest à l'Est.

- Les parcours steppiques, sahariens et les chotts: au Sud, occupant près de la moitié de la superficie de la wilaya (49%), ils sont constitués partis de terres sablonneuses avec, à l'extrême Sud, des dépressions (Chotts) et une zone dunaire.

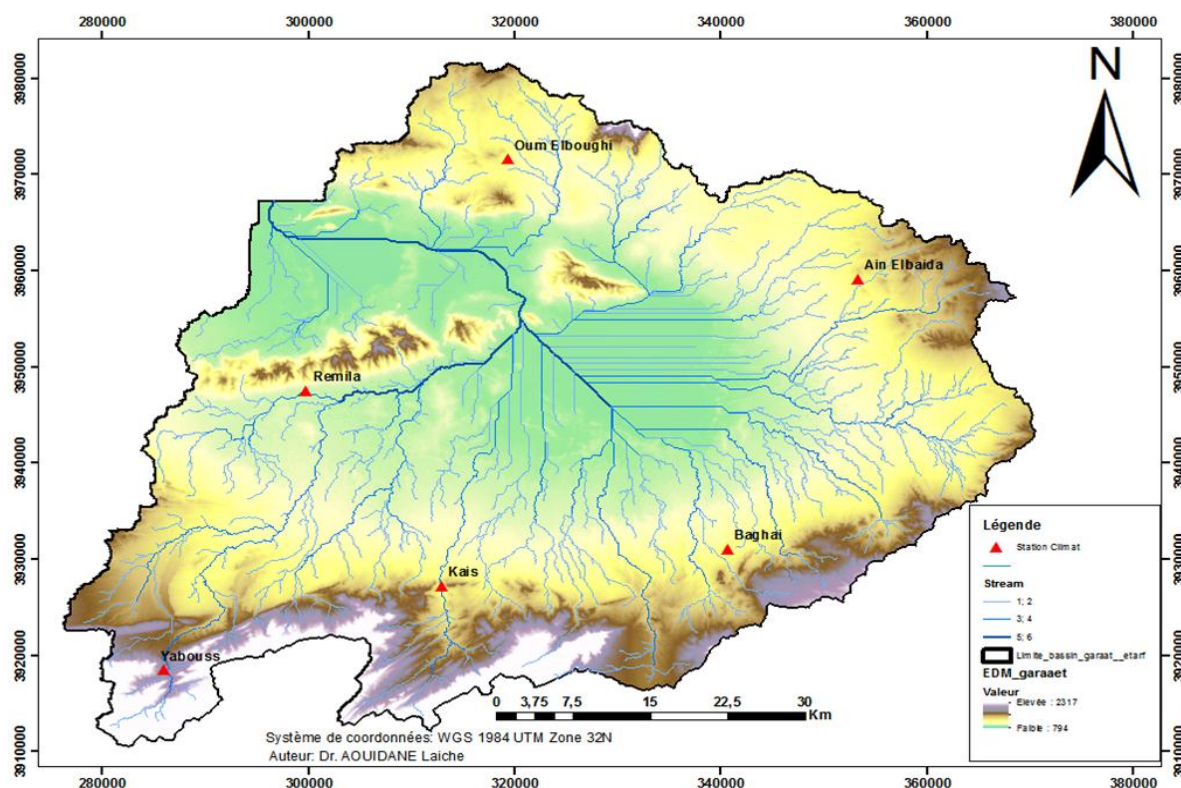


Figure 12. Carte des reliefs du sous bassin versant Garaet El Tarf (Tir & Nemer, 2021).

### III. 5. Hydrologie

La zone est alimentée par des eaux pluviales et de crues acheminées à travers des terrains agricoles. La sortie d'eau se fait uniquement par évaporation et d'une manière intense au cours de la saison chaude. Il est caractérisé par un chevelu hydrographique dense de Chaâbets (ruisseaux) et des Oueds dont les plus importants (Fig. 11). Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime de ces cours d'eau, en particulier les précipitations qui agissent directement dans l'alimentation pluviale du bassin versant. Les eaux du site sont salées (DGFOB, 2005).

#### III. 5. 1. Réseaux hydrographiques

Le réseau hydrographique est peu dense, avec quelque cours d'eau permanent. Ils sont tous endoréiques et convergent vers Garaet El Tarf. En général, le Réseau hydrographique est représenté par (Fig. 11) (Dib, 2018) :

**Oued Boulfreis** : est un cours d'eau important dans le bassin versant. Il reçoit plusieurs Oueds : Taarist, Melah, Meroui, Martoum et Taouzteni provenant du Flanc

Nord de l'Aurès. Il est orienté SO-NE, il subit des déviations locales et passe par le chott El Maleh et se jette finalement dans le Garaet El Tarf (Dib,2018).

**Oued Gueiss** : C'est un Oued saisonnière qui ouvre un long couloir dans l'Aurès ; il sort du Djebel Noughiss, il va se jeter dans la Garaet El Tarf sous le nom d'oued Marouf. Les affluents qui reçoivent dès l'Aurès sont nombreux.

**Oued El Hammam** : sort du Kef El Biod (1815 m) par une étroite vallée sous le nom d'Oued El Kissane, reçoit à quelques kilomètres de Khenchela la source chaude d'Aïn El Hammam, prend le nom d'Oued El Hamma et débouche dans la plaine par de FoumTfist près de la route de Khenchela et termine son parcours dans les chotts.

**Oued Baghai** : prend source à Djebel Chellalaia, montagne isolée au sud-est de Khenchela après avoir servi travers la route Khenchela-Zoui-Tébessa, arrose la plaine de Khenchela, Ksar Baghai et va se jeter dans la Garaet El Tarf ; il reçoit à gauche de petits affluents alimentés par des sources et qui sourdent du Djebel Chabor (1216 m).

**Oued Aimer** : Oued Aissaour, Oued Nini et Oued El Hassi, ces Oueds prennent Sources successivement des massifs de Djebel Chettaia (1455 m), Djebel Knif (1224 m), Djebel Fedjidjet (1291 m) et Dj. Galaa (1135 m) et se déversent à Garaet El Tarf.

La partie nord du bassin versant est arrosée par des Faids (plaines inondées) : FaidAbdalah Bou Lakhdar, Faid El Madfoun, FaidTegouft et FaidSomar (Dib, 2018).

### III. 5. 2. Caractéristiques du réseau hydrographique

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques (Bouanani, 2004).

La forme et la densité de ce dernier représentent les deux caractéristiques importantes d'un bassin versant. Sa différenciation est due à plusieurs facteurs dont les plus importants sont : La géologie, le climat, la pente du terrain, la présence ou absence d'agglomérations... (Dib, 2018).

### III. 6. Climat

Selon le GIEC le changement climatique est défini comme étant une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longue période (généralement pendant des décennies ou plus). Ces changements peuvent être dus à processus interne naturels ou des forçages externes, ou encore à des causes anthropiques (Farah, 2014).

D'après le travail de Tir & Nmer (2021). Le climat de la région de Garaet Et Tarfa été suivi dans les six stations d'Oum El Bouaghi, Ain Elbaida, Baghai, Yabous, Ramila et Kais cela pour une période de 63 ans, et les résultats pouvant être résumé comme suite :

- La région de Garaet El Tarf est caractérisée par des étés chauds, surtout en juillet, 36°C, et des hivers très froids, où la température en janvier atteint -1°C à la station Yabous.
- La température annuelle moyenne varie d'une année à une autre avec un maximum entre 34°C et 36 °C un minimum de 24°C et 26°C.
- La variabilité des précipitations pendant 63 ans, confirme que la région est classée comme région caractérisée moyennement arrosée avec une précipitation de mois de 450 à 250 mm/an.
- Le type de climat dans le sous bassin de Garaet Et Tarf en général climat semi-aride
- Vitesse moyenne du vent entre 3,4 et 3,6 mps

### III. 6. 1. Les précipitations

En générale, on peut déduire que la région d'étude Garaat Et Tarf est caractérisée par une variabilité importante de précipitations moyennes mensuelles, qui oscille de 10 à 55 mm les plus élevés mesurés au sud de la région et les plus basses au centre de la région, aussi les précipitations sont réparties en deux périodes : période humide qui s'étale de septembre à mai et la période sèche estivale de Juin à août. Concernant l'évolution chronologique des précipitations, on a divisé notre série en trois vicennales (1958-1977, 1978-1997, et 1998-2020) présente une diminution progressive des précipitations où la vicennale la plus arrosée est la première (1958-1977), vient en deuxième position la vicennale (1978-1998), et la moins arrosée est la dernière vicennale (1998-2020) (Fig. 13) (Tir & Nmer, 2021).

### III. 6. 2. La température

Les températures moyennes mensuelles de la région montrent des variations saisonnières très importantes. On distingue deux périodes : une période estivale chaude (Juin, Juillet et Août) où les températures dépassent 25°C, et une période froide d'hiver (Novembre, décembre, janvier, février et mars) où les températures sont inférieures à 10°C. Alors que l'on constate le mois le plus chaud est celui de Juillet avec des températures qui dépassent les 35°C. Tandis que le mois le plus froid est février qui présente des valeurs très proches de 0°C. En générale la répartition spatiale des températures indique un gradient qui croît du sud vers le nord, et l'évolution chronologique montre une augmentation rapide des températures d'une vicennale (Fig. 14) (Tir & Nmer, 2021).

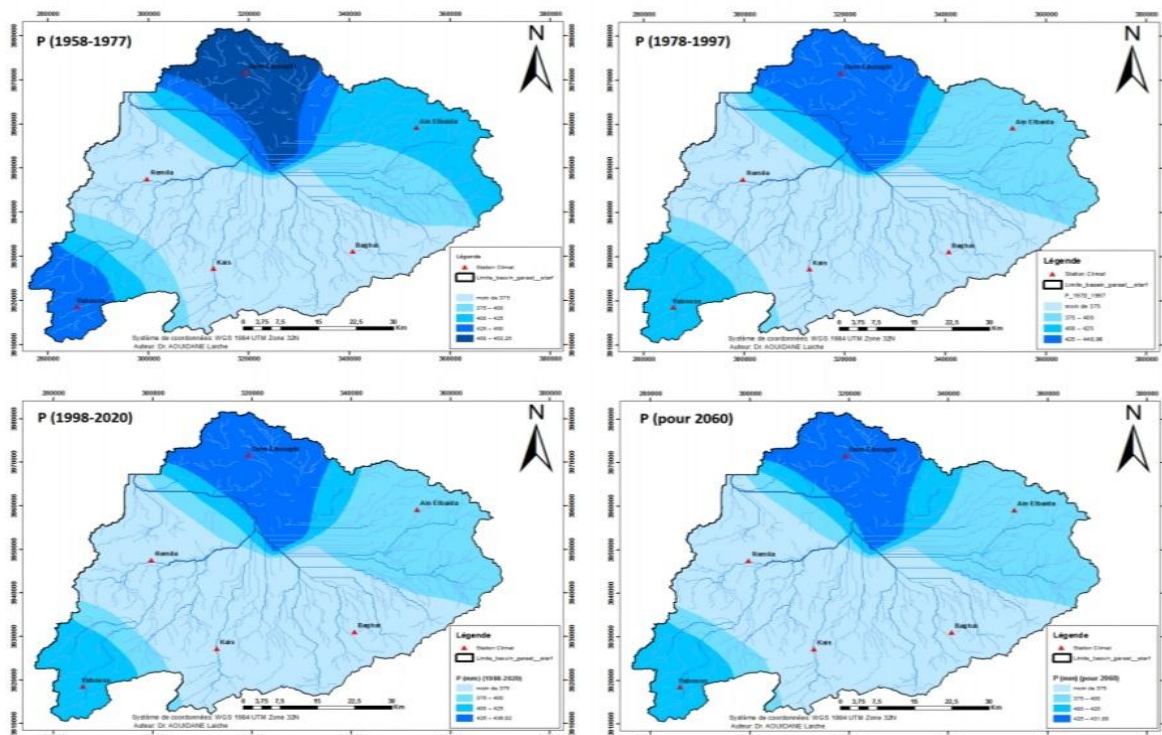


Figure 13. Répartition spatiale des précipitations moyennes de vicennal du sous bassin versant de Garaat Et Tarf pour la période (Tir & Nmer, 2021).

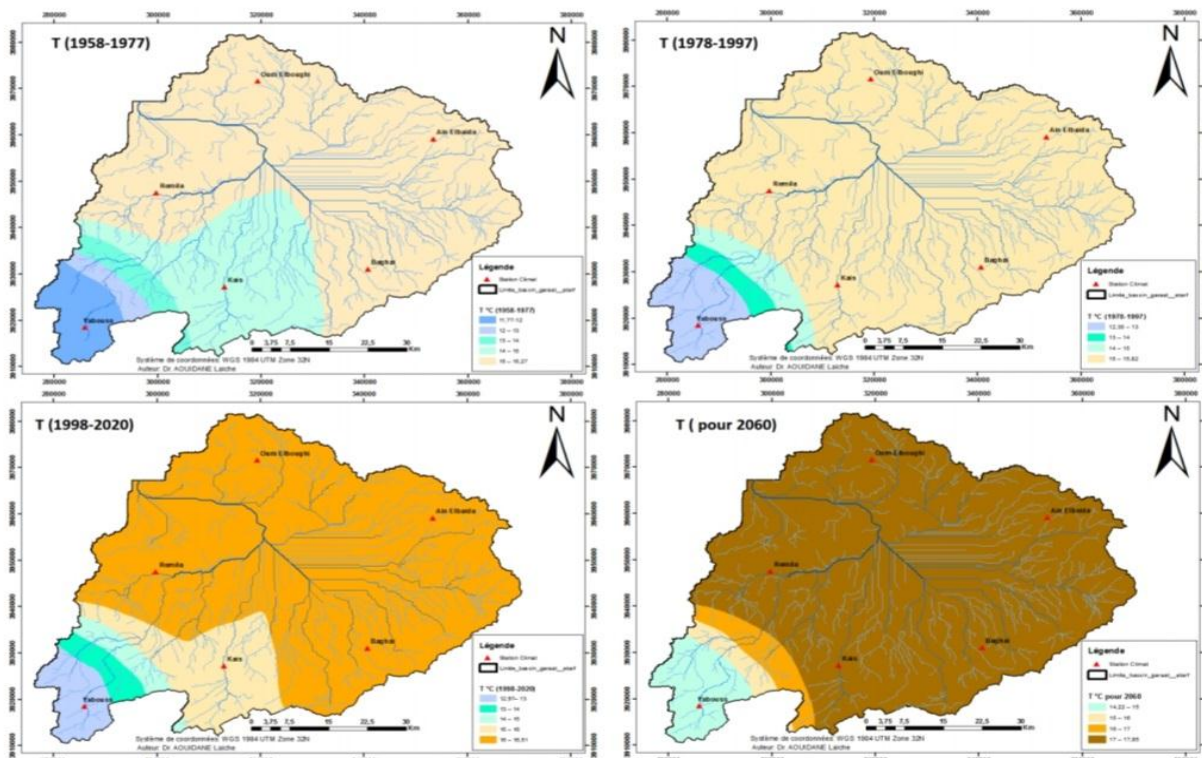


Figure 14. Répartition spatiale des températures moyennes de vicennal du sous bassin versant de Garaat Et Tarf (Tir & Nmer, 2021).

### III. 7. Les sols

Le sol est également un paramètre important qui affecte l'occurrence et la distribution des eaux souterraines et joue un rôle important dans l'infiltration de l'eau, donc elle affecte la recharge des eaux souterraines, et aussi c'est milieu de croissance des plantes (IbrahimBathis & Ahmed, 2016). La texture du sol est un critère clé pour évaluation des caractéristiques physiques du sol et sa fertilité, et est directement liés à la structure, la porosité, l'adhérence et cohérence des propriétés du sol (McGarry, 2006). La carte des sols du bassin est divisée en cinq grands catégories : sol calcé que réparties sur une large bonde bordant le bassin versant (des sols sont caractéristiques des zones semi-arides et s'étendent sur une importante superficie estimée à environ 51,3%), sol alluviaux basiques, sol calcaires, sols salins (Solontchak) se localisent au centre du bassin et la roche mère. La porosité et la perméabilité sont modérées a élevée dans les sols calciques, alluviaux basiques, calcaire et les sols salin (la composante colloïdale dans certains sols salins sont très floculés et ainsi donnent une structure favorable et une bonne perméabilité, mais dés fois une structure dégradée) (Fig. 15) (Lakhzoume & Sahraoui, 2020).

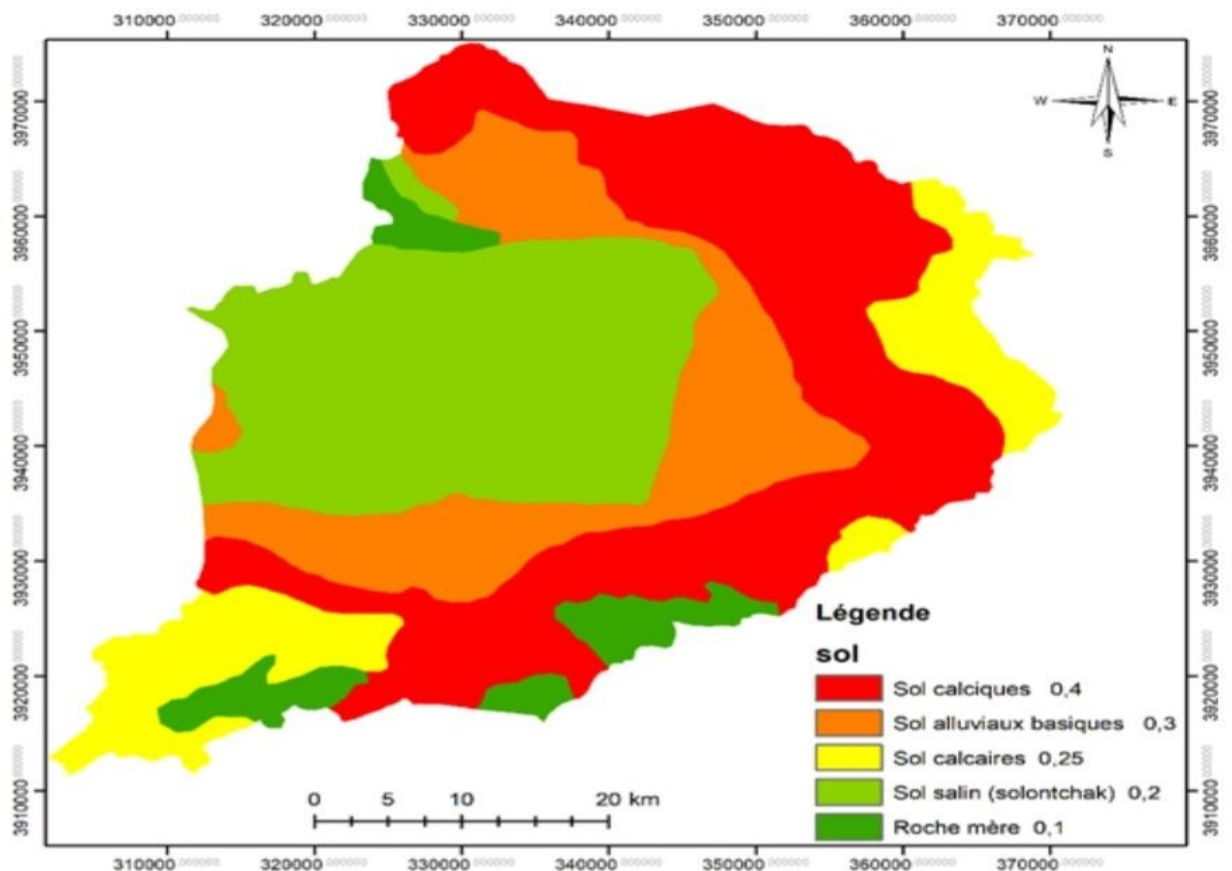
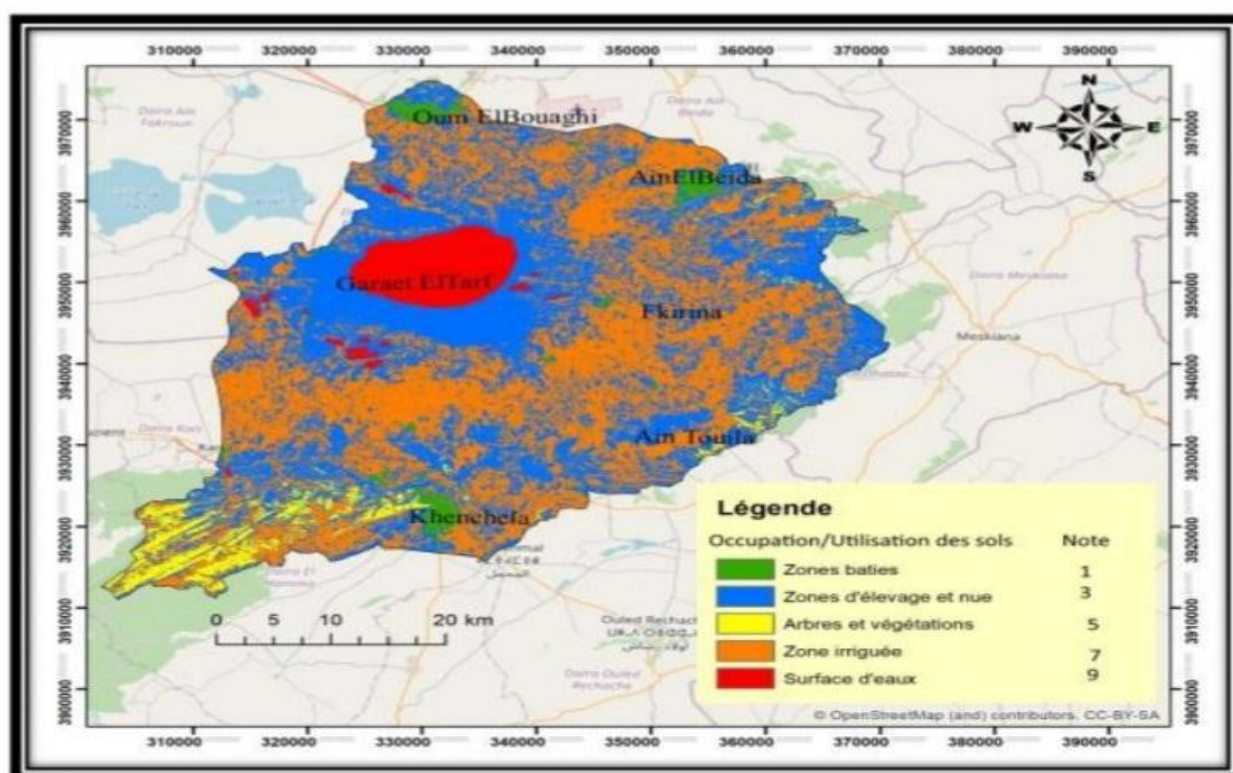


Figure 15. Carte de sol de la zone d'étude (Lakhzoume & Sahraoui, 2020).

### III. 8. Agriculture dans la zone

Les sols de cette zone constitué principalement d'apport alluvial, et sa topographie est plane à modérée (DSA, 2011). L'agriculture est essentiellement dominée par la pratique de la céréaliculture, et l'arboriculture. Tandis que le système d'élevage pratiqué dans la région est l'intensif ; l'élevage avicole, ovin et bovin, et qui tiennent une place prépondérante dans le tissu socio-économique de la zone. Cette zone, domaine d'une céréaliculture pluviale rendue aléatoire à cause d'un climat semi-aride et de surcroît soumis à de fortes variations annuelles et saisonnières des pluies, est confrontée à nombreux handicaps et menaces, parmi lesquels on cite (Fig. 16) (Takouachte & Ghouzlene, 2015):

- L'insuffisance et l'irrégularité des pluies, qui font de l'agriculture pluviale une activité aléatoire.
- La présence de formations triasiques, associée aux faibles précipitations, qui augmentent la salinité des sols, notamment ceux à proximité des dépressions.
- L'insuffisance de drainage, UN processus de l'écoulement naturel des eaux de pluies, ce qui se traduit ainsi par la formation de dépressions artificielles ou se développe une végétation halophyte.



**Figure 16.** Carte d'occupation des sols de bassin versant Garaat El Tarf (Bakhouche & Salama, 20

## Chapitre IV : Etude de l'évolution du couvert végétal du sous bassin Gareat Et Tarf

Chaque région a sa propre nature et son propre climat, qui diffèrent d'une région à l'autre et qui leur donne son aspect spéciale. Parmi les régions semi-arides notre étude se focalise sur le sous bassin de Gareat Tarf, se caractérisent par un climat semi-aride influencé par un changement climatique et cela par augmentation des températures et diminution des précipitations, en plus l'activité anthropiques intense a répercuté sur l'évolution de la région et surtout pour le couvert végétal.

En effet, le couvert végétal est d'une grande importance et présente de nombreux avantages sociaux et environnementaux, c'est pourquoi nous constatons sa diversité et sa différence d'une région à l'autre. La conservation et la valorisation de cette ressource est un objectif primordiale pour tous les pays, pour réaliser cette préoccupation, il faut une surveillance et évaluation spatiotemporelle de ces ressources est une étape principale pour un développement durable.

L'intégration de la télédétection permet de surveiller notre environnement sur de larges étendues et de faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace afin de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes (Tidjani et al., 2009).

Dans ce contexte ce travail a été développé, dont l'objectif principale est l'intégration de la télédétection dans l'évaluation de l'évolution du couvert végétale du sous bassin de Gareat Et Tarf. Pour réaliser ce travail notre choix a été adopté pour une période de 30 ans, par l'utilisation des images satellitaire Landsat de quatre décennies (1990, 2000, 2010, 2020).

### IV. 1. Matériel et Méthodes

#### IV. 1. 1. Choix de zone d'étude

Le sous bassin versant de Gareat Et Tarf se situe au nord-ouest de la wilaya de Khenchela. Caractérisé par un climat semi-aride. Les sols sont dominé par une classe des sols calcimagnésiques, hydro morphes et enfin *halomorphes*. En effet, la végétation prédominante de la région autour de Sebkhia sont des *halophytes*. Dans les plaines on rencontre l'agriculture pluviale dominé par des céréales, et les zones d'altitude sont des sols couverts par des forêts. La région est affectée par les changements climatiques avec augmentation d'une (1°C) température chaque décennie avec un déficit hydrique de 50 mm chaque décennie, ce qui entraîne un changement logique et radical dans le couvert végétal, ce dernier entraînant une

différence dans la biodiversité et l'installation des nouvelles espèces ou la disparition de d'autres espèces (Tir & Nmer (2020).

#### **IV. 1. 2. Approche méthodologiques**

Notre approche méthodologique est basée sur les concepts de base, des techniques de classification d'imagerie disponibles de télédétection liées à la cartographie de la végétation ont été introduits (traitement, analyse, et comparaison). La méthodologie appliquée était semi-automatique, utilisant différents étapes dans le traitement et classification d'images par le biais d'un logiciel ArcGis 10.3. Les étapes de travail sont organisées dans l'organigramme (Fig. 17) :

##### **IV. 1. 2. 1. Collecte des données**

###### **➤ Images satellitaires**

Notre étude vise à mettre en évidence l'évolution du couvert végétal permanent du bassin versant de Garaat Et Tarf. Il s'agit donc de caractériser l'évolution de la végétation permanent sans prendre en considération la végétation saisonnières, agricole ou naturel. Il nous faut donc choisir des dates d'acquisition des images pour lesquelles les cultures auront été récoltées et les herbes ne seront pas trop présentes. Cependant, il faut aussi choisir une date où la végétation est encore plus verte pour le détecter sans oublier la disponibilité de ces images. Dans la région d'étude la végétation saisonnière repousse au début de la saison des pluies et disparaissent à la fin.

En effet, notre choix des images satellitaires a été focalisé pour des images prises durant la période estivale (Mai à Septembre) et sur une échelle du temps de 30 ans (1990, 2000, 2010, et 2020) et cela pour raison de minimiser l'effet de l'atmosphère (nuage) sur la qualité des images, et de réaliser notre comparaison très proche de la réalité. Les images utilisés dans notre étude, sont collectés au pirié de site USGS spécialisé dans l'étude spatiale et la suivi des changements environnementales, qui mettre en libre disponibilité des carte et des images satellitaire de Landsat 5,7, 8, avec des résolutions de 30 m (<https://earthexplorer.usgs.gov/> ) dans les caractéristiques sont résumés dans le tableau (Tableau. 1).

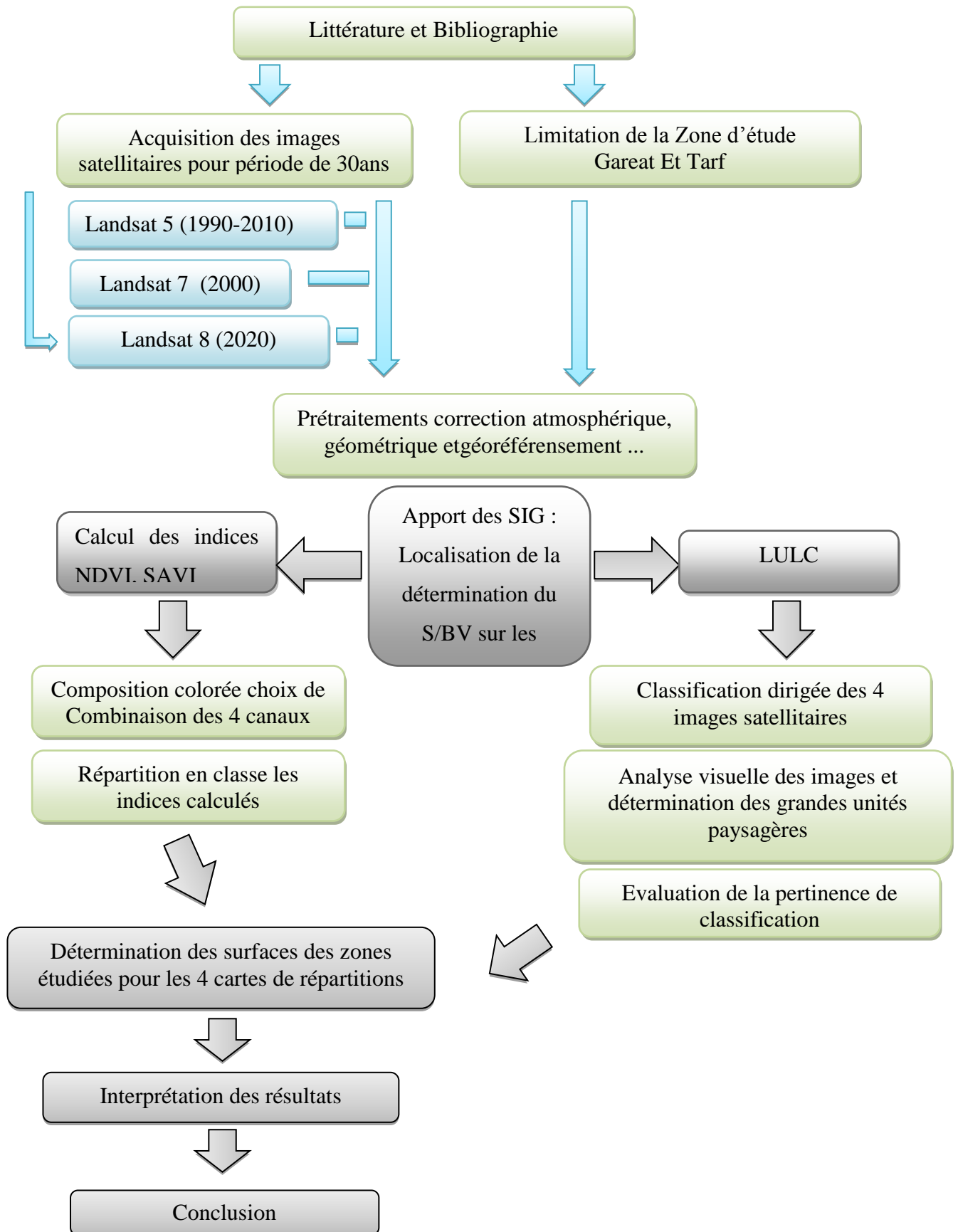


Figure 17. Organigramme de l'approche méthodologique à suivre

**Tableau 1.** Caractéristique des images satellitaires utilisées dans l'étude

Capteur	Résolution spatiale	Bandes spectrales	Date d'acquisition	Satellite
Landsat TM	30 m	B1-B7	08/06/1990	Landsat 5
Landsat ETM	30 m	B1-B7	29/07/2000	Landsat 7
Landsat TM	30 m	B1-B7	17/07/2010	Landsat 5
Landsat ETM	30 m	B1-B11	05/09/2020	Landsat 8 OLI

#### IV. 1. 2. 2. Donnée cartographiques

En cartographie, les hachures ont servi à indiquer les reliefs sur les cartes d'État-Major qui étaient imprimées en taille-douce. Leur usage, codifié au fil des années, permettait de lire facilement une carte, les hachures disposées dans le sens de la plus forte pente reliaient les lignes de niveau, et étaient d'une épaisseur proportionnelle à l'inclinaison de la pente, selon un « diapason » déterminé par calcul.

#### IV. 1. 2. 3. Traitement d'image

##### ➤ Correction d'images

Le traitement des images a été effectué par le logiciel ArcGis. Les traitements se focalisent sur des corrections géométriques et atmosphérique son utilise la formule suivante par Earth explorer :

$$pA' = Mp * Qcal + Ap$$

Où :

$pA'$  : réflectance TOA, non corrigé de l'angle d'incidence solaire

$Mp$  : facteur de redimensionnement multiplicatif spécifique à la bande à partir de la métadonnée ; Réflectance-MULT-Band-X, x est le numéro du band

$Ap$  : Facteur redimensionnement additif spécifique à la bande à partir de la métadonnée ; Réflectance-ADD-Band-X, x est le numéro du band

$Qcal$  : Valeurs fournie par la BAN-x

$$pA = pA' / \sin(\Theta-s)$$

$pA$ : est la réflectance TOA corrigée de l'indice solaire  $\Theta-s$  : angle d'élévation du soleil au centre de l'image fourné dans la métadonnées SUN-ELVATION

##### ➤ LULC

L'étude de la couverture et utilisations des terres, généralement cette étude peut être effectué sur les images satellitaires par deux manières supervisées et non supervisées. Dans cette étude

notre choix a été adopté pour la méthode de classification supervisée. La classification supervisée selon est celle où "l'utilisateur élargit les signatures spectrales de catégories connues, comme urbaines et forestières, puis le logiciel attribue à chaque pixel de l'image le type de couverture auquel sa signature est la plus comparable". La classification supervisée est le processus le plus fréquemment utilisé pour les analyses quantitatives des données d'images de télédétection. La classification supervisée a été appliquée après un domaine d'intérêt défini (AOI) appelé classes de formation. Plus d'un domaine de formation a été utilisé pour représenter une classe particulière. Les sites de formation ont été sélectionnés conformément à Landsat Image, Google Earth et Google Map. L'opération de séquence de base suivie lors de la classification supervisée était (Rwanga, 2017):

- Définition des sites d'entraînement
- Extraction de signature.
- Classification d'images (classification supervisée).

Notre classification supervisée a permis d'identifier sept (7) classes ; Plan d'eau, zones bâties, sol nu, zones agricoles, forêt, chott, sebkha.

#### ➤ **Indices de végétation**

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. en effet, on rencontre le développement de deux types principales d'indice de végétation : indice simple et d'indice justifier.

• **Les indices de végétation les plus simples** sont basés sur des opérations arithmétiques entre deux bandes spectrales, généralement le rouge et le proche infrarouge, mais également les bandes du proche et du moyen infrarouge. Parmi les indices les plus élémentaires et les plus anciens, on trouve l'indice différentiel de végétation (DVI), L'indice de végétation par quotient (DVI), l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) (Bacour et al., 2006 ). Notre choix est opté pour l'indice normalisé de végétation (NDVI) l'indice le plus populaire qui est proposé pour la première fois par (Rouse et al., 1973), le NDVI est l'indice le plus connu et le plus utilisé car il est simple, normalisé et ne requiert pas des informations sur les paramètres du sol; il est efficace comme un indicateur du comportement de la végétation par sa relation avec l'activité chlorophyllienne. Aussi c'est une expression facile à calculer, du contraste entre les valeurs mesurées dans les bandes rouge et infrarouge.

•Les indices de végétation justifiée, (Hunt and Rock, 1989) sont des indices simples dans lesquels on utilise la bande spectrale du moyen infrarouge à la place de la bande rouge. Ces indices varient en fonction de la teneur en eau des feuilles. Ils permettent de déceler lorsque les végétaux sont en état de stress hydrique et sont par conséquent très utiles pour le suivi de la végétation en zone sèche. Comme (MSI), (NDWI), (SAVI). Nous avons choisi dans notre étude le SAVI parce qu'il est utilisé pour corriger l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) pour l'influence de la luminosité du sol dans les zones où la couverture végétale est faible. Le SAVI dérivé de la réflectance de surface Landsat est calculé comme un rapport entre les valeurs R et NIR avec un facteur de correction de la luminosité du sol (L) défini comme 0,5 pour s'adapter à la plupart des types de couverture terrestre.

## **IV. 2. Résultats et Discussions**

Les résultats de traitement des images satellitaires sont résumés dans trois objectifs. Le premier est d'identifier l'évolution de l'occupation et utilisation des sols dans la région (LULC), la deuxième est d'identifier la situation du couvert végétal de la zone d'étude, avec évaluation de l'évolution du couvert végétal par le calcul de deux indices NDVI et SAVI.

### **IV. 2. 1. Etude de l'occupation et utilisation des terres (LULC)**

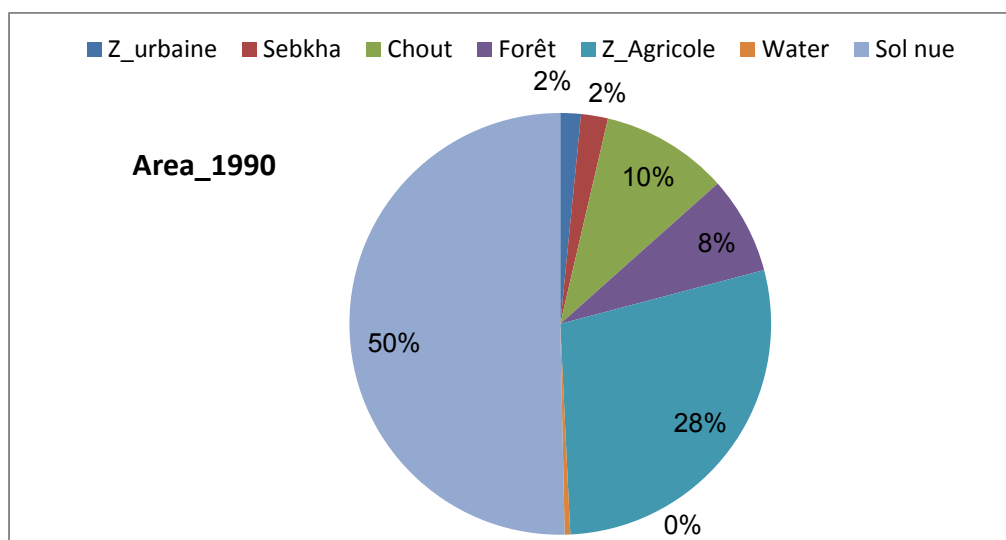
Dans le cadre de réaliser et identifier l'occupation et utilisation des terres dans le sous bassin de Garaat Et Tarf, on a adopté la technique de classification supervisée, où on réussit de faire sortir sept classes comme suite : Le sol nu, L'eau, les zones urbaines, les zones agricoles, Les forêts, Sebka, chott. Et cela pour les quatre périodes de prélèvements des images :

#### **IV. 2. 1. 1. Calcul et identification de LULC de Garaat Tarf**

##### **LULC 1990 :**

Dans les années 1990, nous remarquons que les sols nus, occupent la plus grande superficie avec plus de cinquante pour cent "50%", viennent en deuxième position les terres de Sebka et chott qui sont presque égaux, par contre la présence des plans d'eau est proche de 0%.

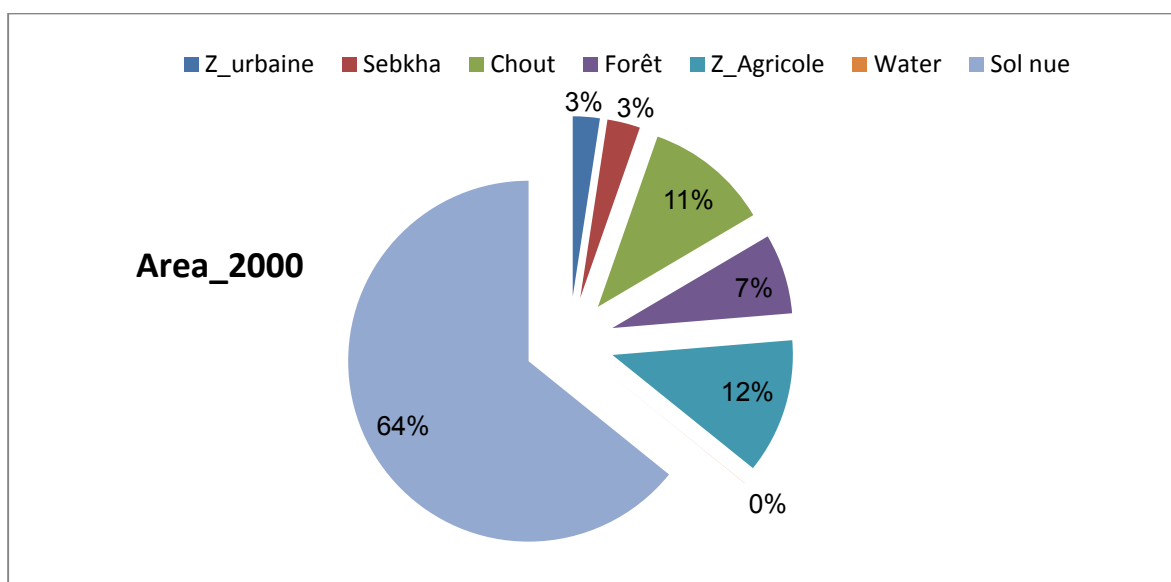
Tandis que les zones urbaines, elles n'occupent pas une grande superficie par rapport aux zones agricoles qui présentent vingt-huit pour cent 28% et aussi les forêts 11% qui occupent une superficie non négligeable (Fig. 18).



**Figure 18.** La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Garaat tarf (1990)

**LULC 2000 :**

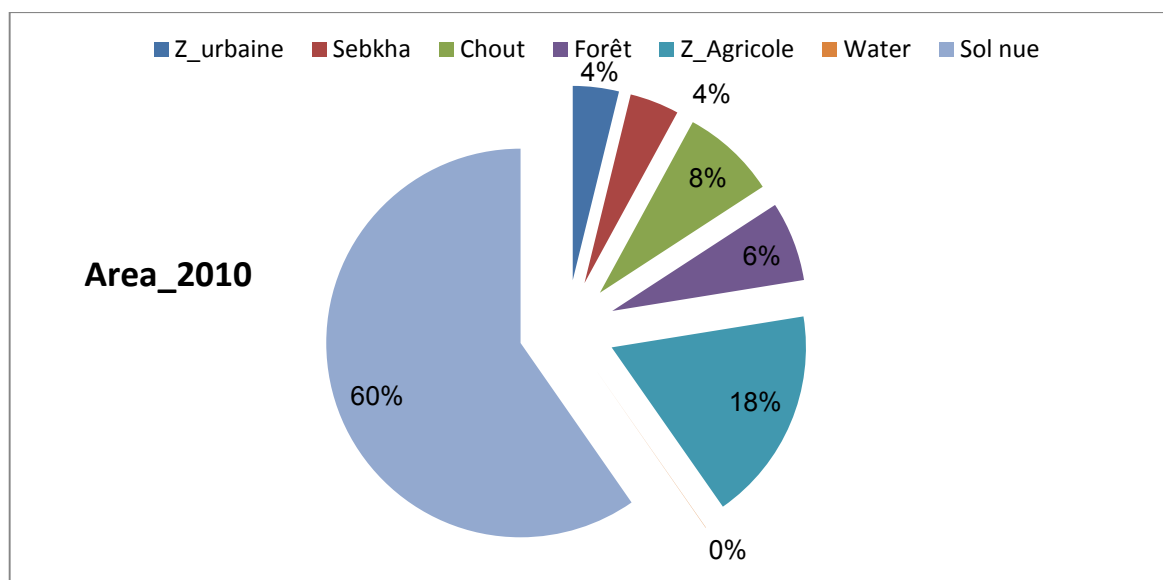
Après 10 ans l'occupation des terres dans les années 2000, présente toujours la rareté des eaux qui sont très proche au 0%, par contre la casé totalité des terres sont des sols nue au il dépasse les 60%, le reste des terres est occupé par des activités agricole ou des sebkhas au centre de la zone ou des forêts dans la partie sud de la région (Fig. 19).



**Figure 19.** La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Garaat tarf (2000)

**LULC 2010 :**

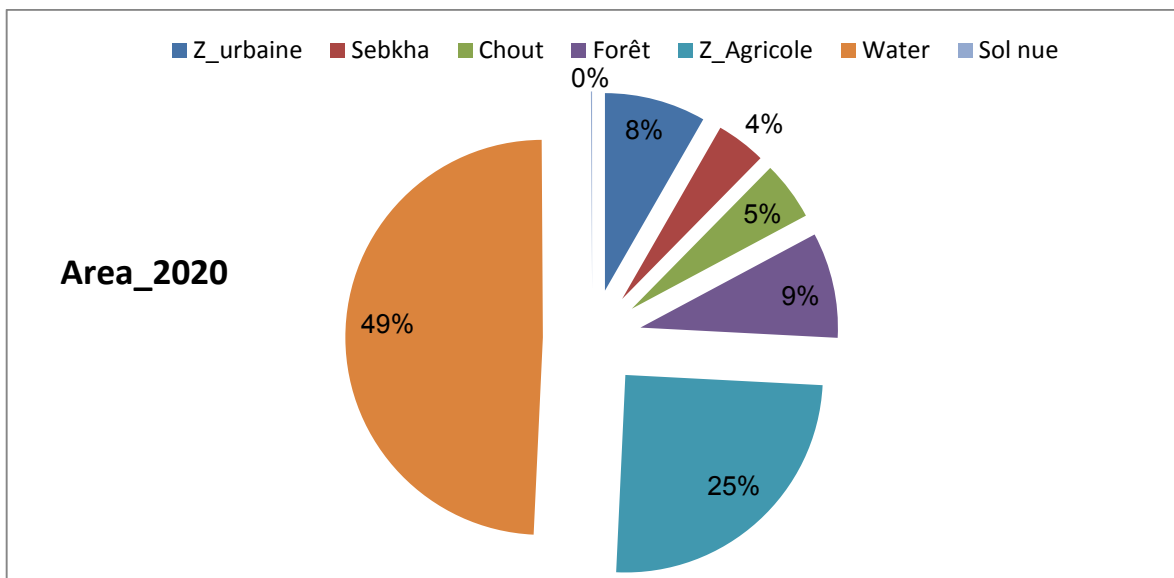
Toujours l'occupation des sols dans la région d'étude est dominée par les sols nus qui dépassent 50%. Tandis que, l'agriculture et les Choute Vien en deuxième position et cela indique une augmentation des superficies agricoles, les forêts aussi garde le même niveau d'occupation des sols (Fig. 20).



**Figure 20.** La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Garaat tarf (2010)

**LULC 2020 :**

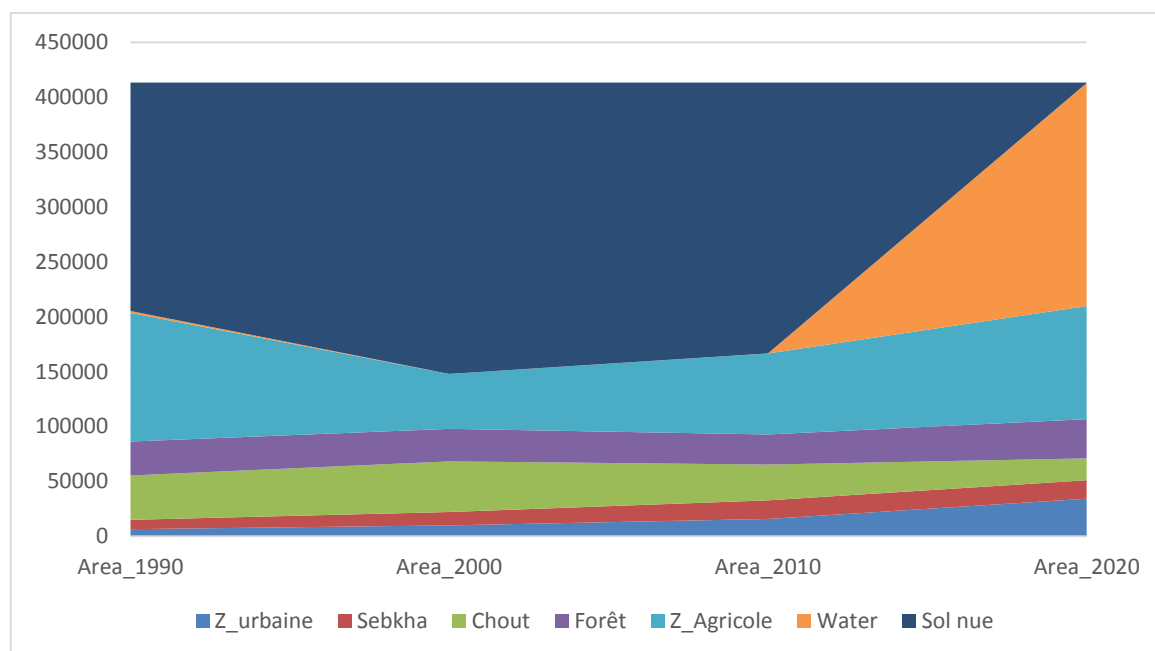
Dans cette dernière décennie, nous remarquons que l'occupation des sols dans la région présente un changement radical où : toujours le sol nue couvert la majorité de superficie, mais il présente une légère diminution car il ne dépasse pas les 45%. Cependant, les terres agricoles occupent de plus en plus de superficie avec 25% et cela peut s'expliquer par la subvention étatique de l'agriculture dans région et le retour à l'investissement dans le secteur agricole, sachant que la religion à une vocation agropastorale. En troisième position viens les terres du Choute et Sebkhha qui occupent des terres non négligeables dans la partie centrale, tandis que les zone urbaine présente une occupation est proche de celle de Sebkhha, donc il y a une augmentation remarquable et cela surtout pour les trois villes ; Khenchela, Kais et Ain El Baidha (Fig. 21).



**Figure 21.** La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Garaat tarf (2020)

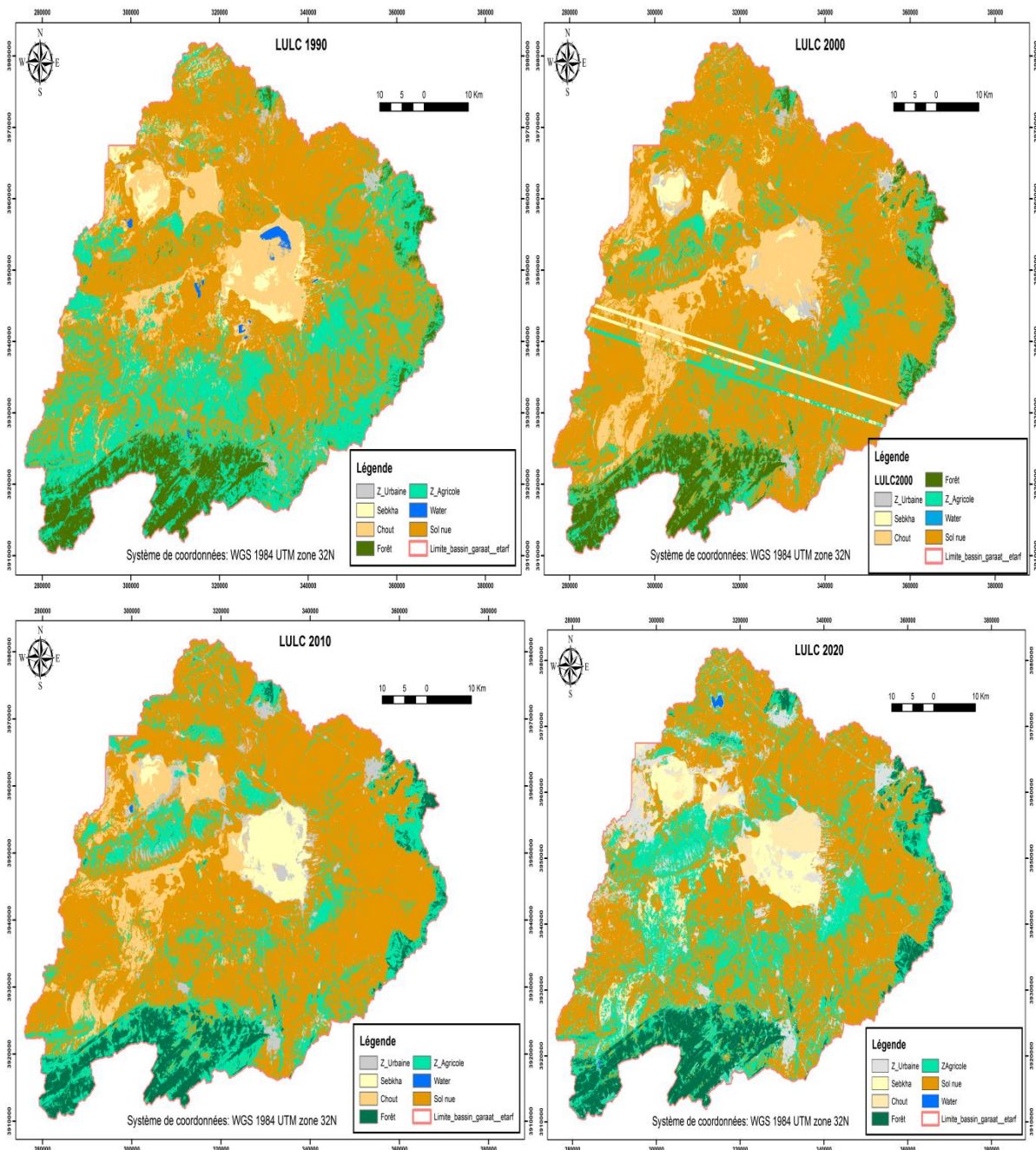
#### IV. 2. 1. 2. L'évolution du couvert végétale (LULC)

L'estimation de l'occupation et de l'utilisation des terres (LULC) dans la région d'étude pour les trois périodes (1990, 2000, 2010 et 2020) par le biais de télédétection, a permis de faire une étude diachroniques d'évolution de l'occupation des sols. Les résultats indiquant toujours la dominance des sols nue par apport ou autre entité avec une augmentation dans les années 1990 en suite une diminution progressive après les années 2000, par contre les zones agricole ont présenté une diminution dans les années 1990 pour reprenne dès les années 2000, et cela peut d'expliqué par l'état de sécurité dans les années 1990 au les agriculteurs en abandonner leurs terres pour les récupérer partir des années 2000. Concernent les terres du Choute, Sebka et Forêt, présentent une variabilité très lente avec une légère augmentation bien que les terres occupé par forêt sont semis sous une pression anthropique important (Agricole, Urbaine). En outre, les eaux superficielles dans la région d'étude sont rares et marginale, seulement sont évolution indique une augmentation dès les années 2010, et cela peut d'explique par la création des barrages de Yabous et celle de Kasar Esbaihi (Fig. 22).



**Figure 22.** La répartition de l'occupation des terres de Sous bassin Garaat tarf (1990-2000-2010-2020)

En outre, par le biais de SIG ont à réussir de réaliser des cartes de répartition spatiale de l'occupation et utilisation des terres dans le sous bassin versant de Garaat Et Tarf, basons sur la méthode de classification supervisé LULC, les résultats indiquent une répartition comme suite : des forêts occupent la partie Sud de la région c'est les monts des Aurès, au centre de la région c'est des plaine ou ils sont occupés par des terres agricole, Sabkha, Chout et la casé totaliter sont des terres nue (Sol nue). Concernent l'évolution chronologique spatiale d'occupation des terres, nous remarquons que les terres agricoles présentent une diminution pour la premier décennie en suite ils présentent une augmentation et cela en profitent des terres nue, tandis que les terres de Sabkha et Chout présentent une variabilité chronologique stable dans les même zones, et c'est la même chose pour les terres occupés par des forêts. Cependant, les ressources d'eau superficielle dans la région sont très limitées dans la région présentée par des barrages qui sont créé dans ces dernières décennies (Fig. 23).



**Figure 23.** Carte de répartition de l'occupation et utilisation des terres du Sous bassin Garaat Et Tarf (LULC) (1990,2000, 2010 et 2020)

#### IV. 2. 2. Etude d'indices de végétation (NDVI) (SAVI)

Dans cette étude notre travail va être focalisé sur l'utilisation de deux indices de végétations dans le cadre de suivre l'évolution de la végétation dans le sous bassin de Garaat Et Tarf, le première indice NDVI le plus populaire est un indice simple, et le deuxième qui prend en considération l'intensité de végétation dans le milieu avec une correction c'est SAVI :

➤ NDVI

Dans le cadre d'identifier et évaluer de l'évolution du couvert végétale de la région d'étude ont opter a utilisé un indice très connue c'est l'indice de végétation (NDVI), le calcul de ce indice a permis de ressortir quatre classes don laquelle : une classe des sols nue, classe des eaux, classe de végétation non intense, classe d'une végétation intense (Forêts).

L'indice de végétation de différence normalisée (NDVI, Normalises Différence Végétation Index) est un indice normalisé qui vous permet de générer une image illustrant une couverture végétale, également appelée biomasse relative. Cet indice tire parti du contraste des caractéristiques de deux canaux d'un jeu de données raster multi spectral : l'absorption de pigments chlorophylliens dans le canal rouge et la réflectivité élevée des matières végétales dans le canal proche infrarouge (NIR).

L'équation NDVI par défaut documentée est la suivante :

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{Red})}{(\text{NIR} + \text{Red})}$$

NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge

Rouge = valeurs de pixel du canal rouge

Cet indice génère des valeurs comprises entre -1,0 et 1,0 (Fig. 24) (Huete ,1988).

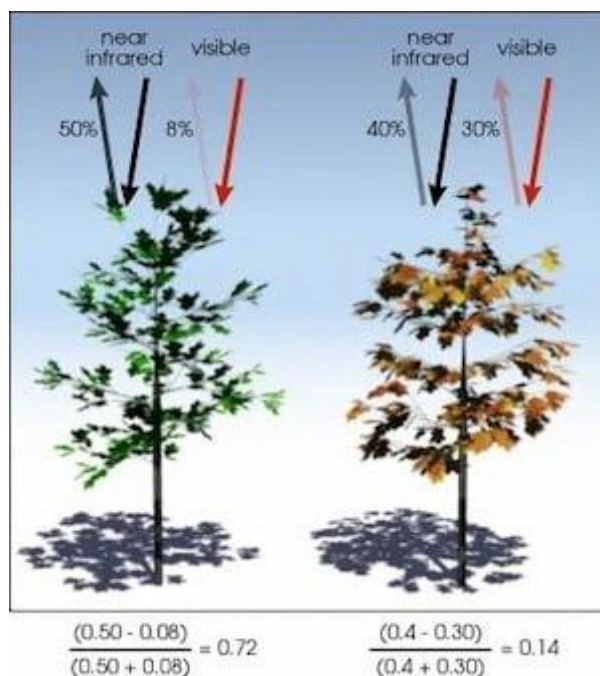


Figure 24. Comportement de l'NDVI avec les feuilles vertes (Encrypted. 2010)

➤ **Calcul et identification de l' (NDVI) de Gareat Et Tarf**

Par le biais de logiciel ArcGis on a réussi de calculer l'INDVI a partir des bandes des images satellitaire des années 1990, 2000, 2010 et 2020 en appliquent la formule préconisé ou les résultats sont comme suite

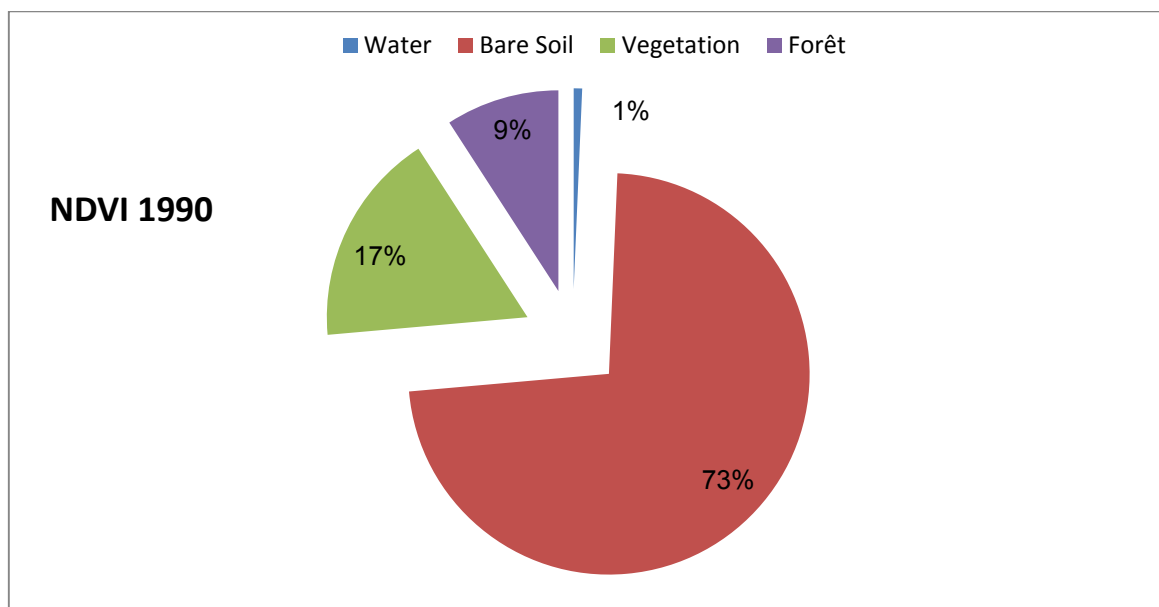
**NDVI 1990 :**

le calcul de l'INDVI pour les années 1990, confirme les même résultats de LULC, où nous remarquons que la classe des sols nus, occupe la plus grande superficie avec plus de soixante-treize pour cent "50%", par contre la classe des eaux superficielle est très proche de 0%.

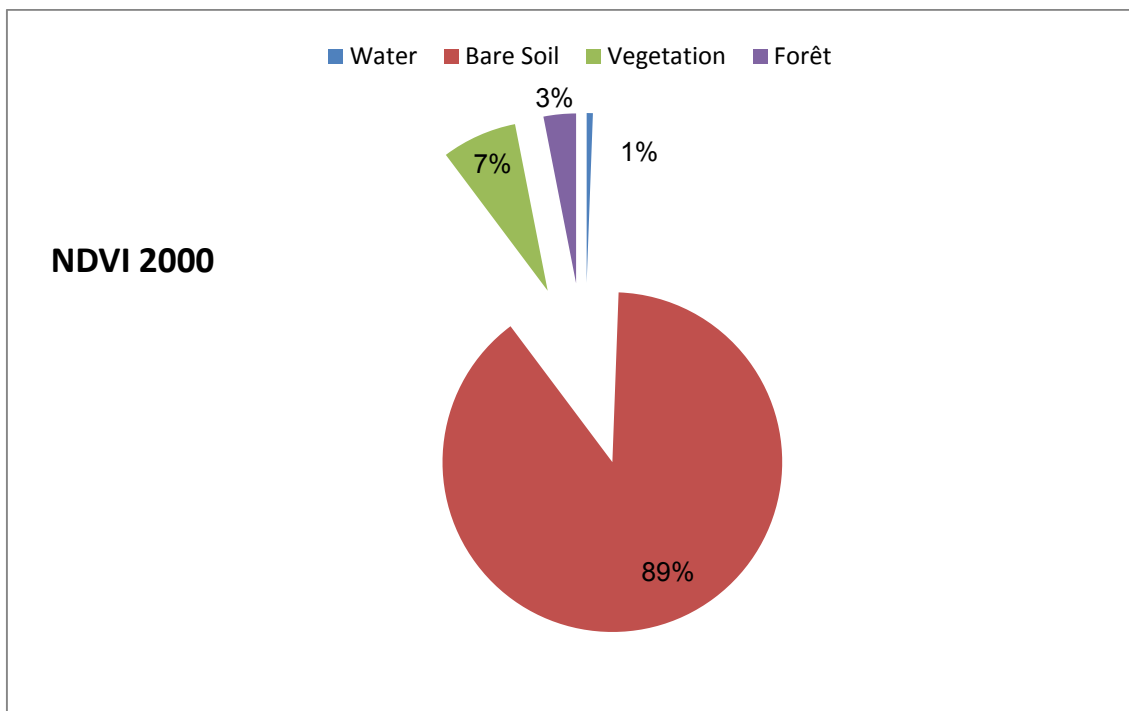
En outre, la classe de végétation (ou le couvert végétale) présente seulement 26%, don la végétation agricole occupe la majorité de la surface et en suite viens les forêts qui occupe la partie Sud de la région (Monts d'Aurès) (Fig. 25).

**NDVI 2000 :**

Le calcul de l'NDVI après 10 ans pour l'année 2000 a indiqué une variabilité importante dans la répartition spatiale des classes de l'NDVI, où toujours la classe des eaux superficielle ne dépasse pas les 1%. Cependant, la classe des sols nue occupe plus d'espace après 10 ans qui attendre 86%, et cela peut s'expliquer par l'influence de deux facteurs l'un naturelle est le sécheresse et le deuxième c'est la situation sécuritaires dans les années 1990 qui a pousser les agriculteurs d'abandonnée leurs. En effet la végétation naturelle et agricole a présenté une diminution importante (Fig. 26).

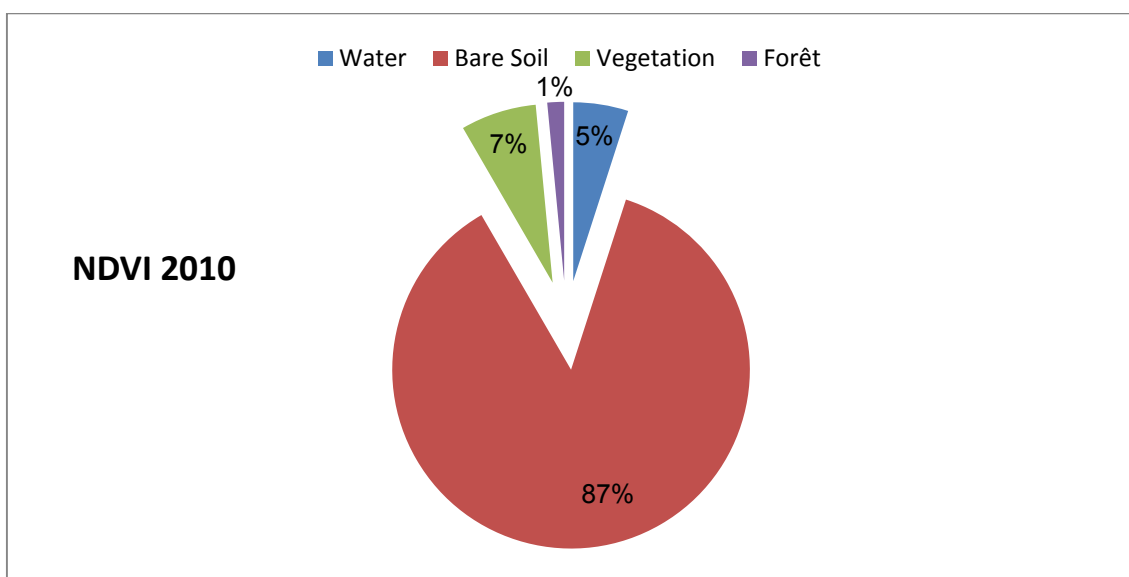


**Figure 25.**La répartition des classes de l'indice de végétation (NDVI) de sous bassin Garaat Et Tarf (1990).



**Figure 26.** La répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Garaat tarf (2000)  
**NDVI 2010 :**

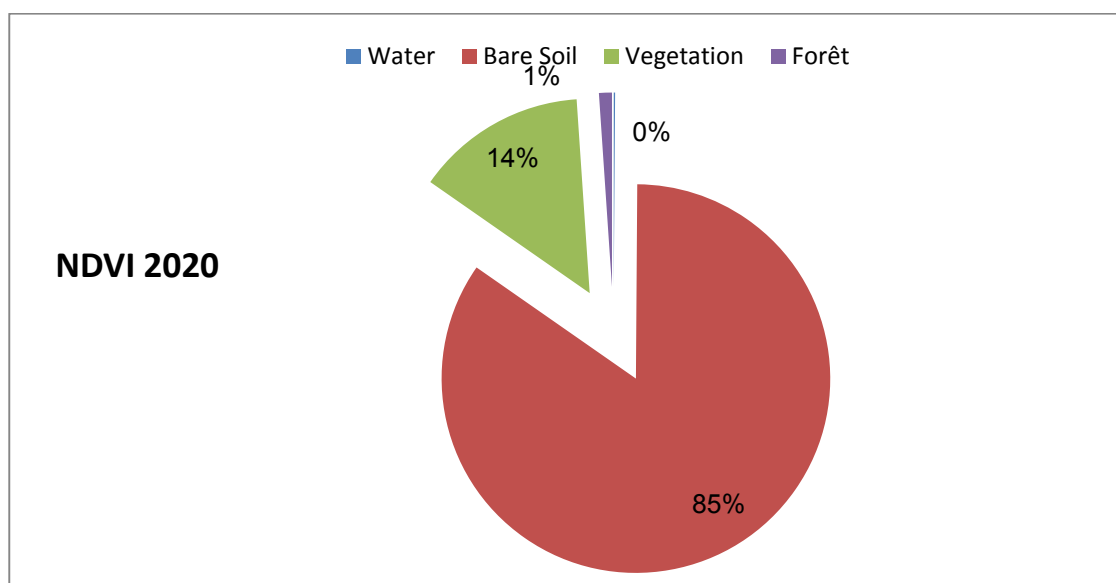
Une autre image après 10 ans (2010) a été prise pour évaluer l'évolution du couvert végétal par le calcul de l'NDVI, les résultats ne présentent pas une variabilité très importante par rapport aux années 2000, où les sols nus présentent une légère diminution avec 87%, au profit de la classe des eaux qui a réussi à passer à 5%, cela s'explique par la réalisation de deux barrages d'eau dans la région celle de Yabous et Ksar Sbihi. Mais toujours le couvert végétal présente une légère diminution et garde les mêmes pourcentages (Fig. 27).



**Figure 27.** La répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Garaat tarf (2010)

**NDVI 2020 :**

Et pour ces dernière année on a utilisé l'image satellitaire de 2020 pour calculer l'INDVI et évaluer son évolution, où les résultats indiquent une dominance de la classe des sols nue avec 85%, mais présente une certaine diminution au profite de la classe de végétation agricole, et cela peut s'expliquer par les investissements agricole importante avec la subvention étatique dans la région et surtout sur le plaines de Remila. Cependant, les deux classes celle des eaux et celles des forêts présentent une diminution cela peu due à l'installation d'un période de sècheresse avec les incendié qui ont influencé ces deux ressource (Fig. 28).

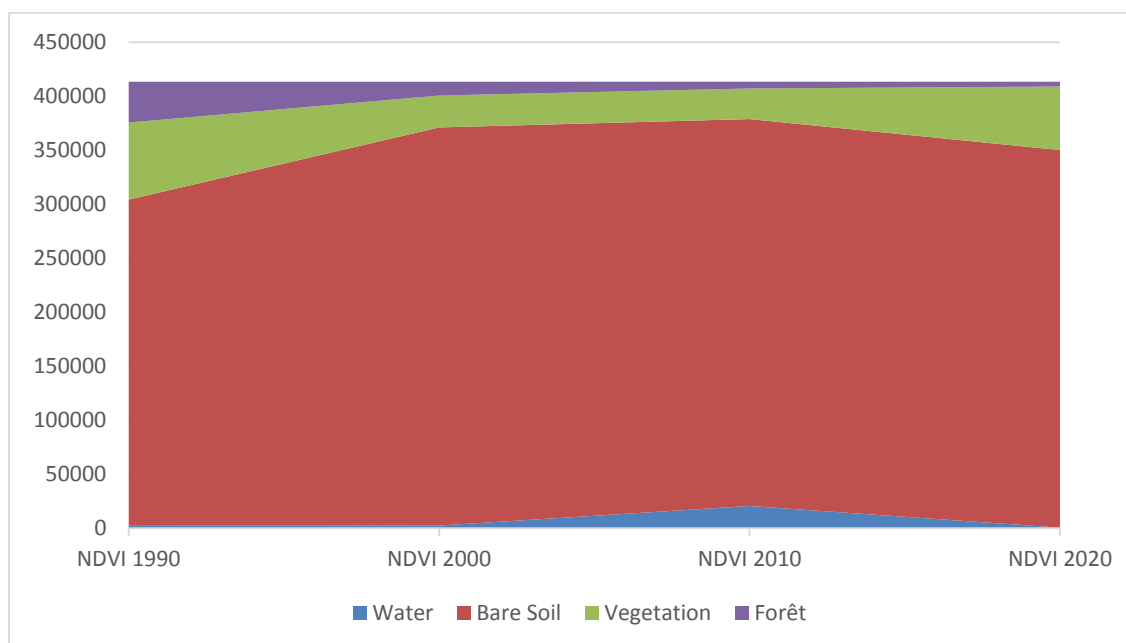


**Figure 28.** La répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Gareat tarf (2020).

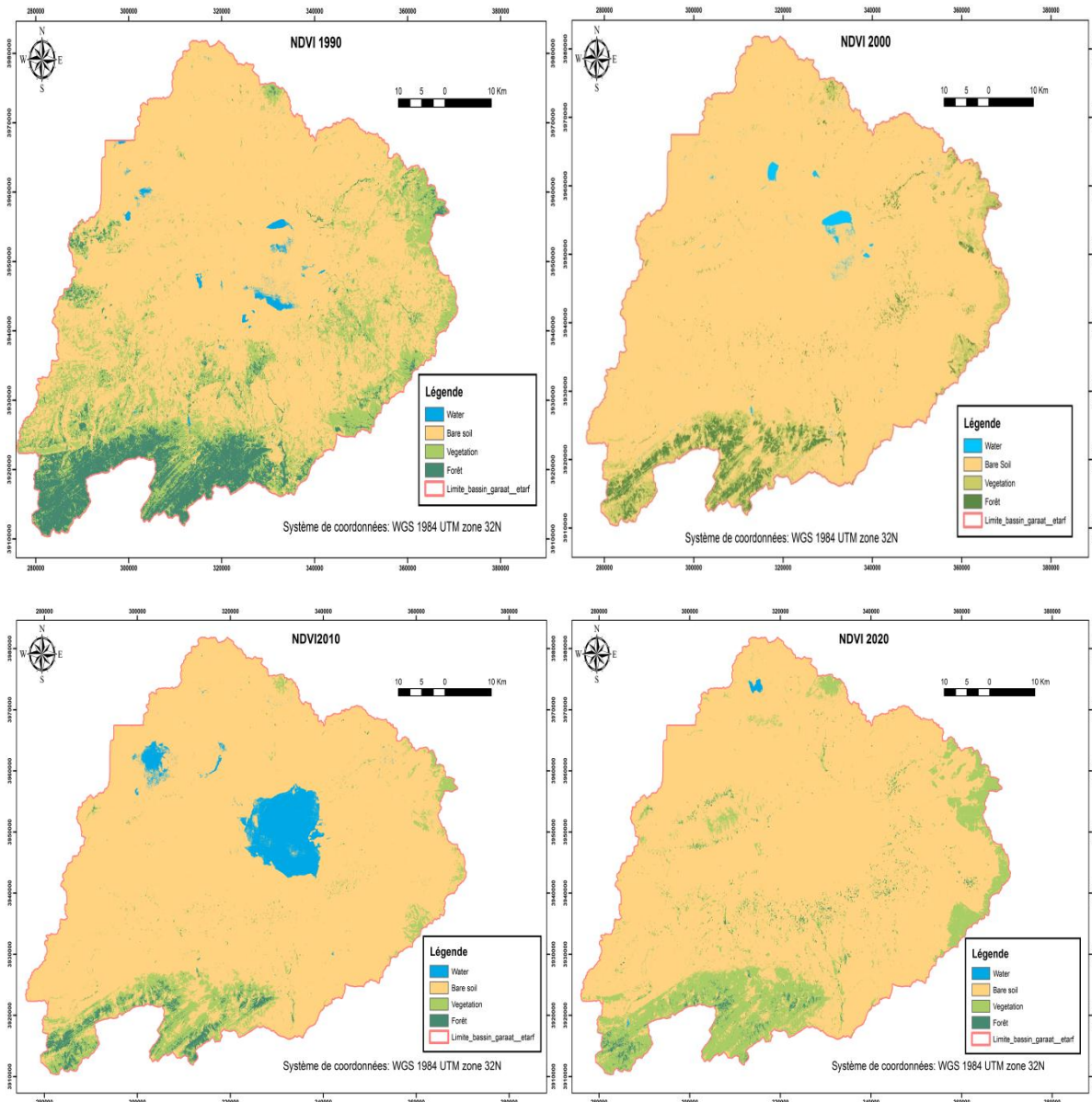
**L'évolution du couvert végétale (NDVI)**

Le calcul de l'indice de végétation (NDVI) pour la région d'étude (Bassin Garaat Et Tarf) et pour la période qui s'étale de 1990 à 2020, par le biais de télédétection et SIG, a permis de faire une étude diachroniques d'évolution de couvert végétale. Les résultats indiquant toujours la dominance des sols nue par apport les autres entités, ou a marqué une augmentation importante durant la première décennie de 1990 à 2000. Par contre, contre le couvert végétal à présenter une diminution remarquable et surtout pour les zones agricoles mais les zone forestière la diminution n'est pas remarquable. C'est le même scénario pour la deuxième décennie il ya diminution de couvert végétal et aussi la classe des sols nue, ou profite de la classe des eaux où il y a une création des barrages. Mais pour la dernière décennie, elle caractérisé par une diminution de la superficie des forêts et de la classe des sols nus, en effet une augmentation remarquable pour la classe des eaux et la végétation agricole, qui résultats de l'investissement et subvention agricole dans les plaine de la région (Fig. 29).

En outre, par le biais de SIG ont à réussir de réaliser des cartes de répartition spatiale des indices de végétation (NDVI) dans le sous bassin versant de Garaat Et Tarf. Où les résultats indiquent une répartition comme suite : des forêts occupent la partie Sud de la région c'est les monts des Aurès, au centre de la région c'est des plaines ou ils sont occupés par des végétations agricoles, où la casé totalité des terres sont des terres nus (Sol nu). Concernent l'évolution chronologique spatiale du couvert végétale, nous remarquons que le couvert végétale (végétation agricole) a présenté une diminution pour la premier décennie en suite ils présentent une augmentation et cela en profitent des terres nus, tandis que les terres occupés par des forêts présentent une diminution progressive. Cependant, les ressources d'eau superficielle dans la région sont très limitées dans la région présentée par des barrages qui sont créé dans ces dernières décennies (Fig. 30).



**Figure 29.** L'évolution des classes de l'indice de végétation (NDVI) Sous bassin Garaat tarf (1990 à 2020).



**Figure 30.**les cartes de répartition d'indice de végétation (NDVI) de Sous bassin Garaat tarf (1990-2000-2010-2020)

### SAVI

Dans le cadre aussi de confirmation de l'évolution du couvert végétale ont à procédé au calcul d'un autre indice de végétation (SAVI) dans le sous bassin de Garaat Et Tarf, on réussit de faire sortir aussi quatre classes comme suite : Le sol nu, L'eau, la végétation (agricole), Les forêts, t cela pour les quatre périodes de prélèvements des images satellitaire.

La méthode de l'indice de végétation ajusté au sol et modifié (SAVI, Soil-Adjusted Végétation Index) est un indice de végétation qui tente de minimiser les influences de la luminosité du sol à l'aide d'un facteur de correction de luminosité du sol. L'indice est souvent utilisé dans les régions arides où le couvert végétal est faible et les valeurs en sortie sont :

Généralement comprises entre -1,0 et 1,0.

$$SAVI = ((NIR - Rouge) / (NIR + Rouge + L)) \times (1 + L)$$

NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge

Rouge = valeurs de pixel du canal proche rouge

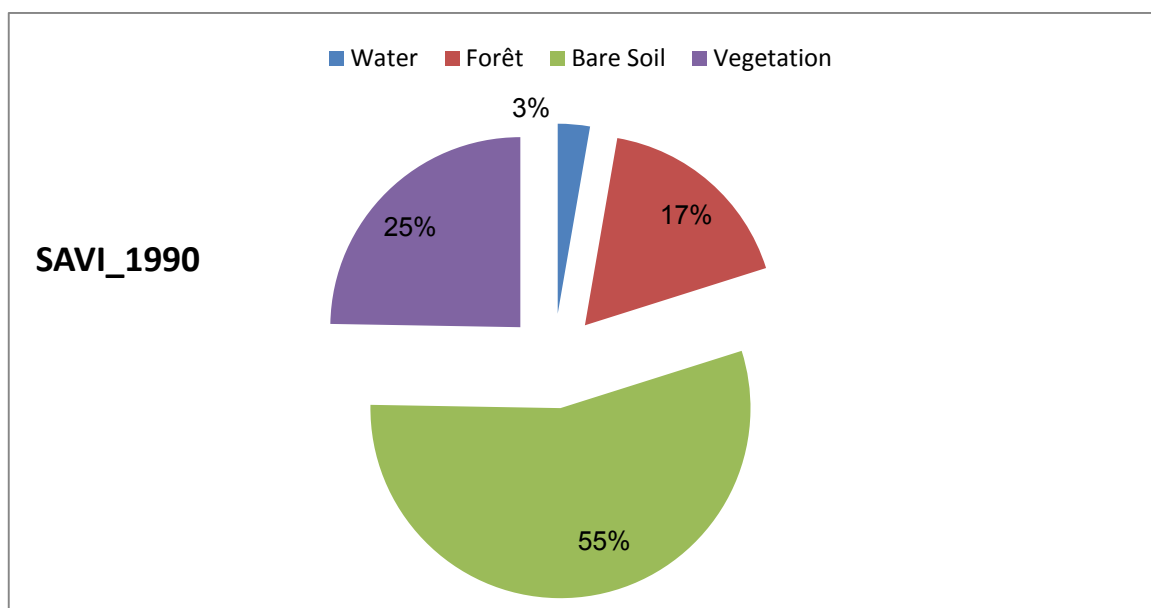
L = surface de couvert végétal

À l'aide d'une liste de valeurs séparées par un espace, vous allez identifier les canaux NIR et rouge et saisir la valeur L dans l'ordre suivant : NIR Rouge L. Par exemple, 4 3 0,5 (Huete, 1988).

➤ **Calculi et identification de l'(SAVI) de Gareat Et Tarf**

**SAVI 1990 :**

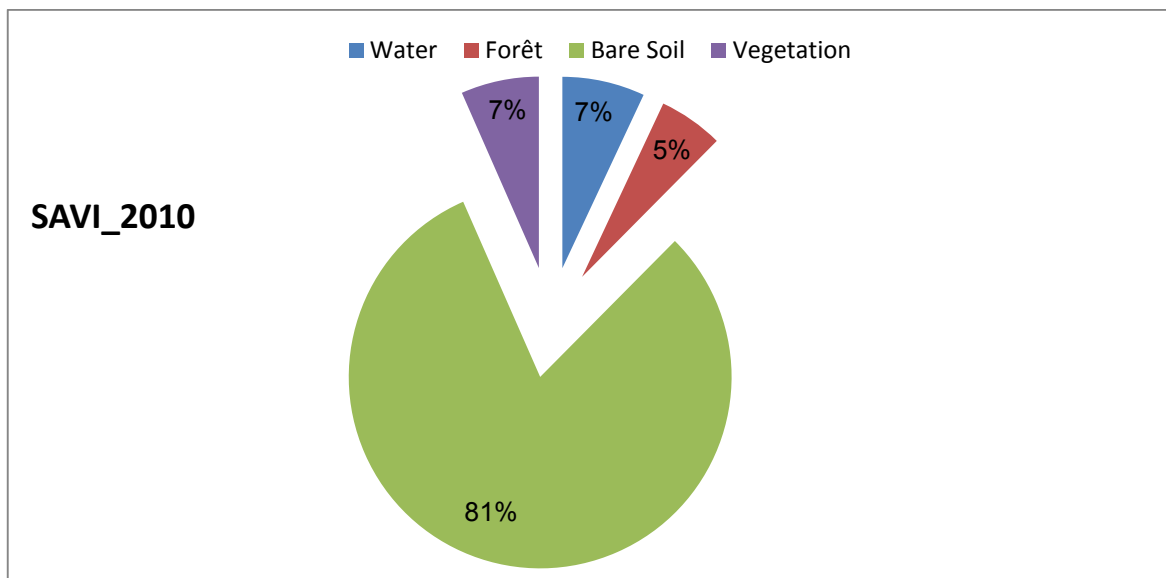
D'après les valeurs calculés de la indice SAVI, la période des années 1990 présente une dominance de la classe des sols nus avec 55%, et viens en deuxième position les classe du couvert végétale avec 42% dans les quelles en trouve 25% végétation agricole et 17% des forêts. Mais aussi la classe des eaux présente seulement 3% (Fig. 31).



**Figure 31.** La répartition de la classe de l'indice de végétation (SAVI) poule Sous bassin Gareat tarf (1990)

**SAVI 2010 :**

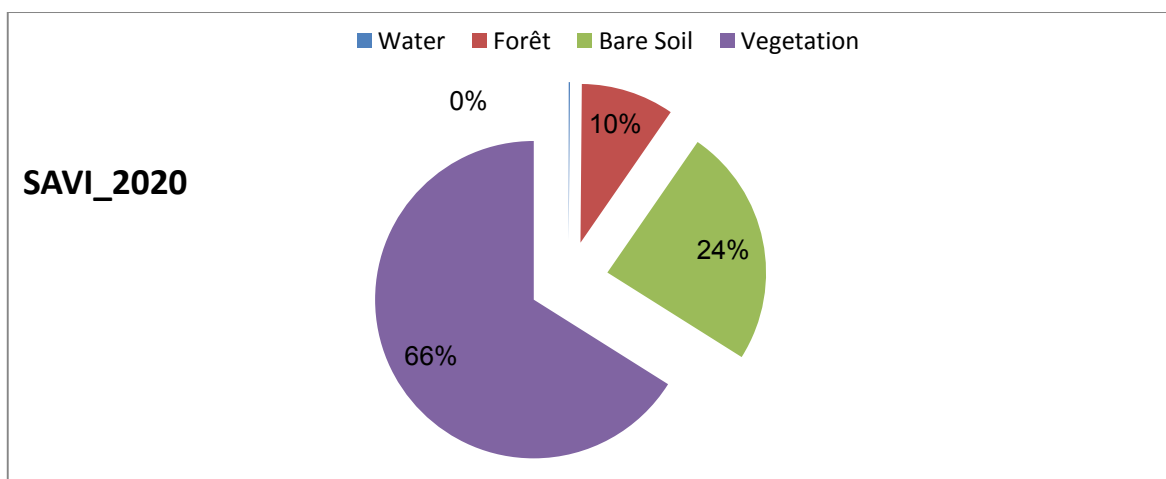
Après vingt ans le indice de végétation SAVI indique que, la classe la plus dominante est celle de sols nus avec 81%, le reste des terres est répartir d'une manière équitable entre les trois autres classes (Forêt, végétation agricole et eau). Cependant, le couvert végétal occupe seulement 15% et cela indique une régression dans les superficies (Fig. 32).



**Figure 32.** La répartition d'indice de végétation (SAVI) pour le Sous bassin Gareat tarf (2010)

**SAVI 2020 :**

Dans cette dernière décennie, le couvert végétal présenté par les valeurs de SAVI, indique une augmentation radicale et surtout la végétation agricole avec 60% en profit de la classe des sols nus. En effet, la classe de végétation intense (Agricole) a augmenté pour attendre les 10% (Fig. 33).

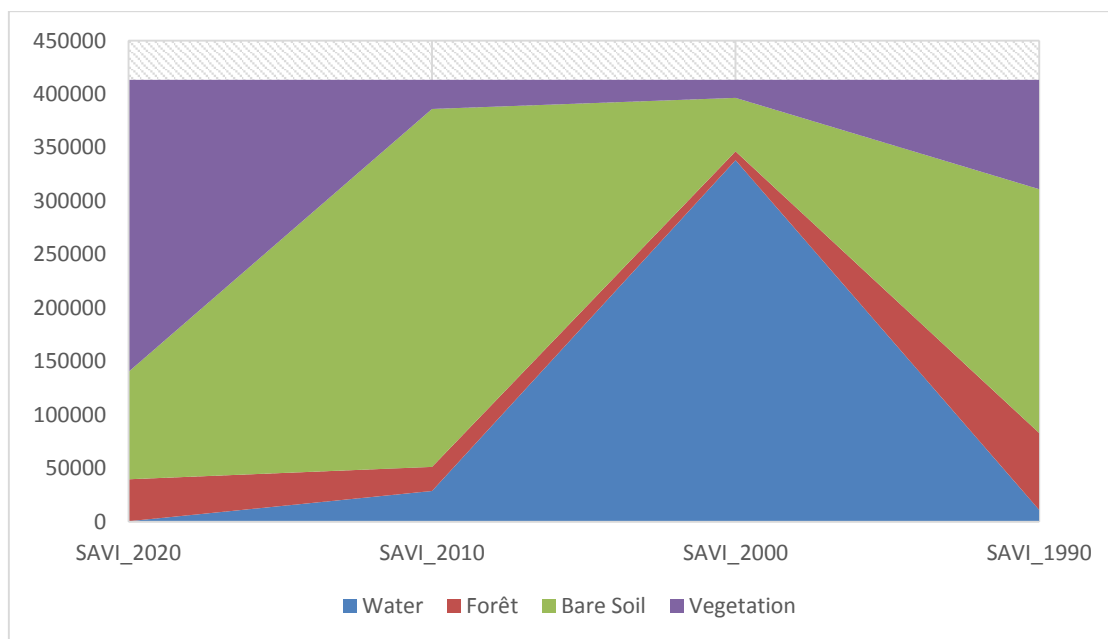


**Figure 33.** La répartition d'indice de végétation (SAVI) pour Sous bassin Gareat Et Tarf (2020)

**Caractérisation de l'évolution du couvert végétale SAVI**

Le calcul de l'indice de végétation (SAVI) dans la région d'étude pour les quatre périodes (1990, 2000, 2010 et 2020) par le biais de télédétection, a permis de faire une étude diachroniques d'évolution du couvert végétal. Les résultats indiquant toujours la dominance des sols nus par apport ou autre entité avec une augmentation dans les années 1990 en suite

une diminution progressive après les années 2010, par contre les zones agricole ont présenté une diminution dans les années 1990 pour reprendre dès les années 2000, et cela peut être expliqué par l'état de sécurité dans les années 1990 où les agriculteurs ont abandonné leurs terres pour les récupérer à partir des années 2000. En effet, le couvert végétal a repris sa place par l'occupation de l'espace en profit des terres nus surtout ces dernières années. Concernant les terres de forêt, elles présentent une augmentation de superficie progressive (Fig. 34).



**Figure 34.** L'évolution d'indice de végétation (SAVI) pour le Sous bassin Garaat tarf (1990-2000-2010-2020)

En outre, par le biais de SIG on a réussi aussi de réaliser des cartes de répartition spatiale des indices de végétation (SAVI) dans le sous bassin versant de Garaat Et Tarf. Les résultats indiquent une répartition comme suite : des forêts occupent la partie Sud de la région c'est les monts des Aurès, au centre de la région c'est des plaines où ils sont occupés par des terres agricoles, et la totalité des terres sont des terres nus (Sol nu). Concernant l'évolution chronologique spatiale d'occupation des terres, nous remarquons que les terres agricoles présentent une diminution pour la première décennie en suite ils présentent une augmentation très importante et cela en profitent des terres nus, tandis que les terres occupées par des forêts présentent une certaine stabilité. Cependant, les ressources d'eau superficielle dans la région sont très limitées dans la région présentée par des barrages qui ont été créés dans ces dernières décennies (Fig. 35).

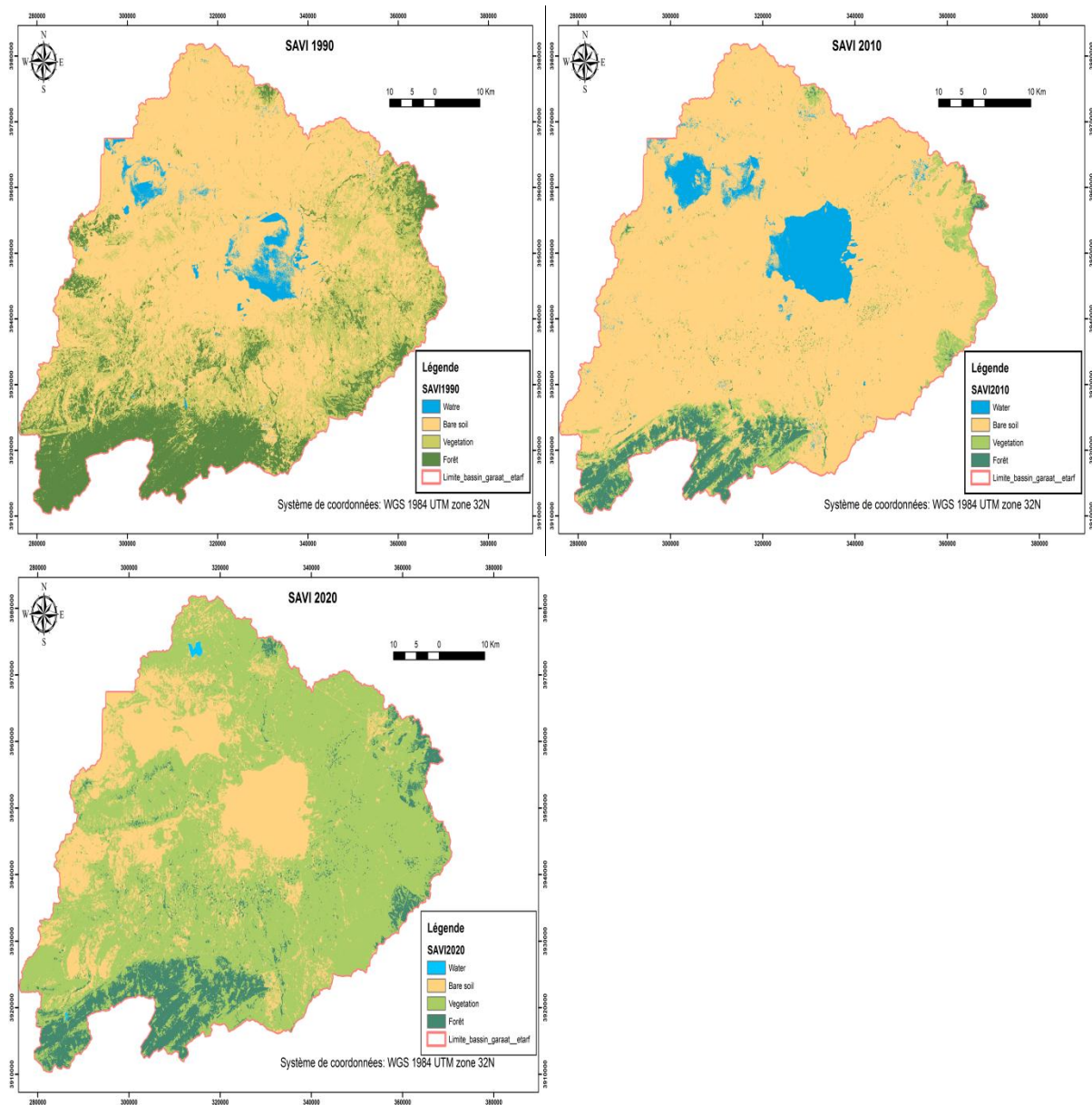


Figure 35. Les cartes de répartition d'indice de végétation (SAVI) Sous bassin Garaat tarf (1990 à 2020).

### **IV. 3. Conclusion**

Objectif de cette étude était d'étudier l'évaluation de couvert végétal, L'analyse des images satellitaires par l'utilisation de trois indicateurs de l'occupation des terres (LULC, NDVI, et SAVI), montre que le couvert végétal de la région est passé par trois périodes principales : La diminution du couvert végétal durant la première période des années 1990 qui a été expliquée par le délaissement des terres agricoles, la deuxième période est celle où est marquée par l'investissement important agricole dans la région avec une sécheresse qui a augmenté le couvert végétal mais progressivement. La dernière période est celle de ces dernières années, où le couvert végétal de la région a connu une augmentation importante cela peut s'expliquer par les résultats d'investissement agricole avec les conditions climatiques qui sont améliorées.

## **Conclusion général**

La végétation des zones semi-arides de Gareat Et Tarf connaît depuis des années une évaluation rapide, liée d'une part aux périodes de sécheresse plus ou moins longue marquée par changement climatique augmentation des températures et diminution des précipitations, et d'autre part à l'action anthropique. Le suivi et l'évaluation de ces changements est un travail cruciale et important dans le cadre d'un développement durable de la région, mais sa demande des investissements très importantes. Cependant, l'intégration de la télédétection et le SIG dans le suivi des modifications observables à la surface du sol est à la base de ce projet et qui facilité cette tâche. Assurer un suivi permanent de la végétation couvrant de très grandes surfaces ou dans des régions difficiles d'accès fait recours aux données de télédétection qui fournit des informations qualitatives et quantitatives sur la nature de l'occupation du sol de façon continue. Ce travail s'inscrit dans la problématique de l'utilisation des données issues de la télédétection pour le suivi du couvert végétal dans le sous bassin Great Et Tarf.

Ce modeste travail a permis d'étudier, par SIG et télédétection, la dynamique du couvert végétal du S/BV de Great Et Tarf, à travers une classification dirigée des trois images satellites Landsat (MSS et ETM+), une analyse multi date (1990, 2000, 2010,2020) couplée aux données cartographiques et aux données de terrain a été faite pour mettre en évidence les états successifs du couvert végétal afin de discriminer son évolution. Ces analyses (dégradation ou évolution du milieu naturel) ont été menées essentiellement à partir d'interprétations visuelles et confirmées par des traitements numériques appropriés. Le suivi diachronique du couvert végétal au sien de notre S/BV à partir d'une série d'images satellites multi spectrales et multi dates sur une période de 30 ans a montré des localisations préférentielles de l'évolution du couvert végétal, l'analyse des données de télédétection révèle une modification de l'espace naturel avec :

- Réduction des sols nus (- 50%) ;
- Progression des zones urbaines (+8%);
- Extension de culture/vegetation (+ 18%)
- Stabilité des surfaces forestières (9%)
- Stabilité des quartiers de la sebkha et chott (8%)
- Manque d'eau

## *Conclusion générale*

En termes de perspectives, il serait intéressant d'utiliser des images satellites à plus haute résolution pour une analyse plus détaillée afin d'évaluer la végétation pour une meilleure discrimination. Cette étude a démontré les possibilités d'analyse de l'évaluation de la végétation dans le sous-bassin versant des continents Tarf. Nous espérons, à travers ce travail, avoir montré l'état de l'évaluation du couvert végétal dans notre zone d'étude et confirmer la différence de ces zones dans le temps et leur évolution.

## **Références Bibliographiques**

- Abdelbaki,A.(2012).Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du Couvert végétal dans le sous bassin versant d'Oued Bouguedfine (wilaya de Chlef),Mémoire de magister en biologie,pp3-4.
- Aganze,B. (2021). Dynamique de couvert végétal et perception sur le changement climatique dans les territoires de kabare et walungu: Etude comparative de deux Bassins Versants, pp 3-4.
- Aidoud,A. (1983). Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud oranais: Phytomasse, productivité primaire et applications pastorales. Doct. 3ème Cycle, U.S.T.H.B. Alger, pp 245.
- Aronson, JA. (1989). Halophadatabaseon salt tolerantplants of the world office aridland studies. Univof Arizona.Tueson, pp75.
- Baret, F & Guyot, G. (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment, remote sensing of environment, vol 35, pp 161-173.
- Bannari,A., Morin,D., Huete,AR & Bonn, F. (1995).A review of vegetation indices. Remote Sensing Reviews, n°13, pp 95-120.
- Beaux,JF. (2011). L'environnement, N°d'éditeur: 10174842\_Axiome, pp10 - 11.
- Benzata, SI. (2013). Etude hydrochimique des eaux souterraines d'un bassin versant en zone semi-aride cas du bassin Garaet El Tarf. UniversitéAbbésLaghrou – Khenchela, pp 3-13.
- BGCI. (2012). The Global Strategy for PlantConservation: 2011-2020 Published by Botanic Gardens Conservation International for the Convention on Biological Diversity September 2012 ISBN: 978-1-905164-41-7 Recommended citation: Convention on Biological Diversity, 2012. Global Strategy for Plant Conservation: 2011-2020. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK. Design: [www.seascapedesign.co.uk](http://www.seascapedesign.co.uk)., pp 10-11-12.
- Bouanani,A. (2004). Hydrologie, transport solide et modélisation: Etude de quelques sous bassins de la Tafna (N.W. Algérie).
- Chenaker,H. Houha B., Valles V. (2017).Hydrogeochemistry and Geothermometry of Thermal Water from North-Eastern Algérie. Université Abbés Laghrour – Khenchela. Doi Geothermics, 2017, pp 137-145.

## *Références Bibliographiques*

- CBD(2012).convention on Biological Diversity .Global Strategy for plant Conservation 2011\_2020 published by Botanic Gardens Conservation International. ISBN 978\_1\_905164\_41\_7 Richmond.UK.Desidn:www.seascapedesign\_co.uk.pp10\_12
- CPS. (2011). Guide d'initiation à la télédétection appliquée à la pêche hauturière de thonidés .Section développement de la pêche côtière et secrétariat général de la communauté du Pacifique. Nouméa (Nouvelle\_Calédonie), pp 22.
- C.F.Kh .(2022).Conservation des forêtsde wilaya de kenchela initial de télédétection.
- Dali,N. (2009). Ressources Et Gestion Intégrée Des Eaux Du Bassin De Gareat El Tarf (W. Khenchela). Thèse Magister. Université D'Annaba, pp155.
- Daget, P& Godron, M. (1982).Analyse de l'écoogie des espèces dans les communautés. Masson, Paris.
- Dib,D. (2018). Origine Et Caractérisation De La Pollution Des Eaux Dans Le Bassin De Tarf (Ne-Algérien).Thèse Doctorat. Univesité Larbi Ben M'hidi Oum El Boughi, pp 201.
- DGFOB, Direction Générale Des Forêts. (2005).Fiche Descriptive Sur Les Zones Humides Ramsar Gareat El Tarf (W. Oum El Bouaghi), pp 8.
- D.S.A. (2011). Service de statistique, Direction des services agricole de la wilaya de Khenchela février 2011.
- Elafri, A. (2022)
- Faso, B. (2021). Dynamique du couvert végétal à la périphérie du Parc W du Burkina Faso, pp 1-23.
- Ferchichi, A. (1999). Les parcours de la Tunisie présaharienne : Potentialités, état de désertification et problématique d'aménagement. Options Méditerranéennes 1999, pp 39 -137-41.
- Ferchichi,A. (2000). Range land shindi versityin presaharian Tunisia. cahiersoptions méditerranéennes.45, pp 69-73.
- Flowers,T.C., Hajibaghi,M.,A et Clipson, N.J.W. (1986). Halophytes. Quarterly Reviewofbiology.61(3), pp 313-337.
- Farah, A. (2014). Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. Université Constantine 1, faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie et Ecologie. Mémoire Magister.
- Frédéric, T., Matthieu, A. (2013). Les couverts végétaux gestion pratique de l'interculturel, pp 82-83.
- Frontiers, Pichod-vial, D.,Leprêtren, A., Davoult, D., luczakch.(2004).Ecosystème, structure, fonctionnement, évolution. 3eme édition. Dunod.Paris, pp 549.

## *Références Bibliographiques*

- Ibrahim-Bathis, K., Ahmed, S. (2016). Geospatial technology for delineating groundwater potential zones in Doddahalla watershed of Chitradurga district, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 19(2), pp223-234.
- Gausse, H. (1952). Le dynamisme des biocénoses végétales. *Colloques internationaux CNRS XXXIII, Ecologie, (Année biologique, Ser: II, 27 (2))*, pp 9-22.
- Garcia, C.A& Mollicone, D. (2019). The global tree restoration potential, pp 54. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>.
- Géhu, J.M. (1980) .La phytosociologie d'aujourd'hui. Méthodes et orientations. *Not.Fitosoc16.Pavia.*, pp 1-16.
- Gounot, M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson. Paris.
- Gower, JFR., Borstadt, GA., Gray, LH et Edel, HR. (1988).The Fluorescence Line Imager: High-Resolution Imaging Spectroscopy Over Water and Land. *Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing France*, pp 273-278.
- Guinochet, M. (1954). *Sur les fondements statistiques de la phytosociologie et quelques unes de leurs cMasson Edit. Paris*, pp 227.
- Guinochet, M. (1973).Phytosociologie. onséquences. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel*, pp 29-41-67.
- Guiraud, R. (1973). Evolution post-Triasique de l'Avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. *Thèse Sci. Univ. Nice*, pp 270, 114 fig., 12 pl. h.t.
- Guyot, G. (1984).Caractérisation spectrale des couverts végétaux dans le visible et le proche infrarouge, application à la télédétection. *Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection*, n°95, pp 5-14.
- Girard, MC. (1989).Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales. (2 ed.), Paris, Masson, pp 260.
- Houhamdi, M., Hafid, H., Seddik, S., Bouzegag, A., Nouidjem, Y., Bensaci, T., Maazi, MC &Saheb, M. (2008). Hivernage des Grues cendrées *Grus grus* dans le complexe de zoneshumides des hautes plaines de l'Est de l'Algérie. *Aves* 45/2, pp 93-103.
- Kaabache, M. (1990). Les groupements végétaux de la région de Boussaada, (Algérie), essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. *Mémoire de doctorat en sciences. Université de Paris – sud, Centre d'ORSAY. Paris*, pp 104.
- Kallel, A. (2010). Apport et analyse d'images satellites pour le suivi de la végétation. *Book SN 978-3-8381-8916*.

## *Références Bibliographiques*

- Kerkeb, A. (1989). Contribution à l'étude de la production de l'armoise blanche et application pastorale dans une région steppique (Wilaya de Djelfa). Thèse d'Ingn. Agro. U.S.T.B. de Blida, pp 122.
- Khoudja, A.M. (1986). Etude de la dynamique de la végétation du maquis dans la région de MECHTRAS (Grande Kabylie), mémoire ingénieur, ENSA, EI Harrach, Algérie, pp 71.
- Lacoste, A & Salanon, R. (2001). Eléments de biogéographie et d'écologie. 2<sup>ème</sup> Édition. Une compréhension de la biosphère par les composantes majeures des Écosystèmes. Edition NATHAN, pp 300.
- Lakhzoume, N & Sahraoui, Z. (2020). Délimitation des zones potentielles d'eaux souterraines par l'utilisation de télédétection, SIG et processus multicritères d'aide à la décision AHP cas du bassin versant Gareat El Tarf 2020. Université Abbés Laghrour – Khenchela, pp 29-30-78.
- Laassab, A & Kaoua, M. (2018). Cartographie de la salinité des eaux souterraines de la région Sud Bassin Garaet El Taref (Khenchla). Université Abbés Laghrour Khenchela, pp 76.
- Lehouerou, H.N. (1994). Forage halophytes and Salt, tolerant foddercrops in the mediterranean basin. V. requireset A.T. Ayoub (eds). Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands, Kluwer. Academic publish. The Netherlands, pp 127-137
- Marage, D. (2003). Déterminisme, dynamique et modélisation spatiale de la diversité floristique dans un contexte de déprise pastorale : application à la gestion durable des espaces montagnards sous influence méditerranéenne. Acta Botanica Gallica, 153 (2), pp 257-264.
- Manga, A. (2015). Système D'information géographique, volume (42), pp 14.
- McGarry, D. (2006). A methodology of visual-soil field assessment tool to support, enhance, and contribute to the LADA program. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Metzmacher, M. (1979). Les oiseaux de la Macta et de sa région (Algérie): Non passereaux. Aves, pp 3-4-89-123.
- Mohammed, T. (2013). Système d'Information Géographique. Master. Algérie. 2013. cel-01445409v2. HAL Id: cel-01445409 <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01445409v2> Submitted on 18 Nov 2018, pp5.
- Nedjraoui, D. (2003). Country Pasture, fourragère source profiles. Ed. FAO. Grassland and pasture crops Algérie, pp 1-29.
- Ouattara, A. (2013). Apport de la Télédétection et des SIG à l'étude des facteurs causant des pressions sur les surfaces forestières: Cas de Bloc de protection intégrale de la réserve de

## *Références Bibliographiques*

- faune D'ABOKOUAMEKRO (Côté d'IVOIRE), Mémoire de fin d'étude d'ingénieur des Techniques Agricoles, pp 14-16-81
- Ozenda, P. (1954). Observation sur la végétation d'une région semi-aride: les hauts.
- Pinol, J.L. (2011). Les systèmes d'information géographique et la pratique de l'histoire. Dans revue d'histoire moderne et contemporaine 2011/5 (n°58-4bis), pp 111-126.
- Pouget, M. (1980). Les relations sol-végétation dans les steppes sud Algéroises. Travaux et documents de l'ORSTOM.N°116. Paris,pp 555.
- Rozak,A.H. (2020). À Diptéro carpées de Bornéo. Novembre, pp 2-4. <https://doi.org/10.19182/bft2020.345.a31940>.
- Sadfi,M & Hassine, S. (2018), la relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques cas: de la région d'Ain Defla, mémoire de Master en Écologie et environnement (protection des écosystèmes),pp19.
- Scheromm. (2000). La résistance des plantes, la sécheresse. ed. INRA. Centre de Montpellier.
- Takouache, L & Ghouzlene, W. (2015). Les effets des boues résiduelles sur la minéralisation de l'azote dans un sol agricole de la plaine de Remila de la (w) de Khenchela. Université Abbes Laghrour– Khenchela, pp 76.
- Tarhouni, M., Ouled Belgacem, A., Neffati, M & Chaieb, M.(2007). Dynamique des groupements végétaux dans une aire protégée de Tunisie méridionale. Cahiers Agriculture, 16 (1), pp 7.
- TIR, O & Nmer, W. (2021). Contribution à l'étude du changement climatique dans le sous bassin de Garaat Et Tarf (Nord-est Algérie). Thème de mémoire 2021, pp 28-29-30-65.
- Hartwig, N.L & Ammon H.U. (2002). Cover crops and living mulches. Weed Science, 50 (6), pp 688-699. Doi: 10.1614/0043-1745(2002)050[0688: aiacca] 2.0.co;2;10.1614/0043-1745 (2002)050[0688: AIACCA]2.0.CO;2

**Les sites web :**

[https://www.researchgate.net/publication/357172405\\_Dynamique\\_du\\_couvert\\_vegetal\\_et\\_perception\\_sur\\_le\\_changement\\_climatique\\_au\\_Sud-](https://www.researchgate.net/publication/357172405_Dynamique_du_couvert_vegetal_et_perception_sur_le_changement_climatique_au_Sud-Kivu_etude_comparative_de_deux_bassins_versants)

[Kivu etude comparative de deux bassins versants](https://www.researchgate.net/publication/357172405_Dynamique_du_couvert_vegetal_et_perception_sur_le_changement_climatique_au_Sud-Kivu_etude_comparative_de_deux_bassins_versants)

<https://www.fao.org/3/t1765f/t1765f0i.htm>

<http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/formation-vegetale>

<https://www.intechopen.com/chapters/45433>

<https://www.mcan.gc.ca/cartes-outils-publications/imagerie-satellitaire-photos-aer/tutoriels-sur-la-teledetection/introduction/interactions-avec-latmosphere/14636>

<http://www.encrypted-tbn2.gstatic.com>