



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique

جامعة زيان عاشور-الجلفة -

Université Ziane Achour Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم البيولوجية

Département des sciences Biologiques

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie végétale et Environnement

Thème :

**Utilisation des images LANDSAT 8 pour la cartographie des
formations végétales s forestières de la forêt de Sénalba Gharbi
(Wilaya de Djelfa)**

Présenté par :

- Melle RAACH Hadjer Saadia
- Melle SEDDIKI Karima

Devant le jury composé de :

Mr MOUISSA H	(MCA)	Université de Djelfa	Président
Mr RAHMOUNE A.	(MAA)	Université de Djelfa	Promoteur
Mr TAIBAOU I B	(MAA)	Université de Djelfa	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





Dédicace

Tout d'abord Allah merci, que c'est par sa grâce que les bonnes actions sont faites , et par la grâce de Allah et sa conciliation il m'a amené à ce moment.

Je dédie ce travail à:

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, À ma chère mère Aisha ;

À mon cher papa Ahmed , je te remercie sincèrement pour tout ce que tu m'as donné, tu as travaillé avec moi depuis le début de cette étude.

merci beaucoup..

Que dieu les gardes et les protège

*À mes sœurs **Selma** et **Maria**, merci pour votre soutien ;*

*À mes frères **Walid** et **Mohammed** ;*

*Aux âmes de mes grands-mères, qu'Allah leur fasse miséricorde: **Kheira** et **Zahraa***

*Aussi pour ma collègue **Karima***

*Pour mes amies **Rania** et **Khaoula***

Sans parler de toutes les personnes qui étaient à côté de moi pour faire ce travail.

RAACH Hadjer Saadia



Dédicace

Loué soit Dieu qui nous a permis d'apprécier cette étape de notre cheminement d'étude car ce mémoire est le fruit d'un effort et d'une réussite par sa grâce doué:

A ma mère, ma compagne, que Dieu la protège ;

A mon père, compagnon de voyage ;

A toute ma généreuse famille qui mon soutenu

A mes mes amis ;

*Un merci spécial à l'enncadreur, Mr.**RAHMOUNE** Abdelkarim.*

SEDDIKI Karima

Remerciements

Au début, nous remercions Allah d'avoir rempli le mémoire de fin d'études .

*Nos premiers remerciements à notre promoteur **Mr,RAHMOUNE Abdelkarim.** qui nous a beaucoup guidé et qui nous a accompagné tout au long de nos sorties sur terrain , et nous a accompagnés tout au long de la réalisation de ce mémoire. Que Allah le bénisse,*

*Un grand merci également à **Mr. DAOUDI B** cadre technique au sein du CNDRB, qui nous a aidé pour l'identification des espèces inventoriées.*

*Merci aux travailleurs du CFD **Mr.SOUFARI M** et **Mr.RINOUBI H** pour les informations qu'ils ont fournies.*

Notre remerciements vont aussi à:

***Mr MOUISSA H** d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire. **Mr TAIBAOUI B** d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

Ma profonde gratitude à tous mes enseignants de la Faculté SNV.

*Je tiens à remercier mon père, **Mr.RAACH Ahmed**, qui nous a permis de nous déplacer facilement dans le véhicule lors de notre sortie sur le terrain.*

Hadjer et Karima

SOMMAIRE

Dédicaces	
Remerciements	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Introduction	

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE N°01 : LA TELEDETECTION SPATIALE ET PROGRAMME LANDSAT

1. La télédétection	5
1.1. Définition de la télédétection.....	5
1.2. Évolution historique.....	6
1.3. Objectifs de la télédétection	7
1.5. Techniques de la télédétection.....	9
1.6. Applications de la télédétection.....	9
1.7. Les capteurs de la télédétection	10
2. Système d'information géographique SIG.....	11
2.1. Définition	11
2.2. Les composantes de SIG	12
2.3. Avantages d'un SIG	14
2.4. Les fonctionnalités d'un SIG	15
2.5. Les domaines d'application de SIG.....	16
3. Le SIG et la télédétection	17
4. Cartographie sous S.I.G.....	17
5. Cartographie de la végétation.....	17
5.1. Méthode de la cartographie de la végétation	18
5.2. Importance de la cartographie de la végétation.....	18
5.3. Cartographie des grands types de végétation.....	19
5.4. Cartographie des séries de végétation	19
5.5. Cartographie des groupements végétaux	19
6. Apports la télédétection à la cartographie de la végétation.....	19
7. Différents satellites d'observation de la Terre	20
8. Programme spatiale LANDSAT	21
8.1. Présentation programme spatial LANDSAT	21
8.2. Les principes génération de LANDSAT	21

CHAPITRE N°02 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa	24
2. Présentation de la forêt de Sénalba Gharbi.....	26
2.1. Situation géographique de la zone d'étude	26
2.2. Situation administrative et juridique.....	27
2.3. Superficie de la forêt et contenances	30
2.4. Infrastructures et équipements existants	31
3. Cadre Physique	31
3.1. Reliefs	31
3.2. Les pentes.....	32
3.3. Géologie.....	34
3.4. Géomorphologie	34
3.5. Pédologie	35
3.6. Hydrographie	36
4. Flore de la forêt Sénalba Gharbi.....	37
4.2. Stratification de la forêt	38
5. Faune de la forêt Sénalba Gharbi	38
6. Aspect climatique	39
6.1. Origine des données climatiques	39
6.2. Correction des données climatiques	39
6.3. Synthèse climatique	46
7. Caractéristiques socio-économiques.....	52
7.1. Milieu humaine.....	52

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE N°03 : MATERIELS ET METHODES

1. Objectif du travail.....	54
2. Réalisation des relevés floristiques.....	54
2.1. Conditions préalables à la réalisation de relevés floristiques	55
2.2. Echantillonnage choisi	55
3. Choix de l'emplacement des relevés floristiques.....	56
3.1. Aire minimale.....	57
3.2. Relevés floristiques	58
4. Matériels utilisé	58
5. Etude floristique et caractérisation de végétation de la forêt Sénalba Gharbi	60
5.1. Composition floristique	60
5.2. Richesse floristique	61
5.3. Type biologique.....	61
5.4. Coefficient d'abondance-dominance	62

6.	Cartographie de la végétation.....	63
6.1.	Objectif de la cartographie de la végétation	64
6.2.	Acquisition des images satellites	64
6.2.1.	LANDSAT 8	65
6.4.	Matériels et méthodes	66
6.5.	Traitement des données de télédétection	67
6.6.	Traitement de l'image satellite et réalisation des cartes de végétation	69
6.7.	Classification supervisée.....	69

CHAPITRE N°04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1.	Analyse floristique de la végétation de la forêt Sénalba Gharbi.....	72
1.1.	Composition floristique	72
1.2.	Richesse floristique.....	74
1.3.	Type biologique.....	75
1.4.	Abondance-dominance des espèces	76
2.	Cartographie de la végétation de la forêt Sénalba Gharbi.....	77
2.1.	Téléchargement des images satellitaires	78
2.2.	Composition colorée choisie	78
2.3.	Extraction de la zone d'étude sous ENVI 4.5	79
2.4.	La classification supervisée sous ENVI 4.5.....	80
2.5.	Post-traitement	81
2.6.	Exportation du résultat de la classification supervisée vers Arcmap.....	82
2.7.	Résultat final	83

Conclusion

Références bibliographiques

Résumé

LISTES DES TABLEAUX

Tableau n° 1 : Historique du programme LANDSAT.....	22
Tableau n° 2 : Répartition des forêts de la wilaya de Djelfa.....	24
Tableau n° 3 : Représentation des cantons avec les superficies en (ha).....	29
Tableau n° 4 : Répartition des superficies de la zone Sénalba Gharbi.....	30
Tableau n° 5 : Répartition de la superficie totale d'une forêt Sénalba Gharbi sur différentes classes.....	33
Tableau n° 6 : Moyennes mensuelles des températures de la région Senalba Gharbi en C° de la période (1975-2020).	40
Tableau n° 7 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (mm) de la période (1975-2015) de.....	41
Tableau n° 8 : Régime saisonnier des précipitations de la région de Senalba Gharbi pour la période.....	42
Tableau n° 9 : Vitesse moyennes mensuelle du vent en (m/sec)	43
Tableau n° 10 : L'humidité moyenne de région de Djelfa (1975-2020)	44
Tableau n° 11 : Nombre mensuel de jours de neige pour la période (1975-2020).....	45
Tableau n° 12 : Nombre moyen mensuel de jours de gelée pour la période (1975-2020).....	45
Tableau n° 13 : évaporation moyenne mensuelle en (mm) pendant la période (1975-2020)	45
Tableau n° 14 : Valeurs de l'indice d'aridité	46
Tableau n° 15 : Résultat de l'étude l'aridité de la zone d'étude	47
Tableau n° 16 : L'indice xérothermique d'Emberger pour les deux altitudes de notre zone d'étude	48
Tableau n° 17 : Les valeurs du quotient pluviothermique pour la zone d'étude.....	50
Tableau n° 18 : Planning de réalisation des relevés floristiques	58
Tableau n° 19 : Caractéristiques du satellite Landsat 8.....	66
Tableau n° 20 : Familles des espèces recensées durant la saison du printemps	72
Tableau n° 21 : Superficie des différentes formations végétales de la zone Sénalba Gharbi	87

LISTES DES FIGURES

Figure n° 1 : le système de télédétection	8
Figure n° 2 : Capteur passive et active	11
Figure n° 3 : Base des données géographiques	12
Figure n° 4 : Les composantes d'un SIG	14
Figure n° 5 : les fonctionnalités d'un SIG	15
Figure n° 6 : 50 ans d'histoire du programme LANDSAT	21
Figure n° 7 : Patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa.....	25
Figure n° 8 : Carte de situation géographique de la forêt naturelle Sénalba Gharbi.....	26
Figure n° 9 : Carte des séries de la forêt de Sénalba Gharbi.....	27
Figure n° 10 : Situation juridique et administrative de la forêt de Sénalba Gharbi	28
Figure n° 11 : Modèle numérique de terrain de la forêt de Sénalba Gharbi.....	32
Figure n° 12 : Carte des pentes de la forêt de Sénalba Gharbi.....	33
Figure n° 13 : Carte des expositions de la forêt de Sénalba Gharbi	35
Figure n° 14 : Carte du réseau hydrographique de la forêt de Sénalba Gharbi	37
Figure n° 15 : Variation mensuelle des températures de la région de Sénalba Gharbi.....	41
Figure n° 16 : Les précipitations mensuelles de la région Sénalba Gharbi de la période	42
Figure n° 17 : Pourcentage du régime des précipitations pour chaque saison dans la région	43
Figure n° 18 : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s	44
Figure n° 19 : Localisation de la zone d'étude dans l'abaque de DE MARTONNE.....	47
Figure n° 20 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la zone de Sénalba Gharbi	49
Figure n° 21 : Climagramme pluviométrique d'Emberger de la zone d'étude (1975-2020).....	51
Figure n° 22 : Périodes de développement optimal de plusieurs types de végétation.....	55
Figure n° 23 : G.P.S utilisé pour notre travail-Gpsmap62Garmin- (Photo original)	59
Figure n° 24 : Des sachets en papier, pour prendre les échantillons non identifiés	59
Figure n° 25 : Piquets et corde et marteaux utilisé	60
Figure n° 26 : Représentation schématique des différents types biologiques décrits par	62
Figure n° 27 : Représentation schématique du recouvrement de la végétation	63
Figure n° 28 : Interface de téléchargement des images LANDSAT 8.....	65
Figure n° 29 : Résolution spatiale des images du Quickbird	68
Figure n° 30 : Proportions de répartition des familles par différentes espèces trouvées dans la forêt de	73
Figure n° 31 : Spectre biologique des espèces rencontrées de la forêt Sénalba Gharbi.....	75
Figure n° 32 : Téléchargement de l'image satellitaire LANDSAT 8	78
Figure n° 33 : Composition colorée de l'image satellitaire LANDSAT 8	79
Figure n° 34 : Extraction de la zone d'étude de l'image satellitaire LANDSAT 8	79
Figure n° 35 : Définition des régions d'intérêt (Region of interest) pour la classification.....	80
Figure n° 36 : Résultat de la classification supervisée.....	81
Figure n° 37 : Résultat de la post-classification	82
Figure n° 38 :Exportation de l'image vers le logiciel ArcGIS	83
Figure n° 39 : Découpage de l'image sous ARCMAP	83
Figure n° 40 : Carte de végétation de la forêt Sénalba Gharbi (2022).....	84
Figure n° 41 : Superficiés des formations forestières pré-forestières de la forêt de	87

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

B.N.E.F : Bureau National des Etudes Forestiers

C.B.N.B : Conservatoire botanique national de Brest

C.F.D : Conservation Des Forêts

Ch : Chaméphytes

C.I.T.T. A : Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale

D.P.S.B. : Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire

Déc : Décembre

Fév: Février

Fig : Figure

Géo : Géophytes

ha : Hectare

Hé :Hémicryptophytes

IFN : Inventaire forestier national

Jan. : Janvier

Juil. : Juillet

LDCM : Landsat Data Continuity Mission

m²: Mètre carré

Max : Maximale

Min : Minimale

mm : Millimètre

MOS : Modèle d'organisation spatiale

Moy: Moyenne

Nbr : Nombre

Nov : Novembre

Oct:Octobre

OLI: Operational Land Imager

P : Précipitation

Ph. : Phanérophytes

ROI : Region of interest

Sep : Septembre

SGBD : Système de gestion de la base de données

SIG : Système d'information géographique

T : Température

T.P.F: Tranchées par feu

TVB :Trames vertes et bleues

TIRS: Thermal Infra-RedSensor

Th:Thérophytes

UICN : Union Internationale de la conservation de la nature

USGS : United States Geological Survey

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les écosystèmes forestiers offrent d'importantes fonctions économiques, environnementales et écologiques, qui à leur tour fournissent des biens et services comme la biodiversité, la protection des sols contre l'érosion, la séquestration du carbone, l'écotourisme-loisirs et les produits forestiers non ligneux. La gestion durable des ressources forestières est un objectif clé fondé sur une gestion saine des écosystèmes forestiers. Elle implique une utilisation des ressources axée sur leur capacité de renouvellement et la conservation des écosystèmes forestiers tant au niveau local que mondial **(RIDD & LIU., 1998)**.

Les formations forestières jouent un rôle important dans la satisfaction de nombreux besoins de base des populations locales. Elles fournissent le bois énergie et contribuent à la couverture des besoins nutritionnels, en particulier des groupes sociaux les plus vulnérables **(LINIGER et al., 2011)**. De même, elles représentent la source principale de produits médicinaux en zones rurales et participent aux économies locales et nationales.

La forêt algérienne est estimée à 4 200 000 hectares, représentant 70 % d'espèces résineuses et 30 % de feuillues. Parmi les conifères ; le pin d'Alep couvre de très vastes surfaces sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, la question de sa meilleure valorisation se pose ainsi pour tous les pays méditerranéens **(BENTOUATI & BARITEAU., 2005)**.

Le massif forestier de Sénalba constitue l'une des plus importantes forêts naturelles de Pin d'Alep des zones arides et désertiques de l'Atlas saharien algérien. Face à la désertification qui menace les terres du nord de l'Algérie, ce massif forestier représente la dernière barrière naturelle contre l'avancée du désert. Le Pin d'Alep est l'une des essences les plus répandues dans la région méditerranéenne, couvrant plus de 25 000 km² des formations forestières dans les régions semi-arides et subhumides sèches **(QUEZEL, 2000)**.

Il est urgent d'actualiser les données sur l'ensemble des forêts nationales et surtout de la wilaya de Djelfa, par le biais de la cartographie et de l'inventaire forestier où le dernier inventaire a été réalisé en 1984.

Les moyens de la cartographie classique, en grande partie manuelle, ne répondent plus aux exigences actuelles qui sont, entre autres, la nécessité d'une actualisation permanente de phénomènes en rapide évolution et l'étendue importante des zones d'étude. Le recours à des alternatives plus rapides, plus efficaces et plus précises restera le moyen performant pour palier devant ces phénomènes. **(FEKIR.2021)**

Les techniques de la géomatique ont marqué des progrès significatifs au cours des deux dernières décennies et leur développement ne cesse de s'accroître où des nouveaux outils développés concernent plus particulièrement l'acquisition, le traitement et la restitution des données géographiques. L'apparition de nouvelles techniques de gestion de données par le numérique, les

INTRODUCTION

traitements d'une masse de données importante ne se posent jamais. Parmi les outils de la géomatique, les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et la Télédétection ont prouvé ces dernières années leurs efficacités en termes de traitement, analyse et gestion des données à caractère spatial. En plus, l'apparition de nouvelles sources de données géospatiales en continuité a considérablement amélioré la gestion spatiotemporelle des ressources naturelles. **(FEKIR.2021)**

Actuellement, la télédétection utilisant l'imagerie satellitaire représente une solution facile permettant la cartographie du couvert forestier et reste un outil extrêmement efficace pour la cartographie de la végétation, compte tenu de la qualité de l'information fournie par l'utilisation des différentes techniques de cette dernière.

Le but de cette étude est l'utilisation des techniques de télédétection et des données du satellite LANDSAT pour la cartographie des formations forestières d'une forêt qui fait sujet d'importante transformation au niveau de son couvert végétal. En effet, les données du satellite LANDSAT permettent d'établir des cartes de végétation qui font ressortir des informations utiles comme l'inventaire des formations forestières et leur caractérisation, leur dynamisme ainsi que leur état de dégradation.

Cette recherche va permettre la production d'un document cartographique permettant la délimitation des principales formations forestières et pré-forestières afin d'actualiser et d'enrichir les informations existantes sur la végétation forestière de la forêt Sénalba Gharbi par le biais d'une carte de végétation comportant les formations forestières et pré-forestières avec leurs superficies qui peuvent servir comme base de données permettant une bonne gestion de cet écosystème forestier. Notre travail est constitué de deux parties illustrées comme suit :

Première partie : Etude bibliographique

- Le premier chapitre intitulé : Télédétection spatiale et programme satellites LANDSAT, qui est une recherche bibliographique et des généralités sur la géomatique et la cartographie de la végétation.
- Le deuxième chapitre présentera notre zone étude.

Deuxième partie : L'étude expérimentale, qui abordera la méthodologie et les matériels adoptés afin d'atteindre l'objectif de ce travail, ainsi que les résultats obtenus et leurs analyses.

PREMIERE PARTIE
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE N°01

TELEDETECTION SPATIALE ET

PROGRAMME SATELLITE

LANDSAT

1. La télédétection

Généralement, les mécanismes d'utilisation de la télédétection sont nombreux dans divers domaines, c'est-à-dire à travers des images provenant de divers satellites, où il existe de nombreux satellites d'observation de la Terre, ces dernières images pour des applications militaires, agricoles, environnementales et cartographiques...etc

1.1. Définition de la télédétection

Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale (1988) définit la télédétection comme un ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (**C.I.T.T. A ,1988 ; In Kergomard, 2004**).

Selon **SOUDANI** en 2005, la télédétection est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, d'observer et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, phyto-masse, matière organique du sol, ...)

D'après la seconde définition, la télédétection est opérée à distance en utilisant des plateformes dites vecteurs embarquant des instruments de mesures dits capteurs. Les vecteurs peuvent être placés au sol, en atmosphère ou dans l'espace. Ces deux composants constituent un système d'observation de la terre en s'appuyant sur des méthodes d'acquisition de l'information basées sur les propriétés du rayonnement électromagnétique sous forme de mesures de l'énergie réfléchie et/ou émise par la surface de la Terre (**FEKIR.,2021**).

Actuellement, la télédétection devient un outil très puissant et indispensable pour plusieurs champs d'étude dont les applications se sont multipliées surtout avec l'évolution des outils d'acquisition et de traitement informatique. On peut se contenter à la télédétection en météorologie, en océanographie, en climatologie, en géographie, en environnement et même en socio-économie. (**FEKIR.,2021**)

1.2. Évolution historique

L'histoire des techniques de la télédétection peut être découpée en cinq grandes époques (MIDEKOR *et al.*, 2013) :

- De 1856, date à laquelle pour la première fois un appareil photographique a été installé de façon fixe à bord d'un ballon, à la première guerre mondiale où se déroule l'époque des pionniers pendant laquelle sont explorées les possibilités de la photographie aérienne verticale pour la cartographie. Les lois fondamentales de la stéréoscopie et de la photogrammétrie sont découvertes à la fin du XIXe siècle.

- De la première guerre mondiale à la fin des années 50, la photographie aérienne devient un outil opérationnel pour la cartographie, la recherche pétrolière, la surveillance de la végétation. On assiste à un progrès continu de l'aviation, des appareils photographiques et des émulsions (couleur, infrarouge noir et blanc, infrarouge fausse couleur). Les méthodes de la photo-interprétation sont précisées et codifiées.

- La période qui commence en 1957 et s'achève en 1972 marque les débuts de l'exploration de l'espace et prépare l'avènement de la télédétection actuelle. Le lancement des premiers satellites, puis de vaisseaux spatiaux habités à bord desquels sont embarqués des caméras, révèle l'intérêt de la télédétection depuis l'espace. Parallèlement, les radiomètres imageurs sont mis au point et perfectionnés, de même que les premiers radars embarqués à bord d'avions. La première application opérationnelle de la télédétection spatiale apparaît dans les années 60 avec les satellites météorologiques de la série ESSA.

-Le lancement en 1972 du satellite ERTS (rebaptisé ensuite Landsat 1), premier satellite de télédétection des ressources terrestres, ouvre l'époque de la télédétection moderne. Le développement constant des capteurs et des méthodes de traitement des données numériques ouvre de plus en plus le champ des applications de la télédétection et en fait un instrument indispensable de gestion de la planète, et de plus en plus, un outil économique.

-Depuis les années 70, on assiste à un développement continu de la télédétection, marqué notamment par :

- L'augmentation de la résolution spatiale des capteurs, déjà évoquée.
- La diversification des capteurs qui utilisent des domaines de plus en plus variés et spécialisés du spectre électromagnétique. Dans les années 90, on assiste ainsi à la multiplication des satellites équipés de capteurs actifs (on en parlera par la suite), radars en particulier. Dans le domaine du rayonnement visible et infrarouge, les capteurs à très haute résolution spectrale

sont aujourd'hui d'utilisation courante dans leur version aéroportée et font leur apparition à bord de satellites.

1.3. Objectifs de la téledétection

La téledétection permet la production d'images ou de photographies qui, par l'interprétation des informations acquises, permettent des applications multiples et une meilleure gestion des ressources naturelles de nature planète :

1.3.1. Surveillance

Surveiller et étudier des phénomènes changeants comme les inondations, la circulation, les conditions météorologiques et le climat, ces phénomènes sont difficiles à observer directement avec l'œil humain en raison de leur évolution rapide, et les enregistrer sur des images satellites permet de les étudier.

1.3.2. Agriculture

Études appliquées dans différentes branches de la géographie telles que : études des villes, de l'agriculture, du climat, de la géomorphologie et autres.

1.3.3. Cartographie

La cartographie Selon **NAERT (1995)**, la téledétection est un outil servant à mieux connaître et comprendre les différentes composantes de la terre. Elle est tout simplement une source d'acquisition des données. Elle permet :

- La production de l'image ou de photographie, qui par l'interprétation des informations acquises permet des applications multiples et une meilleure gestion des ressources naturelles ;
- De faciliter l'observation et d'alimenter en données extrêmement denses et répétitives, sans être perturbantes pour le milieu ;
- De faciliter le raisonnement en fournissant pour constituer des cartes thématiques, des informations facilement déductibles (relief, détection des changements... etc.)

1.3.4. Aménagement

En étudiant et en planifiant des projets urbains et de construction pour des villes et des villages.

1.4. Les principes de téledétection

Durant le processus de téledétection, le rayonnement passe par sept étapes principales (**DELLENNE.,2006**) :

- **Source d'énergie ou d'illumination** : à l'origine du processus de téledétection se trouve généralement une source d'énergie pour illuminer la cible. Ce n'est pas nécessaire, par exemple, dans le cas de l'infrarouge thermique où la cible émet elle-même son rayonnement. La source

et les capteurs sont parfois confondus ; il s'agit alors de capteurs actifs, tels que le Radar, qui envoient un signal sur la cible et en capte la partie réfléchi.

- **Atmosphère** : durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet retour entre la cible et le capteur
- **Cible** : une fois arrivée à la cible, l'énergie interagit avec celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface. Par exemple, la surface lisse de l'eau en absence de vague est un réflecteur spéculaire des ondes radar : presque aucune information n'est retransmise au capteur et l'eau apparaît donc très sombre sur les images radar.
- **Enregistrement de l'énergie par le capteur** : une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle est captée à distance pour être enregistrée.
- **Transmission, réception et traitement** : l'énergie enregistrée par le capteur est transmise à une station de réception où l'information est transformée en images.

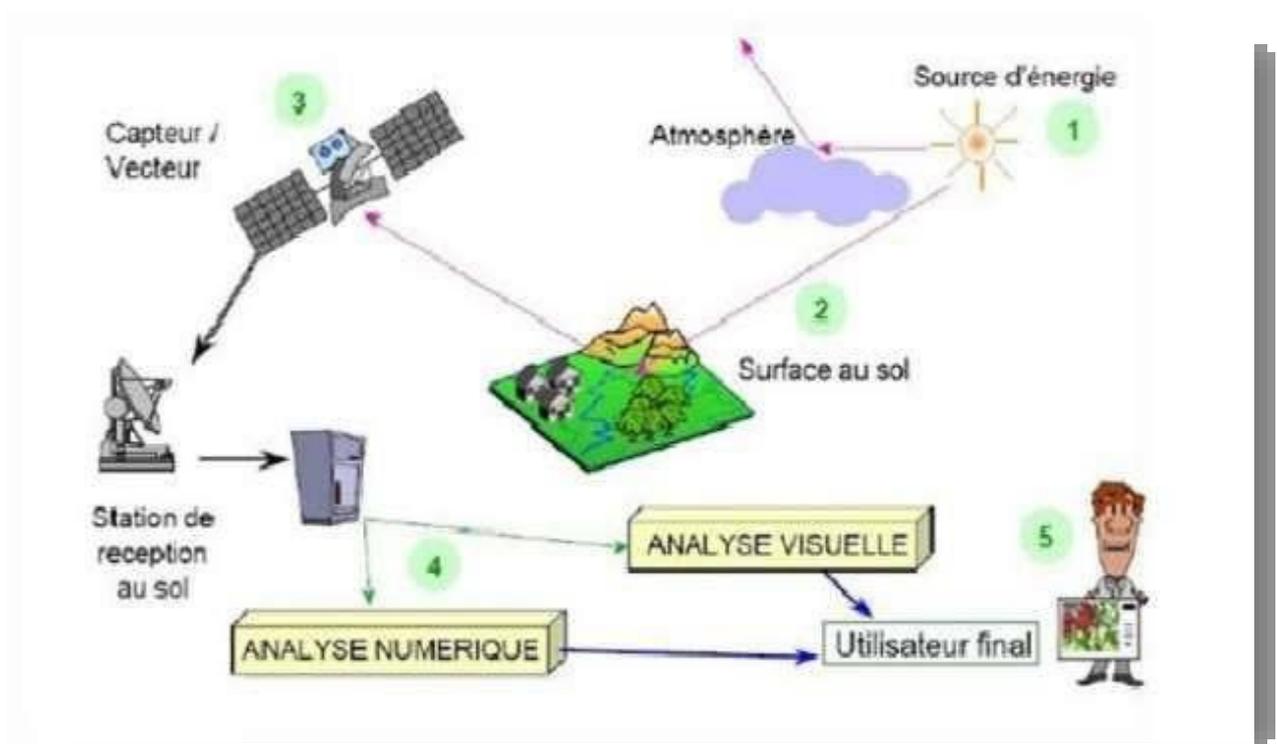


Figure n° 1 : le système de télédétection (CHUVICO., 1990).

1.5. Techniques de la télédétection

Les techniques de la télédétection se différencient les unes des autres et cela par le type de vecteur (avion ou satellite), le mode d'acquisition (analogique ou numérique), la résolution spatiale, la gamme spectrale utilisée et la surface observée. Dans le même contexte ; **HADDOUCHE (1998)** mentionne qu'elles se différencient par le type des capteurs utilisés (caméra, radiomètre, radar) et par le mode d'acquisition actif ou passif.

Les techniques de la télédétection sont actuellement au nombre de quatre (4) :

- La photographie aérienne ou spectrale ;
- La télédétection multi spectrale visible ;
- La télédétection thermique ;
- Le radar graphique.

1.6. Applications de la télédétection

Selon **KERGOMARD (2004)** Trois grands domaines ont bénéficié de la télédétection :

- Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière ; par contre la résolution spatiale n'est pas primordiale pour les applications météorologiques ;
- En océanographie, la télédétection offre l'avantage de permettre une vision synoptique de vastes régions qu'il est impossible d'obtenir par les moyens traditionnels (bateaux). Pour certaines études à petite échelle, les données des satellites météorologiques sont largement utilisées en océanographie (températures de surface de l'océan) ;
- Les applications terrestres de la télédétection sont extrêmement variées, et le champ des utilisations ne cesse de s'élargir : cartographie, géologie et prospection minière, mais aussi surveillance des cultures ou du couvert forestier, urbanisme, aménagement, génie civil, etc...

Le traitement de l'imagerie satellitaire numérique est une discipline en constant développement, et la baisse du coût des matériels informatiques a entraîné une augmentation rapide du nombre des utilisateurs.

1.7. Les capteurs de la télédétection

Ce sont des instruments de mesure permettant d'acquérir et d'enregistrer des données sur les objets observés à la surface de la Terre, dans une ou plusieurs longueurs d'onde données, puis de les retransmettre vers un système de réception. Il y a des capteurs passifs qui enregistrent uniquement l'énergie solaire réfléchie ou le rayonnement propre émis par les objets et des capteurs actifs qui ont à la fois un rôle d'émission et de réception de l'énergie réfléchie par la cible. (BEGNI *et al.*, 2005)

1.7.1. Capteur passive

L'énergie du Soleil (Source d'énergie ou de rayonnement pratique pour la télédétection), est soit réfléchie (La portion visible) ou absorbée et retransmise (infrarouge thermique) par la cible. Les dispositifs de télédétection qui mesurent l'énergie disponible naturellement sont des capteurs passifs. Le capteur passif peut seulement percevoir l'énergie réfléchie lorsque le Soleil illumine la Terre (. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchie le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (L'infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit. Un capteur actif produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur (ALEXANDER., 2005 ; KÖHLet *al.*, 2006).

1.7.2. Capteur active

Capteur active a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison. Les capteurs actifs utilisent les longueurs d'onde qui ne sont pas produites en quantité suffisante par le Soleil telles que, les hyperfréquences ou pour mieux contrôler la façon dont une cible est illuminée. Par contre, les capteurs actifs doivent produire une énorme quantité d'énergie pour bien illuminer une cible. Le laser fluoromètre et le radar à synthèse d'ouverture (RSO) sont des exemples de capteurs actifs (Köhl *et al.*,2006).

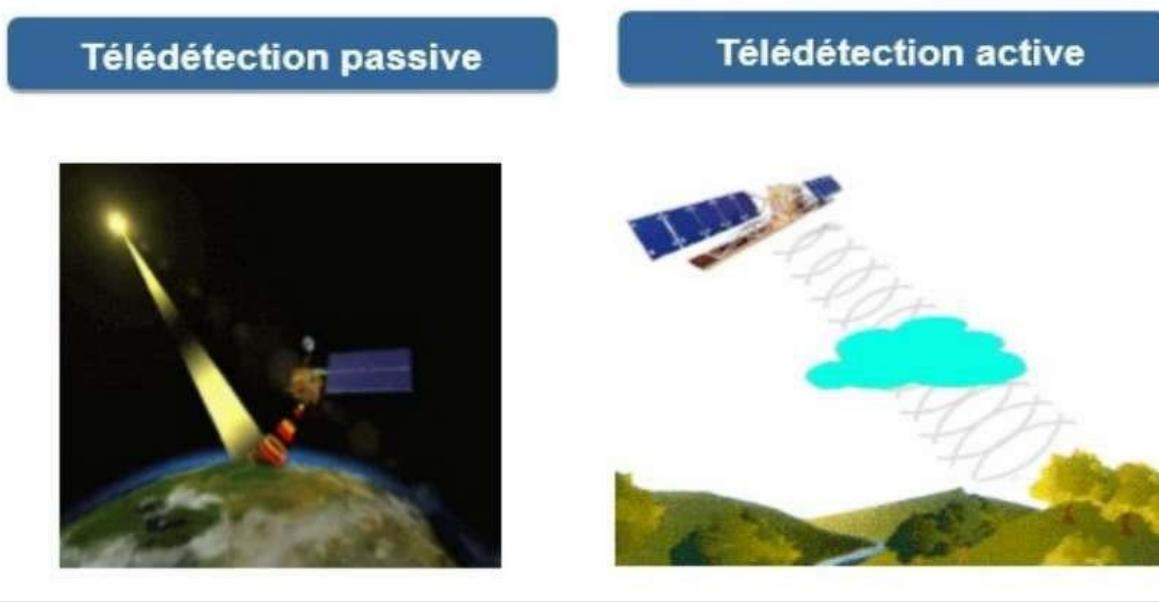


Figure n° 2 : Capteur passive et active (MANUEL TELCAN., 2013).

2. Système d'information géographique SIG

2.1. Définition

Plusieurs définitions ont été proposées par les différents auteurs et spécialistes, et qui convergent vers un même objectif : la possibilité de numériser l'information géographique et d'en confier la gestion à l'ordinateur. (TIR.,2015)

La société française de photogrammétrie et télédétection (1989) a défini un SIG comme étant un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.

Un système d'information géographique est un ensemble de données numériques localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels, permettant de construire, de modifier, d'interroger, de représenter cartographiquement, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux (GILLET., 2000).

D'après FAUCONNIER (1994), un SIG comprend deux types de bases de données :

- La base des données spatiales qui décrit les coordonnées et la forme géographiques des éléments de la base ;

- La base de données attributs, qui comprend les caractéristiques diverses de ces éléments.

Ces deux bases peuvent être distinctes, ou intégrées dans une même entité.

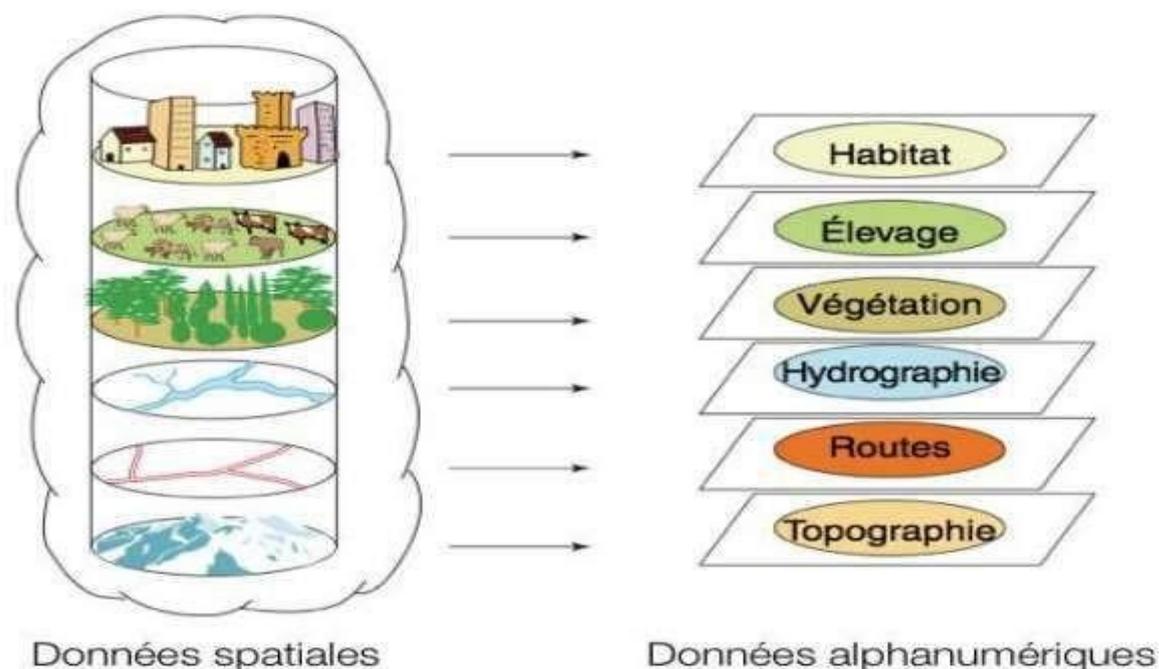


Figure n° 3 : Base des données géographiques (ABOUD.,2021).

2.2. Les composantes de SIG

Un système d'information géographique est constitué par cinq composants majeurs : Logiciels, Matériels, Données, Utilisateurs et Méthodes (qui sont représentés dans la Figure n°04)

1) **Logiciels** : ils offrent les fonctions élémentaires suivantes :

- **Acquisition** : saisie, intégration et échange des informations géographiques sous forme numérique.
- **Archivage** : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.
- **Analyse** : manipulation et interrogation des données géographiques (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...)
- **Affichage** : représentation et mise en forme, notamment sous forme Cartographique avec la notion d'ergonomie et de convivialité.
- **Abstraction** : représentation du monde réel. (RAVALET & PANET., 2001).

2) Matériel : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs, des serveurs de données, aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

3) Données : Les données sont les composants les plus intéressantes du SIG :

- **Données géographiques :**

Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur.

Une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la Terre. Ses coordonnées sont définies par un système géodésique (ou système de référence spatiale). Elles sont deux composantes :

- Les données géométriques : renvoient à la forme et à la localisation des objets.
- Les données graphiques : elles renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de traits, couleurs, épaisseurs, etc..).

- **Données attributaires :**

Il s'agit de données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations : nom d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un immeuble localisé par ses coordonnées Lambert, débit d'un cours d'eau, tension d'une ligne de transport d'énergie, type d'arbres dans un verger localisé par sa parcelle. Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet.

- **Métadonnées :**

Ce sont les données associées telle que la date d'acquisition, le nom du prioritaire, la méthode d'acquisition, les limites d'utilisation.

4) Les utilisateurs : Les utilisateurs des systèmes d'informations géographiques ne sont pas forcément des spécialistes. Un tel système propose une série de boîtes à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. N'importe qui peut, un jour ou l'autre, être amené à utiliser un SIG. Le niveau de Compétences requis pour la conduite des opérations les plus basiques est, Généralement, celui du technicien supérieur. Mais afin d'assurer une bonne qualité d'interprétation des résultats de l'analyse des données et des opérations avancées, celles-ci sont généralement confiées à un ingénieur disposant d'une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels. Enfin, des spécialistes sont parfois amenés à intervenir sur des aspects techniques Précis (MARTIN., 2004).

5) Méthodes : Les méthodes de travail englobent les processus d'utilisation du SIG Mais également les méthodes de conception et mise à jour des données Géographiques et alphanumériques ainsi que les méthodes à modélisation SIG. (ABOUD.,2019)



Figure n° 4 : Les composantes d'un SIG (FEKIR.,2021).

2.3. Avantages d'un SIG

Selon (BENATIALLAH & DEBAGH., 2013), Le système d'information géographique se caractérise par :

- Capacité et fiabilité de stockage
- Rapidité de restitution des données (gain de temps)
- Intégration et combinaison de données de sources différentes.
- Précision des processus cartographiques
- Facilité de mise à jour
- Analyse des relations spatiales (Intégration, requête spatiale, Combinaison et superposition de cartes)
- Production de cartes (bon rapport qualité / prix)
- Facilité de prendre des décisions.

2.4. Les fonctionnalités d'un SIG

Dans le monde des SIG, on peut y avoir une diversité de domaines d'application où on gère des informations à caractère spatial mais ils doivent tous assurer certaines fonctionnalités communément appelées les '5A' (Figure n°05) (FEKIR., 2021)

✚ Abstraction

Cette fonction concerne l'abstraction des données qui consiste à une reproduction du monde réel en format numérique bien structuré. L'élaboration d'un modèle de données et les traitements associés passe par une organisation de ces données et les relations entre les objets selon le problème à résoudre. Cette modélisation doit représenter la réalité le plus fidèlement possible. La structuration du monde réel se passe souvent par une décomposition en couches d'informations ou couches thématiques représentées par plusieurs manières.

✚ Acquisition :

Cette seconde fonctionnalité permet la collecte de données pour pouvoir alimenter un SIG. Ces données correspondent aux informations géographiques qui caractérisent la forme des objets ainsi que leurs attributs en format numérique.

✚ Archivage :

L'archivage revient à la fonction du stockage des données géographiques dans des supports physiques locaux (disques durs ou autres) ou dans une base de données réseaux permettant la consultation et le transfert de données du client au serveur ou le contraire.

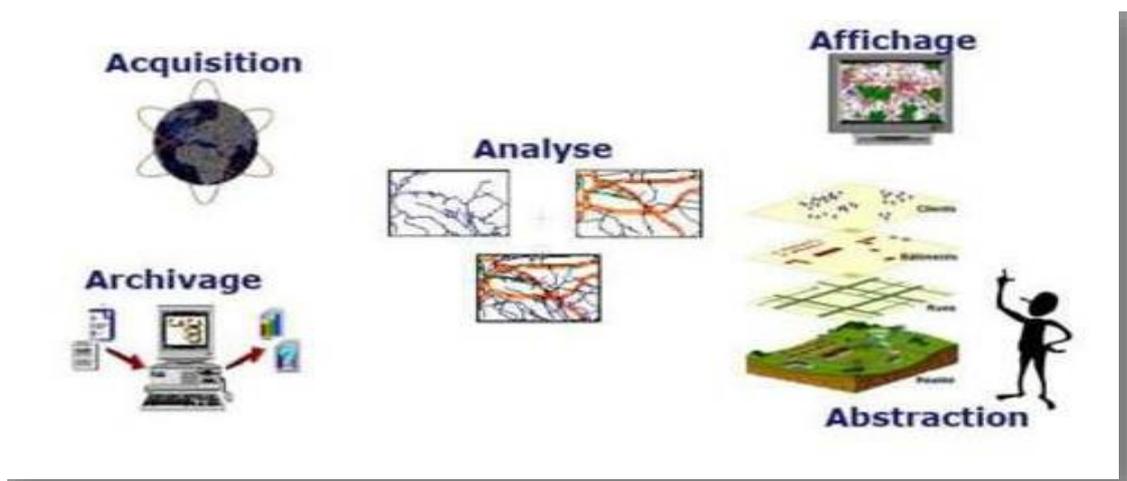


Figure n° 5 : les fonctionnalités d'un SIG (FEKIR., 2021)

Analyse :

Un SIG offre aux utilisateurs la possibilité de manipuler et d'interroger des données géographiques afin de répondre aux requêtes des utilisateurs. Ces requêtes peuvent être selon un critère attributaire (ex : wilaya = 'Mascara') ou spatiale (ex : les propriétés intersectées avec la route nationale RN96).

Affichage :

HAMADOUCHE (2015) a décrit que les SIG permettent l'édition des données et des résultats des traitements sous diverses formes : affichage à l'écran (affichage des différentes couches, résultat des requêtes... etc.), édition sur traceur, imprimante (édition des données sur support papier), ou copie d'écran, mais aussi création de rapports, statistiques, d'histogrammes ou de graphiques diverses.

2.5. Les domaines d'application de SIG

Le développement des systèmes d'information géographique (SIG) a débuté vers 1980, en relation directe avec les performances de l'informatique. Il s'accélère actuellement et une très forte croissance est à prévoir au cours de cette décennie (**BRABANT., 1993**). Le SIG touche pratiquement la plupart des domaines et résout des problématiques de plus en plus complexes. Ainsi, nous entendons parler des SIG en :

- **Urbanisme** : gestion des plans d'occupation du sol, voirie, réseaux d'assainissement.
- **Études économiques et socio-économiques** : population, emploi, logement, production et services.
- **Géomarketing** : localisation des clients, analyse du site, présence de consommateurs potentiels d'un produit ou d'un service dans une région, suivi d'expédition de parquets visualisés sur des cartes.
- **Tourisme** : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- **Télécoms** : implantation d'antennes pour les téléphones mobiles.
- **Réseaux de communication** : électricité, eau, routes, fleuves, réseaux, souterrains.
- **Réseaux de transport** : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires, la fourniture d'itinéraires sur internet, les assistants à la conduite automobile.
- **Protection civile** : gestion et prévention de catastrophes.
- **Hydrologie** : fleuves, oueds, nappes, barrages et stations.
- **Forêt** : il permet aux gestionnaires d'avoir une approche globale et synthétique des problèmes liés à la dégradation du milieu par la modélisation topographique et thématique (pression humaine) et de proposer des solutions d'aménagement (**MIHL., 2012**).
- **Science de la terre** : Géologie, géodésie, pédologie, géotechnique (**LAFFLY., 1997**).

- **Biologie** : étude du déplacement des populations animales (OUDJET & RABIA., 2008).

3. Le SIG et la télédétection

La télédétection spatiale, s'appuyant sur des mesures au sol et combinée aux systèmes d'informations géographique, apporte aujourd'hui une contribution décisive aux diverses questions qui se posent en matière d'environnement, de santé, d'aménagement du territoire et d'exploitation rationnelle des ressources naturelles (LABED *et al.*, 2009).

La télédétection et les SIG peuvent être des outils très complémentaires avec les méthodes conventionnelles utilisées dans la prévention et la gestion des catastrophes.

Ces technologies sont d'autant plus utiles lorsqu'on dispose d'une connaissance détaillée du risque, la fréquence attendue, le caractère et l'intensité des événements dans une région. Les images satellitaires donnent une vue globale et fournissent des informations très utiles sur l'environnement, pour une grande gamme d'échelles, depuis les continents entiers jusqu'aux détails de quelques mètres (BELHADJ *et al.*, 2003).

4. Cartographie sous S.I.G

Les applications en systèmes d'information géographique type Arc GIS, permettent de séparer les bases de données géographiques des cartes. De plus, le changement d'échelle entre les images régionales et l'affleurement n'est pas toujours évident. En effet, il est nécessaire d'identifier l'information dominante sur le terrain. C'est là que le SIG est particulièrement puissant puisqu'il permet la hiérarchisation et la comparaison des données à des échelles variées. Il est ainsi possible et relativement facile de caractériser une seule information (parmi l'ensemble) obtenue sur le terrain à différentes échelles. (SEDRETTE.,2017)

5. Cartographie de la végétation

Une carte de végétation consiste en une représentation cartographique de la végétation d'une région, sur laquelle l'aire de répartition de chaque espèce végétale importante est représentée avec une couleur spécifique. Les cartes de végétation sont désormais numérisées.

La cartographie de la végétation sont importantes car elles peuvent modéliser la végétation actuelle d'une zone et peuvent être utilisées pour faire des prédictions sur les changements futurs de la végétation. Les cartes de végétation fournissent en partie la base pour comprendre le monde qui nous entoure et pour résoudre des problèmes complexes, tels que la gestion.

Il existe cinq grandes régions de végétation : la forêt, les prairies, la toundra, le désert et la calotte glaciaire. L'altitude, le sol et la région de précipitations indiquent dans laquelle de ces régions une plante survit le mieux. La création de la carte de la végétation a été un processus complexe, avec de nombreuses phases. (AQUAPORTAIL., 2012)

Une carte de végétation consiste en une carte de base topographique montrant les unités de végétation avec des couleurs et des symboles appropriés ; Carte botanique montrant des unités de végétation ce qui forme la végétation dépend de la végétation de la végétation en béton. La production de la carte de végétation constitue la dernière étape du processus cognitif qui commence par l'échantillonnage de la végétation sur le terrain et se poursuit par la définition de types de plantes en reconnaissant et classant les associations de plantes, ou autres unités selon différentes écoles géographiques botaniques. (FRANCO., 2013)

5.1. Méthode de la cartographie de la végétation

La connaissance des végétations, et plus particulièrement la cartographie des végétations, intéressent de plus en plus les acteurs des territoires. Les cartes de végétation (ou de "milieux naturels" ou encore "habitats naturels") apparaissent en effet comme un outil indispensable dans les programmes d'aménagement du territoire, la gestion d'espaces protégés, la création d'aires protégées et le suivi des milieux naturels (C.B.N.B.,2017).

5.2. Importance de la cartographie de la végétation

En 2012, de nombreux acteurs, des gestionnaires d'espaces naturels aux porteurs de projets d'aménagement du territoire, ont fait savoir leur besoin de mieux connaître les végétations composant les paysages de leurs territoires d'action. En effet, les politiques publiques ont actuellement la volonté de mieux prendre en compte la biodiversité et notamment les enjeux liés aux végétations. De nombreuses politiques sectorielles liées à l'aménagement du territoire requièrent notamment l'identification d'espaces « à enjeux » dans le cadre des stratégies « biodiversité » et d'outils de planification à toutes les échelles (LAURENT *et al.*, 2017b).

La cartographie de la végétation (C.B.N.B.,2017) établie permet d'obtenir une vision globale de l'occupation de l'espace par la végétation. Elle peut s'avérer être un outil très intéressant pour :

- La mise en œuvre des trames vertes et bleues (TVB) à l'échelle locale.
- La définition de secteurs à fort enjeux biodiversité.
- La répartition des différents types de milieu (évaluation, rapportage Natura 2000).
- La mise en place de programmes complémentaires d'études de la végétation (définition des secteurs à cibler en priorité pour les études de terrain).
- La connaissance des habitats qui peut être croisée avec des données espèces.

D'après (LAURENT *et al.*, 2017a), Trois grands objectifs d'utilisation d'une carte des végétations ont été identifiés :

- La planification des opérations d'aménagement du territoire,
- La compréhension de la dynamique des paysages,
- La gestion des espaces naturels.

A partir de ces grands objectifs, trois approches cartographiques complémentaires et articulées sont proposées et testées, chacune répondant à un objectif précis ;

5.3. Cartographie des grands types de végétation

Elle est une base utile à la planification des opérations d'aménagement du territoire ; elle participe à la construction d'une connaissance globale des végétations et de leur répartition à l'échelle de grands territoires. Elle nourrit ainsi les réflexions sur les trames vertes et bleues et alimente les réflexions engagées dans le cadre de l'élaboration des documents de territoire. (SELLIN., 2016)

5.4. Cartographie des séries de végétation

Elle constitue un élément important de compréhension du paysage végétal (potentialités de végétation) ; elle contribue à l'amélioration des connaissances sur l'écologie et la dynamique des végétations d'un territoire et permettent ainsi d'anticiper, dans une certaine mesure, l'évolution des paysages. Ce type de cartographie est moins habituel bien que récemment développé grâce au programme de cartographie nationale des végétations. (DELASSUS *et al.*, 2017)

5.5. Cartographie des groupements végétaux

Elle est un maillon essentiel des diagnostics préalables à la mise en place d'une gestion conservatoire des espaces naturels (état des lieux actuel) ; elle contribue également plus largement à l'amélioration des connaissances des végétations d'un territoire. Ce type de démarche est très utilisé dans le domaine de la gestion des espaces naturels (sites Natura 2000, espaces naturels sensibles...) où il a amplement fait ses preuves. (LAURENT *et al.*, 2017)

6. Apports la télédétection à la cartographie de la végétation

Pour la réalisation de cartes de végétation et l'identification des grands types de végétation, l'exploitation des images SPOT et LANDSAT, associées à d'autres sources de données, semble justifiée en termes de résolution et de coût (ALLENBACH *et al.*, 2010 ; LUCAS *et al.*, 2011).

L'adéquation des ortho-images en infrarouge couleur pour la cartographie automatique de la végétation est en revanche beaucoup moins étudiée, ce, malgré un coût de mise à disposition bien inférieur à celui de l'imagerie satellitaire. Elles sont généralement utilisées pour la photo-interprétation et, le plus souvent, pour la caractérisation d'un type de milieu particulier. L'IFN (2008) les utilise en créant dans un premier temps un fond vert en approche orientée-objet, qui est enrichi, dans un second temps, par photo-interprétation, pour distinguer 31 habitats forestiers. Les images Worldview-2 sont un autre type d'image encore très peu utilisé. Disponibles depuis 2009, elles semblent prometteuses pour caractériser finement la végétation grâce à une résolution spatiale élevée et 8 bandes spectrales. Quelques études ont déjà montré le potentiel de ces images pour classer et inventorier les végétations de zones humides (LANE *et al.*, 2014), les délimiter (HASSAN *et al.*, 2014), cartographier les différents habitats de forêts rivulaires (STRASSER *et al.*, 2014) et les différentes espèces d'arbres et leur mortalité (WASER *et al.*, 2014).

7. Différents satellites d'observation de la Terre

Il existe plusieurs satellites d'observation de la terre, dans cette section nous présentons uniquement les satellites et capteurs optiques utilisés dans le cadre de cette étude, ou susceptible de l'être. Il s'agit des satellites de haute résolution spatiale pour observation de la terre.

- **LANDSAT** : était le premier satellite d'observation de la terre dans le monde, lancé par les Etats-Unis en 1972. Il embarquait un capteur MSS (Multi Spectral Scanner) dont les pixels mesuraient environ 80 mètres de côté. Après LANDSAT-1, LANDSAT-2, 3, 4, 5, 6, et 7 et 8 ont été envoyés en orbite. (XIMENES., 2005)
- **SPOT** : Le système d'observation de la terre SPOT a été conçu par le centre national d'études spatiales pour distinguer des détails de 10 à 20 mètres sur des paysages terrestres avec un suivi régulier. Le premier satellite de la famille SPOT a été lancé en 1986. Aujourd'hui, le système SPOT comprend trois satellites SPOT 2, SPOT 4 et SPOT 5, lancés respectivement en 1990, 1998 et 2002. (ROBIN., 2007)
- **FORMOSAT** : Le satellite taïwanais FORMOSAT-2 est le premier satellite de télédétection développé par l'organisation spatiale nationale (NSPO), lancé avec succès le 21 mai 2004. La mission principale de FORMOSAT-2 est la formation d'image de télédétection au-dessus de Taiwan et sur des régions terrestres et océaniques de la terre entière. (KAZEMIPOUR., 2007)

8. Programme spatiale LANDSAT

8.1. Présentation programme spatial LANDSAT

D'après **ABOUD** en **2019**, LANDSAT est un satellite polaire de type héliosynchrone qui tourne en orbite fixe appelée 'Sun Synchronous Orbit (orbite synchronisée du soleil). Il fait un tour de la Terre chaque 99 minutes avec une vitesse linéaire de 27350km/h soit 14 rotations par jour (14 bandes par jour). Il parcourt donc une distance de 643.000km/jour. En 16 jours ce satellite aurait couvert toute la Terre et il aurait effectué 244 rotations et parcouru 8.776.000km.

Les données de l'imagerie de LANDSAT ont été utilisées dans divers domaines, notamment dans le domaine de l'exploration minière et pétrolière ainsi qu'en cartographie géologique.

Les images des satellites LANDSAT sont libres de droit et diffusées par le US Geological Survey (USGS). Plusieurs moyens d'accès aux pages de téléchargement de ces données sont disponibles sur le site web de l'USGS consacré à LANDSAT.

8.2. Les principes génération de LANDSAT

Jusqu'à présent 9 générations ont été lancées, En avril 2015, la NASA annonce son souhait de passer commande d'un nouveau satellite Landsat-9 a été prévu de lance initialement en 2021. Chaque génération est caractérisée par une avancée technologique liée à la qualité de ses capteurs. Ils sont regroupés en trois grandes générations : Les "Multi- Spectral Scanner" (MSS), les Thematic mapper (TM et ETM) et les Operational Land imager (OLI).

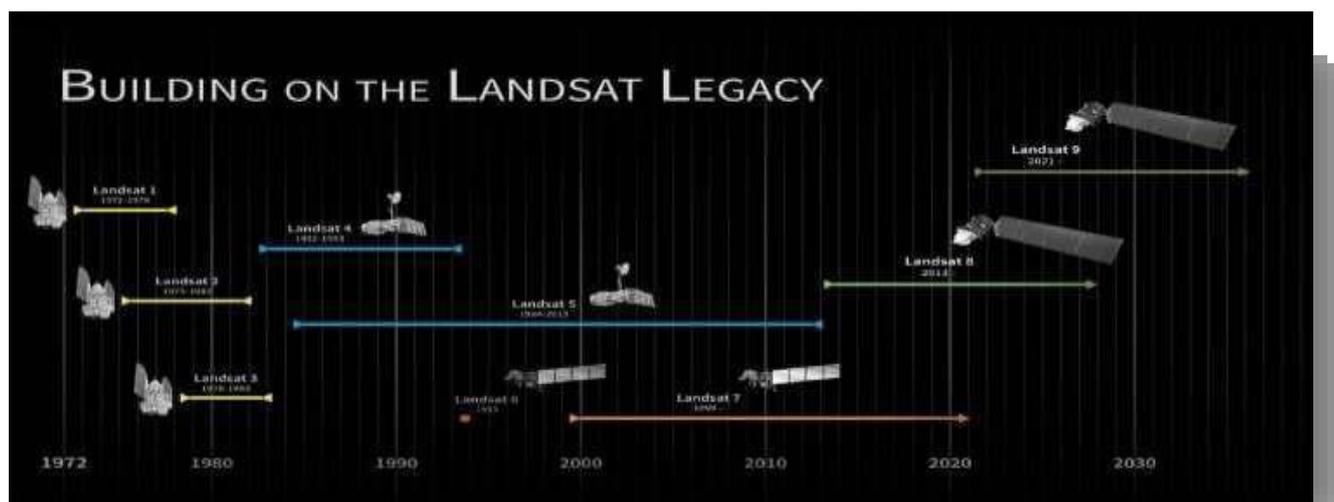


Figure n° 6 : 50 ans d'histoire du programme LANDSAT (Source : USGS).

L'images satellite utilisées dans notre travail proviennent du satellite (LANDSAT 8 OLI /TIRS). Le choix de ces données est dicté par le fait qu'elles sont une source d'informations importantes et par le fait que ces images soient téléchargeables gratuitement sur le site de la NASA.

8.3. Historiques du programme LANDSAT

Tableau n° 1 : Historique du programme LANDSAT.

Satellite	Lancé	Fin des activités	Durée	Notes
LANDSAT 1	23 juillet 1972	6 janvier 1978	2 ans, 11 mois et 15 jours	Initialement appelé la technologie des ressources terrestres par satellite 1.
LANDSAT 2	22 janvier 1975	25 février 1982	2 ans, 10 mois et 17 jours	copie presque identique de Landsat 1
LANDSAT 3	5 Mars 1978	31 mars 1983	5 ans et 26 jours	copie presque identique de Landsat Landsat 1 et 2
LANDSAT 4	16 juillet 1982	14 décembre 1993		
LANDSAT 5	1 Mars 1984	5 juin 2013	29 ans, 3 mois et 4 jours	presque copie identique de Landsat 4.
LANDSAT 6	5 octobre 1993	5 octobre 1993	0 jours	pas atteindre le 'orbite.
LANDSAT 7	15 avril 1999	toujours actif	17 ans, 7 mois et 2 jours	Travailler avec ligne de balayage Correcteur désactivé depuis mai 2003.
LANDSAT 8	11 février 2013	toujours actif	3 ans, 9 mois et 6 jours	initialement appelé la Mission de continuité des données Landsat du lancement jusqu'au 30 mai 2013, lorsque le NASA cédé le contrôle du satellite 'USGS.

Source (boowiki.2013)

CHAPITRE N° 02

PRESENTATION DE LA ZONE

D'ETUDE

1. Patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa

La wilaya de Djelfa est une des rares wilayat steppiques, possédant un patrimoine forestier assez important. Il constitue un rempart de lutte contre l'avancée du désert, et contribue dans l'équilibre écologique de la région, et dans la protection du milieu naturel. (C.F.D, 2022)

Le patrimoine forestier de la wilaya, constitué principalement de Pin d'Alep, est estimé à 215.182 ha et ne représente que 6,67% de la superficie totale de la wilaya. Il se concentre dans la partie centrale du territoire de la wilaya, au niveau des Monts des Ouled Naïl. (C.F.D, 2022)

Le taux de boisement reste faible, relativement au vaste territoire de la wilaya, et ne peut assurer à ce stade, un vrai équilibre écologique dans la région, d'où des efforts considérables qui restent à déployer pour atteindre un taux d'équilibre valable (entre 12 % et 14%). (C.F.D, 2022)

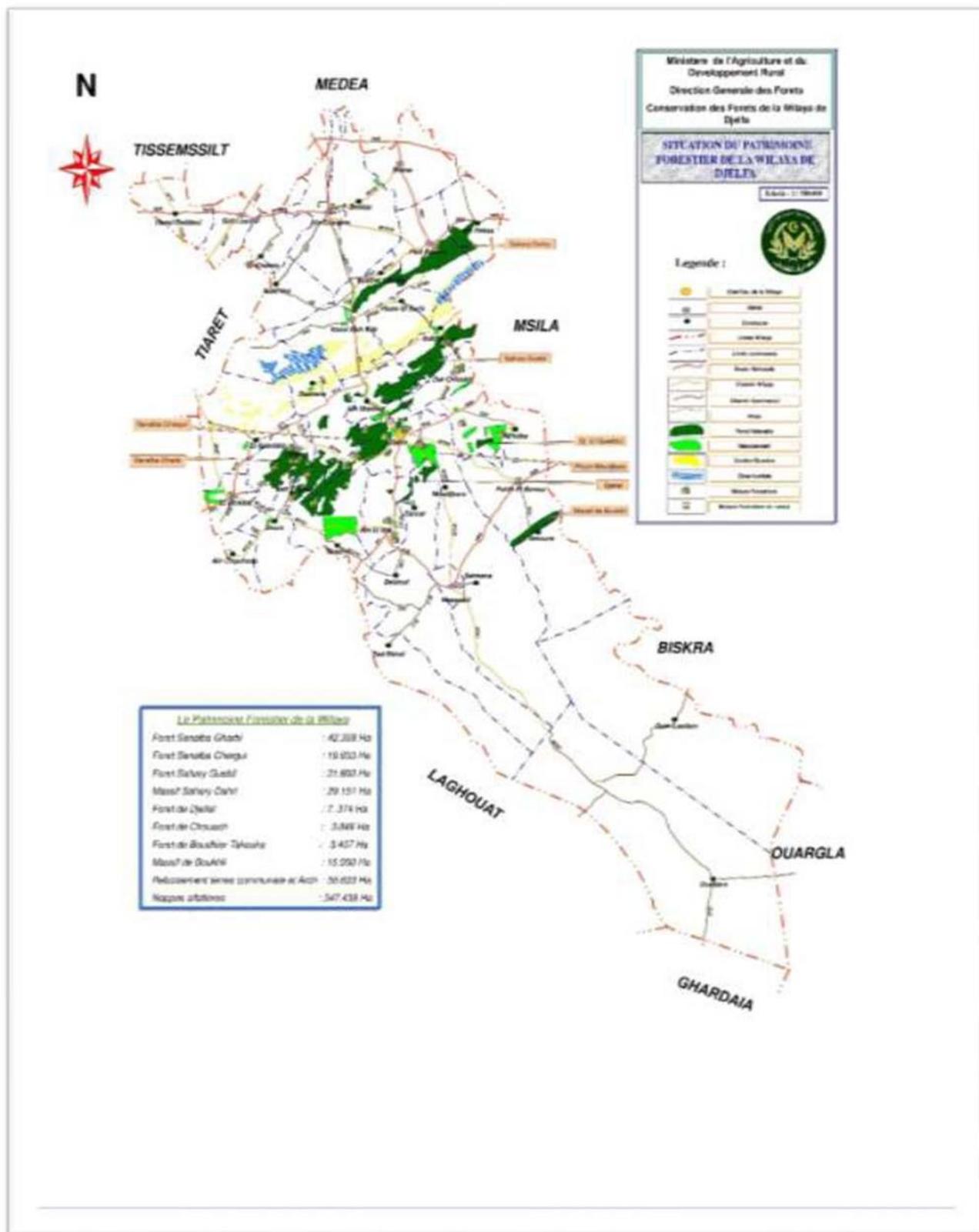
Le patrimoine forestier de la wilaya est constitué de :

- 152.753 ha entre forêts naturelles de Pin d'Alep et maquis (52.650 ha).
- 62429 ha de reboisement réalisés depuis l'indépendance du Pays.
- 350.000 ha de nappes alfatières, dont 50.000 ha jugés exploitables (en 1988). Ces nappes connaissent une très forte dégradation, sous l'effet de nombreux facteurs, le surpâturage, le défrichement et la sécheresse (C.F.D, 2022)

Tableau n° 2 : Répartition des forêts de la wilaya de Djelfa.

Forêt	Superficie
Forêt Senalba Gharbi	42,339 ha
Forêt Senalba Chergui	19,833 ha
Forêt SeharyGuebli	31,800 ha
Massif Sehary Dahri	29,151 ha
Forêt des Djellals	7,7374 ha
Forêt de Chaouch	3,846 ha
Forêt de Boudheir Takouka	3,407 ha
Massif de Bouk'hil	15,000 ha
Reboisement des terres communales et Arch	56,633 ha
Total	209,7454 ha

Source :(C.F. D,2016)



Source : (C.F.D, 2016)

Figure n° 7 : Patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa.

2. Présentation de la forêt de Sénalba Gharbi

2.1. Situation géographique de la zone d'étude

La forêt de Sénalba Gharbi couvre une superficie de 42.339 Ha, elle est située dans la wilaya de Djelfa, au sud de Zahrez Gharbi et au sud-ouest du mont de Sénalba Chergui. (D.G.F, 2007).

Cette zone est inscrite dans le quadrilatère aux coordonnées suivantes :

- Latitude Nord : 34 ° 20' 34" 38'
- Longitude Est : 2° 00' 3" 05'

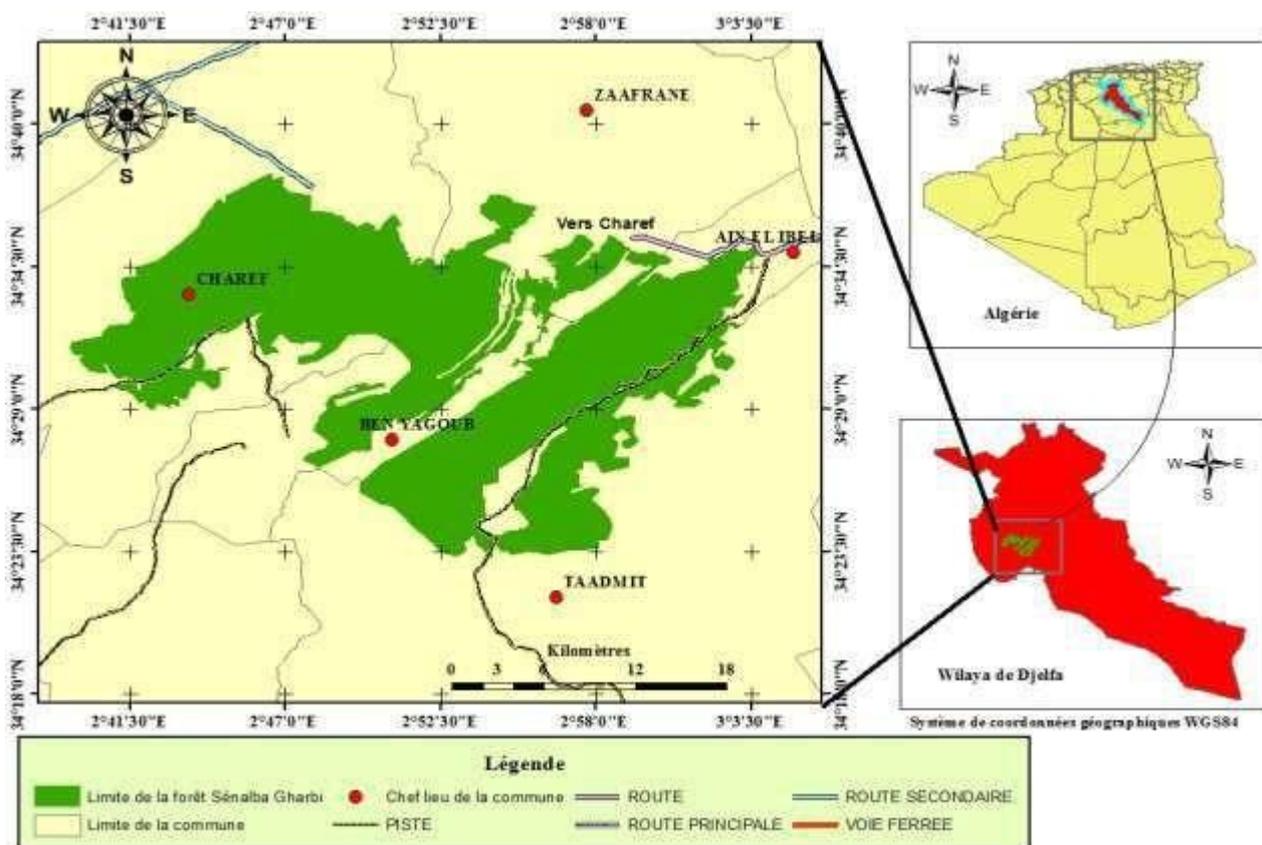


Figure n° 8 : Carte de situation géographique de la forêt naturelle Sénalba Gharbi.

La forêt de Sénalba Gharbi est considérée comme le principal chaînon de ces monts. Elle est limitée :

- Au nord par la route départementale reliant Cheref à Djelfa,
- Au Sud et à l'ouest par la dépression de Ben Yakoub, . (C.F.D, 2015)

Le Séalba Gharbi s'étend sur une superficie de 42.339 Ha, elle est divisée en 17 séries dirigées par les circonscriptions d'El Idrissia, et Ain El Ibel.(C.F.D.,2016)

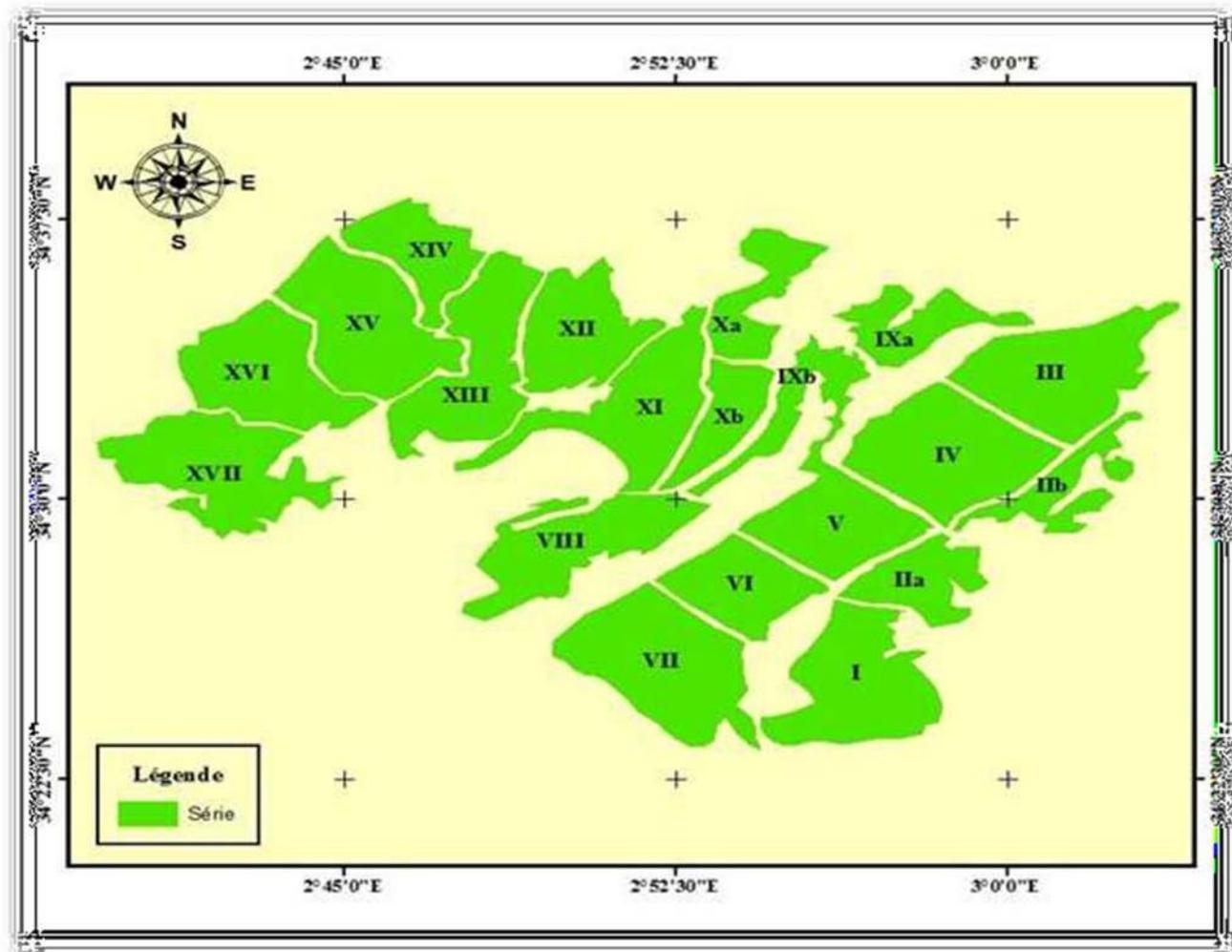


Figure n° 9 : Carte des séries de la forêt de Séalba Gharbi.

2.2. Situation administrative et juridique

La forêt de Séalba Gharbi est située dans la wilaya de Djelfa, dira de Ain EL-Ibel, ou elle s'étend sur plusieurs kilomètres pour faire partie des communes de :

- Ben Yagoub
- Taadmit

La forêt de Séalba Gharbi est gérée par la Conservation des Forêts de la Wilaya de Djelfa, circonscriptions d'Ain El-Ibel et Charef. Elle est constituée de 22 cantons (Tableau n°03), domaniaisée et soumise au régime forestier par arrêté gouvernemental du 21 Mars 1885 (C.F.D.,2016).

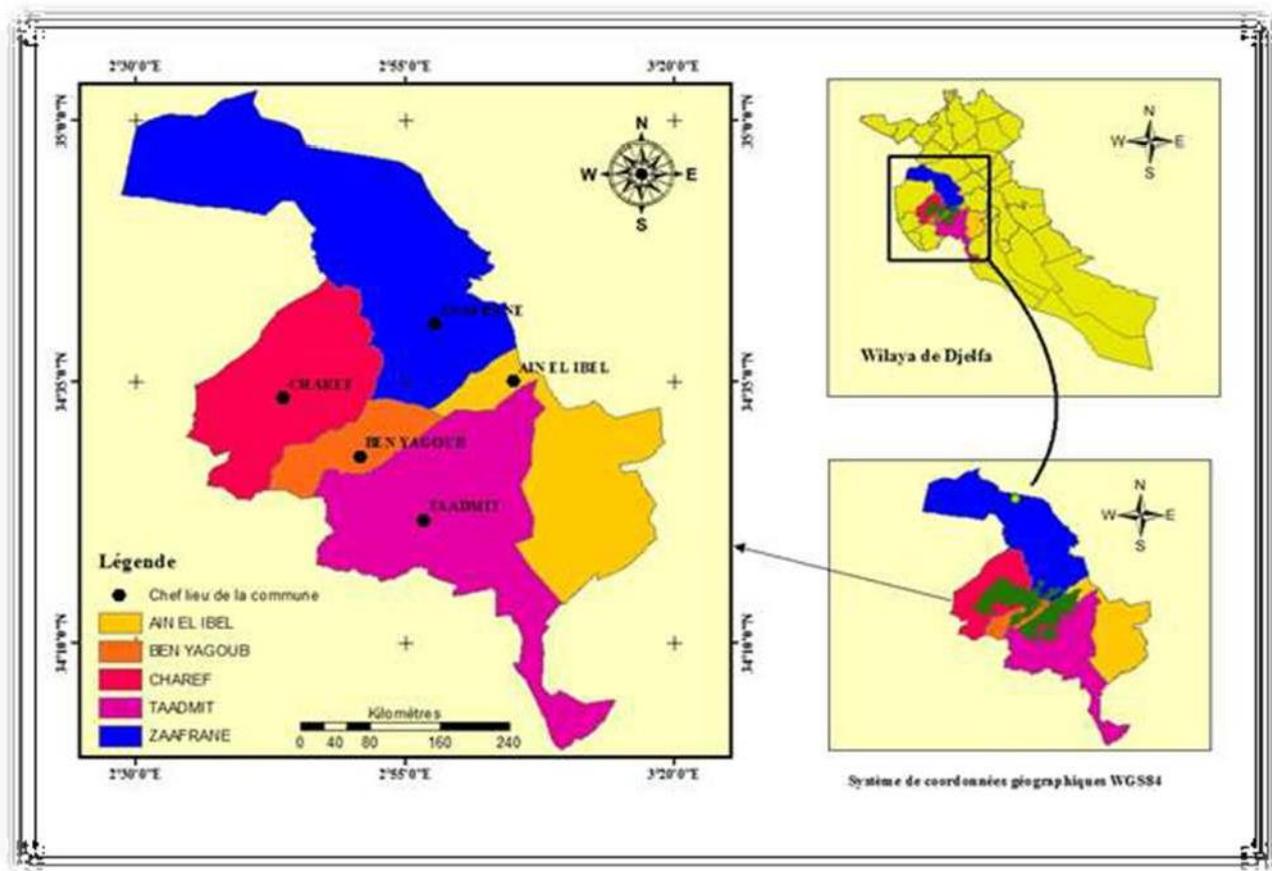


Figure n° 10 : Situation juridique et administrative de la forêt de Sénalba Gharbi.

Tableau n° 3 : Représentation des cantons avec les superficies en (ha).

Canton	Superficie
FEIDJ BOUBAKEUR	3554 ,90
ARZIZ	1990 ,00
GAREN ZEBBACHE	3038,02
GHOUTAYA	2591,00
CHABET MIMOUN	2812,00
TIOULI	1195,22
BEN YAGOUB	1282,15
BESGAB	3297,37
GHKIMA	9,47
DJEBEL BOUMLLIL	2632,23
AIN FKERINE	102,25
TAKERSANE	7749,51
ROUAGIB	3895,40
M.F. TAKERSANE	19 ,45
ZEBBACH	3121,20
GROUN	795,10
FKERINE	1463,30
CHAABET B /KARBOUA	129,52
TAOUZARA	2029,02
DJEBEL KHORIZA	525,66
EL MERGEUB	59,39
TAYEB EL MEHNIA	37,80
TOTAL	42.339,76

Source :(C.F. D.,2016)

2.3. Superficie de la forêt et contenances

L'étude d'aménagement de 1984 a permis de procéder à la division de la forêt Sénalba Gharbi en 17 séries réparties en deux parties :

- La première partie comprend 07 séries situées au niveau de Sénalba Gharbi Est, et qui appartient à la zone de Tokersaine.
- La deuxième partie comporte 12 séries localisées au niveau de Sénalba Gharbi Ouest, cette dernière fait partie de la zone de Gottaya. (D.G.F, 1997).

Chaque série a une superficie moyenne de 2500 ha. Seul le parcellaire topographique est appliqué. (C.D.F, 2015).

2.3.1. Répartition des superficies

La forêt du Sénalba appartient au secteur domanial de l'Etat, et est structurée en deux circonscriptions forestières dirigées par la conservation des forêts de Djelfa sous la tutelle de la direction générale des Forêts (DGF). Le tableau n°4 montrant la répartition des superficies de la forêt de Sénalba Gharbi.

Tableau n° 4 : Répartition des superficies de la zone Sénalba Gharbi.

Nature	Surface (HA)	%
Surface boisée :	19182.20	44.40
- Peuplement naturel	15706.80	36.30
- Reboisement	1199.40	2.80
Surface à boiser :	14111.40	32.60
- Vides	6957.20	16.10
- Matorral	3504.30	08.10
- Matorral arboré	3649.90	08.40
Terrain improductif :	9961.40	23.00
Total	42255.00	100%

Source : (C.F. D, 2016)

2.4. Infrastructures et équipements existants

- **Les pistes** : La forêt de Sénalba Gharbi est dotée d'un réseau de pistes évalué à 268km.
- **Postes de vigie** : Elle possède 06 postes de vigie qui permettent de couvrir tout le massif.
- **Tranchés-pare-feu** : couvrant une superficie de 43830 ha, avec une largeur allant de 60 à 100 m, elles sont utilisées pour but d'arrêter la propagation des feux entre les surfaces boisées lors des incendies.
- **Maisons forestières** : la forêt est équipée de 11 maisons forestières.
- **Point d'eau** : il existe, à proximité et à l'intérieur du massif, plus d'une quinzaine de points d'eau.
- **Le milieu humain** : Dans la forêt de Sénalba Gharbi, il existe une très forte communauté qui y vit et dépend directement de cette forêt. **(C.F.D ,2015)**

3. Cadre Physique

3.1. Reliefs

Formé de chaînons montagneux et leurs piémonts immédiats, au Nord l'ensemble montagneux correspond au massif dominant le village de Charef où culminent une série de crêtes à orientation divers Guern-zebbache 1421m, Kef-el-arguil 1320 m au Sud-Est au massif du Senalba qui n'est que le prolongement du mont de Sénalba-Chergui. Dans cette partie le point culminant se situe à 1598m **(B.N.E.F, 1983)**. Ce massif est composé de nombreux Kefs et de Djebels ; El mehrez 1543m, Djebel Bou Mllil 1414m, Djebel Groun 1345m, Djebel, Safiat El Hamr ; Kechada 1557m, Kef El Hamira 1341m, Kef Lahmeur 1300m et Djebel Takersane 1557m).

L'ensemble de la zone est drainé par un réseau de chaabète et d'oueds parfois très profonds coulant au régime des pluies. **(B.N.E.F., 1983)**

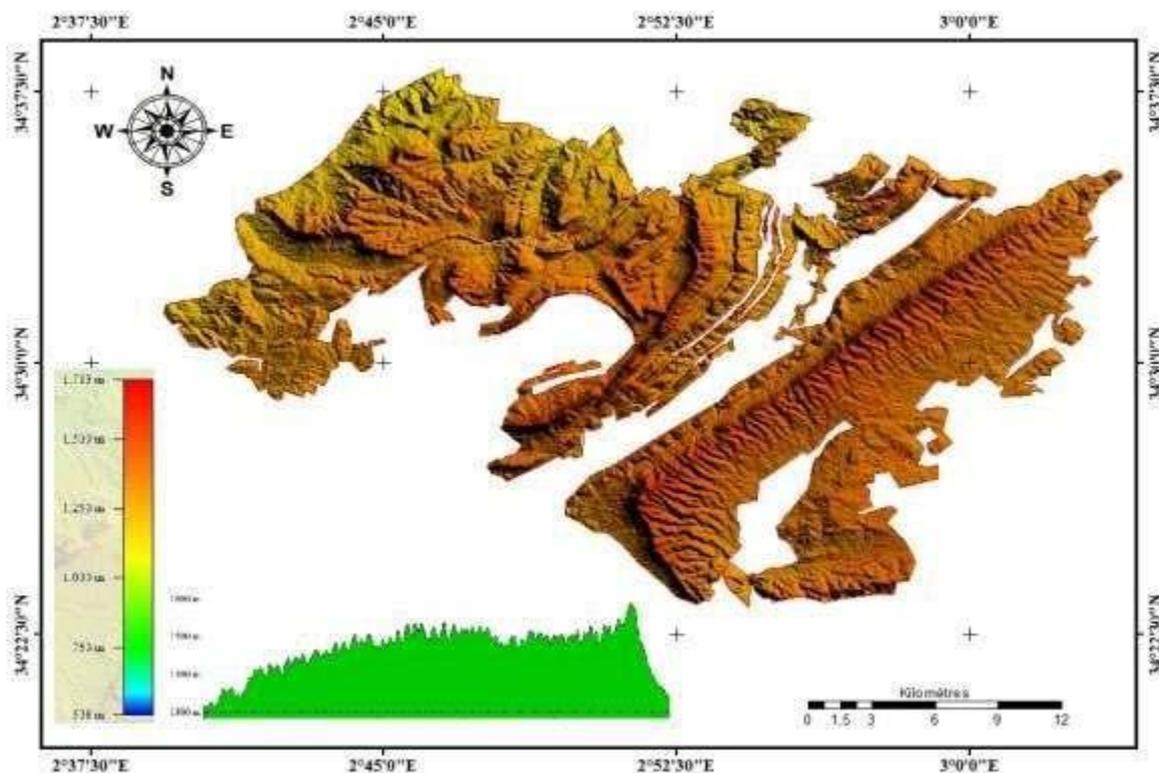


Figure n° 11 : Modèle numérique de terrain de la forêt de Sénalba Gharbi.

3.2. Les pentes

Selon (MADHI & BENBOUZID.,1995), La force de la topographie de cette région se manifeste dans six sections de pentes, comme suit :

De 0-3%, de 3-5%, de 5-15%, de 15-25%, de 25- 45%, et plus de 45%.

La plus petite valeur de la pente est dispersée dans des dépressions caractérisées par la présence d'eau courante avec des précipitations récentes, tandis que les troisièmes et quatrièmes parties de la pente (de 5 à 25%), L'apparence se trouve clairement au bas de l'exposition et sur les côtés central et oriental, mais à partir d'une altitude de 1500 m et plus, tous les miles au-dessus de 25% apparaissent clairement.

À l'exception de la pente dépassant 45%, il montre les hauteurs de montagne qui soulignent la force et l'énergie du terrain à ce niveau, qui sont des massifs, et le tableau ci-dessous nous donne les différentes distributions spatiales pour chaque classe de pentes.

Tableau n° 5 : Répartition de la superficie totale d'une forêt Sénalba Gharbi sur différentes classes de la pente.

Classes de pentes et zone	0-3%	3-6%	5-15%	15-25%	25- 45%	> 45%	Totale
Hectare(H)	1057	4686	25050	9160	2194	278	42425
(%)	02,49	11,05	59,02	21,60	4,17	0,66	100%

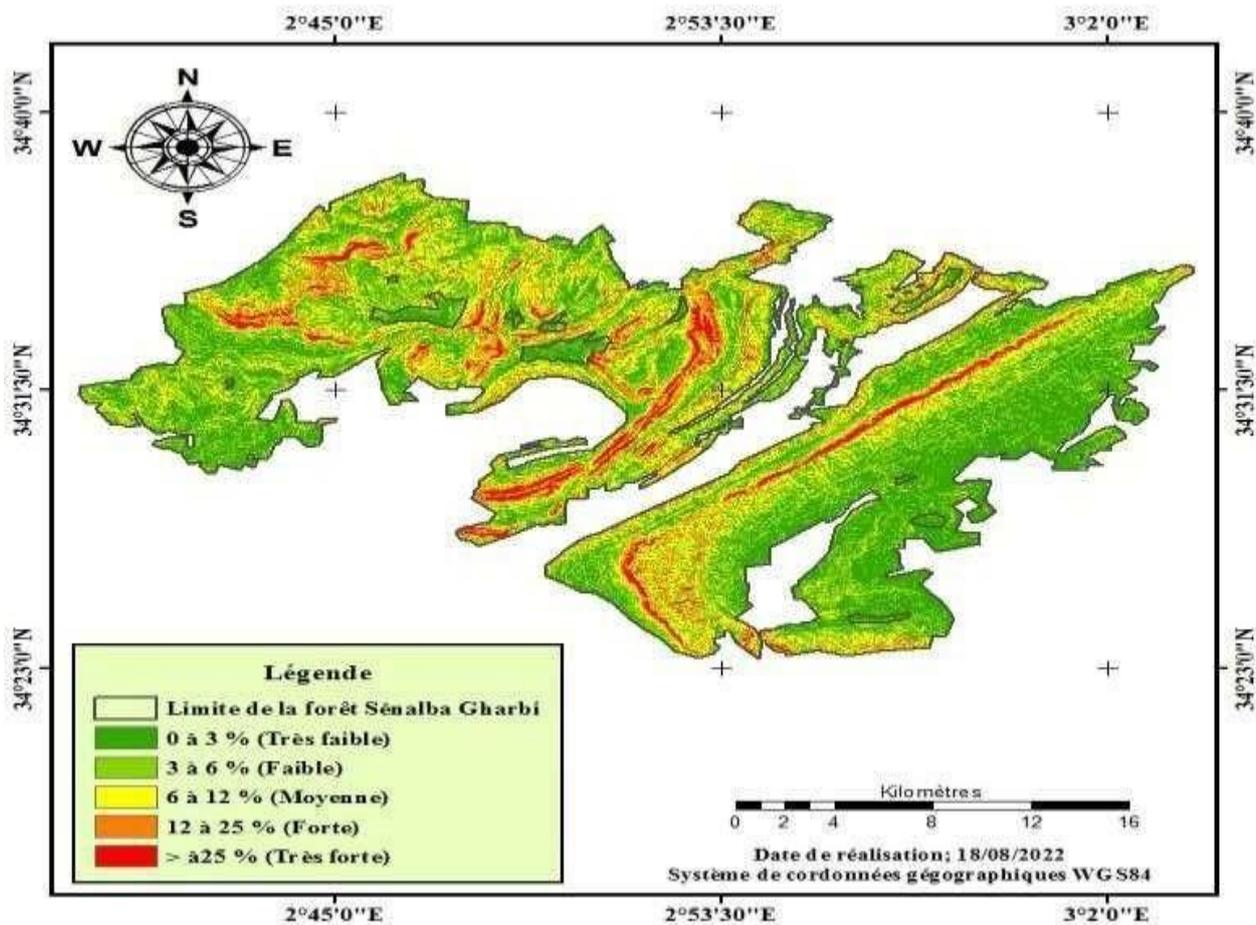


Figure n° 12 : Carte des pentes de la forêt de Sénalba Gharbi.

3.3. Géologie

Selon l'étude réalisée par (MADHI & BENBOUZID,1995). Les formations géologiques les plus importantes se trouvaient du côté nord, où nous avons remarqué que presque tout le côté n'est que des sédiments formés au quatrième temps continental, qui est du sable et du parchemin, et aussi un plat en plus de la présence de certaines formations (les argiles et les sables) et ces formations sont apparues à la fin de la troisième ère dans le système du Crétacé, qui comprend le Tyrolien et le sinonien. Dans le système tyrolien, les sommets de la crête de Sénalba Gharbi se sont formés sur trois niveaux à la base, constitués de chaux pure et de chaux argileuse.

Ci-dessous se trouvent des couches de Marne et d'autres macro-formations. Enfin, l'extension de couches de calcaire pur à une distance de 200 m. d'autre part, certaines des formations sont apparues à la troisième ère au sein du système du "Miocène" et ces formations étaient similaires aux formations de la mer Noire, qui sont des zones lithiques caractérisées par une formation sablonneuse.

(Madhi & BenBouzig,1995)

Sur le côté central de la Sénalba Gharbi, nous avons observé des couches d'argile qui se sont formées à la deuxième ère dans le système du Crétacé, et également certaines caractéristiques géologiques qui se sont formées dans le Crétacé supérieur de la mer et comprennent des types de chaux, de craie, de Marne et certaines caractéristiques marines comme nous observons certains dépôts modernes de taches d'eau.

3.4. Géomorphologie

Selon (B.N.E.F) 1983, L'ensemble du massif de Sénalba Chergui date du Crétacé. Dans ce synclinal de Djelfa, deux formations du quaternaire ont été remarquées sur le terrain : les formations du quaternaire moyen et les formations du quaternaire récent.

❖ **Quaternaire moyen** : Cet étage est formé de deux types de glacis. Glacis d'érosion qui est recouvert par un matériau détritique assez grossier d'origine essentiellement colluviale à croute lamellaire et les glacis d'érosion qui est recouvert d'un matériau détritique plus au moins grossier d'origine essentiellement colluviale.

Glacis de dénudation qui est couvert de matériau détritique très réduit.

❖ **Quaternaire récent** : Il est caractérisé par les formations suivantes : Terrasses constituées d'alluvions récentes à textures grossières à moyennes localisées sur les berges d'oueds. Formation éolienne qui recouvre les terrasses anciennes.

3.4.1. Exposition

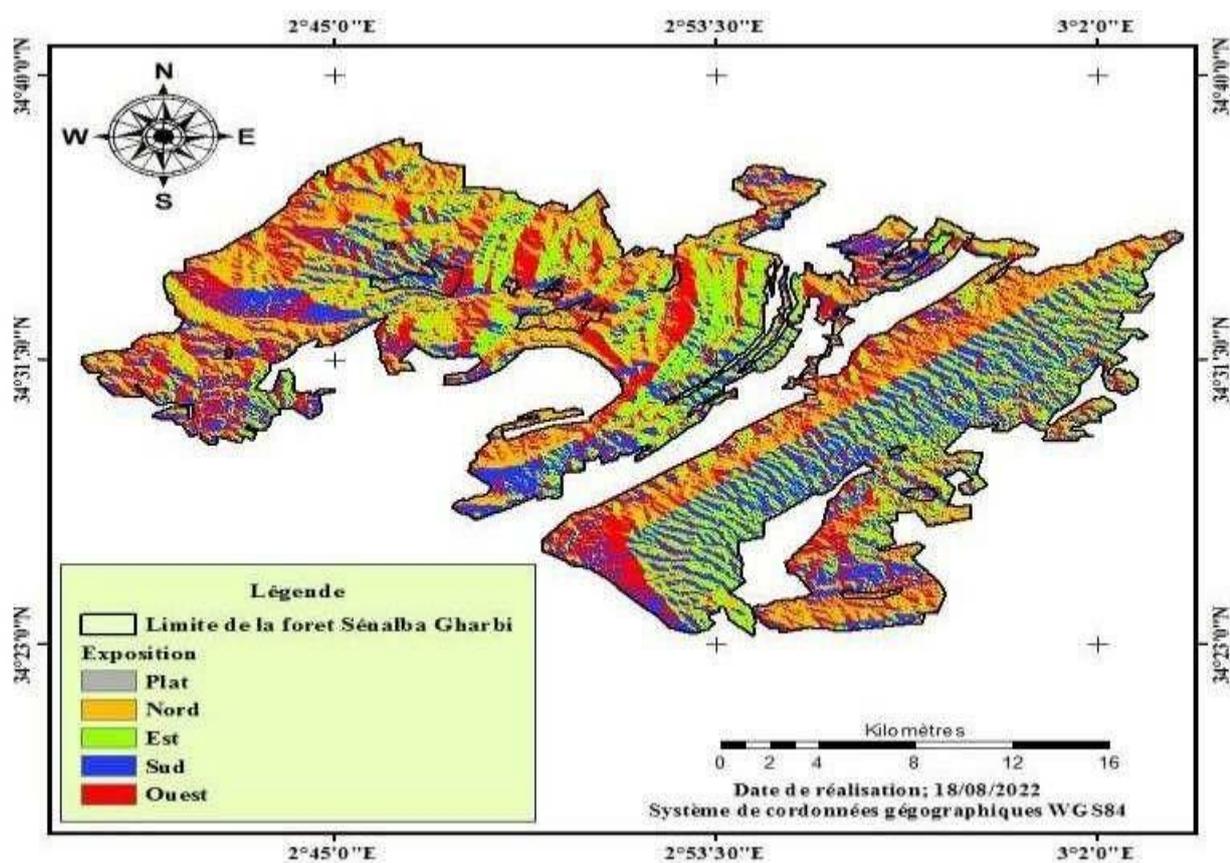


Figure n° 13 : Carte des expositions de la forêt de Sénalba Gharbi.

3.5. Pédologie

D'après les études de (KADIK.,1983) sur les pinèdes de pin d'Alep d'Algérie. Les sols des crêtes des Djebels Sénalba sont de type rendzines humifères typiques sur les formations de pin d'Alep et à chêne vert sur calcaire. La texture est fine, la structure grumeleuse, le taux de cailloux et de graviers est assez important. (KADIK., 2005). Selon le même auteur, on peut distinguer trois principales classes des sols qui sont :

A-Sols minéraux bruts :

Ces sols sont localisés sur les crêtes et les mi- versants où les affleurements rocheux sont importants, le taux de roches peut excéder 80%. On distingue deux sous-groupes :

- **Les lithosols** : se développent sur une croûte de calcaire et grès calcaire dur qui rend la pénétration des racines difficile.
- **Les régosols** : se développent sur une roche mère tendre (sur marnes et sur encroûtement calcaire friable).

B-Sols peu évolués :

Sont développés sur les différents glacis. Nous distinguons quatre sous-groupes :

- **Les sols peu évolués d'érosion lithosoliques** : se développent sur une croûte de calcaire dur.
- **Les sols peu évolués d'érosion régosoliques** : se développent sur un substrat de calcaire friable (glacis du Quaternaire moyen).
- **Les sols peu évolués d'érosion intermédiaire** : ce sont des sols moyennement profonds évoluant sur un substrat de calcaire plus au moins friable d'érosion du Quaternaire.
- **Les sols plus évolués d'apport colluvial** : ils sont assez profonds, situés en bas versant.

C- Sol calcaire

C'est un sol qui contient une grande quantité de calcaire, Ce sont les rendzines, ils sont un sol à structure un calcaire brun avec des croûtes.

- **Les rendzines** : ce sont des sols carbonatés, calciques.
- **Les sols bruns calcaires** : caractérisés par une texture limoneuse à limono-sableuse, et sont plus profonds et moins chargés en cailloux. Ils sont plus riches en espèces. **(B.N.E.F, 1983).**

3.6. Hydrographie

Le réseau hydrographique est composé de nombreuses chaabets déversant dans trois directions essentielles :

- Ouest-est : pour alimenter l'oued Djelfa
- Est-Ouest : pour alimenter l'oued Oumerdjanie
- Sud-Nord : pour alimenter l'oued El meguesmat et l'oued Amgar. **(BENHANIFIA.,2015)**

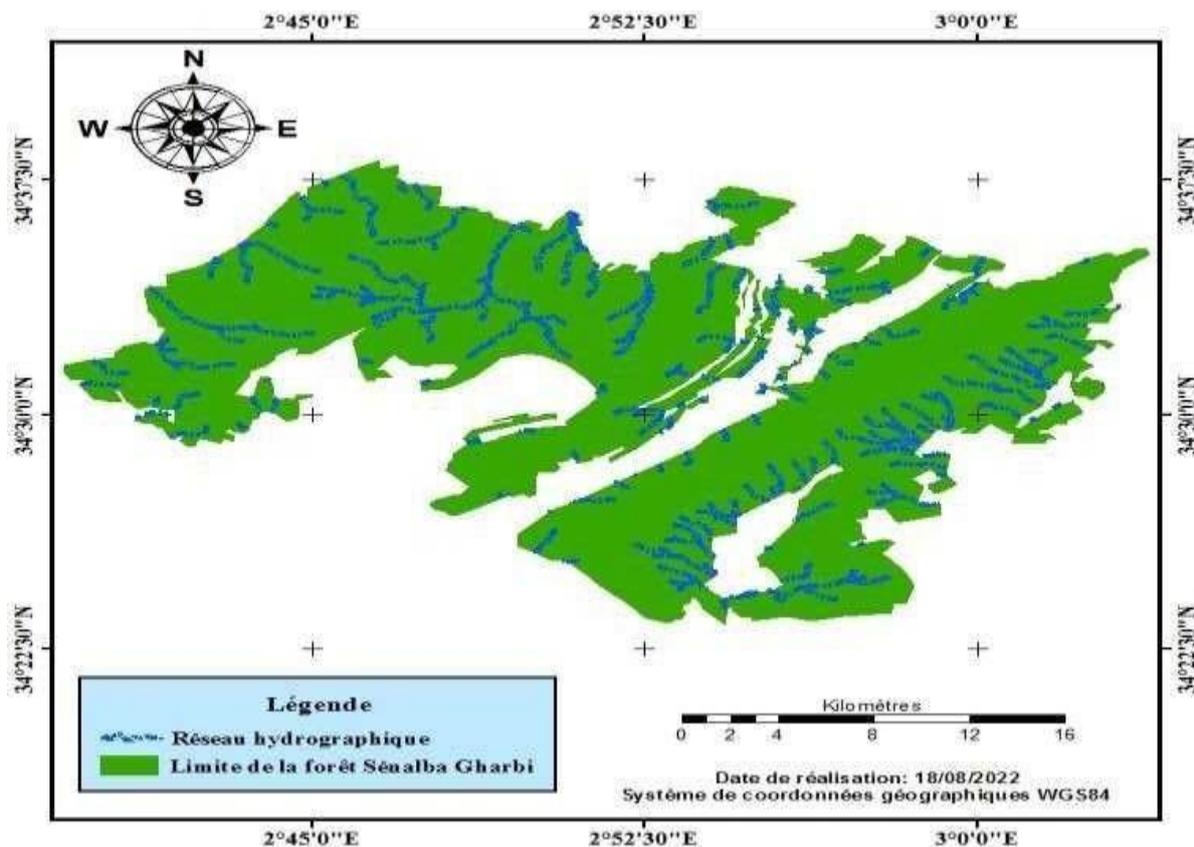


Figure n° 14 : Carte du réseau hydrographique de la forêt de Séalba Gharbi.

4. Flore de la forêt Séalba Gharbi

La végétation forestière de Séalba Gharbi est surtout marquée dans les Djebels ; elle est dominée par le pin d'Alep qui se présente sous forme de peuplements naturels purs ou en mélange avec d'autres essences secondaires (Chêne vert, Genévrier de Phénicie) et sous forme de groupement résultant de leurs dégradations allant du matorral arboré sur les piémonts et passant par la lande de Romarin et peu à peu au groupement nettement steppique à Alfa, Sparte, Hélichthèmes (**B.N.E.F., 1983**).

4.1. Végétation de Séalba Gharbi

La distinction des groupements végétaux et leur définition phytoécologique sont basées sur la composition floristique qui est variée en fonction de multiples facteurs écologiques ou anthropozoïques ou historiques (**AIDOU & LOUNIS., 1997**).

Les différents relevés floristiques prélevés dans la région du Séalba Gharbi ont permis de déterminer trois principaux groupements végétaux :

- Groupement sylvicole.

- Groupement à plantago.
- Groupement à *stipa tenacissemata*.

❖ **Les matorrals** : Selon (C.F.D.2022). Sont généralement des faciès de dégradation de la forêt.

Les matorrals hauts sont bien représentés par trois types de matorrals :

- Chêne vert et genévrier oxycèdre.
- Pin d'Alep et chêne vert.
- Pin d'Alep, chêne vert et alfa.

Les matorrals bas représentés par deux faciès :

- Chêne vert, genévrier oxycèdre, pistachier térébinthe et alfa
- Genévrier rouge et alfa.

La steppe arborée est individualisée par les espèces dominantes suivantes : alfa, genévrier rouge ; alfa, genévrier rouge et pin d'Alep.

4.2. Stratification de la forêt

Selon B.N.E.F (1983), les principales strates sont les suivantes :

- **Peuplement adulte** : peuplement à Pin d'Alep présenté sous forme de futaie régulière à densité variable.
- **Peuplement d'âge moyen** : Ce type de peuplement a un taux de recouvrement variable (60 à 75 %) en fonction de la densité où le sous-bois est généralement clair.
- **Peuplement jeunes** : a un recouvrement de 20 à 50 %, formé par la régénération (semis-fourré, gaulés).
- **Matorral** : il occupe une partie importante de la forêt avec un faible recouvrement sur les versants et moyen à dense des bas-fonds.
- **Steppe à Alfa** : localisée dans les vallées et denses sur les glacis d'épandages et à l'intérieur des peuplements clairs.

5. Faune de la forêt Séalba Gharbi

La zoocénose du Séalba Gharbi est représentée par plusieurs types de certains embranchements : des espèces principales de gibier, est des espèces qui ne sont pas reconnues comme gibier mais néanmoins chassées.

- **Gibier sédentaire** : (La perdrix, le lièvre, le sanglier)
- **Gibier migrateur** : Il existe trois espèces de gibier migrateur qui habitent Séalba Gharbi au début de printemps et émigrent au début de l'hiver. Ces espèces sont : (la caille, le ramier, la tourterelle).

- **Prédateur** : trois types de gibier prédateur : (le chacal, le renard, le chat ganté).
- **Espèce menacées de disparition** : les espèces concernées sont : La Gazelle, la mangouste, les rapaces (diurnes et nocturnes).
- **Petits mammifères** : le gundi, la gerbille, le lérot, le hérisson d'Algérie. **(B.N.E.F., 1983)**.

6. Aspect climatique

Le climat est le principal acteur de la dynamique et de la répartition de la végétation. Il agit directement sur le cycle biologique d'une espèce après l'influence des précipitations, de la température et d'autres facteurs **(MOKHTAR., 2019)**.

Le climat méditerranéen est caractérisé par un climat sec et long (≈ 7 mois), il est défini comme un climat extratropical à photopériodisme saisonnier et quotidien, à pluviosité concentrée durant les saisons froides et relativement froides, l'été, saison plus chaude, étant sec **(EMBERGER., 1954 in BOURAGBA., 2012)**

6.1. Origine des données climatiques

Les données météorologiques de la période de 46 ans (1975 -2020) proviennent de la station météorologique de la wilaya de Djelfa, qui se trouve à une longitude de $3^{\circ} 23'$ Est et une latitude de $34^{\circ} 20'$ Nord. L'altitude de la station est de 1180,5 m. Cette dernière est considérée comme une station de référence car elle est la plus proche de notre zone d'étude Séalba Gharbi avec une altitude moyenne de 1401 m.

6.2. Correction des données climatiques

Notre région d'étude est de type montagnaise. La moyenne l'altitude de 1401m. Endroit difficiles d'accès, sans stations météorologique, c'est pour cette raison que l'on est parfois amené faire des extrapolations. L'altitude est un facteur très important pour la répartition de la pluviométrie et la température.

D'après **(SELTZER., 1946)** si l'altitude augmente à partir de 100 M ou plus :

- La pluviométrie augmente en altitude de 40 mm tous les 100 m,
- Les températures diminuent de 0.7°C pour M (moyenne mensuelle de tous les maxima), et de 0.4°C pour m (moyenne mensuelle de tous les minima).

6.2.1. Températures

La température est l'un des éléments les plus déterminant dans la caractérisation de la végétation, Elle diminue avec l'altitude car la raréfaction de l'air limite l'absorption des radiations solaires (BELTRANDO & CHEMERY, 1995). Chaque espèce présente un seuil minima ou maxima qui lui permet de se maintenir en vie.

Tableau n° 6 : Moyennes mensuelles des températures de la région Senalba Gharbi en C° de la période (1975-2020).

Mois	JAN	FER	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOT	SEP	OCT	NOV	DEC
M (c°)	8,32	10,16	13,44	16,59	22,01	27,71	32,38	31,61	25,85	19,80	12,84	13,31
m (c°)	-0,42	0,58	2,51	5,37	9,59	14,41	17,78	17,26	13,40	8,61	3,53	0,88
M+m/2	3,95	5,37	7,98	10,98	15,80	21,06	25,08	24,44	19,63	14,21	8,19	7,10

Source : Station météorologique de Djelfa (1975-2020)

M : Moyenne mensuelle des températures maxima en °C.

m : Moyenne mensuelle des températures minima en °C.

(M + m) /2 : Moyenne mensuelle des températures en °C.

La température est un paramètre déterminant pour la vie végétale. SAUVAGE (1963) considère que « La vie végétale se déroule entre deux extrêmes thermiques, la moyenne des minimums du mois le plus froid "m" et la moyenne des maximums du mois le plus chaud "M" ». Les valeurs de ces extrêmes thermiques constituent un indicateur pour les seuils létaux (DJELLOULI., 1981) et jouent un rôle important sur la phénologie (AIDOU, 1989 ; NEDJRAOUI, 1990).

L'analyse de tableau n°06 montre que la température moyenne annuelle est de **13,65 C°**

En analysant ces données nous avons constaté que la température maximum du mois le plus chaud (M) se situe au mois de Juillet avec une moyenne de **32,38°C**, alors que le minimum du mois le plus froid (m) caractérise le moins de Janvier avec une moyenne de **-0,42°C**.

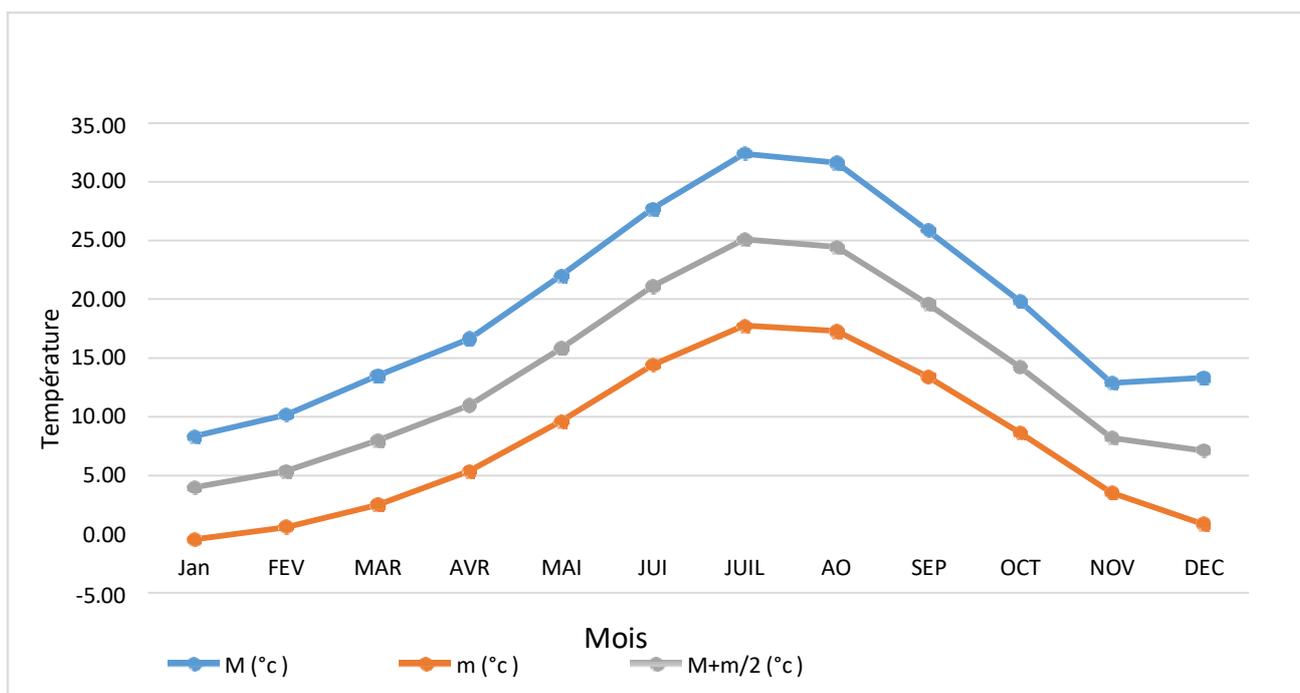


Figure n° 15 : Variation mensuelle des températures de la région de Sènalba Gharbi (1975-2020).

6.2.2. Précipitations

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale pour la répartition des groupements végétaux ainsi que son fonctionnement (ZAOUI., 2012).

Les données pluviométriques de la station d'étude s'étalant sur 46 ans (1975-2020) sont mentionnées sur le tableau suivant :

Tableau n° 7 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (mm) de la période (1975-2015) de la région Senalba Gharbi

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOT	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
P (mm)	32,76	28,30	30,53	31,18	32,83	19,85	11,00	21,37	33,07	27,87	28,89	29,96	327,61

Source : Station météorologique de Djelfa (1975-2020)

Les précipitations moyennes annuelles déterminées durant les 46 ans, depuis 1975 jusqu'à 2020 sont présentés dans la figure n°16 dans le but de ressortir le maximum d'information sur le climat de notre zone d'étude :

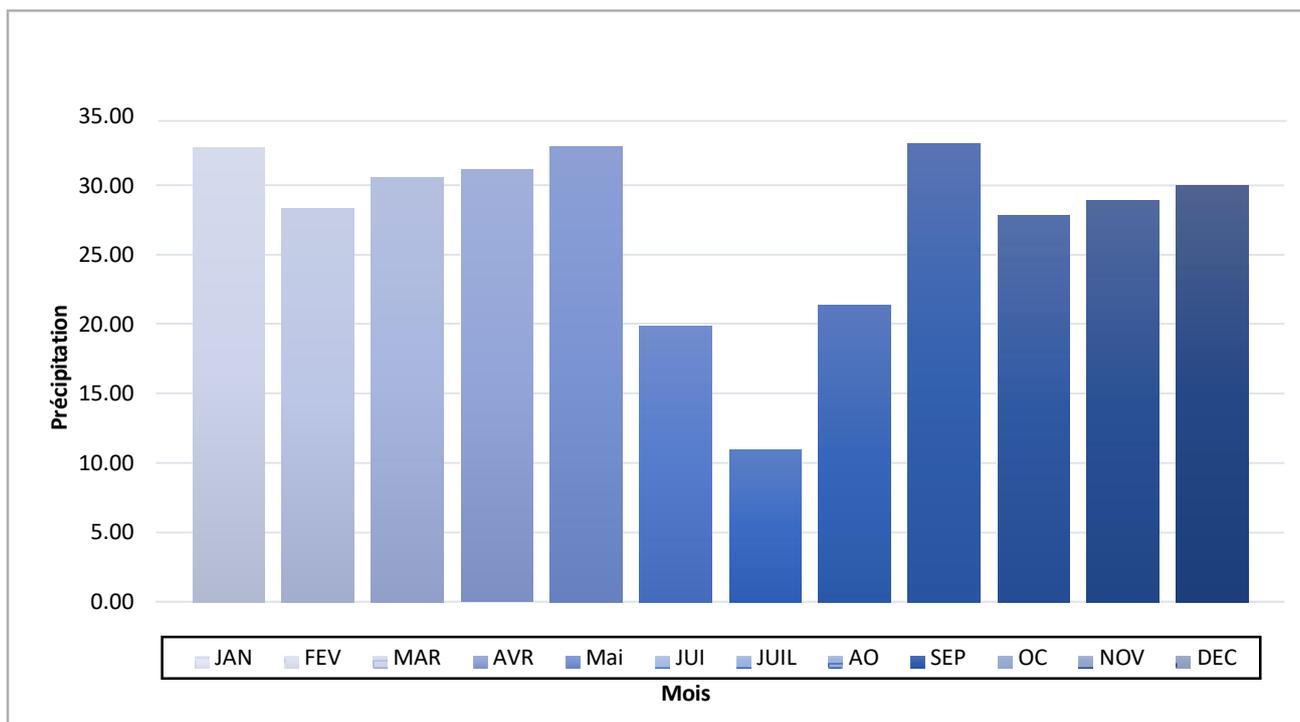


Figure n° 16 : Les précipitations mensuelles de la région Sényalba Gharbi de la période (1975-2020).

L'examen de l'histogramme des fluctuations mensuelles des précipitations montre que le mois le plus pluvieux est le mois de Septembre avec une valeur moyenne de **33,07 mm** et le mois le plus sec est celui de Juillet avec une valeur moyenne de **11,00 mm**.

6.2.2.1. Régime saisonnier des précipitations

Le tableau n°08 reflète la répartition des précipitations annuelles en quatre saisons, caractéristiques du climat équatorial. Les périodes de mars à juin (Printemps) et de septembre à novembre (Automne) correspondent respectivement à la première et deuxième saison des pluies avec le maximum principal vers octobre. Les deux saisons des pluies contribuent pour plus de 80% aux précipitations annuelles. (CORRE., 1961)

Tableau n° 8 : Régime saisonnier des précipitations de la région de Senalba Gharbi pour la période (1975-2020).

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type
P (mm)	91,02	94,54	52,22	89,83	PAHE

- **Hiver (H) :** Décembre, Janvier, Février.
- **Printemps (P) :** Mars, Avril, Mai.

- **Eté (E)** : Juin, Juillet, Août.
- **Automne (A)** : Septembre, Octobre, Novembre.

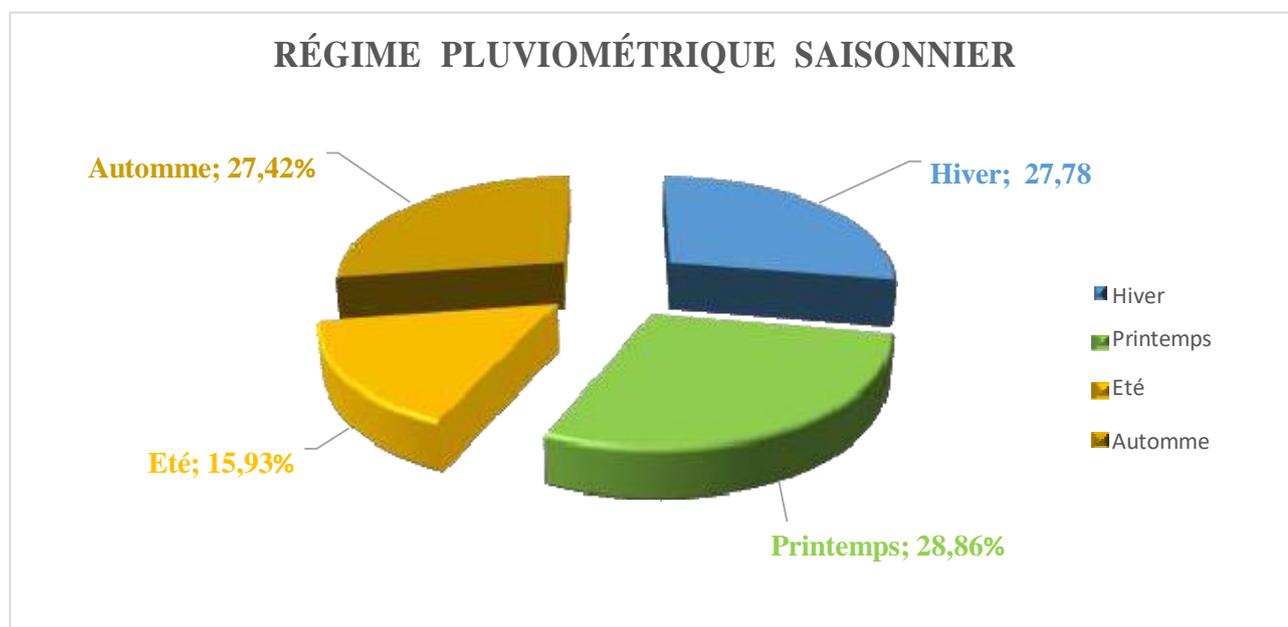


Figure n° 17 : Pourcentage du régime des précipitations pour chaque saison dans la région Sénalba Gharbi.

- Dans la saison Hiver : atteignent un pourcentage de 27,78% des précipitations totale.
- Dans la saison Printemps : présentent 28,86% des précipitations totale.
- Dans la saison Eté : les précipitations diminuent avec une moyenne saisonnière de 15,93%.
- Dans la saison Automne : les précipitations durant cette saison sont importantes avec 27,42%

6.2.3. Les vents

Le vent est un élément climatique qui se manifeste, en toute saison, avec une intensité variable. Le vent influe directement sur le climat, son action s'accompagne d'un dessèchement de la couverture végétale et d'une évaporation plus au moins accentuée à la surface de sol. (CHIBANE.,2010)

Les données disponibles sont celle de la station météorologique de Djelfa couvrant la période (1975-2020).

Tableau n° 9 : Vitesse moyennes mensuelle du vent en (m/sec).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AO	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
Vitesse du vent (m/s)	3,8	3,9	5,3	4	4	3,4	3,4	2,8	2,7	2,9	3,2	5	3,7

Source : Station météorologique de Djelfa (1975-2020)

La vitesse moyenne annuelle du vent enregistrée est de **3,7 m/s**, avec une vitesse minimale de **2,7m/s** pendant le mois de Septembre, et une maximale qui atteint **5,3 m/s** pendant le mois de Mars.

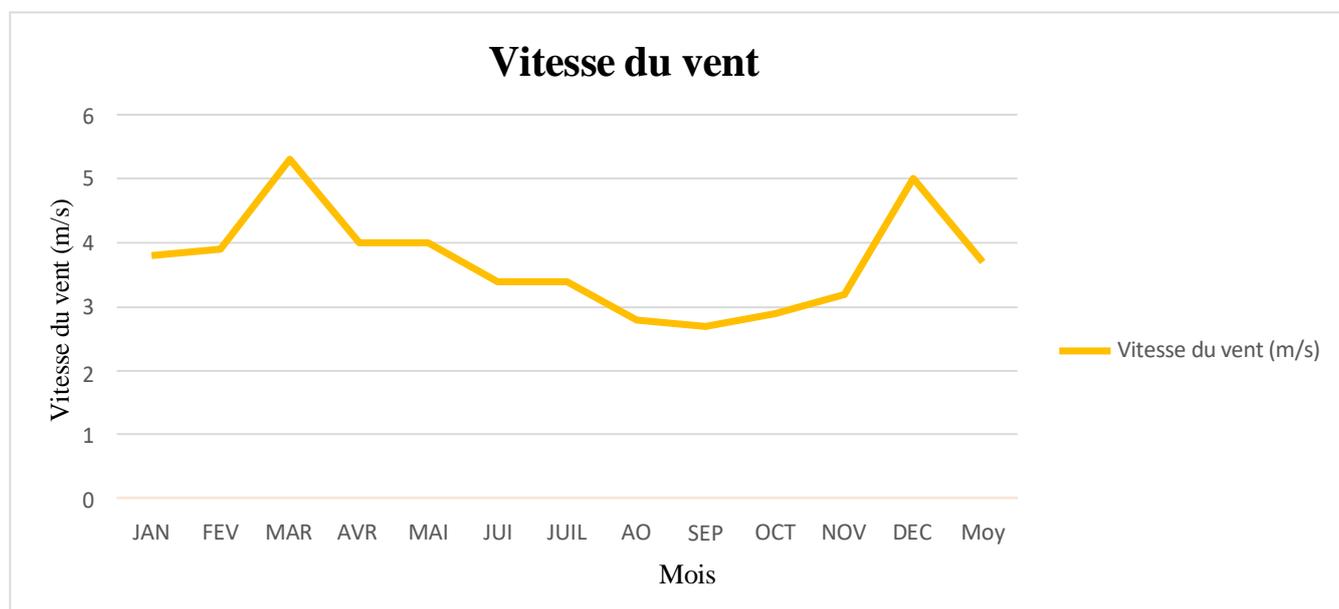


Figure n° 18 : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s .

(Source : Station météorologique de Djelfa.,2020)

6.2.4. L'humidité

L'humidité relative représente le taux en (%) de vapeur qui existe réellement dans l'air et l'extrême intensité de vapeur que l'air peut porter (**DJOUADI & OUBELAID., 2015**).

L'humidité est liée inversement à la température de l'air (**B.N.E.F, 1983**)

Les humidités moyennes mensuelles de la zone d'étude pour la période (1975-2020) sont données par le tableau suivant :

Tableau n° 10 : L'humidité moyenne de région de Djelfa (1975-2020).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOT	SEP	OCT	NOV	DEC
Humidité (%)	71,2	66,6	60,4	55,2	49,8	40,2	33,7	36,8	48,8	58,2	67,9	72,9

Source : Station météorologique de Djelfa (1975-2020)

Les données de l'humidité relative moyennes mensuelles durant les 46 ans étudiés montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de décembre (en hiver), avec une valeur maximale de **72.9 %**.

Par contre en été l'humidité atteint sa valeur minimale au mois de juillet avec **33,7%**. Ceci s'explique par l'élévation de la température durant l'été et l'absence des surfaces humides (la mer). (MISSAOUL., 2013).

6.2.5. Neige

Le tableau suivant présent le nombre de jours de neige de notre zone d'étude de la période (1975-2020)

Tableau n° 11 : Nombre mensuel de jours de neige pour la période (1975-2020).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOT	SEP	OCT	NOV	DEC
Nombre moyen de jours de neige	2,07	1,87	1,17	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	1,43

Source : Station météorologique de Djelfa (1975-2020)

La couche de neige ne dépasse que très rarement 30 cm. La neige fond très rapidement et ne reste pas sur le sol, sauf en altitude. (RAHMOUNE., 2018)

L'analyse du tableau ci-dessus, on peut estimer que le nombre de jours de neige par an est de **6jours / an** et que le mois le plus enneigée est l'hiver par une moyenne de **0,37 à 2,07** jours par an.

6.2.6. Les gelées

La gelée est un phénomène de précipitation, produit par la régression extrême de la température, la présence de ce phénomène limite la diversité de la flore dans ce milieu ardu.(KHERFANE.,2014)

Tableau n° 12 : Nombre moyen mensuel de jours de gelée pour la période (1975-2020).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOT	SEP	OCT	NOV	DEC
nombre moyen de jours de Gelée	10,40	8,30	4,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	9,20

Source : Station météorologique de Djelfa (1975-2020)

Dans le tableau ci-dessus, des gelées pendant 7 mois ont été enregistrées d'octobre à avril, un maximum de **10,40 jours** en moyenne en janvier.

6.2.7. L'évaporation

Tableau n° 13 : évaporation moyenne mensuelle en (mm) pendant la période (1975-2020).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOT	SEP	OCT	NOV	DEC
Evaporation (m/m)	46,13	56,17	85,91	110,90	141,45	193,09	246,06	221,59	151,02	98,93	58,36	44,22

Source : Station météorologique de Djelfa (1975-2020)

La forêt de Sénalba Gharbi est caractérisée par un maximum d'évaporation de **246,06 mm** enregistré au mois de juillet et par un minimum de **44,22 mm** enregistré le mois de décembre.

6.3. Synthèse climatique

Selon **RAMADE (1984)**. Les facteurs climatiques n'agissent pas isolés les uns des autres mais exercent une action combinée entre eux et sur les êtres vivants. On peut faire une synthèse des facteurs climatiques à l'aide des indices climatiques pour connaître et classer le climat de notre zone d'étude, cette classification nous permet d'avoir une idée sur la répartition de certaines espèces végétales et animales.

Pour l'expression synthétique du climat, nous avons retenu les indices climatiques et les représentations schématiques telles que le diagramme ombrothermique de **BAGNOULS** et **GAUSSEN (1953)** et le climagramme d'**EMBERGER (1955)**.

L'étude du climat est basée sur deux méthodes :

- **Indices climatiques** : permettent de caractériser le type du climat de la région.
- **Méthodes graphiques** (courbe de **BAGNOULS** et **GAUSSEN**) : déterminent les périodes sèches et humides.

6.3.1. Indices climatiques

6.3.1.1. Indice d'aridité de De MARTONNE

De MARTONNE a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice d'aridité qui sont donnés dans le tableau n°14.

Tableau n° 14 : Valeurs de l'indice d'aridité.

Valeurs de l'indice	Type de climat	Type de végétation potentielle
$0 < I < 5$	Désertique (hyper- aride)	Désert absolue
$5 < I < 10$	Aride	Désert
$10 < I < 20$	Semi- aride	Steppe
$20 < I < 30$	Sub- humide	Prairie naturelle- foret
$30 < I < 55$	Humide	Foret

(GUYOT.,1999)

L'indice d'aridité I_d (De MARTONNE, 1923) est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles. C'est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau, présent à un endroit donné

$$I_d = P / T + 10$$

I : Indice d'aridité

t : température moyenne annuelle en °C

P : Précipitation moyenne annuelle en mm

Les résultats du calcul de **Id** sont dans le tableau suivant

Tableau n° 15 : Résultat de l'étude l'aridité de la zone d'étude.

Station	Température	Précipitation	Indice d'aridité	Type de climat
Senalba Gharbi	13,65	327,61	13,85	Semi-aride

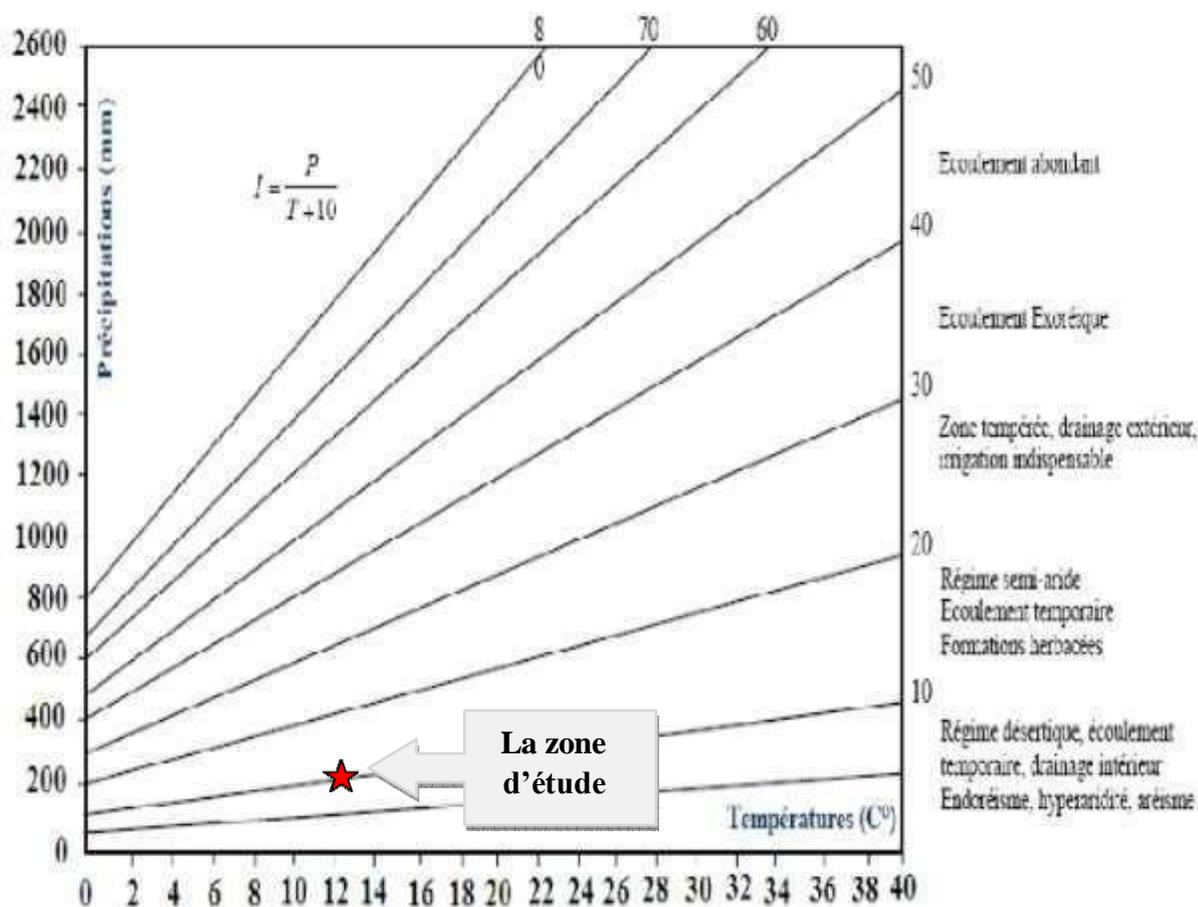


Figure n° 19 : Localisation de la zone d'étude dans l'abaque de DE MARTONNE.

6.3.1.2. Indice Xérothermique d'Emberger

À la suite des travaux de **GIACOBLE en (1937)**, **EMBERGER en (1941)** a été ramené à caractériser l'intensité de la sécheresse estivale par l'indice xérothermique qui est déterminé par la formule suivante :

$$S = PE/M$$

- **PE** : représente la somme des précipitations moyennes estivales.
- **M** : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

Tableau n° 16 : L'indice xérothermique d'Emberger pour les deux altitudes de notre zone d'étude.

Station	PE	M	S
Sénalba Gharbi	52,22	23,53	2,22

D'après (**EMBERGER.,1941**) et le résultat de tableau n°16 on remarque que les valeurs de l'indice $S < 7$, Donc notre zone d'étude Senalba Gharbi est classée comme zone à climat méditerranéen.

6.3.2. Méthodes graphiques

6.3.2.1. Diagramme Ombrothermique

Le Diagramme Ombrothermique de **BAGNOULS** et **GAUSSEN** permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données de précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (**DAJOZ., 2003**).

BAGNOULS & GAUSSEN (1953) définissent la saison sèche comme étant l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne $P = 2T$. La lecture est faite directement sur le graphique.

Pour notre étude on a une diagramme ombrothermique définissent la période s'étalant de (1975-2020), les courbes ci-dessous permettent de ressortir et de fixer le début et la fin d'une période sèche.

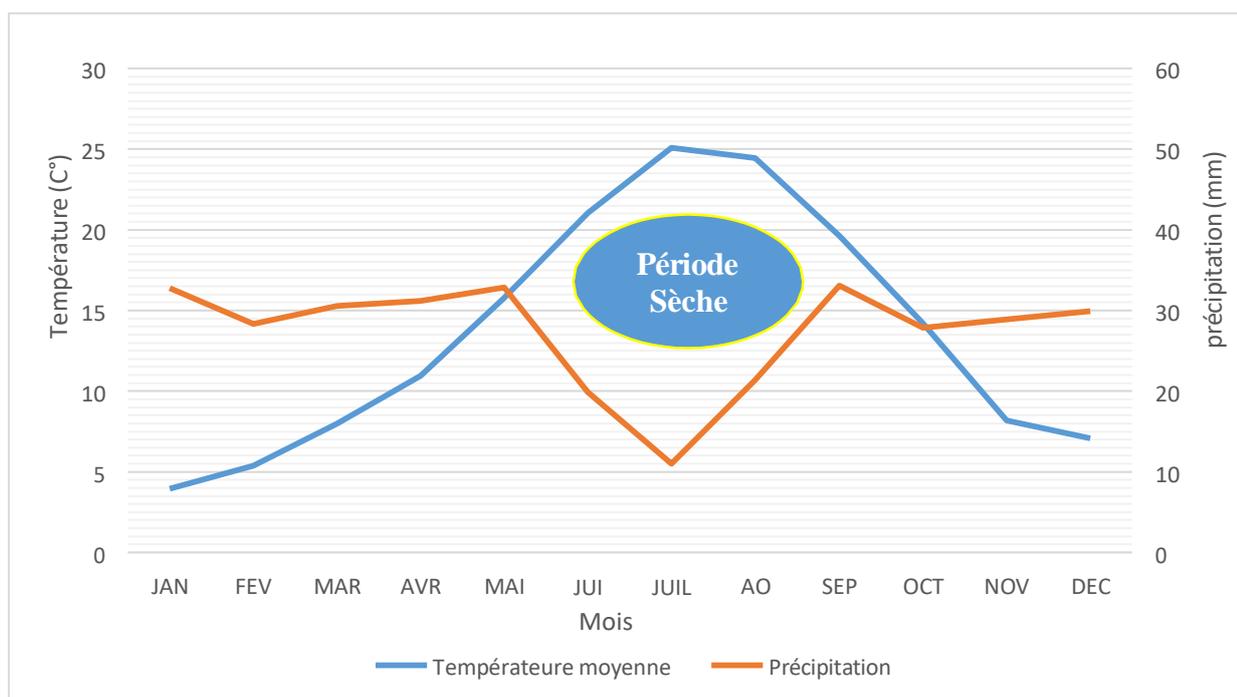


Figure n° 20 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la zone de Sénalba Gharbi pour la période (1975-2020) .

Le figure n°20, qui montre le diagramme Ombrothermique de la zone d'étude pour la période (1975-2020), on remarque que la saison sèche (période sèche) est longue, elle dure 6 mois, allant de début mai à début octobre.

6.3.2.2. Climagramme du quotient pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'Emberger (1930) repose sur seules données de la pluviosité et des températures mesurées dans les stations climatiques) (DAGET.,1977). Outre la moyenne entre la « moyenne des minimas du mois le plus froid (**m**) » et la moyenne des maximas du moi le plus chaud (**M**) », EMBERGER fait intervenir leur différence.

Pour déterminer l'étage bioclimatique de végétation dans zone d'étude on utilise l'indice quotient pluviométrique d'EMBERGER (**Q2**) :

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

Q2 : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : Pluviosité moyenne annuelle exprimée en mm.

M : température maximale du mois le plus chaud en K° (T° du mois le plus chaud +273).

m : température minimale du mois le plus froid en K°(T° du mois le plus chaud +273).

Les résultats du calcul de **Q2** sont dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 17 : Les valeurs du quotient pluviothermique pour la zone d'étude.

Station	M	m	P	Q2	Etage
Senalba Gharbi	32,38	-0,42	327,61	34,56	Semi-aride

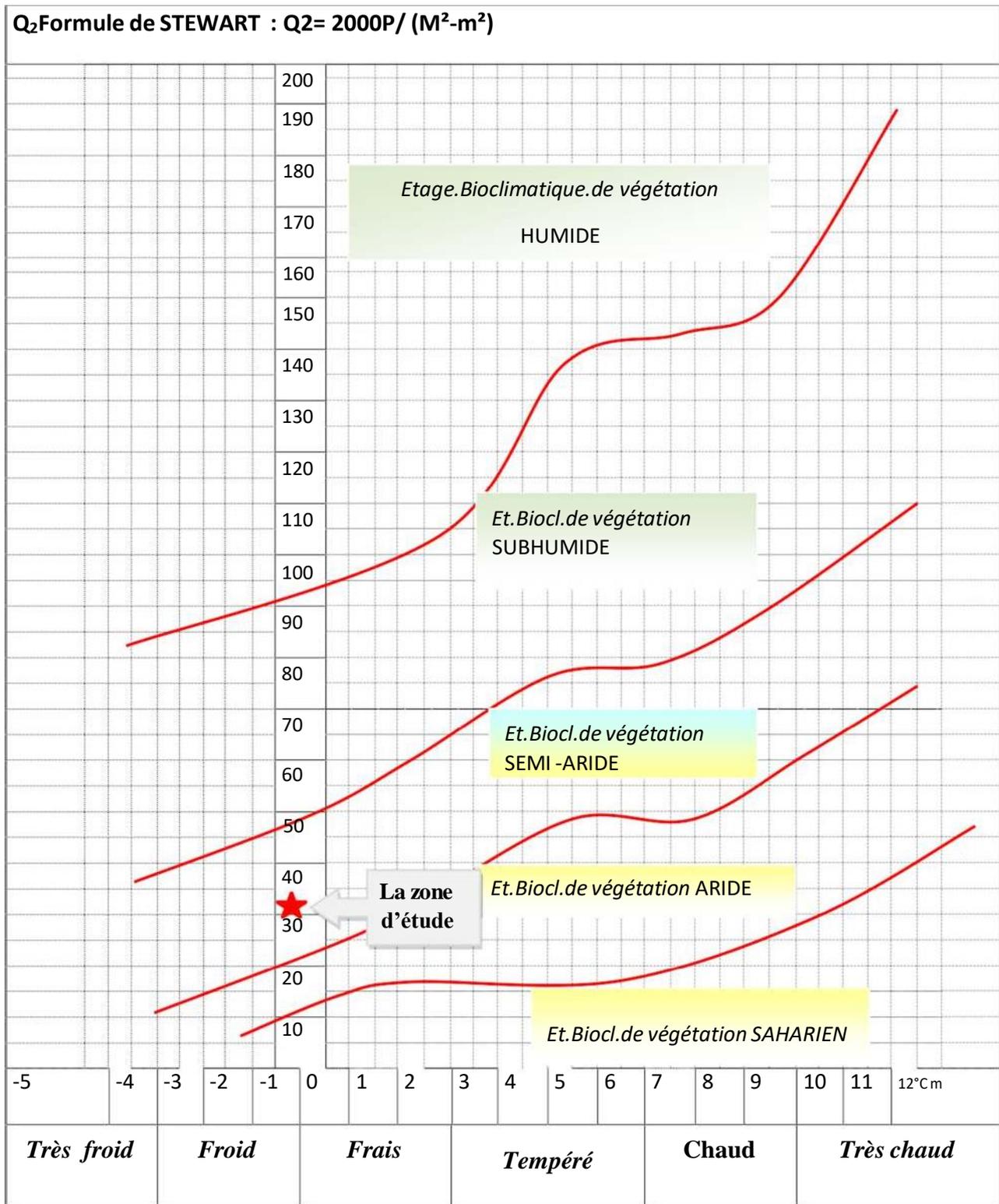


Figure n° 21 : Climagramme pluviométrique d'Emberger de la zone d'étude (1975-2020).

Notre zone d'étude est située dans l'étage bioclimatique semi-aride, à hiver froid.

7. Caractéristiques socio-économiques

7.1. Milieu humaine

Dans la forêt de Sénalba Gharbi, il existe une très forte communauté qui y vit et dépend directement de cette forêt(C.F.D.2016)

La population riveraine du Sénalba Gharbi est dispersée sous forme de ferkates (groupes en français). Chaque ferkat regroupe plusieurs ménages de la même famille. Cette population est située non seulement au tour de la forêt mais aussi à l'intérieur, l'élevage des riverains transite souvent par la forêt pour se rendre sur les terrains de parcours. Par contre, un grand effectif du cheptel appartenant aux riverains des enclaves sont en permanence en forêt. A ce cheptel s'ajoute le cheptel de certains nomades des hauts plateaux et du sud de Djelfa qui passent une partie de l'été à l'intérieur de la forêt. Ainsi, la forêt se trouve exposée au pacage qui est l'une des conséquences de l'économie de subsistance. A cela s'ajoutent les délits de coupes et les incendies.

DEUXIME PARTIE
ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE N°03
MATERIELS ET METHODES

1. Objectif du travail

Les représentations cartographiques du couvert végétal de la zone Séalba Gharbi constituent des documents de travail indispensables pour de nombreuses études.

L'objectif de cette étude est l'utilisation des techniques de la géomatique et des données du satellite LANDSAT pour la cartographie d'un espace forestier hétérogène qui fait sujet d'importante transformation au niveau de son couvert végétal. Cette cartographie permettra dans un premier temps de délimiter les principales formations forestières et pré-forestières de la forêt Séalba Gharbi et dans un deuxième temps de faire une description de la diversité floristique de ce couvert qui permet l'actualisation et l'enrichissement des informations sur la végétation forestière de la forêt dite qui va ressortir sous forme de carte de végétation comportant les formations forestières et pré-forestières avec leurs superficies qui serviront comme base de données permettant une bonne gestion de cet écosystème forestier.

2. Réalisation des relevés floristiques

Un relevé floristique est un relevé d'informations variées permettant de décrire la communauté végétale en place et son contexte : informations sur la composition floristique, sur la structure de la végétation, sur l'abondance des différents taxons au sein de la végétation étudiée, sur la physionomie et le périmètre du relevé, etc. Concrètement, il se matérialise par une liste de taxons (pour lesquels l'abondance est quantifiée) et par une série d'informations synthétiques permettant de cerner les conditions de réalisation du relevé (date, auteur...etc.). Pour pouvoir être comparé à d'autres relevés, et ainsi contribuer à l'amélioration des connaissances. (C.B.N.B in DELASSUS L,2015)

Chacun de nos relevés contient les informations écologiques obligatoires suivantes ;

- N° de relevé ;
- L'observateur ;
- La date de l'observation ;
- Localisation. (Localisation géographique précise) ;
- Surface du relevé ;
- Physionomie et recouvrement de la végétation ;
- Les listes des espèces.

2.1. Conditions préalables à la réalisation de relevés floristiques

2.1.1. Période à la réalisation de relevés floristiques

La période optimale de réalisation des relevés floristiques correspond à la période de développement optimal de la végétation, pour laquelle la majorité des espèces végétales sont visibles et le plus facilement identifiables (en floraison et/ou fructification) ; elle est donc fonction du type de végétation. (Figure n°22)

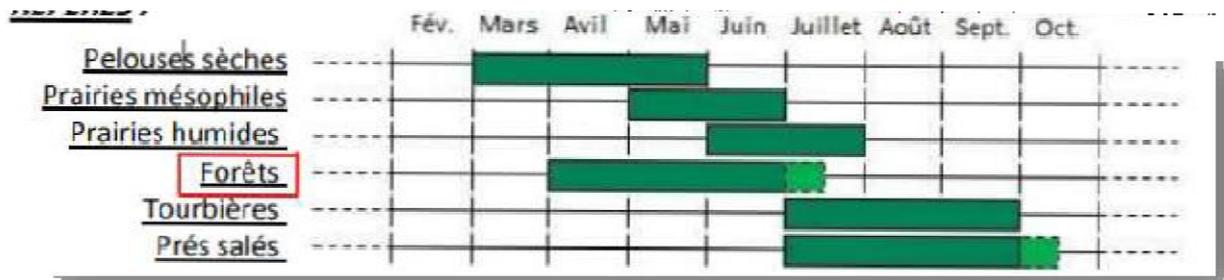


Figure n° 22 : Périodes de développement optimal de plusieurs types de végétation .

(Données à titre indicatif) (LAURENT et al., 2017a).

Dans notre cas, nos sorties sur terrain ont été effectués pendant la saison printanière allant du mois de Mars jusqu'au mois de Juin de l'année 2022, ce qui représentent la période de développement optimal de plusieurs types de végétation.

2.2. Echantillonnage choisi

En 1970 l'écologie **DAGNELIE** a défini l'échantillonnage comme : « un ensemble d'opérations qui ont pour objet de prélever dans une population des individus devant constituer l'échantillon ». Il est basé alors sur l'analyse des variations spatiales de la structure et de la composition floristiques.

Dans le même contexte les chercheurs (**LEPART et al, ;1983**) disent : « l'échantillonnage est une analyse à laquelle il faut ajouter celle des conditions écologiques locales dans un contexte écologique sectoriel uniforme ». Par ailleurs l'échantillonnage c'est le point de départ dans chaque étude phytoécologique, et constitue par un ensemble des opérations, qui ont pour objet de relever dans une population les individus devant constituer l'échantillon représentatif.

Pour atteindre notre objectif, nous avons appliqué l'échantillonnage subjectif dans les zones arides et semi-aride qu'il a les forêts dégradations, qui tient compte de la variabilité des formations. Selon la méthode sigmatiste, les relevés ont été réalisés sur des aires homogènes d'un point de vue écologique (**GOUNOT, 1961**).

Ce choix ne devra cependant pas être influencé par le désir d'inclure le maximum d'espèces (**LAURENT et al., 2017a**). Le choix du type d'échantillonnage se base sur la réalité du terrain, sur les données bibliographiques et sur la nature des documents. (**TATAR.,2010**)

3. Choix de l'emplacement des relevés floristiques

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.

Les critères fondamentaux de ce choix d'emplacement et de limites du relevé sont : l'homogénéité floristique et l'homogénéité écologique de la station.

- L'homogénéité floristique doit être répétitive et il faut avoir constaté la répétitivité de la combinaison floristique. Le critère d'homogénéité floristique, ou invariant, étant une combinaison statistiquement répétitive d'espèces (**RAMEAU., 1985**).
- L'homogénéité écologique nécessite d'abord, et en règle générale, une homogénéité dans la physionomie et la structure de la végétation. La station doit être homogène vis-à-vis des contrastes de milieu, tels que l'exposition, la lumière, la microtopographie, l'humidité du sol..., et les observations très fines à ce niveau. A l'intérieur de la surface choisie du relevé, il ne doit pas y avoir de variations significatives de composition floristique ni de milieu.

Cette première étape du choix de l'emplacement du relevé permet d'avoir une première idée des conditions écologiques stationnelles, en utilisant les connaissances acquises antérieurement et d'élaborer ainsi un diagnostic synécologique. (**DELPECH &GEHU., 1988**).

3.1. Aire minimale

Dans la pratique, la valeur de l'aire minimale empirique est sensiblement constante pour les divers relevés d'un groupement déterminé, mais varie beaucoup d'un groupement à l'autre (**WESTHOFF & VAN DER MAAREL, 1978 ; OZENDA, 1982**). L'ordre de grandeur de l'aire minimale est fonction du type de formation ou communauté végétale et augmente corrélativement avec l'espace vital des végétaux constitutifs (**GILLET., 2000**).

En région méditerranéenne, cette aire minimale est de l'ordre de 100 à 400 m² pour les groupements forestiers, de 50 à 100 m² pour les formations de matorral (**BENABID., 1984**).

Selon (**GOENFLOT & DE FOUCAULT, 2005 ; DELPECH, 2006**) les repères sont comme suivis :

- ❖ Quelques cm² pour les végétations annuelles de dalles rocheuses, des fissures de rochers ;
- ❖ 10 cm² pour les végétations flottantes de lentilles d'eau ;
- ❖ 10 à 25 m² les prairies, les pelouses maigres ou de montagne, les végétations aquatiques, roselières, mégaphorbiaies ;
- ❖ 25 à 100 m² pour les communautés de mauvaises herbes, les végétations rudérales, celles des éboulis, des coupes forestières ;
- ❖ 100 à 200 m² pour les landes ;
- ❖ 300 à 800 m² pour les forêts.

Il est vrai que pour l'individu d'association forestière, l'aire minimale varie pour les différentes strates (plus réduite pour la strate herbacée que pour la strate arborescente¹⁶), mais il suffit de vérifier au cours de l'échantillonnage statistique de l'individu d'association que la surface retenue est située entre l'aire minimale et l'aire maximale pour le tapis herbacé (**RAMEAU., 1985**).

De cela et pour la phytosociologie forestière il est préconisé d'adopter une aire minimale de 400 m en zone forestière, c'est ce que nous avons retenu pour notre échantillonnage avec une aire minimale de (20 m X 20 m).

3.2. Relevés floristiques

Pour étudier les formations végétales de la forêt Senalba Gharbi, nous avons identifié une surface de forme carrée avec des surfaces homogènes de fleurs, où nous avons réalisé 37 relevés floristiques, d'une superficie de 400 m² chacun, à travers lesquels nous avons observé les formations présentes dans la forêt.

Tableau n° 18 : Planning de réalisation des relevés floristiques

Date e la réalisation des relevés	Nombre des relevés
28/03/2022	07
16/05/2022	08
20/05/2022	09
24/05/2022	08
10/06/2022	05
Total	37

4. Matériels utilisé

Chaque étude a besoin de matériaux à utiliser afin d'atteindre les objectifs de la recherche, et pour cela nous avons utilisé le matériel suivant :

- G.P.S. (Global Positioning system) : pour prendre les coordonnées latitudinales, longitudinales, ainsi que l'altitude de la zone d'étude. (Figure n°23)
- 04 péquets en fer comme colonnes de blocs pour la fixation d'un carré du relevé. (Figure n°25)
- Corde pour la mise en place des placettes. (Figure n°25)
- Des sachets en papier, pour prendre les échantillons non identifiés. (Figure n°24)
- Des fiches techniques et Crayon ou stylo pour l'enregistrement des informations de chaque point lecture.
- Appareil photo numérique pour capture des déférentes photos dans la zone d'étude.
- Ciseaux à herbes et marteau.
- Un ruban mètre de 30 m.



Figure n° 23 : G.P.S utilisé pour notre travail-Gpsmap62Garmin- (Photo original).



Figure n° 24 : Des sachets en papier, pour prendre les échantillons non identifiés. (Photo original)



Figure n° 25 : Piquets et corde et marteaux utilisés. (Photo original).

Avant de procéder à l'identification des espèces ; nous avons préparé un herbier ; où nous avons préalablement pressé chaque espèce sous papier pour faciliter leur rétention.

5. Etude floristique et caractérisation de végétation de la forêt Sénalba Gharbi

5.1. Composition floristique

La composition floristiques est Inventaire de toutes les espèces végétales présentes rencontrées dans la zone d'étude (Senalba Gharbi) sans rendre compte de leur abondance ni du niveau de participation à la structure. Elle concerne la richesse floristique quantitative et fait référence au nombre total de taxons recensés. La liste pourra être dressée par adjonction de la composition floristique de nos relevés réalisés sur terrain.

Après l'inventaire, nous avons caractérisé ces taxons en déterminant leurs types biologiques.

5.2. Richesse floristique

D'après **DAHMANI** en 1996, l'analyse de la richesse floristique des différents groupements, de leurs caractères biologiques et chronologiques permettrait de mettre en évidence leur originalité floristique, leur patrimoniale. Après les calculs de notre cas, nous déterminerons à partir de l'échelle de **DAGET** et **POISSONET (1991)** :

- + Raréfiée : <de 5 espèces ;
- + Très pauvre : de 6 à 10 espèces ;
- + Pauvre : de 11 à 20 espèces ;
- + Moyenne : de 21 à 30 espèces ;
- + Assez riche : de 31 à 40 espèces ;
- + Riche : de 41 à 60 espèces ;
- + Très riches : plus a 75 espèces.

5.3. Type biologique

Chaque espèce a été affectée de son type biologique selon la classification de **Raunkiaer (1943)**.

Cette classification est basée sur la position des bourgeons de rénovation du végétal par rapport au sol. Elle distingue 05 types biologiques :

- + **Phanérophytes (Ph)** : arbres, arbustes et végétaux ligneux dont les bourgeons sont à plus de 50 cm du sol ; (1)
- + **Chaméphytes (Ch)** : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons sont à moins de 25 cm du sol ; (2) (3)
- + **Hémicryptophytes (He)** : végétaux herbacés dont les bourgeons sont à la surface du sol ; (4)
- + **Géophytes (Ge) ou cryptophytes** : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons se situent dans le sol, à l'apex des organes souterrains de réserve ; (5) (6)
- + **Thérophytes (Th)** : végétaux herbacés annuels qui passent la mauvaise saison sous forme de graines et qui réalisent leur cycle entier en une année au maximum. (7) (8) (9)

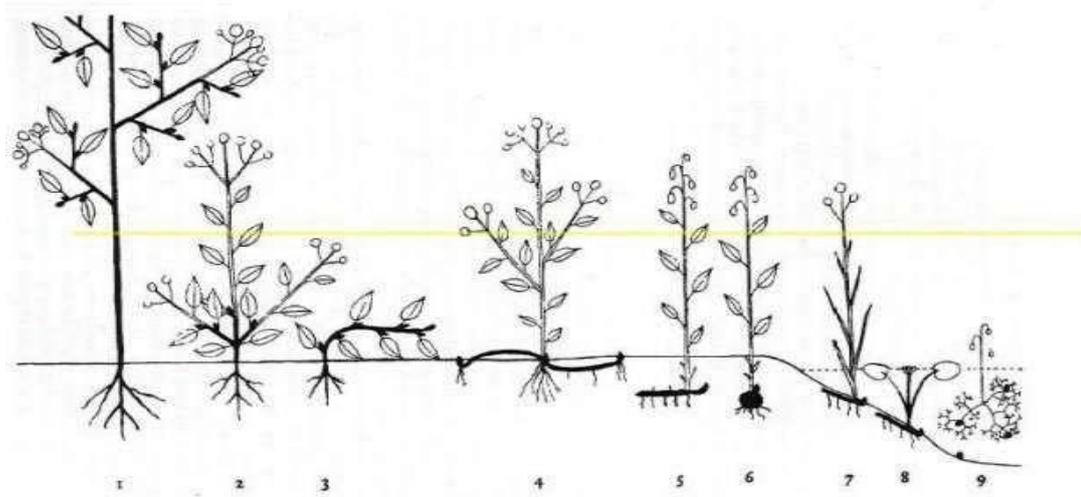


Figure n° 26 : Représentation schématique des différents types biologiques décrits par Raunkiaer (1934) (LAURE.,2000).

5.4. Coefficient d'abondance-dominance

Pour notre étude, l'utilisation du coefficient d'abondance-dominance permet d'évaluer, de gérer de faire ressortir les formations végétales forestières (ou unités physiologiques) de la zone étudiée c'est-à-dire les identifier à les cartographier.

Selon (VAN DER., 1979 ; RIVAS., 1987 ; GILLET *et al.*, 1991 ; GILLET., 2000 ;

DELPECH., 2006)

i : Individu unique.

r : individus très rares et leur recouvrement est négligeable.

+ : individus rares et recouvrement très faible.

1 : individus peu ou assez abondants, mais de recouvrement inférieur à 5% de la surface.

2 : individus abondants ou très abondants, recouvrant 5 à 25% de la surface.

3 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 25 à 50% de la surface.

4 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 50 à 75% de la surface.

5 : nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 75% de la surface.

Soulignons, que l'étude de la composition floristique reste purement qualitative tant qu'on utilise que le critère présence/absence, elle devient semi-quantitative dès qu'on travaille en abondance-dominance ou en % de recouvrement (De Foucault, 1980 ; Gillet et al., 1991).

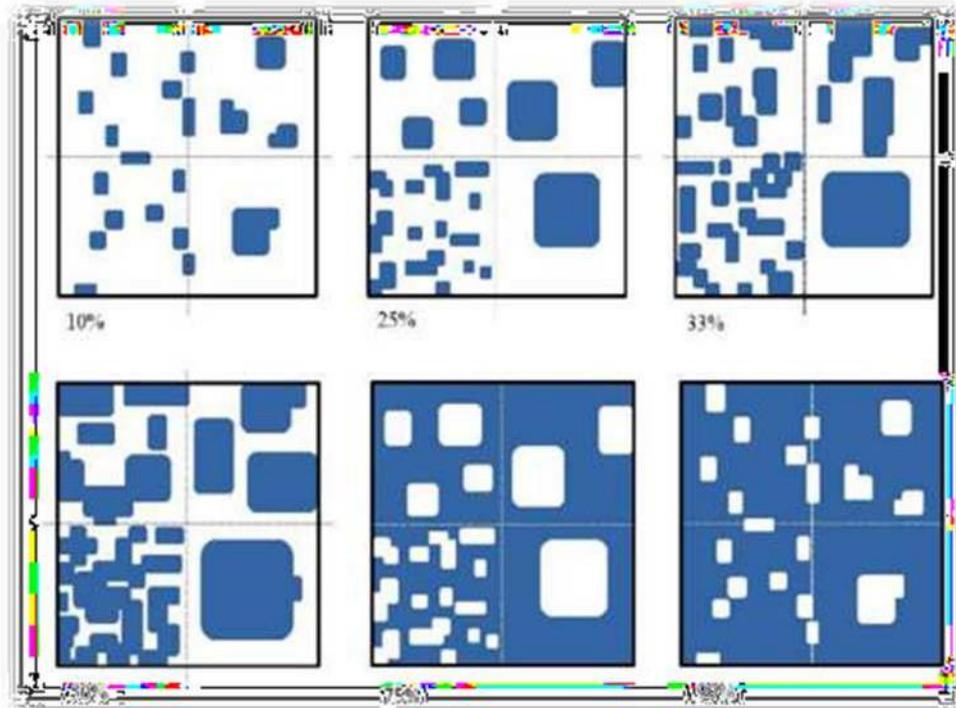


Figure n° 27 : Représentation schématique du recouvrement de la végétation
(D'après RODWELL 2006)

6. Cartographie de la végétation

La cartographie des formations forestières en espace naturel s'est beaucoup développée depuis le début des années 2000 pour devenir aujourd'hui un outil quasi incontournable pour la planification de la gestion d'un espace naturel. Cartographie est toujours couplée à un inventaire préalable au niveau des groupements végétaux. (C.B.N.C.in Laurent,2017)

La connaissance des végétations, et plus particulièrement la cartographie des végétations, intéressent de plus en plus les acteurs des territoires. Les cartes de végétation (ou de "milieux naturels" ou encore "habitats naturels") apparaissent en effet comme un outil indispensable dans les programmes d'aménagement du territoire, la gestion d'espaces protégés, la création d'aires protégées et le suivi des milieux naturels. (C.B.N.B.,2017)

6.1. Objectif de la cartographie de la végétation

L'objectif de cartographier la végétation est d'obtenir un inventaire précis et complet de la répartition des assemblages végétations situées dans la zone d'étude. Mieux les connaître et les gérer (répartition des types végétation, problèmes de conservation, dégradation possible...). En dessinant une carte de végétation à partir de nos données d'inventaire sur lesquelles nous avons travaillé dans les sorties de terrain.

Ce type de carte peut également être dupliqué, si elle suit une méthode précise et coordonnée au fil du temps, et permettent ainsi de mettre en évidence le développement de la végétation par comparaison simultanée des cartes.

Après plusieurs sorties sur le terrain en période de trois mois de printemps, les formations végétales ont été inventoriées à partir des 37 relevés, à travers lesquelles il est possible de créer une carte de végétation de la zone étudiée Séalba Gharbi.

6.2. Acquisition des images satellites

L'image satellitaire est un document contenant diverses informations relatives à des objets tels que le sol et la végétation, dans ce sens le traitement effectué est telle que l'information propre à l'occupation des sols et à la végétation puisse être mise en évidence.

D'après **TRAN** et al., (2009), la date d'acquisition de l'image est très importante dans la cartographie de la végétation à partir de données satellites. Pour cela, nous avons choisi une image du mois d'avril (saison printanière) car cette dernière fait ressortir une forte différence du spectre de réflectance du couvert végétale du fait que la végétation est en phase active durant cette saison.

Pour notre étude nous avons préféré acquérir des images LANDSAT 8, qui sont fournies gratuitement par l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS).

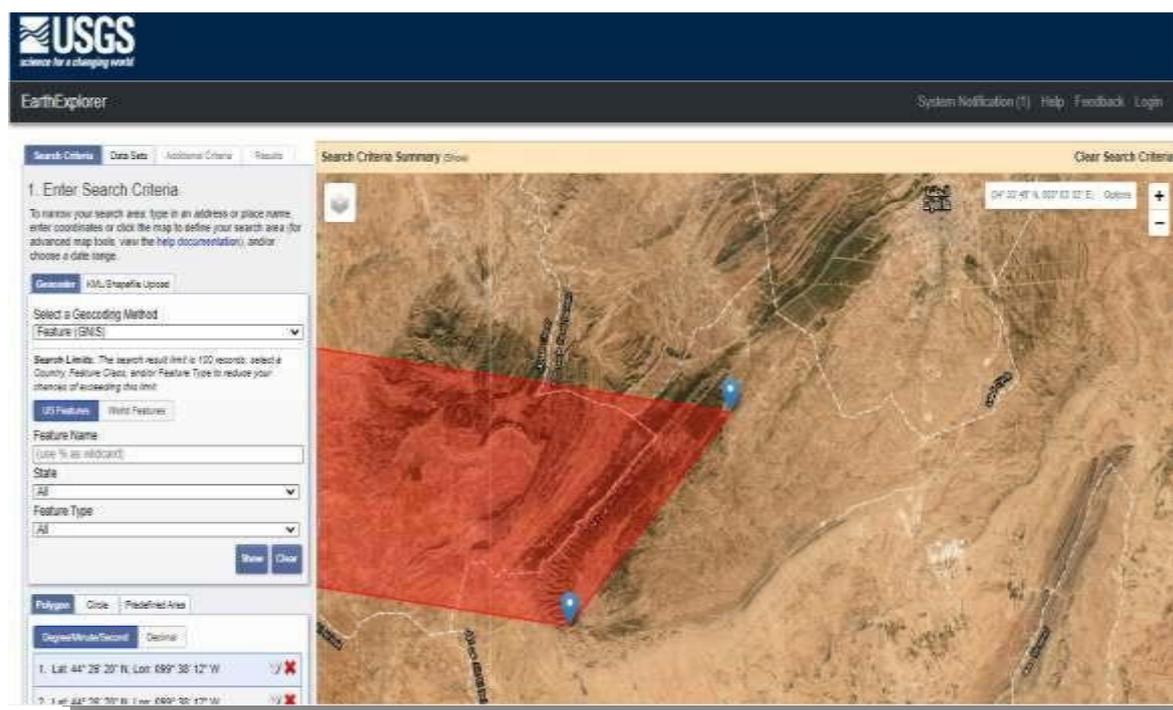


Figure n° 28 : Interface de téléchargement des images LANDSAT 8. (Capture original).

6.2.1. LANDSAT 8

Selon (TRI DEV.,2015), La mission de continuité de LANDSAT Data lancement le 11 février 2013. Il a été officiellement renommé en LANDSAT 8 le 30 mai 2013. Le plus récent satellite de la série LANDSAT offre aux scientifiques une vision plus claire avec une meilleure résolution spatiale supérieure à celle de la plupart des instruments de détection océanique et plus grande sensibilité à la luminosité et à la couleur que les précédentes LANDSAT. Plus important encore, il peut observer la Terre en longueurs d'onde qui permet aux scientifiques de s'adapter à la distorsion notamment causée par l'atmosphère à proximité de la côte. (<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/>).

LANDSAT 8 transporte deux instruments : Operational Land Imager (OLI) et Thermal Infra-RedSensor (TIRS).

Le OLI, un capteur à balai-poussoir avec un télescope à quatre miroirs, collecte des données dans le visible, le proche infrarouge et les ondes courtes régions de longueurs d'onde infrarouges ainsi qu'un panchromatique bande.

Le TIRS collecte des données dans deux bandes infrarouges thermiques à longue longueur d'onde. Les 100m la résolution spatiale du capteur des données TIR est enregistrée dans les données OLI pour créer radiométriquement et géométriquement produits de données de niveau 1 16 bits calibrés et corrigés du terrain.

Tableau n° 19 : Caractéristiques du satellite Landsat 8.

	Bande	Longueur d'onde	Résolution
LANDSAT 8 (OLI) ET CAPTEUR INFRAROUGE THERMIQUE (TIRS)	Bande 1 -Côtier / Aérosol	0,43 - 0,45	30
	Bande 2 -Blue	0,45 - 0,51	30
	Bande 3 -Vert	0,53 - 0,59	30
	Bande 4 -Rouge	0,64 - 0,67	30
	Bande 5 - Proche infrarouge (NIR)	0,85 - 0,88	30
	Band 6 -Thermal	1,57 - 1,65	30
	Band 7 -Infrarouge ondescourtes (SWIR) 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 -Panchromatique Band	0,50 - 0,68	15
	Bande 9 -Cirrus	1,36 - 1,38	30
	Bande 10 -Infrarouge thermique (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100*
	Bande 11 -Infrarouge thermique (TIRS) 2	11,50 - 12,51	100*

6.3. Approches cartographiques à base d'images

Afin d'extraire les formations et les types végétales présentes dans notre zone d'étude en dessinant la carte de végétation de cette zone, objet de ce travail, l'approche cartographique adopté s'appuie sur des images satellites LANDSAT 8 basées sur les informations que nous avons observées de les sorties sur le terrain.

6.4. Matériels et méthodes

Pour la réalisation la carte de végétation de notre zone d'étude,nous avons utilisés :

- Un GPS
- Une image satellitaire récente celle de LANDSAT 8 OLI/TIRS C1 Level 1,
- Le logiciel ENVI 4.5 (the Environnement for Visualising Images)
- Le logiciel ArcGIS 10.8 ; pour les application SIG et Création des cartographies.

Sur la base des relevés phytosociologiques réalisées en printemps 2022 au niveau de la forêt de Sénalba Gharbi, à partir desquelles nous pouvons analyser les images spectrales de cette dernière, nous pouvons résumer cette analyse dans les étapes suivantes :

- L'interprétation visuelle ;
- Classification supervisé ou bien dirigée ;
- Création des cartes de végétation de la zone d'étude.

6.5. Traitement des données de télédétection

De nos jours, (**HABIB.,2012**) les données de télédétection étant sous format numérique, où chaque pixel correspond à un enregistrement de n valeurs : sa signature spectrale. Le problème de la télédétection est de permettre le passage de l'information radiométrique à une information opérationnelle, c'est -à-dire explicitée par rapport aux phénomènes réels auxquels on s'intéresse localisée par rapport aux terrain. Les traitements en télédétection ont pour but de résoudre ce problème et pour fonction de réaliser ce passage.

Le traitement des données de télédétection nécessite l'utilisation d'un système informatique ainsi que l'équipement et les logiciels pour traiter les données.

Le prétraitement d'image (**DERDJINI.,2017**) est une étape importante dans la télédétection, il vise à obtenir des bonnes valeurs de l'énergie réfléchie ou émise sur un point quelconque de la surface terrestre. Les traitements les plus fréquents sont :

- ✓ Correction géométrique
- ✓ Résolution spatiale
- ✓ Correction radiométrique.

Les corrections radiométriques et atmosphériques, aussi appelés étalonnage d'image, visent à obtenir un paramètre physique indépendant des conditions d'éclairage et même des conditions atmosphériques, ce qui nous permet d'utiliser des images de différentes époques pour détecter les changements.

- **Correction géométrique** : Les fenêtres comportent des distorsions géométriques dues à l'instrument d'enregistrement des données et à la courbure de l'écran sur lequel les images ont été photographié. Les images vont être, par conséquent, rectifiées par extrapolation afin d'avoir l'image superposable à la carte topographique considérée comme référentiel (**BARIOU., 1978**)

- **Résolution spatiale** : Généralement, nous pouvons dire que la résolution spatiale nous indique la distance minimale entre deux objets voisins (ayant un bon contraste), qui sont vus par le capteur comme des objets distincts. Cette distance minimale sera donc fonction du type de capteur utilisé ainsi que de la distance qui le sépare des objets. La taille du pixel au sol est une caractéristique importante puisque c'est elle qui déterminera les éléments pouvant être distingués sur une image. Par exemple, une route d'un quartier peut être visible comme un élément distinct du terrain avec une résolution spatiale de 10m x 10m, mais indissociable de son environnement à partir de 30m x 30m. (HABIB.,2012)

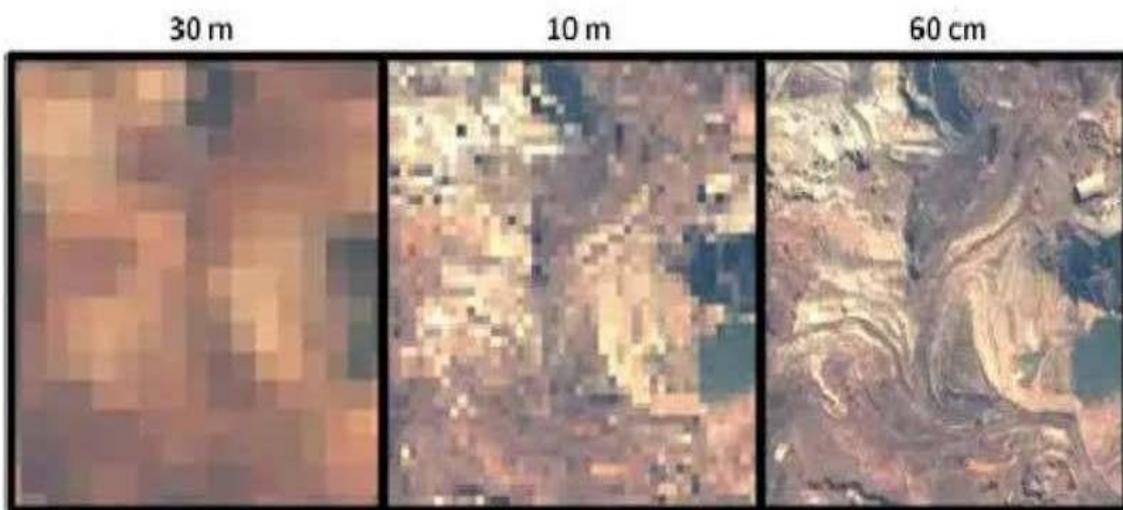


Figure n° 29 : Résolution spatiale des images du Quickbird (Document Digital Globe 2008).

- **Correction radiométrique** : Un certain nombre de "bruits radiométriques" peut être présent sur l'image en raison soit de déficiences des capteurs, soit de problèmes de transmission des données, soit enfin d'interprétation (codage/décodage). En général ces corrections radiométriques, c'est-à-dire les changements de la valeur radiométrique de points aberrants, sont réalisées directement à la réception de l'image par réaffectation de codes correspondants aux pixels voisins ou aux points défectueux. (DERDJINI.,2017)

6.6. Traitement de l'image satellite et réalisation des cartes de végétation

CALOZ (1991) Définit la classification de l'image « comme étant l'opération qui regroupe au mieux de leur ressemblance spectrale, les divers objets au sol ». La classification se base principalement sur l'emploi des différentes méthodes statistiques ; on distingue deux types de classification :

- La classification non supervisée ou non dirigée.
- La classification supervisée ou dirigée.

La réalisation des cartes des principales formations végétales est obtenue par la méthode de la classification supervisée à l'aide du maximum de vrai semblance.

6.7. Classification supervisée

Selon (**RAHMOUNE A,2018**), Dans le cas de la classification dirigée, l'analyste repère dans l'image des échantillons assez homogènes et représentatifs de différents types de surfaces d'intérêt, les « classes d'information ». Ces échantillons s'appellent « zones d'entraînement. » Le choix de zones d'entraînement appropriées est lié aux connaissances de l'analyste et à sa familiarité avec les zones géographiques étudiées ainsi qu'aux types de couvertures terrestres illustrées dans l'image. Ainsi, l'analyste « dirige » la catégorisation d'un ensemble de classes données. L'information numérique contenue dans chacune des bandes spectrales concernant les pixels qui composent ces zones d'entraînement sert à préparer l'ordinateur à reconnaître le spectre de zones semblables pour chacune des classes. Algorithmes programmés dans l'ordinateur permettent de déterminer la « signature » numérique de chacune des classes

D'entraînement. Il existe plusieurs combinaisons possibles d'algorithmes. Lorsque l'ordinateur a établi la signature spectrale de chacune des classes, chaque pixel de l'image est comparé à ces signatures et classé dans la classe à laquelle il s'apparente le plus numériquement. Par conséquent, dans le cas d'une classification dirigée, on procède tout d'abord à l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour établir les classes spectrales correspondantes.

Le logiciel ENVI 4.5 permet de définir les zones test par la fonction « Region of interest ROI ».

Après définition de l'ensemble des zones test, la classification supervisée peut être lancée en appliquant la méthode citée précédemment. On peut résumer les étapes comme suit :

- Importation de l'image LANDSAT de la zone d'étude ;
- Création des ROIS ;
- Vérification de la séparation des ROIS ;
- Démarrage de la classification vrais semblance ;
- Traitement après classification : élimination des pixels isolés et homogénéiser les classes
- Validation de la classification par la matrice de confusion
- Exportation d'image vers Arcmap.

6.7.1. Typologie de la végétation

Grâce à des relevés floristiques effectués en plusieurs points de notre zone d'étude, nous pouvons concevoir la typologie de la végétation de toutes les formations végétales dominantes de cette forêt.

6.7.2. Choix des canaux

La combinaison des bandes RGB et du proche infrarouge est recommandé pour l'étude de la végétation et reflète mieux la réalité de terrain (**BEGHAMI.,2011**).

CHAPITRE 04
RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans ce chapitre, nous allons illustrer et discuter les résultats obtenus à partir de l'analyse des 37 relevés floristiques effectués sur terrain au niveau la forêt Sénalba Gharbi., afin de caractériser la végétation qui va faire l'objet d'une cartographie à l'aide des images satellitaires LANDSAT, on se basant sur sa composition floristique.

Cette étude comprend les paramètres suivants : famille, type biologique, ainsi que l'abondance-dominance qui est déterminée pour l'ensemble des espèces inscrites afin qu'on puisse faire ressortir les différentes formations végétales qui composent le paysage de la forêt sujet de ce travail.

1. Analyse floristique de la végétation de la forêt Sénalba Gharbi

1.1. Composition floristique

A partir des relevés floristiques réalisés dans le printemps 2022, nous avons recensé **110** espèces réparties sur **25** familles, illustrées dans tableau ci-dessous comme suit :

Tableau n° 20 : Familles des espèces recensées durant la saison du printemps.

	Famille	Nombre d'espèce	Pourcentage %
1	ALSINOIDEAE	2	1,82
2	ANACARDIACEAE	1	0,91
3	ASTERACEAE	29	26,36
4	APIACEAE	2	1,82
5	BORAGINACEAE	2	1,82
6	BRASSICACEAE	11	10,00
7	CARYOPHYLLACEAE	2	1,82
8	CISTACEAE	7	6,36
9	CUPRESSACEAE	2	1,82
10	CHENOPODIACEAE	1	0,91
11	DIPSACEAE	1	0,91
12	EUPHORBIACEAE	2	1,82
13	FAGACEAE	1	0,91
14	FABACEAE	14	12,73
15	GERANIACEAE	1	0,91
16	LILIANACEAE	2	1,82
17	POACEAE	10	9,09

18	PRIMULACEAE	2	1,82
19	PARONYCHIOIDEAE	4	3,64
20	PLANTAGINACEAE	3	2,73
21	PINACEAE	1	0,91
22	LAMIACEAE	6	5,45
23	OLEACEAE	1	0,91
24	RESEDACEAE	2	1,82
25	VALERIANACEAE	1	0,91
TOTAL		110	100

En analysant le tableau ci-dessus, nous avons déduit les proportions de la répartition des familles par différentes espèces trouvées dans la forêt de Sénalba Gharbi. (Figure n°30)

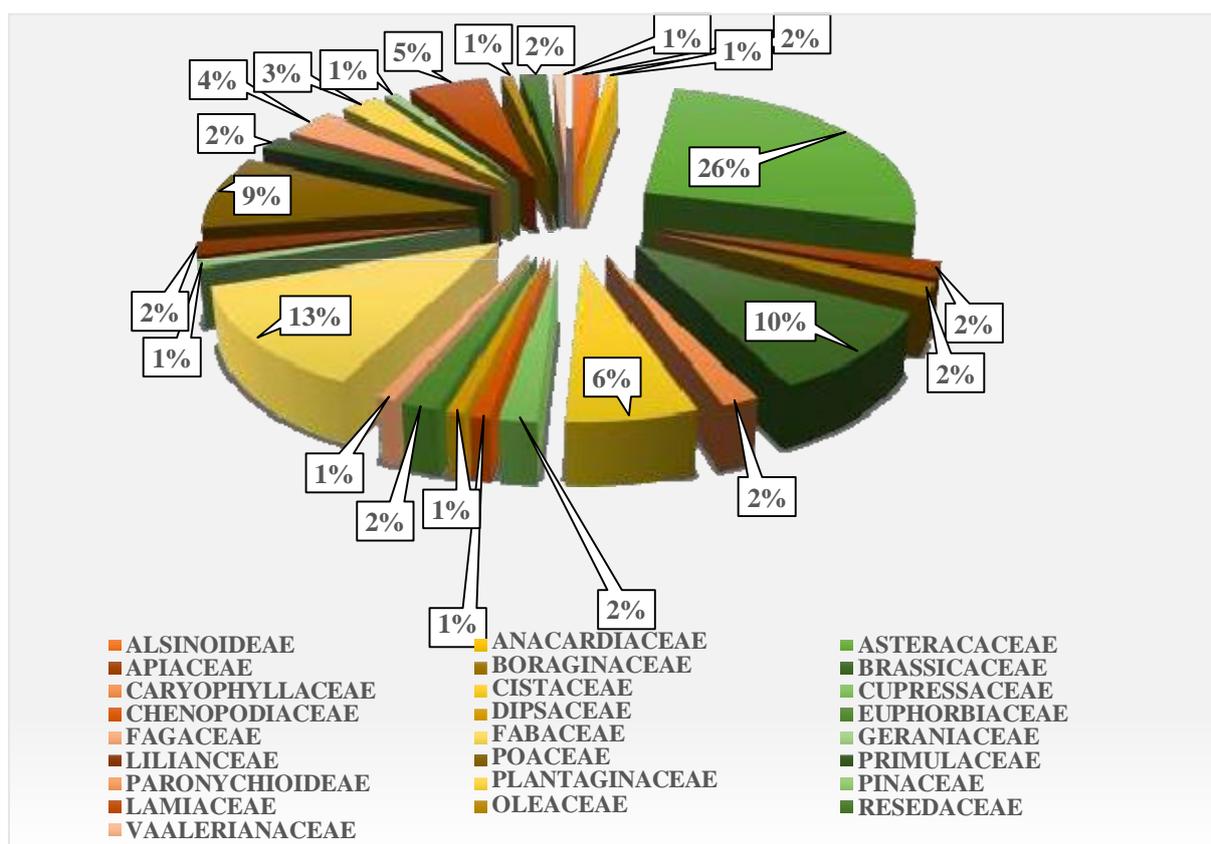


Figure n° 30 : Proportions de répartition des familles par différentes espèces trouvées dans la forêt de Sénalba Gharbi.

Selon l'analyse du tableau n°20 et de la figure n°30, parmi **25** familles nous constatons que :

- ⇒ La famille de *Asteraceae* domine avec un taux de 26% suivie par la *Fabaceae* avec 13%, les *Brassicaceae* avec 11%, les *Poaceae* avec 9%, les *Cistaceae* avec 6%, la *Lamiaceae* avec 5%, la *Paronychioideae* avec 4% et la *Plantaginaceae* avec un taux 3%.
- ⇒ Les familles *Alsinoideae*, *Apiaceae*, *Boraginaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cupressaceae*, *Euphorbiaceae*, *Liliaceae*, *Primulaceae*, *Resedaceae* successivement avec un taux 2%.
- ⇒ Enfin, un taux de 1% pour les familles suivantes : *Anacardiaceae*, *Chenopodiaceae*, *Dipsaceae*, *Fagaceae*, *Geraniaceae*, *Pinaceae*, *Oleaceae*, *Valerianaceae*.

➤ Discussion :

Les familles les plus importantes par leur nombre d'espèces sont : Les *Astéracées*, *Fabacées*, *Poacées*, *Lamiacées*, *Brassicacées*, *Cistaceae*, *Paronychioid* et *Plantaginacées*.

D'après (**GOOD., 1974**), les *Astéraceae*, les *Poaceae* et les *Fabaceae* ont une répartition presque cosmopolite ou sub-cosmopolite alors que l'importance des autres familles serait en fonction des conditions climatiques dont on peut ajouter l'effet de microclimat généré par les touffes de plantations. Ces familles sont des espèces relativement exigeantes vis à vis de la stabilité et fertilité du sol. (**AIDOUD., 1997 in MISSAOUI, 2013**)

La famille des *Asteraceae* a un plus grand pouvoir d'adaptation aux changements des conditions écologiques et aux pressions anthropiques dans ces milieux dégradés (**NEDJRAOUI et al, 2016**)

1.2. Richesse floristique

D'après l'échelle de **DAGET et POISSONET (1991)**, notre zone d'étude est très riche des espèces avec 110 espèces (plus de 75 espèces).

1.3. Type biologique

Les types biogéographiques des espèces ont été déterminés sur base des travaux de QUÉZEL & SANTA (1962), PIGNATTI (1982) et DOBIGNARD & CHÂTELAIN (2010-2013). Nous avons utilisé la classification de RAUNKIAER (1934).

La répartition des types biologiques de l'ensemble de la flore de notre région d'étude est caractérisée par le schéma qui suit :

TH > HE > CH > PH > GÉO

Nous enregistrons une dominance des Thérophytes qui constituent la moitié de l'ensemble floristique, avec un total de 65 espèces, soit 60 %. En deuxième rang, viennent les Hémicryptophytes qui sont représentées par 21 taxons soit 19%. Les Chaméphytes occupent la troisième position avec 12 espèces, ce qui représente 11 %, les Phanérophyte qui sont représentées par 7 espèces soit 6% et les Géophyte avec 4 espèces donc 4%. La Figure n°31 qui représente ce résultat.

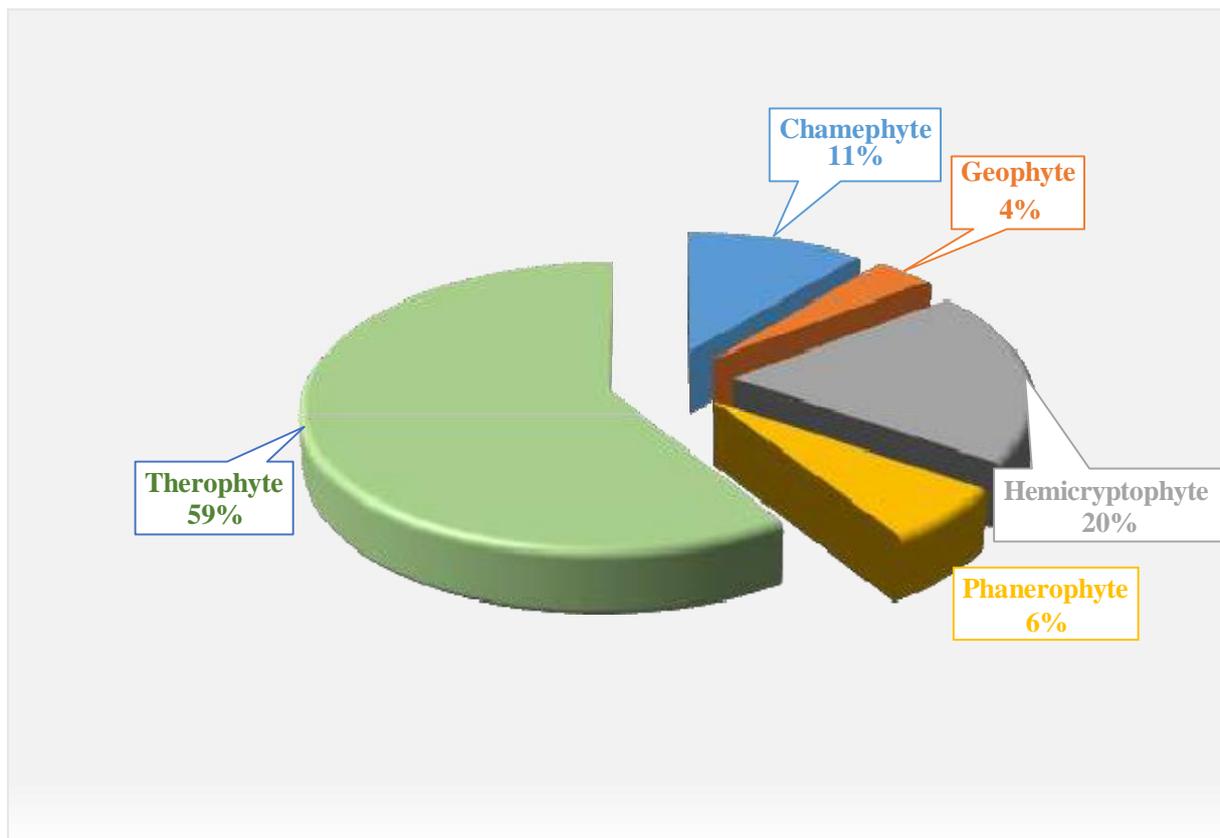


Figure n° 31 : Spectre biologique des espèces rencontrées de la forêt Séalba Gharbi.

➤ Discussion

Les trois types biologiques (Thérophytes, Hémicryptophytes, Chaméphytes) sont largement majoritaires par rapport aux autres types biologiques.

Plusieurs auteurs (**DAGET, 1980, BARBERO *et al.*, 1990, AIDOU, 1984 et BARBERO *et al.*, 2001**) ont mis en exergue la relation qui existe entre le taux élevé de Thérophytes et le gradient croissant d'aridité dans les zones semi-arides méditerranéennes.

Nous assistons à une Thérophytisation à cause de l'aridité du climat d'une part et l'anthropisation d'autre part (**SAUVAGE.,1961**)

Dans notre région d'étude, nous avons observé la dominance des Thérophytes, ce résultat est justifié par la perturbation de ces milieux sous l'influence de l'action anthropozoiqee et aux changements climatiques les dernières années.

1.4. Abondance-dominance des espèces

On se basant sur l'échelle de Braun-Blanquet on a estimé le coefficient d'abondance-dominance pour chaque espèce et cela lors de nos sorties dans la zone d'étude à partir du recouvrement de chaque individu par rapport à la surface du relevé.

Les espèces les plus dominantes porte une note de « 5 » cette catégorie comporte : *Pinus halepensis*, ensuite les espèces avec une note de « 4 » représentées par : *Juniperus phoenicea*, vient ensuite : *Juniperus Oxycedrus*, *Pistacia terebinthus* et *Quercus ilex* avec une note de « 3 ».

Les espèces avec une note de « 2 » cette catégorie comporte : *Aegilops peregrina*, *Alyssum alpestra*, *Alyssum granatense*, *Bromus rubens*, *Calendula aegyptiaca*, *Filago spathulata*, *Helianthemum hirtum*, *Leontodon hispanicus*, *Plantago albicans*, *Paronychia capitata*, *Phillyrea angustifolia*, *Poa bulbosa*, *Sideritis montana*, *Stipa parviflora*, *Stipa tenacissima*, *Thymus algeriensis*, *Xeranthemum inapertum*, *Ziziphora hispanica*.

La note « 1 » de l'échelle est attribuée aux espèces suivantes : *Ammoides verticillata*, *Andryala intergrifolia*, *Arabis auriculata*, *Astragalus*, *Atractylis cancellata*, *Astragalus sinaucus*, *Carlina hispanica*, *Carlina involucrata*, *Catapodium tenellum*, *Cirsium echinatum*, *Ctenopis pectinella*, *Dactylis glomerata*, *Echinaria capitata*, *Erodium triangulare*, *Fumana thymifolia*, *Hedypois cretica*, *Helianthemum cinereum*, *Herniaria hirsuta*, *Launaea glomerata*, *Leontodon hispidulus*, *Leontodon saxatilis*, *Medicago laciniata*, *Medicago*

lupulina, Medicago minima, Minuartia montana, Paronychia argentea, , Plantago lagopus, Plantago psyllium, Polycnemum fontanesi, Reseda alba, Schismus barbatus, Sisymbrium runcinatum, Taraxacum getulum, Telephium impartii, Trigonella monspeliana.

Les espèces qui participent par des faibles recouvrements « + » sont : *Anacyclus cyrtolepidioide, Asparagus acutifolius, Astragalus cinereum, Asterolinum linom-stellat, Bellis annua, Euphorbia helioscopia, Evax argentea, Gagea arvensis, Hippocrepismultisiliquos, Hippocrepis scabra, Leuzea conifera, Onopordon acaule, Pallenis spinosa, Reseda lutea, Salvia verbenaca, Thapsia garganica, Thlaspi perfoliatum.*

En fin on constate que les espèces floristiques printanière de cette strate on les notes avec « r » ce qui montre que leurs taux de recouvrement sont très faibles dans cettedernière.

Alyssum scutigerum, Anacyclus cyrtolepidioide, Androsace maxima, Astragalus caprinus, Astragalus cruciatus, Astragalus echinatus, Astragalus gryphus, Astragalushamosus, Atractylis phaeolepis, Atractylis serratuloides, Brassicadimorpha, Carduncellus reboudianus, Carlina lanta, Cistus libanotis, Centaurea pomeliana, Diplotaxis erucoides, Diplotaxis harra, Daucus carota, Echium pycnanthum, Euphorbia falcata, Helianthemum apertum, Helianthemum helianthemoi, Helianthemum virgatum, Jurinea humilis, Lobularia maritima, Melilotus sulcatus, Minuartiacampestris, Scabiosastellata, Scorozonera laciniata, Sonchus oleraceus, Scorzonera undulata, Sideritis incana, Silene intalica, Sonchus oleraceus, Silene secudiflora, Valerianella coronata.

2. Cartographie de la végétation de la forêt Sénalba Gharbi

Les méthodes utilisées dans cette partie du travail englobent les techniques de la géomatique à savoir : les techniques de la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG), ces derniers nécessitent les logiciels suivants :

- Le logiciel Arc SIG 10.8
- Le logiciel ENVI 4.5

Pour réaliser ce travail, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Téléchargement des images satellitaires LANDSAT 8.
- Choisie la composition colorée la mieux adapter à l'étude de la végétation.
- Extraction de la zone d'étude sous Envi 4.5.
- Traitement de l'image par la classification supervisée.
- Post-traitement des images.

2.1. Téléchargement des images satellitaires.

A partir du site EarthExplorer de l'Institut d'études géologiques des États-Unis, nous avons téléchargé une image satellitaire récente celle de LANDSAT 8 OLI/TIRS C1 Level 1 (Figure n°32).

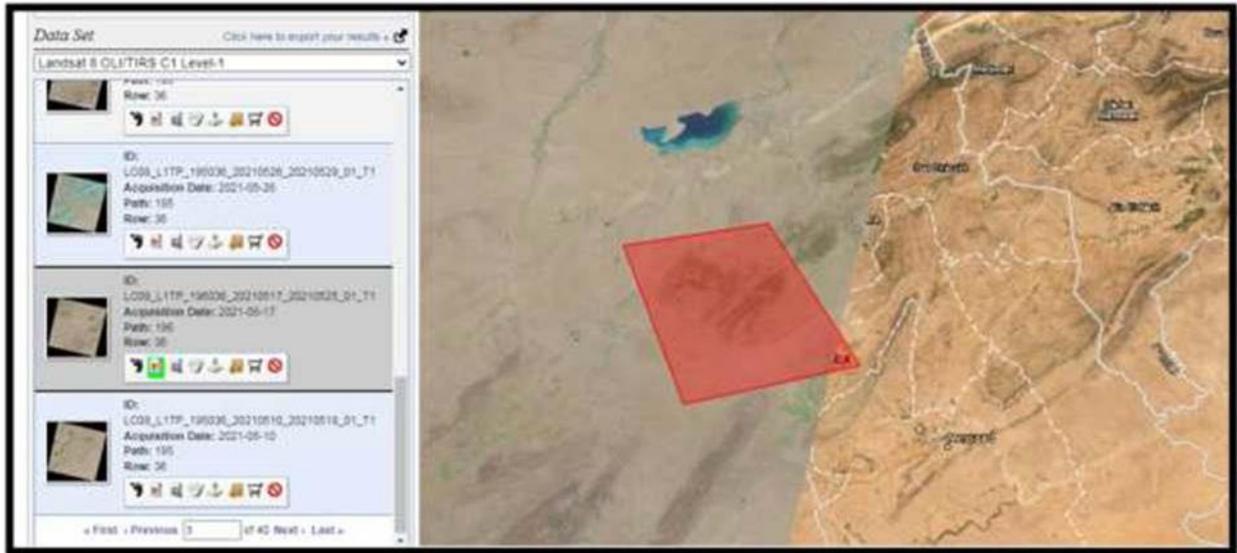


Figure n° 32 : Téléchargement de l'image satellitaire LANDSAT 8 (Capture original).

2.2. Composition colorée choisie

Lors du traitement des images satellitaires, nous avons utilisé la composition colorée infrarouge obtenue à partir d'une combinaison de 03 bandes à savoir : la bande 5, 4 et 3 l'image LANDSAT 8. (Figure n°33)



Figure n° 33 : Composition colorée de l'image satellitaire LANDSAT 8.

2.3. Extraction de la zone d'étude sous Envi 4.5

Après la composition colorée de notre image, nous avons identifié et extrait notre zone d'étude. Le résultat est illustré dans la figure n°34

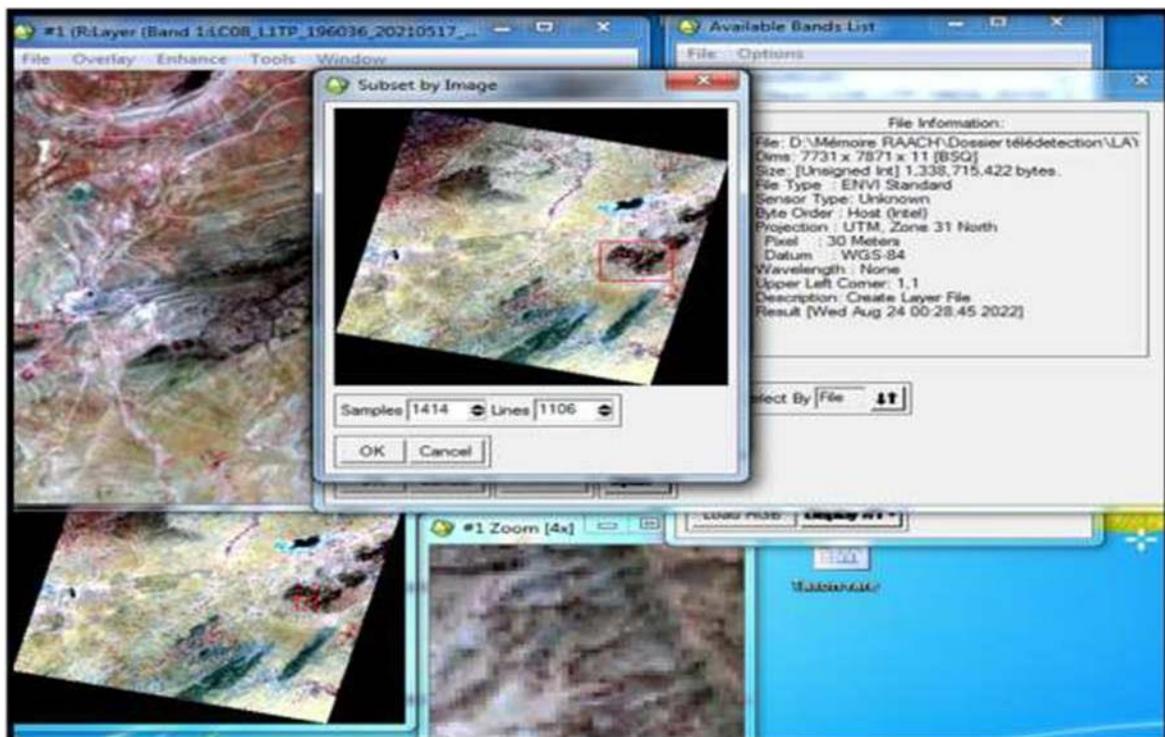


Figure n° 34 : Extraction de la zone d'étude de l'image satellitaire LANDSAT 8.

2.4. La classification supervisée sous ENVI 4.5

Notre image satellite a été traitée par la classification supervisée ou nous avons utilisé ce les données des sorties sur le terrain (relevés floristiques) afin d'identifier des zones d'essai qui comprennent les classes ou les formations forestières et pré-forestiers suivantes :

- ⇒ *Pinus halepensis*
- ⇒ *Pinus halepensis et Juniperus oxycedrus*
- ⇒ *Pinus halepensis et Juniperus phoenicea*
- ⇒ *Juniperus phoenicea et Juniperus oxycedrus*
- ⇒ *Juniperus phoenicea*
- ⇒ Ainsi qu'aux Parcours steppiques

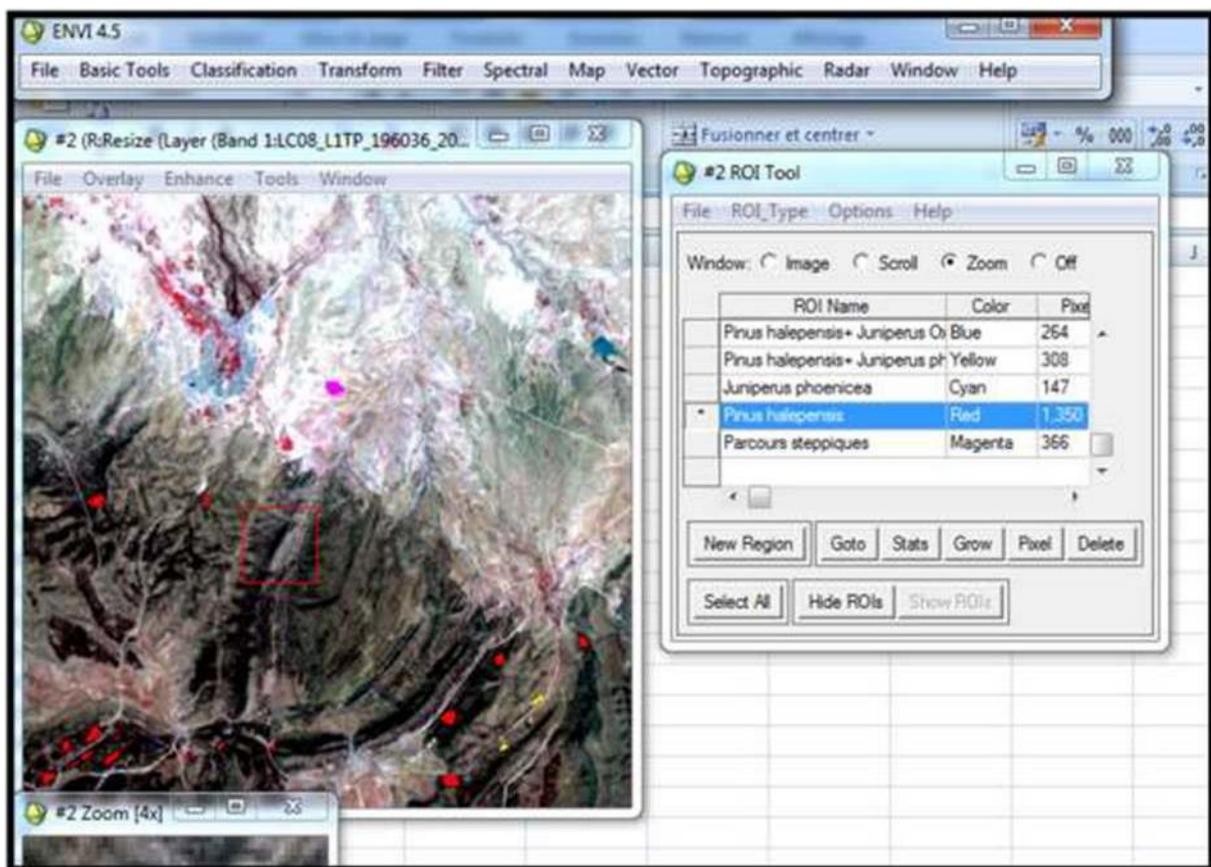


Figure n° 35 : Définition des régions d'intérêt (Region of interest) pour la classification supervisée.

Après la l'intégration des régions d'intérêt (Region of interest) dans l'image satellitaire, nous avons appliqué la classification supervisée par le biais de l'algorithme de vraisemblance, les résultats cette classification est illustré dans le figure n°36.

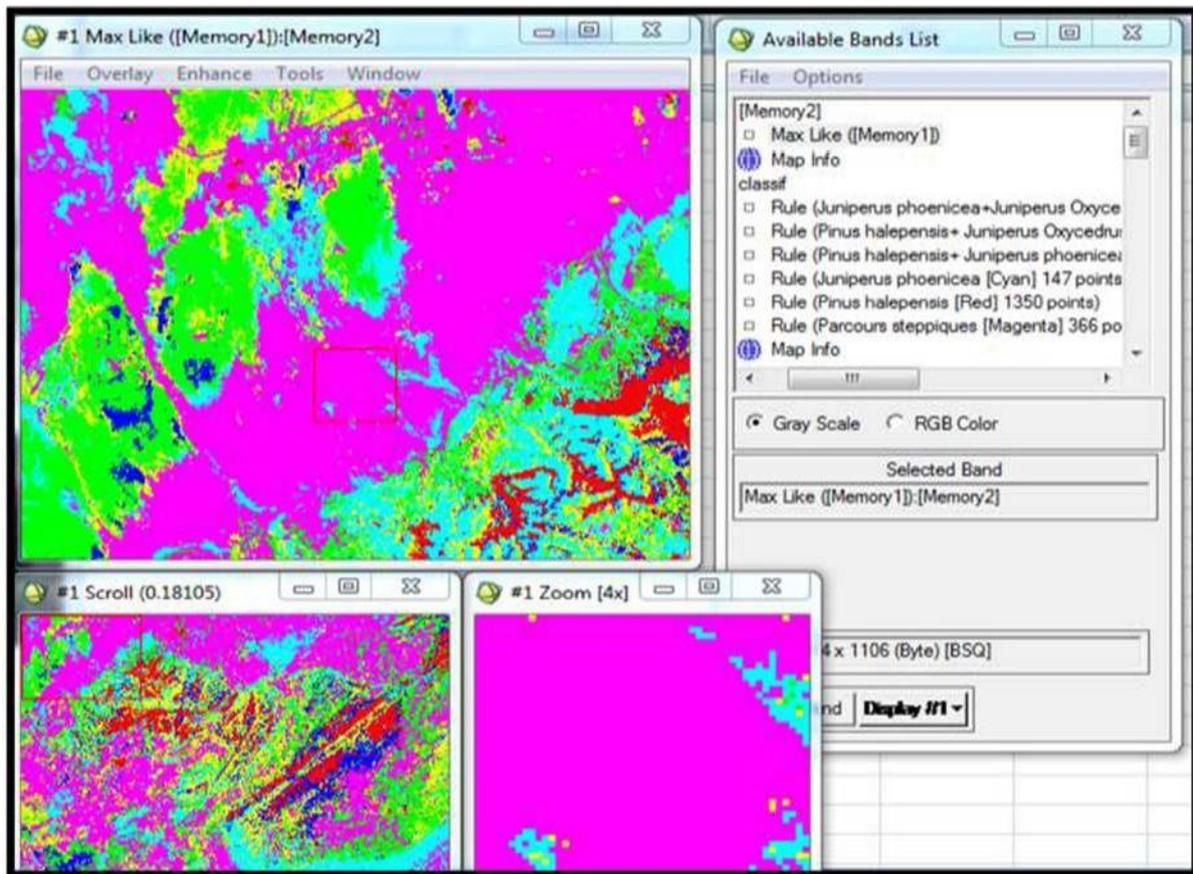


Figure n° 36 : Résultat de la classification supervisée.

2.5. Post-traitement

D'après (RAHMOUNE.,2018), En vue d'améliorer le rendu visuel du résultat de la classification qui est une carte de distribution des principales formations végétales (forestières et préforestières) ayant un aspect plus ou moins marqué par de nombreux pixels isolés sous forme d'îlots de très petite taille plusieurs opérations de post-traitement ont été appliquées sur nos images et cela pour enlever certaines confusions et améliorer la lisibilité et la qualité des résultats et pour faciliter l'analyse des cartes obtenus, parmi ces traitements on cite :

- Le changement de la couleur d'une classe.
- L'analyse majoritaire et minoritaire.
- L'élimination des pixels isolés.

Les résultats du post-traitement de la classification sont illustrés dans la figure n°37

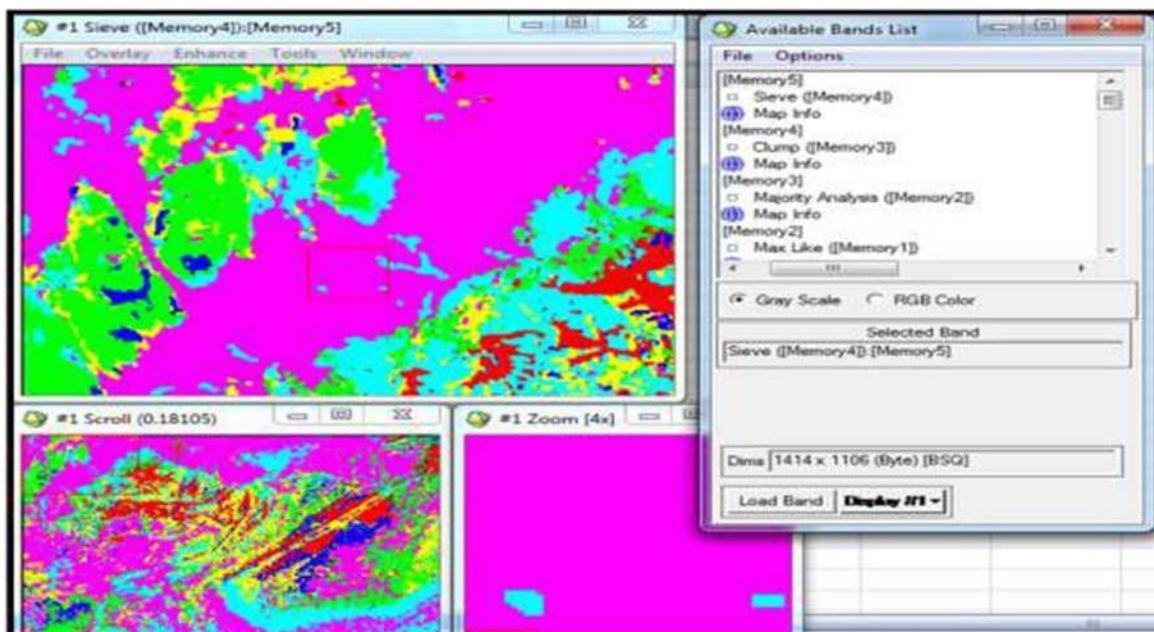


Figure n° 37 : Résultat de la post-classification.

2.6. Exportation du résultat de la classification supervisée vers Arcmap

L'image comportant le résultat de la classification supervisée a été exporté vers le logiciel ArcGIS, afin d'identifier les limites de notre zone d'étude et d'établir la carte finale de végétation de la forêt Sénalba Gharbi en réalisant les étapes de la mise en page et de faire ressortir les différentes superficies des formation forestières et pré-forestières constituant la forêt dite.

Les étapes de la réalisation cartographique se résument comme suit :

- Importer les images classées obtenues sous format raster.
- Découpage de l'image selon l'étendu de la zone d'étude qui est en format Shape file.
- Réalisation d'une symbologie pour les formations forestières et pré-forestières.
- Réalisation d'une mise en page par l'insertion des différents éléments de la carte à savoir :
 - ✚ Le titre de la carte ;
 - ✚ La barre d'échelle ;
 - ✚ La flèche du Nord ;
 - ✚ La légende ;
 - ✚ Les coordonnées géographiques en indiquant le système de référence ;
- Et en dernier, l'exportation de la carte réalisée en format JPEG.

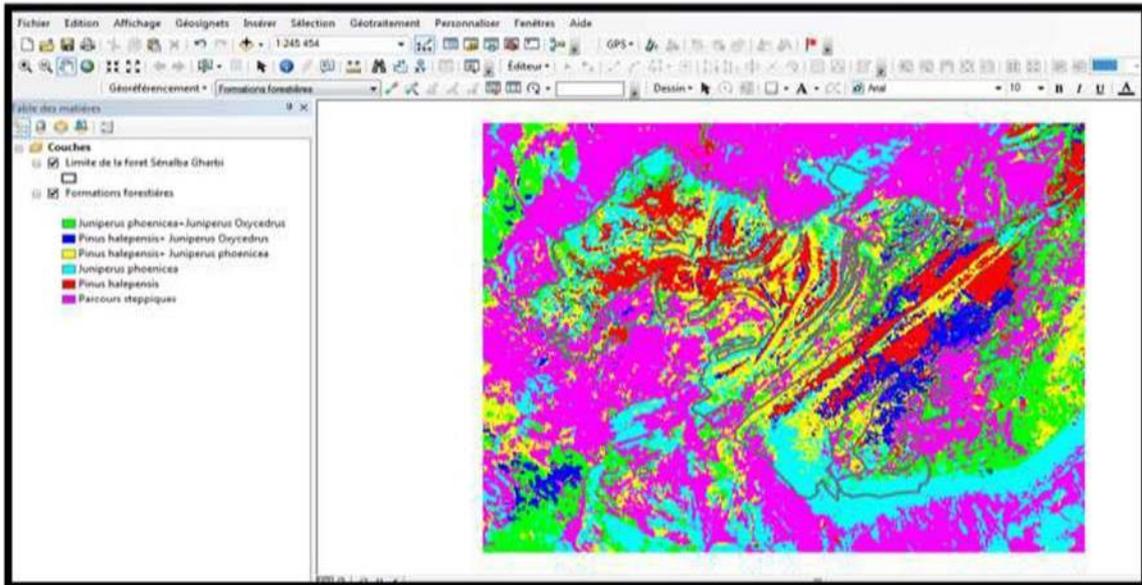


Figure n° 38 :Exportation de l'image vers le logiciel ArcGIS.

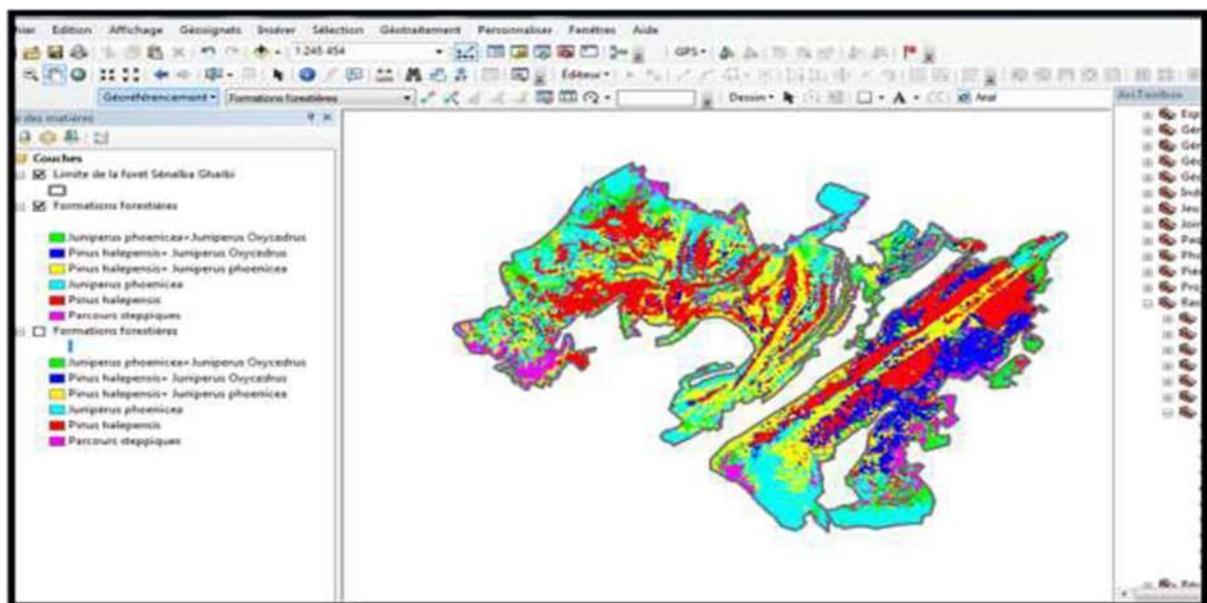


Figure n° 39 : Découpage de l'image sous ARCMAP.

2.7. Résultat final

La figure n°40 est le résultat final qui représente la carte de végétation composée des principales formations forestières et pré-forestières de la forêt Sénalba Gharbi.obtenu à partir desARCGIS manipulations effectuées sur l'image satellitaireLANDSAT8 sous les logiciels ENVI.

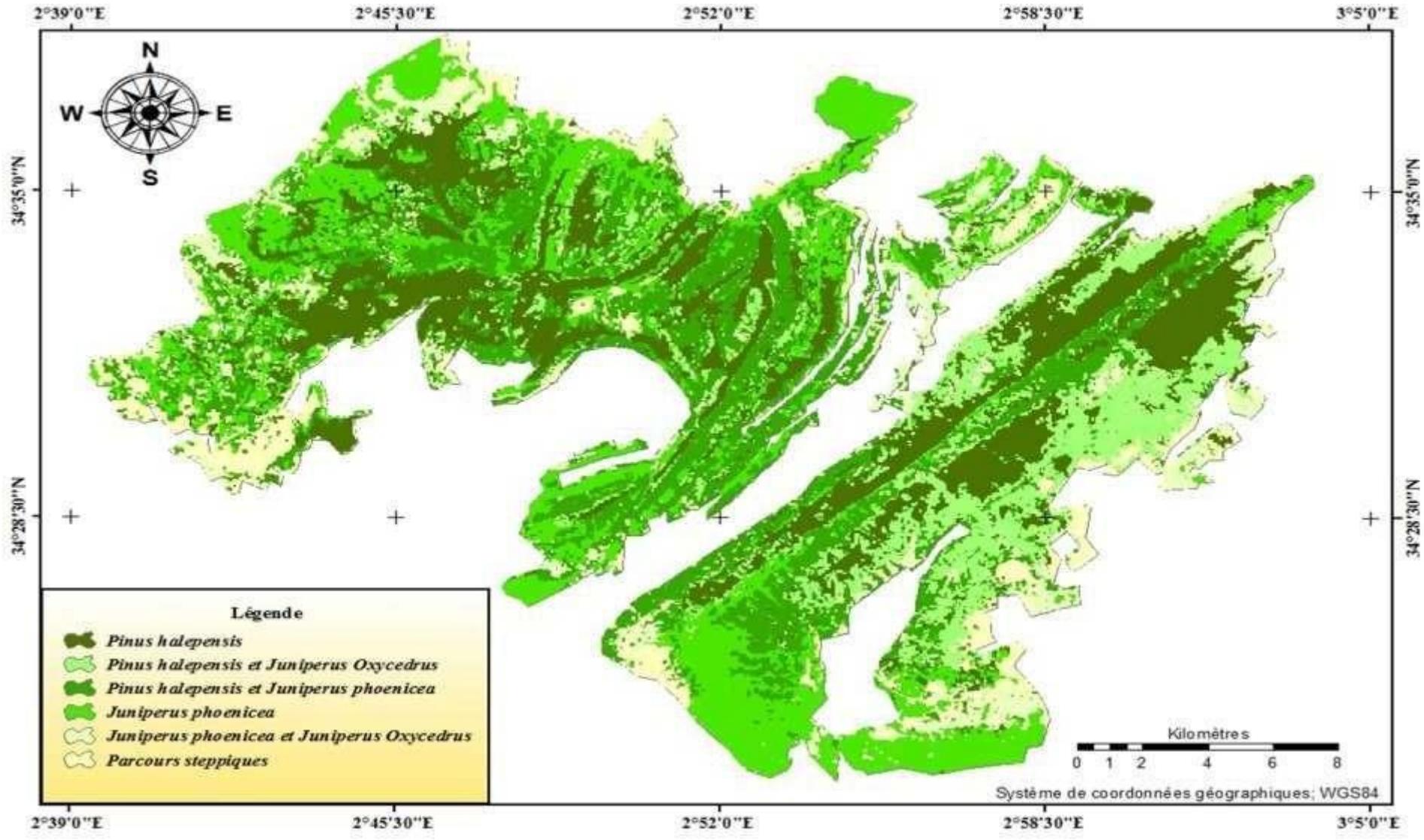


Figure n° 40 : Carte de végétation de la forêt Sénalba Gharbi (2022).

La base de données a été traitée afin d'obtenir des valeurs numériques en calculant les superficies et les pourcentages de formations végétales dans la zone d'étude.

Tableau n° 21 : Superficie des différentes formations végétales de la zone Séalba Gharbi.

Formations	Superficie en Ha
<i>Juniperus phoenicea et Juniperus Oxycedrus</i>	4451,61
<i>Pinus halepensis et Juniperus Oxycedrus</i>	5376,25
<i>Pinus halepensis et Juniperus phoenicea</i>	10193,43
<i>Juniperus phoenicea</i>	10218,79
<i>Pinus halepensis</i>	10094,61
Parcours steppiques	3449,52

Le résultat du traitement statistique des formations végétales de la forêt Séalba Gharbi ci-dessous :

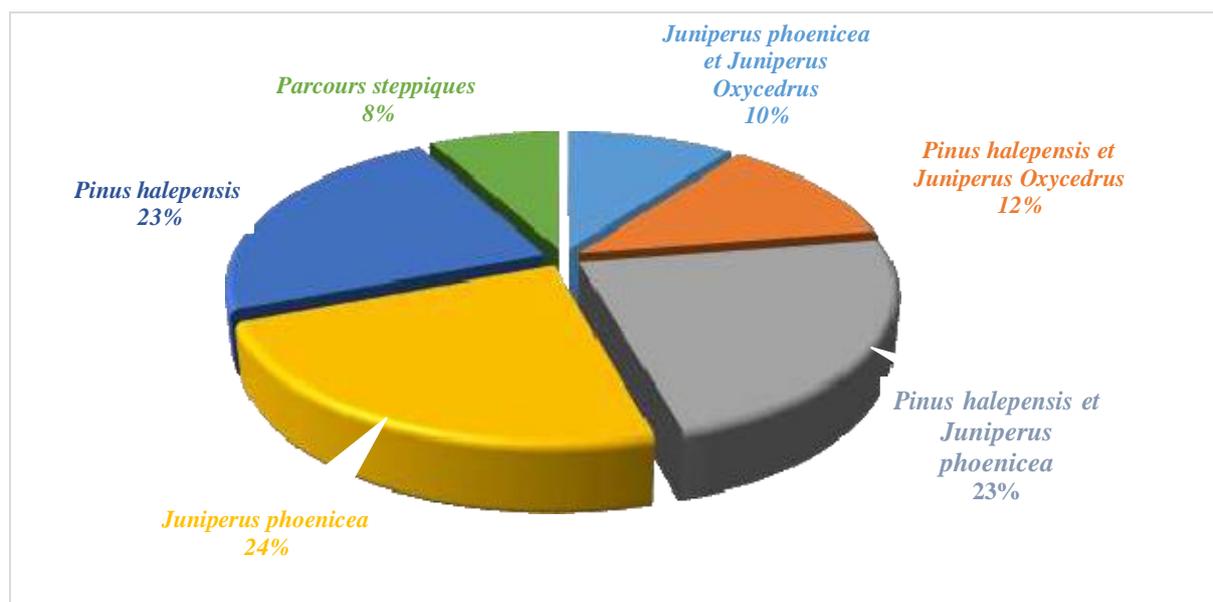


Figure n° 41 : Superficies des formations forestières pré-forestières de la forêt de Séalba Gharbi.

D'après le tableau n°21 et la figure n°41 ci-dessus, on constate que la formation *Juniperus phoenicea* domine avec un taux 24%, et une superficie de 10218,79 Ha, suivie par la formations à base de *Pinus halepensis* en mélange avec l'espèce *Juniperus phoenicea* avec une superficie 10193,43 HA soit un taux de 23%, ensuite vient la formations de *Pinus halepensis* avec une superficie 10094,61 Ha ce qui représente un taux de 23%. suivie par la formation de *Pinus halepensis* avec *juniperus oxycedrus* avec une superficie de 5376,25 Ha avec une proportion de 12% de la surface de la zone d'étude.

En dernier la formations *Juniperus phoenicea* et *Juniperus Oxycedrus* avec un taux 10%, occupe une superficie de 4451,61 Ha.

Les parcours steppiques occupent la périphérie du forêt Sénalba Gharbi avec une superficie 3449,52 Ha soit 8% de la surface totale.

CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude est l'utilisation de l'imagerie satellitaire LANDSAT 8 pour la cartographie des grands types de végétation de la forêt Sénalba Gharbi, en utilisant une approche cartographique simple basée sur les différentes techniques de télédétection et en s'appuyant essentiellement sur les algorithmes de classification supervisée connue pour sa précision, afin de faire ressortir la diversité des formations forestières et pré-forestières présentes sur cette zone, sujet d'importante transformation au niveau de son couvert végétal.

A partir de données terrain à savoir les 37 relevés floristiques réalisés au printemps 2022, nous avons pu diviser notre zone d'étude en six formations végétales qui ont été ressorti dans une carte de végétation avec les différentes superficies qu'elles occupent.

D'après la carte de végétation réalisée à partir du traitement de l'image satellitaire LANDSAT 8, on constate la dominance nette de la formation à base *Juniperus phoenicea* avec un taux 24%, ce qui représente une superficie de 10218,79 Ha, suivie par la formations à base de *Pinus halepensis* en mélange avec l'espèce *Juniperus phoenicea* avec une superficie 10193,43 HA soit un taux de 23%, ensuite vient la formations de *Pinus halepensis* avec une superficie 10094,61 Ha ce qui représente un taux de 23%.suivie par la formation de *Pinus halepensis* avec *Juniperus oxycedrus* avec une superficie de 5376,25 Ha avec une proportion de 12% de la surface de la zone d'étude

En dernier la formations *Juniperus phoenicea* et *Juniperus Oxycedrus* avec un taux 10%, occupe une superficie de 4451,61 Ha.

Les parcours steppiques occupent une place importante sur la périphérie dela forêt Sénalba Gharbi avec une superficie 3449,52 Ha soit 8% de la surface totale.

La cartographie de cette végétation a été accompagnée par une modeste étude floristique afin de la caractériser,ou nous avons recensé 110 espèces végétales, réparties en 25 familles. Cette étude nous a permis de faire ressortir les résultats suivants :

- ✓ La dominance des familles les plus importantes par leur nombre d'espèces sont Astéracées, Fabacées, Poacées, qui se distingue par sa résistance au surpâturage et aux changements climatiques, en particulier les climats semi-arides.
- ✓ Dans notre région d'étude, nous avons observé la dominance des Thérophytes, ce résultat est justifié par la perturbation de ces milieux et les dégradation (pâturage, la pluviométrie et les températures). Viennent en deuxièmeposition les Hémicryptrophyteles Chaméphyte, les Phanérophyte, et enfin les Géophytes.

On peut dire que l'état de cette forêt se dégrade en raison du grand nombre de personnes qui y vivent, ce qui a contribué au déclin de la végétation dû à l'exploitation forestière, au surpâturage et à la dégradation des sols.

En fin on peut dire que l'utilisation de l'image satellitaire LANDSAT 8 pour la cartographie de la végétation et l'étude du couvert végétal, donne des résultats très intéressants, mais elle reste à améliorer par le biais de travaux de recherche futur en utilisant le nouveau satellite eLANDSAT 9.

Notre étude reste une contribution à la réalisation d'une base de données modeste qui pourra servir de support pour des travaux à venir dans le cadre de l'étude la diversité des formations forestières dans la région de Djelfa.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABOUD D.,2019**-Cartographie SIG au 1/200.000 de la bordure externe nord du massif du Hoggar, Algérie : Précision cartographique le la jonction socle-couverture par traitement des données imagées et minéralisation associe, Mémoire de master, (Univ de Tizi Ouzou).127p
2. **AIDOUD F., 1984**-Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum L.*) des Hauts Plateaux sud-oranais ; étude phytoécologique et syntaxonomique. Thèse 3e cycle, (Univ. Houari. Boumediene, Alger),253 p. +annexe.
3. **AIDOUD F., LOUNIS., 1997**- le complexe steppique a alfa-armoise-sparte (*Stipa Tenacissima L., Artemisia Herba Alba Asso., Lygeum Spartum L*) des hautes plaines algériennes. Structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de doctorat, (Univ. Marseille). Lab. Bot. Eco. Med, France, 263p.
4. **AQUAPORTAIL.,2012**- Définition carte de végétation publiée le 05/05/2012 (mise à jour le 23/03/2022).
<https://www.aquaportail.com/>
5. **ALEXANDER M.,2005**- Remote Sensing in Support of Ecosystem Management Treaties and Transboundary Conservation. USA: CIESIN, 3pp
6. **BELHADJ A., SMARA Y.,2003**- Application du SIG et de la Télédétection dans la Gestion des feux de Forêts en Algérie. In 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Articiel, Morocco .16p
7. **BELTRANDO G & CHEMERY L, 1995** - Dictionnaire du climat, Larousse, paris, ISBN 2037202334.Livre,344p
8. **BENABID A., 1984**-Etudes phytosociologique et phytodynamique et leurs utilités. Ann. Rech.Articiel, Forest. Maroc,3-35p
9. **BENATIALLAH D. DEBAGH A.,2013** - Réalisation d'un système d'information géographique (S.I.G) pour les forages d'alimentation en eau potable (A.E.P) à travers la wilaya d'Adrar, Mémoire de master, (Univ de Adrar).115p
10. **BENTOUATI A., BARITEAU M., 2005** - Une sylviculture pour le pin d'Alep des Aurès Algérie. Forêt Méditerranéenne, Livre. 315-321p
11. **BERINI O. DJELITA H.,2019** - Contribution à l'étude de la végétation : Cartographie et groupement végétaux de la forêt Sahary Dhari (Wilaya de Djelfa), Mémoire de master. Univ Djelfa.90p
12. **BARBERO M., LOISEL R., MEDAIL F. QUEZEL P., 2001**-Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen. Article, Bocconea .11-25p.
13. **B.N.E.F. (BUREAU NATIONAL DES ETUDES FORESTIERS). ,1983**-Etude d'aménagement forestier sur 32000ha de pin d'Alep wilaya de Djelfa étude de milieu Sénalba superficie 20.000h.2-6p.

14. **BOURAGBA N., 2012** -Typologie des parcours dans la région de Djelfa, Mémoire de Master. 5Univ, Djelfa). 195 p.
15. **BOOWIKI., 2013** -Le satellite a été mis en orbite par le nom de ERTS1 (Earth Resources Technology Satellite) Mais alors changé de Landsat-1. Vous avez consulté cette page le 05/03/22. <https://boowiki.info/art/>
16. **BRABANT P.,1993**-Pédologie et système d'information géographique : comment introduire les cartes de sols et les autres données sur les sols dans les SIG ? Cahiers-ORSTOM ? Article.107-135p
17. **CALOZ R., 1991** - Télédétection satellitaire, Lausanne, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne- Institut d'aménagement des terres et des eaux (hydrologie et aménagement), p 127.
18. **C.B.N.B., DELASSUS L,2015**-conservatoire botanique national de Brest Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques,52pp
19. **C.B.N.B., 2017** - (Page consultée le 20.04.2017) - Méthodes de cartographie de la végétation : de la télédétection aux approches terrain. [En ligne], <http://www.cbnbrest.fr/>
20. **C.B.N.M.C.,2017**-Cartographie de la végétation à l'échelle des unités paysagères,34p [en ligne] <http://www.cbnmc.fr/>
21. **CHALANE F.,2017**-Inventaire et analyse de la phytodiversité des steppes à *Stipa tenacissima* L. dans la région de Saida (Algérie occidentale), Thèse de doctorat, (Univ Sidi Bel Abbes).154p
22. **CHIBANE B.,2010**- Etude hydrogéologique en milieu semi-aride a aride : exemple de la région de Djelfa, Thèse doctorat, (Univ de Houari Boumediene Batna).190pp
23. **C.I.T.T.A.,2004**-Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale,1988- In Kergomard.74p
24. **CSFD.,2005**- La télédétection : un outil pour le suivi et l'évaluation de la désertification.48pp
25. **DAGNELIE P. 1970**- Théorie et méthode statistique. Vol. 2. Ducolot, Gembloux, 415p
26. **DAJOZ, R., 2003**- Précis d'écologie. Dunod,Livre Paris, 615 p
27. **DEGET PH., POISSONET J.,1991**-Prairies permanentes et pâturages. Méthodes d'études. Montpellier, France. 331pp
28. **DELENNE C., 2006**-Extraction et Caractérisation De Vignes à Partir de Données de Télédétection à Très Haute Résolution Spatiale : Application en Languedoc-Roussillon pour la constitution de bases de données géographiques. Thèse de doctorat, Montpellier, France.137p
29. **DELPECH R. & GEHU J.M., 1988**-Intérêt de la phytosociologie actuelle pour la typologie, l'évaluation et la gestion des écosystèmes. In : « La gestion des systèmes écologiques : des progrès de la recherche au développement des techniques », 4e colloque national de l'AFIE & Société d'écologie, Bordeaux, 14-16 mai 1987, 39-52.

30. **DERDJINI H.,2017**-Cartographie des changements de l'occupation du sol dans la plaine de la MITIDJA à partir des images Landsat, Mémoire de Master, (Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique.Blida).78p
31. **DEROUECHE H., 2015** - Télédétection et analyse des dépérissements des forêts Naturelles en zone semi- aride (Djelfa). Thèse doctorat. E.N.S.A. El-Harrach-Alger. 224p
32. **DJOUADI A., OUBELAID A.,2015** -Etude hydrochimique des eaux de la région de Gourara (Timimoune) Algérie. Mémoire de Master, (Univ de Khemis Miliana). 11p
33. **D.G.F, 2007**- Politique forestière nationale et stratégie d'aménagement et de développement durable des ressources forestières et alfatières. Rapport provisoire de la Direction Générale des Forêts. Ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR), Algérie, 1e3pp
34. **EMBERGER L.,1942**-Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. Bull. Sci. Hist. Nat. Toulouse, Articlel,97-124
35. **FAUCONNIER G., 1994**-Le système d'information géographique de santé., volume 7 Ed springer- verlag., Paris., 7p.
36. **FEKIR Y.,2021**- Etude et Evaluation de la Dégradation des Ressources Naturelles en Algérie Occidentale par SIG et Télédétection, Thèse de Doctorat (Univ de Mostaganem),238pp
37. **FRANÇO P.,2013**-in book: Plant and Vegetation Mapping,Livre. 103-181p
38. **GILLET F., FOUCAULT B., JULVE PH., 1991**. La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. Candollea, Livre, 46, 315-340p
39. **GILLET F., 2000**-La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Université de Neuchâtel, Institut de Botanique. Doc. Labo. Ecol. Vég., 1, 68 p.
40. **GOUNOT M. 1961**- Les méthodes d'inventaire de la végétation. Bull. Serv. Carte Phytogéogr., Série B, 7 : 65-84p
41. **GEHU J.M., 1980**- La phytosociologie d'aujourd'hui. Méthodes et orientations. Not. Fitosoc., Pavia,16, 1-16p
42. **HABIB A.,2012**- Cours d'initiation au traitement des données de télédétection Univ Chouaïb Doukkali,52p
43. **HADDOUCHE D., 1998** - Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection « images lands Ttm». Thèse de Doctorat, (Univ de Tlemcen), 211p
44. **KADIK B., 1983**.- Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. O.P.U. Alger, 581 p.
45. **KADIK L., 2005**- Etude phytosociologique et phytoécologique des formations à Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) de l'étage bioclimatique semi-aride algérien. Thèse de doctorat. (USTHB. Alger), 301p+annexes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

46. **KAZEMIPOUR F., 2007-** « Utilisation d'une série d'images temporelles FORMOSAT acquises sur la région Crau Camargue pour le suivi de la dynamique des couverts végétaux », Mémoire de Master, Institut National des Recherches Agronomiques (INRA), (Avignon Univ Pierre et Marie Curie, France).
47. **KERGOMARD C., 2004-** La télédétection aérospatiale : une introduction., Cours de l'Ecole Normale Supérieure Paris. 74p.
48. **KHERFANE N., 2014-** Les outils de gestion de l'espace et la réalité du développement urbain non maîtrisé "approche géomatique" (cas de la Ville de Djelfa). Mémoire de Magister, (Univ Hadj Lakhdar – Batna), 236pp
49. **KÖHL, M., MAGNUSSEN S., MARCHETTI M., 2006-** Sampling methods, remote sensing and GIS multi resource forest inventory. Springer Science Business Media, Livre. 373p
50. **LAFFLY D., 1997-** Ecologie, télédétection et SIG : les écotopes du grand tetras dans le HautJura. Mappemonde, 3, 27-30p
51. **LAKROUF A., 2019-** Cartographie SIG Des Pierres Semi-Précieuses Du Hoggar, Univ. Tizi Ouzou, 85p
52. **LINIGER H, MEKDASCHI S, HAUERT C., GURTNER M., 2011** - La pratique de la gestion durable des terres. Terr Africa, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT) et Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), 252p
53. **LAURENT E., DELASSUS L., HARDEGEN M., 2017a** - Méthodes d'inventaire et de cartographie des groupements végétaux. Guide méthodologique. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, + annexes (Programme « Connaissance et cartographie des végétations sur de grands territoires : étude méthodologique ») 42 p.
54. **MADHI A, BEN BOUZID B., 1995-** La régence actuelle de la forêt de Senalba Gharbi dans le département d'Al-Charef La wilaya de Djelfa, mémoire de master, (Univ de Batna). 44p
55. **MIDEKOR, A., WELLEN, J. 2013-** Initiation à ENVI Octobre Ouagadougou, Burkina Faso.
56. **M. I. H. I., 2012-** La forêt de Zenadia (Haute Plaine Sétifienne) Diagnostic et perspective de protection
57. **MISSAOUI S., 2013-** Etude de la végétation de la forêt de Sénalba Chergui (Région de Djelfa). Mémoire de Master. 11p
58. **MOKHTAR S, 2019** - Mutations spatiales du couvert forestier dans la wilaya de Tlemcen. Cas du massif forestier Hafir-Zariffet, mémoire de master, (Univ de Tlemcen). 71p
59. **M.T.S. 2013** - Manuel de Télédétection Spatiale TELCAN, Cours. 337p
60. **NAERT B., 1995** - Cartographie des sols aidées par la télédétection, une méthode adaptée aux milieux méditerranéens et arides. Montpellier : 193 – 199p
61. **NEDJRAOUI D, HIRCHE A, BOUGHANI A, SALAMANI M, BOUZENOUNE A, HOURIZI R, OMARI L, & H SLIMANI, 2016** - Surveillance à long terme des écosystèmes steppiques et suivi de la désertification. Cas de la steppe du Sud-Ouest Oranais (Algérie), Biocénoses Séminaire International « Biodiversité et Changements globaux » Djelfa, Article. 17p

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

62. **OUJDET A., RABIA, A. 2008-** Conception et réalisation d'un système d'information géographique(SIG) pour l'aide à la gestion des ressources en eau, Articiel, I.N.I. Alger, 21p.
63. **QUEZEL P.,1980-** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Actualité d'écologie forestière. Edition Gautier-Villars. Paris, 205 – 255p
64. **QUEZEL P., 1986-** Les pins du groupe —Halepensis| Ecologie,Végétation, Ecolphysiologie. CIHEAM- Options Méditerranéennes. 11-23p
65. **QUEZEL P & BARBERO M.,1987-** Le pin d'Alep et les essences voisines : Répartition et caractère écologiques généraux, sa dynamique récente en France Méditerranéenne. Forêt Méditerranéenne. 158-170p
66. **QUÉZEL P.,2000** - Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia*). Pp 1-12 in: G. Neeman & L. Trabaud (eds). Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean basin. Backhuys Publishers, Leiden.
67. **RAHMOUNE A,2018-** Ecologie et analyse floristique de la végétation et de la flore de la forêt de Sahary Guebli (réserve de chasse),(Univ de Batna).176p
68. **RAMEAU J.,1985-** Phytosociologie forestière : caractères et problèmes spécifique, relations avec la typologie forestière. Coll. Phytosociol., XIV, Phytosociologie et foresterie, Nancy, 1985, 687-738Pp
69. **RAVALET & PANET.,2001-** système d'information géographique.
70. **RIDD M K. & LIU J., 1998** - A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment. Remote Sensing of Environment, 63, 95-100p
71. **ROBIN A.,2007-** Détection de changements et classification sous pixeliques en imageries satellitaire, application au suivi temporel des surfaces continentales », Thèse de doctorat, (Univ Paris Descartes, France).
72. **SEDRETTE S.,2017-** Extraction semi-automatique des linéaments et des indicateurs morpho métriques dans un environnement SIG pour la caractérisation morpho structurale et néotectonique de la région de Nefza dans le Nord-Ouest de la Tunisie, Thèse de Doctorat.223p
73. **SELLIN V., 2016** – Méthode semi-automatisée de cartographie des grands types de végétations. Guide méthodologique. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 43 p.
74. **SELTZER P., 1946.-** Le climat de l'Algérie : Inst. Météorol. Phys. GJ., Alger, 219 p. plus 1 carte
75. **SOUDANI K., 2005.** Introduction général à la télédétection. Cours en ligne Fac des Sciences d'Orsay - Univ Paris Sud XI. 26p.
76. **TIR E.,2015-** Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la Wilaya de Tissemsilt, mémoire de Magister. (Univ Tlemcen).87pp
77. **UN-REDD.,2015-**Protocole méthodologie de l'évaluation du couvert forestier national de référence en république démocratique du CONGO. « MECNT »,34p

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

78. **VAN DER E., 1979.** Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Végétation*, 38, 97-114p.
79. **VANESSA S., 2015-** Etude expérimentale en cartographie de la végétation par télédétection, Experimental vegetation mapping study using remote sensing. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.27067>
80. **XIMENES M.C., L. DUHAUTOIS, C. FOUQUE, J. BROYER, 2005** - « Application de la télédétection à l'étude des zones humides : identification des prairies, des roselières, des peupleraies et des gravières », Document technique, Institut français de l'environnement, Office national de la chasse et de la faune sauvage, France.
81. **ZAOUI H., 2012-** Ecologie, systématique et phénologie de genre Romarins L. dans la région de sud algérois. Wilaya de Djelfa. Mémoire de Magistère en Ecologie et Environnement. 57-86p.

ANNEXE

Annexe

1- Exemple de fiche du relevé floristique

Chaque relevé floristique comporte les informations suivantes : numéro du relevé, l'observateurs, la date, la localisation (longitude, latitude), la surface (m) et l'altitude. Nom des espèces échantillonnées avec leurs coefficients d'abondance-dominance (Voir annexe n°01)

Annexe n°01 : Exemple des relevés floristiques (relevé n°19)

Relevé floristique n° : 19		
Observateur (s) : RAACH HADJER		Date de l'observation : 20/05/2022
Localisation : N 34°33'40.5'' E 002°52'18.4''		Surface du relevé : 400m
Altitude : 1329m		
N°	Espèces	Coefficient d'abondance dominance
01	<i>Pinus halepensis</i>	5
02	<i>Juniperus phoenicea</i>	3
03	<i>Quercus ilex</i>	1
04	<i>Juniperus oxycedrus</i>	1
05	<i>Brassica dimorpha</i>	r
06	<i>Carlinainvolucrata</i>	r
07	<i>Ammoides verticillata</i>	1
08	<i>Reseda lutea</i>	1
09	<i>Thymus algerinensis</i>	1
10	<i>Plantago psyllium</i>	r
11	<i>Lobularia maritima</i>	r
12	<i>Ziziphora hispanica</i>	r
13	<i>Minuartia campestris</i>	r
14	<i>Hippocrepis scabra</i>	r
15	<i>Poa bulbosa</i>	1
16	<i>Bromus rubens</i>	1
17	<i>Leontodon hispidulus</i>	r
18	<i>Reseda alba</i>	r
19	<i>Filago pathulata</i>	r
20	<i>Bellis annua</i>	+
21	<i>Trigonella monspeliaca</i>	r

2- Les espèces dominant pour chaque point de lecture

Le tableau suivant ressorte les espèces qui dominant pour chaque relevé. (Voir annexe n°02)

Annexe

Annexe n°02 : Les espèces dominant pour chaque relevé dans la foret Senalba Gharbi

Nombre de relevé	Espèces dominant	Coordonnée géographie des station	Altitude
Relevé 01	<i>Juniperusphoenicea</i> <i>JuniperusOxycedrus</i>	N 34 33'45.2'' E 002 02'54.4''	1349m
Relevé 02	<i>Pinus halepensis</i> <i>Stipa tenacissima</i>	N 34 32'23.2'' E 003 20'05.6''	1364m
Relevé 03	<i>Pinus halepensis</i> <i>JuniperusOxycedrus</i>	N 34°28'04.1'' E 002°57'01.1''	1402m
Relevé 04	<i>Pinus halepensis</i> <i>JuniperusOxycedrus</i>	N 34°32'49.1'' E 002' 44' 12.1''	1313m
Relevé 05	<i>Pinus halepensis</i> <i>JuniperusOxycedrus</i>	N 34°30'04.8'' E 002°58'59.2''	1387m
Relevé 06	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°29'33.7'' E 002°57'36.7''	1416m
Relevé 07	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°25'16,5'' E 002°55'09.8''	1354m
Relevé 08	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusoxycerus</i>	N 34°33'03.7'' E 002°58'19.6''	1245m
Relevé 09	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°32'05.2'' E 002°57'26.66''	1318m
Relevé 10	<i>Juniperusphoenicea</i> <i>JuniperusOxycedrus</i>	N 34°33'02.4'' E 002°56'10.7''	1250m
Relevé 11	<i>Pistaciaterebinthus</i> <i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°31'16.9'' E 002°53'48.33''	1281m
Relevé 12	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°30'36.2'' E 002°53'07.8''	1329m
Relevé 13	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°29'02.7'' E 002°53'52.5''	1381m
Relevé 14	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°27'57.0'' E 002°52'10.1''	1377m
Relevé 15	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°27'27.5'' E002°49'08.2''	1344m
Relevé 16	<i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°36'18.8'' E 002°55'25.5''	1213m

Annexe

Relevé 17	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°35'54.4'' E 002°54'32.4''	1202m
Relevé 18	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°34'18.0'' E 002°52'44.4''	1304m
Relevé 19	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°33'40.5'' E 002°52'18.4''	1329m
Relevé 20	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusphoenicea</i>	N 34°33'09.0'' E 002°51'51.4''	1347m
Relevé 21	<i>Pinus halepensis</i>	N 34° 32'53.4'' E 002°51'11.4''	1374m
Relevé 22	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°33'20.7'' E 002° 50'37.66''	1347m
Relevé 23	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°32'47.1'' E 002°48'57.0''	1325m
Relevé 24	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°33'10.4'' E 002°48'50.0''	1285m
Relevé 25	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°35'49.0'' E 002°48'01.6''	1286m
Relevé 26	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°34'50.7'' E 002°47'07.5''	1295m
Relevé 27	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°34'47.3'' E 002°47'26.9''	1339m
Relevé 28	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°33'19.8'' E 002°46'37.7''	1312m
Relevé 29	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°33'01.2'' E 002°46'17.5''	1338m
Relevé 30	<i>Pinus halepensis</i>	N34°32'41.2'' E 002°45'36.7''	1350m
Relevé 31	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperusoxycedrus</i>	N 34°33'11.5'' E 002°47'18.9''	1267m
Relevé 32	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°33'06.1'' E 002°48'03.5''	1310m
Relevé 33	<i>Pinus halepensis</i>	N34°27'04.9'' E 002°54'37.9''	1399m
Relevé 34	<i>Pinus halepensis</i>	N34°27'54.2'' E 002°55'43.7''	1395m
Relevé 35	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°32'51.9'' E 002°45'57.2''	1381m

Annexe

Relevé 36	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°32'30.7'' E 002° 44'58.9''	1321m
Relevé 37	<i>Pinus halepensis</i>	N 34°32'49.1'' E 002°44'12.1''	1313m

3- Identification des espèces échantillonnées

La famille, auteur et type biologique pour les espèces échantillonnées.

ANNEXE

Annexe n°03 : La famille, auteur et type biologique pour les espèces échantillonnées

<i>Espèce</i>	Auteur	Famille	Type biologique
<i>Aegilops peregrina</i>	(Hack) M et W	POACEAE	THEROPHYTE
<i>Alyssum alpestre</i>	L	BRASSICACEAE	CHAMEPHYTE
<i>Alyssum granatense</i>	Boiss et Reut	BRASSICACEAE	THEROPHYTE
<i>Alyssum scutigerum</i>	Dur	BRASSICACEAE	THEROPHYTE
<i>Ammoides verticillata</i>	(Desf) Briq	APIACEAE	THEROPHYTE
<i>Asparagus acutifolius</i>	L	LILIACEAE	GEOPHYTE
<i>Atractylis cancellata</i>	L	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Atractylis phaeolepis</i>	Pomel	ASTERACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Atractylis serratuloides</i>	Sieb	ASTERACEAE	CHAMEPHYTE
<i>Astragalus caprinus</i>	L	FABACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Asterolinum linom-stellat</i>	(L) Duby	PRIMULACEAE	THEROPHYTE
<i>Astragalus cruciatus</i>	Link	FABACEAE	THEROPHYTE
<i>Astragalus echinatus</i>	Murr	FABACEAE	THEROPHYTE
<i>Astragalus gryphus</i>	Coss et Dur	FABACEAE	THEROPHYTE
<i>Astragalus hamosus</i>	L	FABACEAE	THEROPHYTE
<i>Astragalus sinaicus</i>	Boiss	FABACEAE	THEROPHYTE
<i>Arabis auriculata</i>	Lamk	BRASSICACEAE	THEROPHYTE
<i>Bellis annua</i>	L	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Brassica dimorpha</i>	Coss et Dur	BRASSICACEAE	THEROPHYTE
<i>Bromus rubens</i>	L	POACEAE	THEROPHYTE
<i>Calendula aegyptiaca</i>	Desf	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Carduncellus reboudianus</i>	Batt	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Catapodium tenellum</i>	(L) Trab	POACEAE	THEROPHYTE
<i>Carlina hispanica</i>	Lam.	ASTERACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Carlina involucrata</i>	Pomel	ASTERACEAE	CHAMEPHYTE
<i>Cistus libanotis</i>	L	CISTACEAE	PHANEROPHYTE
<i>Diplotaxis eruroides</i>	(L) Dc	BRASSICACEAE	THEROPHYTE
<i>Diplotaxis harra</i>	Forsk	BRASSICACEAE	THEROPHYTE
<i>Euphorbia falcata</i>	L	EUPHORBIACEAE	THEROPHYTE

ANNEXE

<i>Euphorbia helioscopia</i>	L	EUPHORBIACEAE	THEROPHYTE
<i>Evax argentea</i>	Pomel	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Fumana thymifolia</i>	(L) Verlot	CISTACEAE	CHAMEPHYTE
<i>Juniperus phoenicea</i>		CUPRESSACEAE	PHANEROPHYTE
<i>Juniperus oxycedrus</i>	L (Link)	CUPRESSACEAE	PHANEROPHYTE
<i>Jurinea humilis</i>	DC	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Launaea glomerata</i>	(Cass) Hook	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Leuzea conifera</i>	DC	ASTERACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Lobularia maritima</i>	(L) Desv	BRASSICACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Medicago laciniata</i>	(L) All	FABACEAE	THEROPHYTE
<i>Onopordon acaule</i>	L	ASTERACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Phillyrea angustifolia</i>	L	OLEACEAE	PHANEROPHYTE
<i>Pinus halepensis</i>	L	PINACEAE	PHANEROPHYTE
<i>Pistacia terebinthus</i>	L	ANACARDIACEAE	PHANEROPHYTE
<i>Plantago albicans</i>	L	PLANTAGINACEAE	THEROPHYTE
<i>Poa bulbosa</i>	L	POACEAE	GEOPHYTE
<i>Polycnemum fontanesii</i>	Dur et Moq	CHENOPODIACEAE	CHAMEPHYTE
<i>Quercus ilex</i>	L	FAGACEAE	PHANEROPHYTE
<i>Salvia verbenaca</i>	(L) Briq	LAMIACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Scabiosa stellata</i>	L	DIPSACEAE	THEROPHYTE
<i>Schismus barbatus</i>	(L) Thell	POACEAE	THEROPHYTE
<i>Scorzonera laciniata</i>	L	ASTERACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Sisymbrium runcinatum</i>	Lag	BRASSICACEAE	THEROPHYTE
<i>Sonchus oleraceus</i>	L	ASTERACEAE	THEROPHYTE
<i>Stipa parviflora</i>	Desf	POACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Stipa tenacissima</i>	L	POACEAE	GEOPHYTE
<i>Taraxacum getulum</i>	Pomel	ASTERACEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Teucrium polium</i>	L	LAMIACEAE	CHAMEPHYTE
<i>Telephium imperati</i>	L	PARONYCHIOIDEAE	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Thymus algeriensis</i>	B et R	LAMIACEAE	CHAMEPHYTE

Résumé

L'objectif de cette étude est de mettre à jour la carte de végétation de la forêt Sénalba Gharbi située dans la wilaya de Djelfa.

Cette dernière a été réalisée à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat 8, et traitées par classification supervisée, en se basant sur les formations végétales ressorties de l'étude floristique réalisée à partir de données récoltées lors des sorties sur terrain au niveau de notre zone d'étude.

Les relevés floristiques réalisés dans le printemps 2022, nous ont permis d'identifier 110 espèces réparties sur 25 familles, dont la plupart sont de la famille des Asteracaceae. Quant à la répartition des types biologiques, les résultats montrent que les Thérophytes dominent largement dans la forêt de Sénalba Gharbi,

L'étude floristique montre la présence de six formations forestières et pré-forestières dans la forêt dite à savoir : une formation pure de *Pinus halepensis*, une formation à base de *Juniperus phoenicea* en mélange avec le *Juniperus oxycedrus*, une formation mixte constituée par l'espèce *Pinus halepensis* et *Juniperus oxycedrus*, une autre formation mixte formée de *Pinus halepensis* avec le *Juniperus phoenicea* et une formation pré-forestière constituée de l'espèce *Juniperus phoenicea*, en Dernier les parcours steppiques qui occupent une place importante dans notre zone d'étude. Ces derniers ont été cartographiés, en utilisant les techniques de géomatique, où nous avons établi une carte de végétation pour notre zone d'étude avec les différentes superficies occupées par chaque formation.

Mots clés : Forêt, Sénalba Gharbi, Formations végétales, Landsat 8, Télédétection, Classification supervisée, Cartographie

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديث خريطة الغطاء النباتي لغابة سن الباء الغربي الواقعة في ولاية الجلفة.

تم تنفيذ هذا الأخير باستخدام صور الأقمار الصناعية « Landsat 8 » ، ومعالجتها حسب التصنيف الخاضع للإشراف ، بناء على التكوينات النباتية الناتجة عن دراسة النباتات التي تم جمعها أثناء الخرجات الميدانية على مستوى منطقة دراسنا.

سمحت لنا نتائج الجرد النباتي التي أجريت في عام 2022 بتحديد 110 نوعاً، موزعة على 25 عائلة معظمها من عائلة Asteracaceae .

أما بالنسبة لتوزيع الأنواع البيولوجية ، فقد أظهرت النتائج ان Thérophytes تهيمن إلى حد كبير في غابة سن الباء الغربي.

تظهر الدراسة النباتية وجود ستة تكوينات حرجية وما قبل حرجية ، وهي: تكوين زفي من *Pinus halepensis* ، و تكوين مشكل من *Juniperus phoenicea* مع *Juniperus oxycedrus* ، تكوين مختلط يتكون من الأنواع *Pinus halepensis* و *Juniperus oxycedrus* ، وتشكل مختلط آخر يتكون *Pinus halepensis* مع *Juniperus phoenicea* ، وتشكل ما قبل الحرجي يتكون من النوع *Juniperus phoenicea* ، بالإضافة إلى مساحات سهوية التي تشكل مكاناً هاماً في منطقة دراسنا. تم تعيين هذه التكوينات الجيومورفوس. حيث أشرنا أيضاً خريطة نباتية لمنطقة دراسنا مع المناطق المختلطة التي يشغلها كل تكوين.

الكلمات المفتاحية: الغابات ، سن الباء الغربي ، التكوينات النباتية ، Landsat 8 ، الاستشعار عن بعد ، التصنيف الخاضع للإشراف ، رسم الخرائط.

Abstract

The objective of this study is to update the vegetation map of the Senalba Gharbi forest located in the wilaya of Djelfa.

The latter was carried out using Landsat 8 satellite imagery, and processed by supervised classification, based on the plant formations that emerged from the floristic study carried out using data collected during field trips at the level of our study area.

The floristic surveys carried out in the spring of 2022 enabled us to identify 110 species spread over 25 families, most of which are of the family Asteracaceae. As for the distribution of biological types, the results show that the Thérophytes largely dominate in the forest of Sénalba Gharbi,

The floristic study shows the presence of six forest and preforest formations in the forest: a pure formation of

Pinus halepensis, a formation based on *Juniperus phoenicea* mixed with *Juniperus oxycedrus*, a mixed formation consisting of the species *Pinus halepensis* and *Juniperus oxycedrus*, another mixed formation consisting of *Pinus halepensis* with *Juniperus phoenicea* and a preforest formation consisting of the species *Juniperus phoenicea*, in the last steppe courses which occupy an important place in our study area. The latter were mapped using geomatics techniques, where we established a vegetation map for our study area with the different areas occupied by each formation.

Keywords: Forest, Sénalba Gharbi, Plant Formations, Landsat 8, Remote Sensing, Supervised Classification, Mapping.