

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة عمار تليدو بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT



كلية التكنولوجيا

FACULTE DE TECHNOLOGIE

قسم الهندسة المدنية

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Mémoire de Master

DOMAINE : SIENCES et TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE CIVIL

OPTION : SCIENCE ET TECHNOLOGIE TOPOGRAPHIQUE

Présenté par:

M^r KEZRANE Khaled

M^r ZAABANE Mohammed Lamine

Thème

**Extraction de l'information sur couvert végétale
en milieu steppique par calcul d'indices
- Etude comparative -**

Soutenu publiquement devant le jury composé de:

KADRI Chadli

BENCHEHIDA Abdelkader

GUERROUDJ Abdelhalim

Maitre assistant .A.

Maitre assistant .A.

Maitre assistant .A.

Président

Examineur

Rapporteur

Date : Juin 2015

Année universitaire 2014/2015

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Allah, le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce travail.

Nous adressons notre profonde gratitude et reconnaissance envers M^r *Abdelhalim GUERROUDG*, maitre - assistant à l'université Amar Telidji de Laghouat, pour ses précieux enseignements durant l'année, de nous avoir honoré en acceptant de nous encadrer et structurer ce travail ainsi que sa contribution inestimable à le mettre à terme, sa ponctualité et sa disponibilité même en dehors des heures de travail, en est l'apothéose.

Nous remercions les membres du jury M^r **KADRI Chadli** et M^r **BENCHEHIDA Abdelkader** pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'avoir acceptés d'évaluer notre travail .

Nous tenons à exprimer nos plus vives reconnaissances à *Tidjani .KUIZI*.

Dédicace

Tout d'abord, louange à « Allah » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ma vie et m'a inspiré les bons pas. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pu être abouti.

Je dédie ce modeste travail à ma mère, j'ai de la chance de l'avoir, vos abnégations et dévouements, en termes de temps et d'attention, ont forgé mon éducation. Vos soutiens m'ont fortement motivé, notamment en période universitaire.

A mes très chers frères et sœurs.

A toute la famille KEZRANE .

A mes très chers amis. Ammar , Zino , Hamza , Aissa et Mohammed.

A tout mes chères amies de demain .

A tous mes enseignants dès ma première pas dans l'école primaire jusqu'à ce jour, et particulièrement à Mr **GURROUDG Abdelhalim** , pour leur aide et les précieux conseils.

KHALED. KEZRANE

Dédicace

À mes chers parents ;

À mon cher frère et mes chères sœurs ;

À mes très chers amis Aissa Toul et Daoud Abdlkader ;

À mes amies et tous ceux qui me sont chers

ZAABANE MOHAMED LAMINE

RESUME

Dans ces dernières décennies, les Hautes Plaines steppiques d'Algérie ont été marquées par une dégradation intense affectant les sols, à cause de plusieurs facteurs.

La caractérisation de la végétation par les approches satellitaires est l'un des solutions qui permettent de cartographier la végétation en milieu steppique et de résoudre relativement, le problème de la dégradation de ces zones vastes.

La différence de réflectance entre les deux portions du spectre électromagnétique (PIR, et R) a été exploitée depuis plusieurs décennies afin de caractériser la végétation. Différentes combinaisons des ces deux bandes spectrales ont été utilisées afin de développer plusieurs indices de végétation.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'utilisation de la télédétection pour extraire la végétation steppique. Il consiste principalement à effectuer une comparaison des différents indices de végétation afin d'identifier le plus adapté à ce type d'étude.

Les images ayant servi à cette étude proviennent du satellite SPOT5 et LANDSAT8 de la commune d'EL-BAYADH sur lesquelles nous avons calculé et comparé onze indices de végétation.

Cette comparaison d'indice était nécessaire, car actuellement le NDVI est l'indice le plus utilisé mais il n'existe toujours pas de véritable règle quant à la manière d'analyser ses résultats. Nous voulions aussi savoir si d'autres indices apportaient par rapport au NDVI une amélioration exploitable pour notre étude.

De notre travail, en premier résultat, il ressort que le NDVI n'est pas toujours adapté.

Mots Clés : indices de végétation, végétation steppique, image SPOT5, LANDSAT8.

Table Des Matières

Remerciement	I
Dédicaces	II
Résumé.....	IV
Table des Matières.....	V
Liste des Figures	VIII
Liste des tableaux	X
 INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	 01
 Chapitre I Les hautes planes steppiques algériennes	
I. 1 INTRODUCTION.....	03
I. 2 DEFINITIONS	03
I. 2. 1 DEFINITION DE VEGETATION	03
I. 2. 2 DEFINITION DE STEPPE	03
I. 3 PRESENTATION DE LA STEPPE ALGERIENNE.....	03
I. 4 LE MILIEU PHYSIQUE	04
I. 4. 1 LE CLIMAT	04
I. 4. 1. 1 LA PLUVIOMETRIE	04
I. 4. 1. 2 LA TEMPERATURE	04
I. 4. 1. 3 AUTRES FACTEURS CLIMATIQUES	05
I. 4. 2 HYDROGRAPHIE ET RESSOURCES HYDRIQUES	05
I. 4. 3 LES SOLS	05
I.5. LES GRANDS TYPES DE VEGETATION.....	06
I. 5. 1 LES FORMATIONS A STIPA TENACISSIMA (ALFA OU HALFA).....	06
I. 5. 2 LES FORMATIONS A LYGEUM SPARTUM (SPARTE OU SENNAGH).....	07
I. 5. 3 FORMATIONS A ARTEMISIA HERBA -ALBA (ARMOISE BLANCHE OU CHIH).....	07
I. 5. 4 LES FORMATIONS A HAMMADA SCOPARIA (REMT).....	08
I.6 LES FACTEURS DE DEGRADATION DES ECOSYSTEMES STEPPIQUES.....	09
I. 6. 1 FACTEURS PHYSIQUES	09
I. 6. 1. 1 SECHERESSE	09
I. 6. 1. 2 EROSION EOLIENNE	09
I. 6. 2 FACTEURS ANTHROPIQUES (HUMAINS).....	09
I. 6. 2. 1 LE SURPATURAGE	09
I. 6. 2. 2 DEFRICHEMENT ET EXTENSION DE LA CEREALICULTURE	10

I. 6. 2. 3 ERADICATION DES ESPECES LIGNEUSES COMME COMBUSTIBLES.....	10
I. 7 CONCLUSION.....	10

Chapitre II

TELEDETECTION ET LES INDICES DE VEGETATION

II. 1 INTRODUCTION.....	11
II. 2 NOTION FONDAMENTALE DE LA TELEDETECTION.....	11
II. 2. 1 DEFINITION.....	11
II. 2. 2 PRINCIPES.....	11
II. 2. 3 LES SIGNATURES SPECTRALES.....	13
II. 2. 4 LA REFLECTANCE DES VEGETAUX	14
II. 2. 5 COMPORTEMENT SPECTRAL DES VEGETAUX	15
II. 2. 6 SATELLITE D'OBSERVATION DE LA TERRE	18
II. 2. 6. 1 LANDSAT.....	18
II. 2. 6. 2 SPOT.....	19
II. 3 INDICES DE CARACTERISATION DE LA VEGETATION.....	20
II. 3. 1 RESUME D'INDICES DE VEGETATION DEFINIS A PARTIR DE DONNEES DE TELEDETECTION	20
II. 3. 2 INDICES DE CARACTERISATION DE LA VEGETATION.....	23
II. 3. 2. 1 INDICE NORMAL DE VEGETATION DE DIFFERENCE (NDVI).....	23
II. 3. 2. 2 INDICE DE VEGETATION DE DIFFERENCE (DVI).....	23
II. 3. 2. 3 INDICE RAPPORT SIMPLE (SR)	23
II. 3. 2. 4 INDICE TRANSFORME DE VEGETATION (TVI).....	23
II. 3. 2. 5 INDICE RAPPORT DE VEGETATION (RVI).....	24
II. 3. 2. 6 INDICE TRANSFORME CORRIGE DE VEGETATION (CTVI).....	24
II. 3. 2. 7 INDICE SARVI NORMALISE (SARVI).....	24
II. 3. 2. 8 INDICE NORMAL DE VEGETATION DE RAPPORT (NRVI).....	25
II. 3. 2. 9 INDICE DE SOL AJUSTE DE VEGETATION (SAVI).....	25
II. 3. 2. 10 INDICE TRANSFORME DE VEGETATION DU SOL AJUSTE (TSAVI 1).....	25
II. 3. 2. 11 INDICE TRANSFORME DE VEGETATION DU SOL AJUSTE (TSAVI 2).....	25
II. 3. 2. 12 INDICE PONDERE DE VEGETATION DE DIFFERENCE (WDVI).....	25
II. 3. 2. 13 INDICE MODIFIE DE SOL AJUSTE DE VEGETATION (MSAVI 1).....	27
II. 4 CONCLUSION.....	27

Chapitre III

Application : Etude comparative et mise en œuvre

III. 1 INTRODUCTION.....	28
III. 2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	28
III. 2 .1 .SITUATION GEOGRAPHIQUES.....	28
III. 2. 2. VEGETATION	29
III. 2 .3.ACQUISITION ET PREPARATION DES DONNEES.....	29
III. 2 .4.PRETRAITEMENTS DES DONNEES COLLECTEES.....	30
III. 2. 4. 2. AMELIORATION DE LA RADIOMETRIE.....	30
III. 2. 4. 3. LA SCENE SPOT-5.....	30
III. 5. OUTILS ET MATERIELS UTILISES.....	33
III. 6. ORGANIGRAMME DES TRAITEMENTS EFFECTUES.....	34
III. 6. 1.APPLICATION DES INDICES DE VEGETATION.....	34
III. 6. 2.ETUDE COMPARATIVE.....	35
III. 6. 2. 1 PREMIER GROUPE (LANDSAT8).....	35
III. 6. 2. 2 DEUXIEME GROUPE (SPOT5).....	37
III. 6. 3. ANALYSE QUALITATIVE ET SYNTHESE.....	44
III. 6. 3.1 PREMIER GROUPE (LANDSAT8).....	44
III. 6. 3. 2 DEUXIEME GROUPE (SPOT5).....	44
III. 6. 4. CHOIX DES ZONES DE TESTES.....	44
III. 7 CONCLUSION.....	49
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	50

liste des figures

Figure I.1 .Delimitation de la steppe Algerienne.....	04
Figure I.2 : Steppe a Alfa.....	06
Figure I.3 : Lygeum Spartum	07
Figure I.4: Buisson d'artemisia Herba-Alba en Arabie Saoudite.....	08
Figure I.5 :Hammada Scoparia (Remt).....	08
Figure II.1.Principe de la teledetection.....	12
Figure II.2.Courbe theorique de reflectance de la vegetation verte.....	13
Figure II.3.Schema du devenir d'un rayon lumineux traversant une feuille	14
Figure II.4. Courbes de reflectance des feuilles, rameaux de vignes de cabernet sauvignon, et d'un sol brun a differentes longueurs d'ondes (Lamb et al., 1999)	15
Figure II.5 : Exemple d'utilisation des variation des reponse radiometriques pour la discrimination des couverts vegetaux.....	16
Figure II.6 : Exemple d'utilisation des variation temporelles des reponse radiometriques pour la discrimination des couverts vegetaux	17
Figure II.7. Le satellite LANDSAT 8.....	18
Figure II.8.LA detection stereoscopique par SPOT	19
Figure II.9. Le satellite SPOT-5	19
Figure III.1. Presentation de la zone d'etude D'EL-BAYADH.	28
Figure III.2. Composition coloree, extraction et ameliorationde la radiometrie	30
Figure III.3. Aperçu de la partie nord de la scene D'EL BAYADH.	31

Figure III.4. Aperçu de la partie sud de la scene D'EL BAYADH	32
Figure III.5. Extrait de la spatiocarte spot5 de la zone d'étude	33
Figure III.6. Organigramme des etapes pratique des differents traitements.....	34
Figure III.7. Carte de NDVI (LANDSAT8)	35
Figure III.8. Carte de DVI (LANDSAT8)	35
Figure III.9. Carte de MTVI2 (LANDSAT8)	36
Figure III.10. Carte de MCARI2 (LANDSAT8)	36
Figure III.11. Carte de NDVI (SPOT 5)	37
Figure III.12. Carte de DVI (SPOT 5)	37
Figure III.13. Carte de RVI (SPOT 5)	38
Figure III.14. Carte de MCARI2 (SPOT 5)	38
Figure III.15. Carte de MSAVI (SPOT 5)	39
Figure III.16. Carte de MTVI (SPOT 5)	39
Figure III.17. Carte de NDGI (SPOT 5)	40
Figure III.18. Carte de NDSI (SPOT 5)	40
Figure III.19. Carte de RDVI (SPOT 5)	41
Figure III.20. Carte de SARVI (SPOT 5)	41
Figure III.21. Carte de SAVI (SPOT 5)	42
Figure III.22. Carte de TNDVI (SPOT 5)	42
Figure III.23. Carte de WV-VI (SPOT 5)	43
Figure III.24. Carte de SR (SPOT 5)	43
Figure III.25. Les zones de testes	44

Liste des Tableaux

Tableau II.1. Bandes spectrales OLI de Landsat 8	19
Tableau II.2 Bandes spectrale de SPOT-5.....	21
Tableau II.3. Les principaux indices spectraux de la végétation.....	23
Tableau III.1. Données spatiales utilisées	30
Tableau III.2.Caractéristiques de la partie Nord de la scène SPOT-5.....	32
Tableau III.3.Caractéristiques de la partie sud de la scène SPOT-5.	33
Tableau III.4. Outils et matériels utilisés lors des traitements des données	34
Tableau III.5. Présentation des résultats des indices des végétations dans les zones de testes	49

1. Contexte général

Les Hautes Plaines steppiques algériennes sont des régions à vocation essentiellement pastorale. Elles connaissent aujourd'hui une forte tendance à la dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques. Les nombreuses études phytoécologiques et pastorales entreprises dans ces régions ont permis d'évaluer et de cartographier les ressources naturelles disponibles. Des études diachroniques ont été réalisées dans le but de quantifier l'intensité de leur dégradation et de définir les facteurs qui en sont responsables.

Les steppes algériennes sont dominées par 4 grands types de formations végétales: les formations à alfa (*Stipa tenacissima*), à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), à sparte (*Lygeum spartum*) et à remt (*Hamada scoparium*). Les formations azonales sont représentées par les espèces psammophiles et les espèces halophiles.

L'utilisation de la télédétection spatiale pour l'observation et la cartographie de la végétation peut aider à suivre l'évolution ou la dégradation des steppes algériennes d'où les indices de végétation existants, ont été développés pour évaluer qualitativement et quantitativement les couverts végétaux à partir des mesures spectrales. La réponse spectrale enregistrée au-dessus d'une surface végétale, représente la contribution d'un mélange de la végétation, du sol, et de l'effet de l'environnement.

Partant du principe d'une forte corrélation entre les propriétés optiques des végétaux et leur teneur en chlorophylle, les indices de végétation exploitent la différence des réponses spectrales du sol et de la végétation entre différents domaines de longueur d'onde.

Ils permettent ainsi de déterminer certaines variables caractéristiques du couvert : l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photo-synthétiquement actif absorbé, le contenu en eau, les déficiences minérales, les attaques parasitaires par exemple. La plupart des indices de végétation utilisent simplement des combinaisons de bandes deux à deux, en général les bandes rouges (R) et proches infrarouge (PIR).

Ce choix provient du fort contraste entre les réflectances spectrales de la végétation verte et du sol entre ces deux bandes spectrales : la chlorophylle absorbe fortement le rayonnement lumineux dans le rouge alors qu'elle réfléchit plus dans le proche infrarouge. Typiquement, la réflectance d'un couvert végétal est d'autant plus faible dans le visible que son activité photosynthétique est grande, alors qu'elle croît dans le PIR avec l'augmentation de l'indice de surface foliaire.

On peut réunir les indices de végétation en deux groupes principaux :

- les indices de type rapport (RVI, NDVI, SAVI, TSAVI, ...),
- les indices de type distance (PVI, WDI, ...),

2. Objectif assigné au PFE

L'objectif principal de cette recherche porte sur la cartographie de la végétation en milieu steppique par :

- L'utilisation des différents indices de végétation.
- La caractérisation et le suivi de la végétation à l'échelle de la commune d'El-Bayadh par l'utilisation des images satellitaires à haute résolution spatiale telles que les images SPOT5 (cartographie à moyenne échelle), et de résolution grossière LANDSAT8 (cartographie à petite échelle).

3. Déroulement du projet

Les travaux du PFE sont effectués selon les phases suivantes :

- Recherche bibliographique : synthèse des documents abordant des problématiques similaires afin de recenser les solutions possibles.
- Collecte des données et visites des organismes étatiques. Nous signalons que nous avons rencontré des problèmes pendant la phase de collecte des données en ce qui concerne leur disponibilité, leur qualité ou le manque d'information. Par conséquent un temps considérable a été consacré.
- Analyse et prétraitements des données.
- Etude comparative et synthèse.

4. Structuration du document

Le présent mémoire est structuré en trois chapitres, dont le premier résume les concepts liés aux steppes Algériennes et leur caractérisation.

Des notions générales sur la télédétection, les capteurs, et les principes d'analyse d'image par le calcul des indices de végétation, font l'objet du second chapitre.

Le troisième chapitre est consacré à l'application de la méthode et les principaux résultats obtenus sur deux images (LANDSAT8 et SPOT5).

Chapitre I

Les Hautes Plaines steppiques algériennes

I.1. Introduction

Les Hautes Plaines steppiques algériennes sont des régions à vocation essentiellement pastorale. Elles connaissent aujourd'hui une forte tendance à la dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques. Les nombreuses études phytoécologiques et pastorales entreprises dans ces régions ont permis d'évaluer et de cartographier les ressources naturelles disponibles. Des études diachroniques ont été réalisées dans le but de quantifier l'intensité de leur dégradation et de définir les facteurs qui en sont responsables. [01]

I.2. Définitions :

I.2.1. Définition de végétation :

La végétation naturelle, pratiquement seule source de matière organique est indispensable à la formation et à l'évolution des sols. Synthétisée au niveau des organes aériens, la matière organique est restituée au sol :

- sous forme de litière.
- par la décomposition sur place du système racinaire.

A cet égard, la différence est grande entre la végétation forestière et la végétation de steppe. [02]

I.2.2. Définition de steppe :

Le terme de « steppe » semble avoir été utilisé pour la première fois par les auteurs russes: « les steppes, en tant que type de végétation, comprennent les associations d'herbacées vivaces microthermiques et xérophiles (résistantes au froid et à la sécheresse), parmi lesquelles les Graminées cespitueuses tiennent la première place». Selon cet auteur, les steppes se répartissent en divers types, des « vraies steppes » aux « steppes-prairies » en passant par les « steppes désertiques » et les « steppes semi savanes ». [03].

I.3. Présentation de la steppe algérienne :

En Algérie, la steppe constitue une vaste région qui s'étend entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, couvrant une superficie globale de 20 millions d'hectares (**Figure I.1**). Formant un ruban de 1 000 Km de long, sur une largeur de 300 Km à l'Ouest et au centre réduite à moins de 150 Km à l'Est. Les limites de cette zone s'appuyant sur les critères pluviométriques entre 100 et 400 mm de pluviométrie moyenne annuelle. Des spécialistes de l'Afrique du Nord s'accordent généralement pour limiter la steppe aux mêmes critères pluviométriques à savoir les isohyètes. Ces seuils se justifient par des considérations à la fois biogéographiques et agronomiques.

D'une façon globale, la steppe présente un aspect dominant caractérisé par de grands espaces pastoraux à relief plat et à altitude élevée supérieure à 600 m, divisés par des lits des oueds parsemés de dépressions plus ou moins vastes et de quelques masses des chaînes montagneuses isolées. La steppe englobe douze wilayates : Biskra, Khenchela, El Bayadh, Djelfa, Naâma, Tiaret, Tébessa, Laghouat, Saïda, M'sila, Souk-Ahras, et Batna. [04]

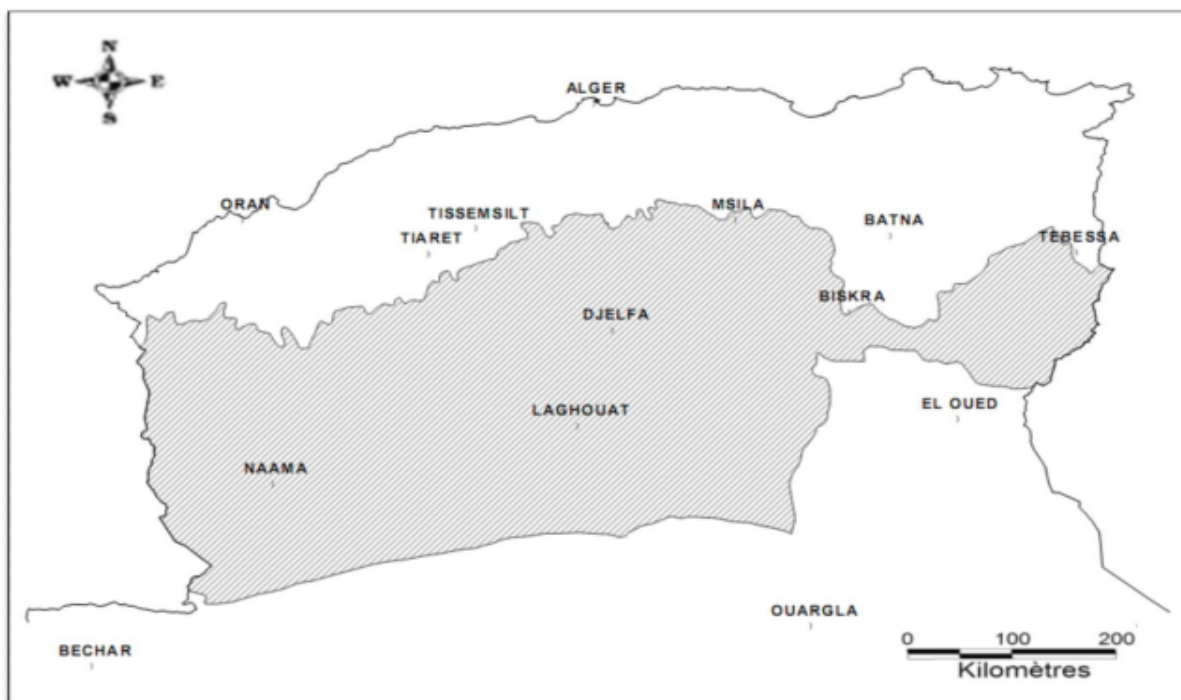


Figure I.1 .Délimitation de la steppe algérienne.[04]

I.4 . Le milieu physique :

I.4.1. Le climat :

I.4.1.1. La pluviométrie :

Sur la steppe, non seulement il pleut peu, mais encore il pleut mal. Les pluies y sont très irrégulières et tombent sous forme de grosses averses. La pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 250 mm/an est faible.

Selon KHELIL (1997), les précipitations subissent une baisse vers l'Ouest (Ain Sefra) par suite de la présence du grand Atlas marocain, elles augmentent progressivement vers le centre (El Bayadh, Aflou, Djelfa) puis diminuent vers Boussaâda et M'sila dominées par l'influence de l'enclave saharien du Hodna. Elles diminuent encore plus vers le piémont sud de l'Atlas Saharien (Laghouat) décroissent rapidement dès que l'on s'éloigne de la flexure sud atlasique vers le Sud. Les massifs montagneuses dont les monts des Ouled Naïl et Djebel Amour sont relativement plus arrosées, ils sont les plus favorisés avec des précipitations dépassent 400 mm/an et où les crêtes reçoivent jusqu'à 600 mm/an.

I.4.1.2. La température :

La température joue un rôle important dans la vie des végétaux et des animaux. Il s'agit surtout des températures extrêmes. Le régime thermique de la steppe est de type continental, l'amplitude thermique annuelle est généralement supérieure à 20°C d'après LE HOUEROU (1977), cité par KHELIL (1997). Les gelées de la saison froide inhibent la poussée de la végétation, ce qui amène les éleveurs à se déplacer vers les parcours sahariens à température plus chaude (Azzaba). Les températures très élevées de la saison estivale inhibent également le développement de la

végétation, ce qui amène les éleveurs cette fois à se déplacer vers le Nord pour gagner les plateaux céréaliers (Achaba).

I.4.1.3. Autres facteurs climatiques :

- Les gelées constituent l'un des facteurs climatiques les plus contraignants des zones steppiques. Cette contrainte est directement liée à la température de la saison froide.

- Le sirocco est aussi une contrainte climatique importante en saison estivale.
- Les vents dominants de direction Ouest et Nord-ouest sont souvent suivis d'orages.
- La neige tombe sur les régions de haute altitude (monts des Ouled Naïl).

I.4.2. Hydrographie et ressources hydriques :

Le réseau hydrographique est fortement influencé à la fois par les variations saisonnières et interannuelle de la pluviométrie et aussi le relief de la steppe. (KHELIL, 1997). La plupart des oueds de la steppe sont irréguliers, secs en été avec toutefois des crues violentes le plus souvent en début et à la fin de l'hiver, et parfois en été. Ces crues causent beaucoup des problèmes d'érosion des terres et aussi de perte non négligeable de nombre de têtes des animaux qui pâture. La plupart des oueds de la steppe ne poursuivent jamais leurs cours jusqu'à la mer et se perdent dans les grandes dépressions et chotts.

Dans les régions steppiques les ressources hydriques sont faibles, peu renouvelables et inégalement réparties. Selon MADR (2008), les ressources hydriques sont constituées par :

- Les eaux superficielles provenant des précipitations orageuses et qui représentent un volume annuel de **40 milliards de m³** dont une infime partie est mobilisée par des ouvrages, l'essentiel des apports disparaît par évaporation et infiltration..
- Les eaux souterraines dont le potentiel est évalué à 1,4 milliard de m³ et qui constitue la seule ressource fiable, utilisée pour les besoins humaines, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation des cultures. Cette ressource est d'une part peu étudiée, hormis sur les périmètres de Oued Touil et du Hodna, et d'autre part anarchiquement exploitée ; en témoigne le nombre important de puits devenus non fonctionnels par la baisse du niveau des nappes alluviales et phréatiques suite à la multiplication des forages.

I.4.3 .Les sols :

« Le sol est l'élément de l'environnement dont la destruction est souvent irréversible et qui entraîne les conséquences les plus graves à courts et à long terme » HALITIM (1985), cité par KHELIL (1997). Ce dernier dit que POUGET (1980), note une grande diversité des sols de la région steppique : sols minéraux bruts, sols peu évolués, vertisols, sols calcimagnésiques, sols hydromorphe et sols halomorphes...etc.

Il note aussi que la répartition des sols steppiques correspond à une mosaïque compliquée où se mêlent les sols anciens, les sols récents, les sols dégradés et les sols évolués. Ces sols présentent deux caractéristiques essentielles :

- Pauvreté générale et fragilité, prédominance de sols minces, de couleur grise à cause de la rareté de l'humus. Ces sols sont les plus exposés à l'érosion.
- Existence de bons sols dont la superficie est limitée et la localisation est précise (lits d'oueds et dayas, piémonts de montagnes).

Selon AUBERT (1980), cité par KHELIL (1997), les sols des régions arides posent d'énormes problèmes de mise en valeur. Ils présentent souvent des croûtes calcaires ou gypseuses et sont la plupart du temps salés et sujets à l'érosion et à une salinisation secondaire. par rapport à cette dernière caractéristique des sols de la région steppiques HALITIM (1985), cité par KHELIL (1997), note que la mise en valeur de ces sols très souvent peu fertiles pour contrôler l'érosion nécessite des recherches longues et approfondies pour développer une base technique et scientifique de protection et d'aménagement de ces régions. [04]

I.5 . Les grands types de végétation:

La végétation naturelle de la steppe est caractérisée par une couverture basse et clairsemée, plus ou moins dégradée, bien que l'on rencontre sur les reliefs des formations forestières à base de Pin d'Alep associé au Chêne-vert et au Genévrier. Les steppes algériennes sont dominées par quatre grands types de formations végétales naturelles :

I.5.1.Les formations à *Stipa tenacissima* (Alfa ou Halfa) :

Les formations à Alfa (*Stipa tenacissima*) qui couvrent une superficie de 4 millions d'hectares présentent une forte amplitude écologique. On les retrouve en effet dans les bioclimats semi arides à hiver frais et froid, et dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude. La production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/ha mais la partie verte qui est la partie exploitable a une production de 1000 à 1 500 kg MS/ha. L'alfa présente une faible valeur fourragère de 0,3 à 0,5 UF/Kg MS. Cependant, les inflorescences sont très appréciées (0,7 UF/Kg MS). La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 UF/ha selon le recouvrement et le cortège floristique (AIDOUUD et NEDJRAOUI, (1992). [04]



Figure I.2 : steppe à alfa [06].

I.5.2 . Les formations à *Lygeum spartum* (sparte ou sennagh) :

Les formations à sparte (*Lygeum spartum*) occupent 2 millions d'hectares, rarement homogènes. Ces formations sont soumises à des bioclimats arides supérieurs et moyens à hivers froids et frais. L'espèce *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). Les steppes à sparte sont peu productives avec une production moyenne annuelle variant de 300 à 500 kg MS/ha, mais elles constituent cependant des parcours d'assez bonne qualité. Leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces, elle est de 110 UF/ha/an en moyenne (NEDJRAOUI, 2001). [04]



Figure I.3 : *Lygeum spartum* [07].

I.5.3 . Les formations à *Artemisia herba -alba* (Armoise blanche ou chih) :

Les formations à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) qui recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions. La production primaire varie de 500 à 4 500 kg MS/ha avec une production annuelle totale de 1 000 kg MS/ha. La production annuelle consommable est de 500 kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. L'armoise ayant une valeur fourragère moyenne de 0,65 UF/kg MS, les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons, en été et en hiver où elle constitue des réserves importantes. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale, en particulier ovine. Le type de faciès dégradé correspond à celui de *Peganum harmala* dans les zones de campement des éleveurs et autour des points d'eau (NEDJRAOUI, 2001). [04]



Figure I.4: Buisson d'Artemisia herba-alba en Arabie Saoudite [07].

I.5.4. Les formations à Hammada scoparia (Remt) :

Les formations à Remt (*Arthrophytum scoparium*) forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5 %. Les mauvaises conditions de milieu (conditions édapho-climatiques) font de ces steppes des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La valeur énergétique de l'espèce est de l'ordre de 0,2 UF/kg MS. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 kg MS/ha et la productivité pastorale est

comprise entre 25 et 50 UF/ha/an. Ce type de steppe est surtout exploité par les camelins (NEDJRAOUI, 2001).



Figure I.5 :Hammada scoparia (Remt) [07].

En ce qui concerne la végétation forestière, celle-ci se localise sur les versants de l'Atlas Saharien et couvre environ 1 400 000 Ha. [04]

I.6 . Les facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques :

Depuis une trentaine d'années, l'écosystème steppique a été complètement bouleversé, tant dans sa structure que dans son fonctionnement à travers sa productivité primaire. On assiste à un ensablement progressif allant du voile éolien dans certaines zones à la formation de véritables dunes dans d'autres. [05]

La réduction du couvert végétale et le changement de la composition floristique sont les éléments qui caractérisent l'évolution régressive de la steppe. [05]

I.6.1.Facteurs physiques :

I.6.1.1.Sécheresse :

En générale la pluviométrie moyenne annuelle est faible (100 à 400mm) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averse) et leur aspects orageux. [05]

Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviométrie annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. De longues observations sur le terrain ont démontré qu'une aridité croissante provoque une détérioration des caractéristiques du sol donnant lieu à un processus de désertification observé notamment dans le sud oranais et le sud algérois. [05]

I.6.1.2. Erosion éolienne :

L'action de l'érosion par le vent accentue le processus de désertification, elle varie en fonction du couvert végétale. Ce type d'érosion provoque une perte de sol de 100 à 250 tonnes/ha/an dans les steppes défrichées. [05]

I.6.2. Facteurs anthropiques (humains) :

I.6.2.1. Le surpâturage :

Le surpâturage est défini comme étant un prélèvement d'une quantité de végétal supérieur à la production annuelle des parcours. La majeure partie de la population steppique tire ses revenus à travers la pratique de l'élevage d'un cheptel principalement ovin. L'exploitation permanente des pâturages naturels, utilisant une charge animale nettement supérieurs au potentiel de production des parcours, à pour effet de réduire leur capacité de régénération naturelle. [05]

Cette sur exploitation est aggravée par l'utilisation des moyens de transport puissants et rapides qui permettent la concentration d'effectifs importants du cheptel au niveau des zones fraîchement arrosées sans laisser pour cela le temps nécessaire à la végétation de se développer (piétinements, surcharge, plantes n'arrivant pas à boucler leurs cycles...).[05]

Depuis 1975, l'effectif du troupeau ovin au niveau des zones steppiques a pratiquement dépassé le double en l'espace de 20 ans, allant de 8500.000 têtes en 1978 à plus de 15 millions de têtes en 1999, ce qui respecte 83% du cheptel national. [05]

En absence d'un couvert broussailleux suffisant, la disponibilité en fourrage dépend seulement des plantes herbacées annuelles, elles-mêmes tributaire des précipitations, habituellement irrégulières.

Cette croissance du cheptel n'a été possible que par une alimentation de plus en plus basée sur les concentrés, ceux ci représentent actuellement plus de 50% de la ration des ovins dans l'ensemble de la région. [05]

I.6.2.2 . Défrichement et extension de la céréaliculture :

Au cours des années 70, l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation du tracteur à disques pour le labour des sols à texture grossière fragile. Les labours par ces derniers constituent en un simple grattage de la couche superficielle accompagné de la destruction quasi totale des espèces pérennes. Ces techniques de labour ont aussi une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible. [05]

Compte tenu des terres laissées en jachère, la superficie labourée en milieu steppique est estimée à plus de 2 millions d'hectares, la plus grande partie de ces terres se situe sur des sols fragiles en dehors des terres favorables des fonds d'oueds ou de Dayates. [05]

Cette culture épisodique détruit les plantes vivaces qui sont remplacées par des espèces annuelles incapables de retenir le sol. Le Houerou estime que le degré de recouvrement des pérennes de la végétation steppique a diminué d'environ 25% en moyenne à moins de 5%. [05]

I.6.2.3 . Eradication des espèces ligneuses comme combustibles :

Les besoins en combustible pour la cuisson des aliments et le chauffage, amènent les habitants de la steppe à déraciner les espèces ligneuses, même parfois de petite taille (Armoise). D'après Le Houerou la consommation moyenne de bois de feu est de 1.5kg de matière sèche par personne et par jour. [05]

I.7. Conclusion :

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

Les techniques de cartographie numérique, depuis les traitements des images satellitaires jusqu'aux systèmes d'information géographique (SIG) pour la réalisation des cartes thématiques, pouvant mettre en relief cette calamité. L'utilisation des approches basées sur l'exploitation des données satellitaires nous a permis l'obtention d'un ensemble de cartes des indices de végétation qui, à leur tour, nous ont aidés à apercevoir les changements parvenus dans le milieu steppique. Le deuxième chapitre présente des notions générales sur l'apport de la télédétection dans la cartographie du couvert végétal à partir des indices de végétation.

Chapitre II

Télédétection et indices de végétation

II. 1.Introduction

La réalisation de cartes de la végétation à l'aide de données de télédétection spatiale repose sur la possibilité de reconnaître, à partir de leurs caractéristiques radiométriques, des types de végétation selon des critères de classification «traditionnels».

Les principes de l'utilisation de la télédétection spatiale pour l'observation et la cartographie de la végétation peuvent être résumés de façon relativement simple. Les spécialistes de la végétation s'intéressent essentiellement à deux ou trois bandes spectrales dont sont équipés les principaux capteurs satellitaires. La bande visible rouge (VIS), dans les longueurs d'onde de 0,6 à 0,7 μm environ, est intéressante car elle inclut les longueurs d'onde du rayonnement photo synthétiquement actif : elle correspond à la zone de forte absorption par les pigments photosynthétiques des plantes. Dans la bande proche infrarouge (PIR), de 0,7 à 1 μm environ, on observe un minimum d'absorption des radiations par les végétaux, mais un maximum de réflexion due aux propriétés anatomiques des feuilles, notamment aux cuticules et aux discontinuités des mésophylles. De plus, au delà de 1,4 μm , le comportement spectral des végétaux est fonction de leur teneur en eau. Un végétal en bon état sanitaire présente de fortes diminutions de sa réflectance autour de 1,45 μm et de 1,9 μm . Au contraire, un stress hydrique provoque une atténuation de ces bandes d'absorption.

Les indices de végétation dérivée des données de télédétection constituent une information de base précieuse pour la gestion de l'environnement végétal. Ainsi, l'indice de végétation est un indicateur de l'état de l'environnement végétal urbain et constitue une information potentielle originale et utile aux urbanistes et aux aménageurs responsables de la protection des milieux naturels (**Bannari, 1996**).

II.2. Notion fondamentale de La Télédétection

II.2.1. Définition

Le mot Télédétection, Remote Sensing en anglais, désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'acquisition à distance d'informations sur la surface terrestre, principalement fondée sur l'analyse d'images obtenues dans différentes gammes de longueurs d'onde à partir d'aéronefs ou de satellites. La télédétection est définie comme l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets.

La télédétection en globe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information. (BENHADJ, 2008, ALHASKEER, 2012). [08]

II.2.2. Principes

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles .

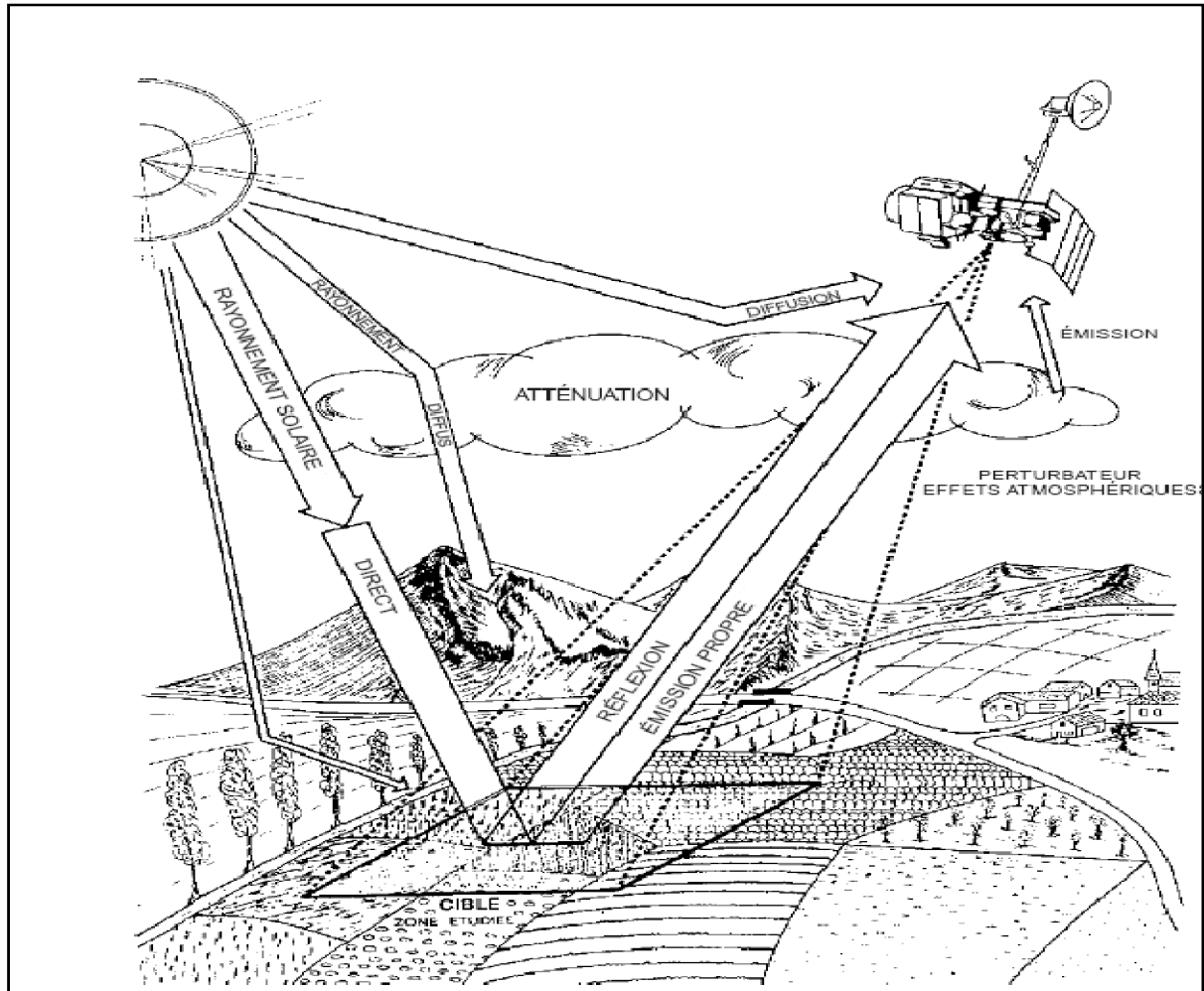


Figure II.1.Principe de la télédétection. [09]

Dans le domaine optique, la source de rayonnement est le soleil. Le pixel réfléchit partiellement l'énergie radiative qu'il reçoit. Au niveau du pixel, le rayonnement le plus important, appelé rayonnement direct provient du soleil.

D'autres rayonnements de plus faible intensité lui parviennent également : le rayonnement diffusé par l'atmosphère et le rayonnement dit indirect réfléchi par le relief environnant ; Pour analyser le rôle du pixel, il conviendrait de considérer à la fois les rayonnements réfléchis et émis.

Le pixel réfléchit les rayonnements qu'il reçoit dans toutes les directions. Seule la partie perçue sous le champ de vue parvient au radiomètre. La luminance réelle du pixel, celle que mesurerait un radiomètre à proximité sans aucun effet parasite sur la mesure.

Traversant l'atmosphère, le rayonnement subit une atténuation due aux interactions d'absorption et de diffusion. Rappelons que ces interactions sont dépendantes de la teneur en aérosol de l'atmosphère et de la longueur d'onde. D'autres rayonnements, peuvent également être reçus par le détecteur, ceux réfléchis directement par la présence d'aérosols.

Cette luminance apparente est transformée ensuite par le radiomètre en un élément de l'image, ces remarques restent valables pour des systèmes de télédétection se situant dans l'atmosphère, à plus basse altitude. Les influences atmosphériques en seront simplement réduites. [09]

II.2.3. Les signatures spectrales

L'analyse du signal électromagnétique réfléchi ou émis par une surface permet d'en caractériser la composition. Dans le domaine spectral de la télédétection optique, l'émission est prépondérante dans l'infra rouge thermique (IRT) alors que le phénomène de réflexion est prédominant dans le visible. On s'intéresse alors aux albédos de différentes classes d'occupation du sol : les surfaces en eau, les surfaces minérales et les surfaces végétales.

La réflectance assez basse des surfaces en eau dans le domaine visible (en particulier dans le vert et le rouge) est due principalement à l'absorption. Cependant, elle peut être modifiée par la présence de matière en suspension ou (la matière organique dissoute, augmentant l'absorption du bleu (Guyot. 1989). Par contre, la réflectance est quasi nulle dans l'infra rouge. Ces différents aspects permettent d'identifier les zones aquatiques à partir d'images optiques. Les surfaces minérales naturelles ou artificielles ont (les réponses caractéristiques (Bonn et Hochon. 1993), essentiellement fonction de :

- leur nature.
- leur teneur en eau.
- leur teneur en minéraux.
- leur rugosité.

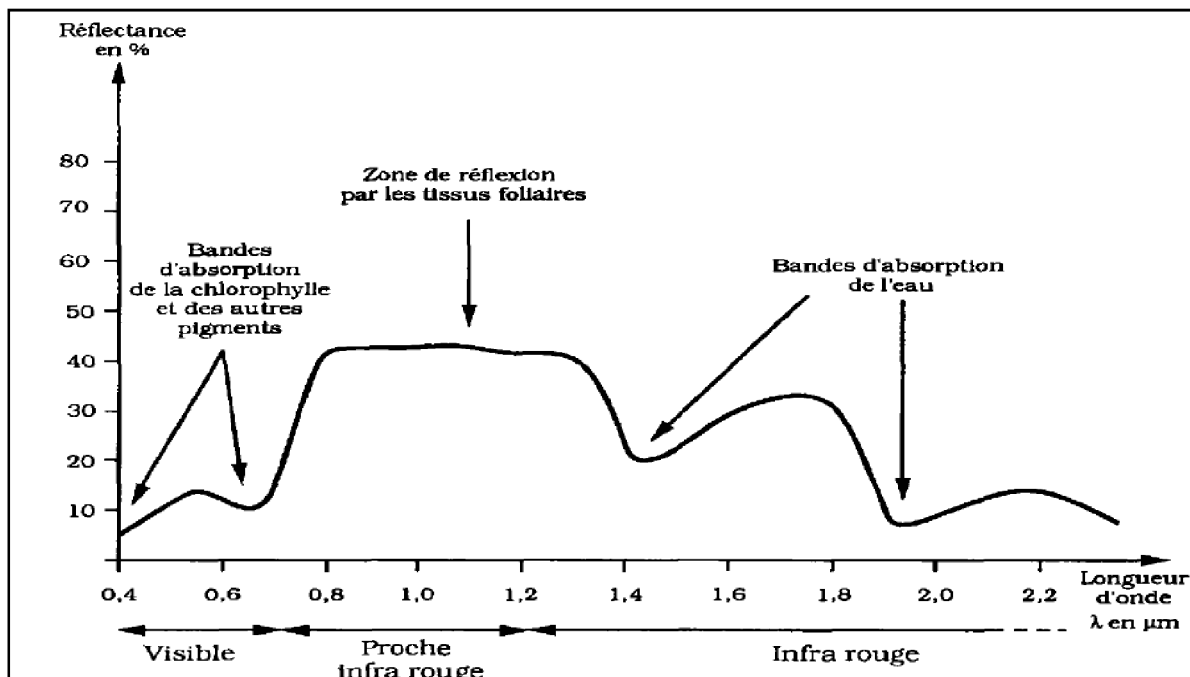


Figure II.2. Courbe théorique de réflectance de la végétation verte [11]

Pour les surfaces minérales artificielles, on retiendra notamment l'exemple des zones industrielles et commerciales qui présentent des réflectances très fortes dans le visible. [10]

La végétation présente une signature spectrale mettant en évidence une opposition significative entre le visible et le proche infra rouge (**Figure. II.3**). Cette caractéristique provient de l'activité chlorophyllienne et de la présence d'eau dans les feuilles. Une difficulté de la végétation est la variation au cours des saisons de sa signature : au maximum de la période végétative, l'écart entre le rouge et l'infra rouge est maximal; alors qu'en cas de stress hydrique ou à la sénescence. L'inflexion nette (généralement appelé *rededge*) de la signature dans le rouge tend à s'atténuer. Et le passage du visible vers infra rouge se fait plus continûment (Carter et Miller. 1991). [12]

II.2.4. La réflectance des végétaux :

La composition des feuilles joue un rôle essentiel dans la signature spectrale de la végétation. L'énergie d'un rayon incident a plusieurs devenir lorsque celui-ci traverse une feuille. Elle peut soit être:

- ✓ Absorbée pour la photosynthèse
- ✓ Transmise au travers de la feuille
- ✓ Réfléchi par la feuille
- ✓ Transformée sous forme de chaleur
- ✓ Transformer en fluorescence

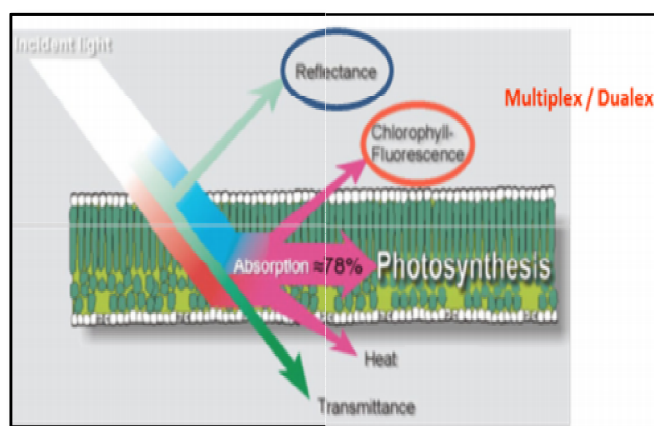


Figure II.3. Schéma du devenir d'un rayon Lumineux traversant une feuille [13]

Les pigments chlorophylliens absorbent la majeure partie du rayonnement visible qui leur parvient. La réflectance est alors globalement faible.

Dans le proche infrarouge, la chlorophylle absorbe moins les longueurs d'ondes. La réflectance est alors plus élevée. Sa valeur dépend de la structure des tissus ainsi que de la structure générale de la canopée. Dans ce domaine spectral, la végétation chlorophyllienne a toujours des valeurs de réflectance plus fortes que les autres objets (sols, eau, minéraux...). Dans l'infrarouge moyen la teneur en eau des feuilles modifie la signature spectrale de la végétation. Ce domaine de longueur d'onde est utile pour mesurer des plantes en état de stress hydrique. [13]

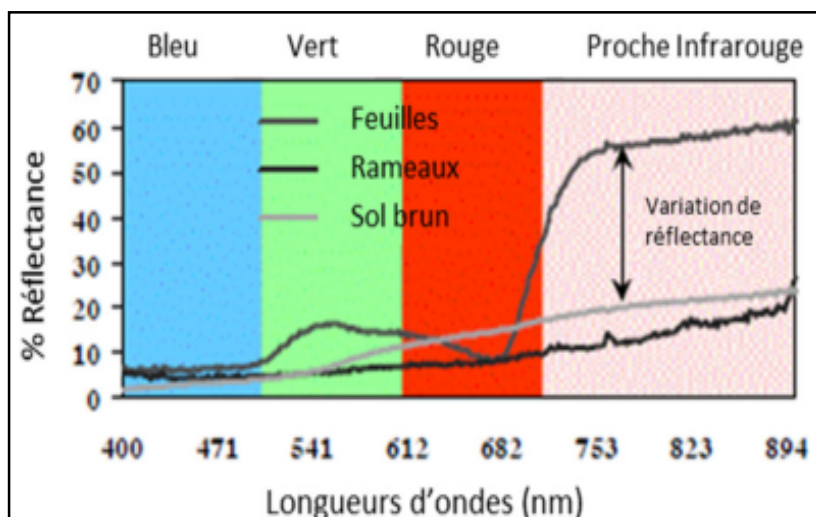


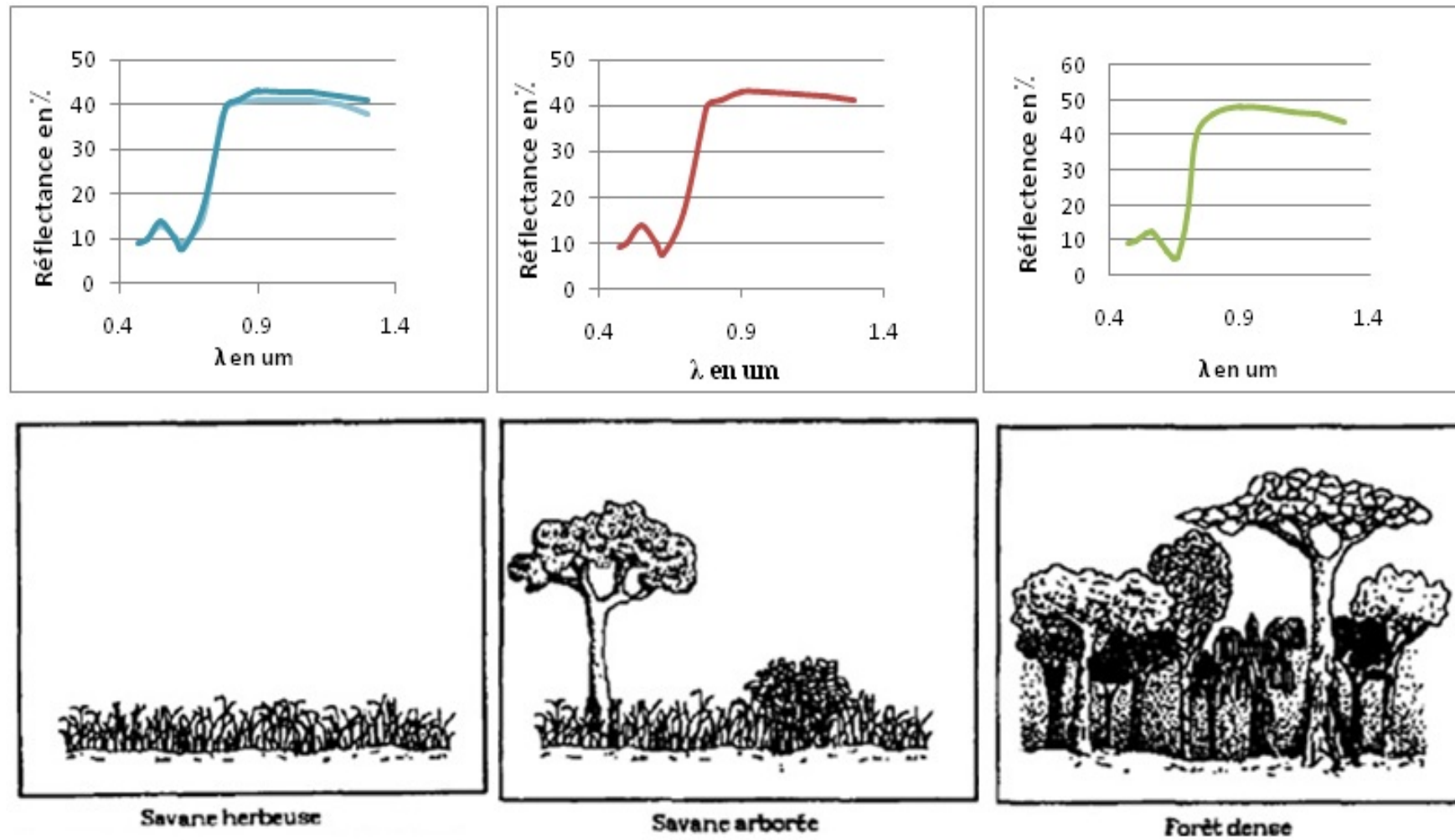
Figure II.4. Courbes de réflectance des feuilles, rameaux de vignes de Cabernet Sauvignon, et d'un sol brun à différentes longueurs d'ondes (Lamb et al., 1999). [13]

La majorité des indices de végétation sont basés sur la différence de réflectance dans le visible et dans le proche infrarouge.

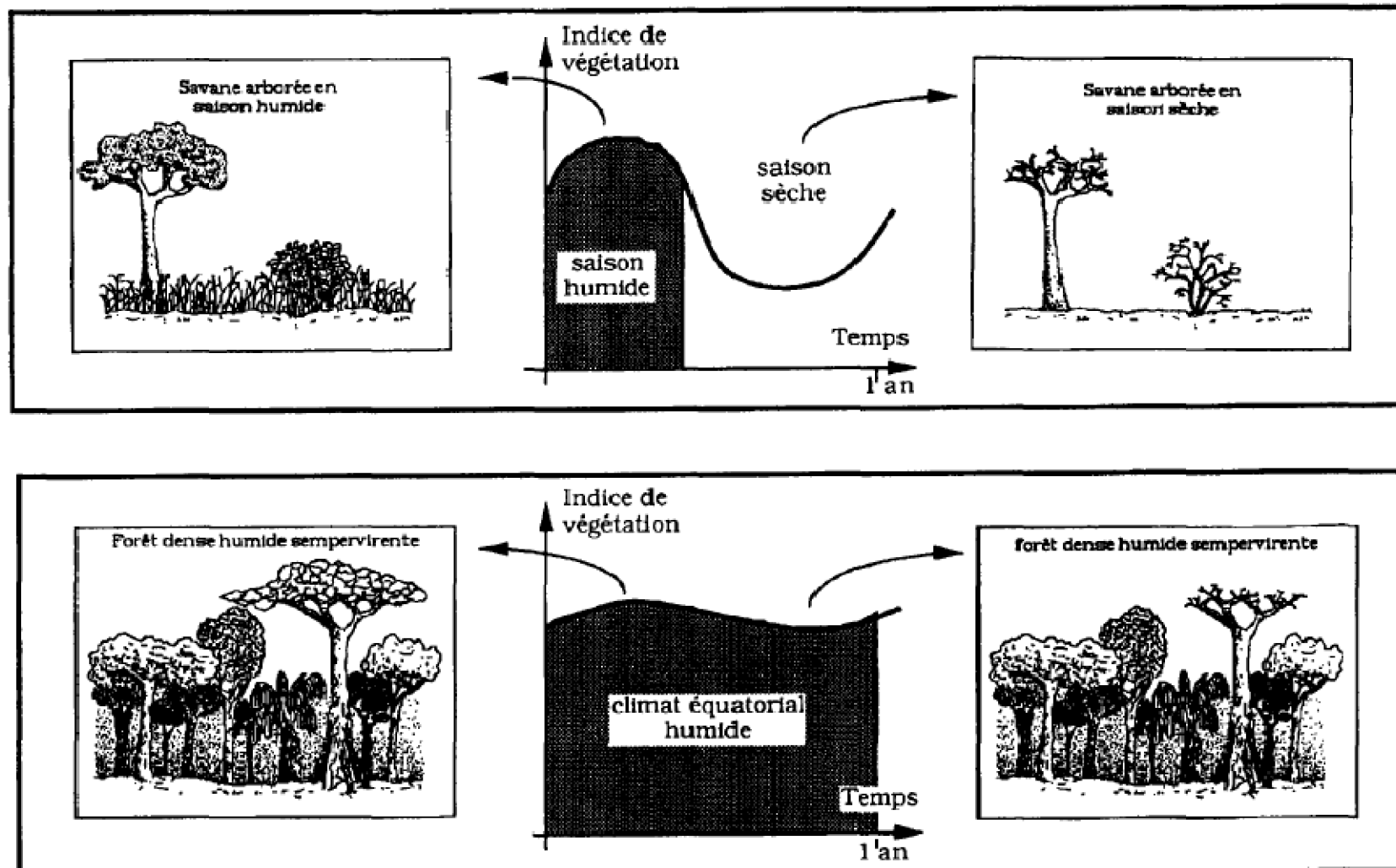
II.2.5. Comportement spectral des végétaux

L'allure des courbes de réflexion et d'absorption du spectre lumineux par les végétaux, présentée dans la figure II.2, est toujours la même. On observe cependant des variations en fonction des paramètres suivants. Des individus d'espèces différentes présentent des réponses spectrales différentes. A fortiori il faut distinguer les comportements spectraux de peuplements monospécifiques et plurispécifiques. La télédétection doit donc permettre de différencier des couverts végétaux selon leur composition spécifique, c'est-à-dire sur des critères floristiques. De plus, des feuilles isolées, des feuillages ou des ensembles d'individus, simples ou en mosaïque, n'ont pas le même comportement spectral. La configuration géométrique du couvert, par exemple l'orientation des feuilles, le pourcentage de couverture du sol (que l'on assimile souvent abusivement à l'indice de surface foliaire), la structure et la hauteur des végétaux, ont une influence sur les réponses spectrales. Un second critère de différenciation des couverts végétaux sera donc la physionomie des peuplements observés. Enfin, au cours de leur développement, les végétaux présentent des caractéristiques foliaires et de photosynthèse différentes, notamment en relation avec les variations saisonnières du climat. La phénologie des végétaux est donc aussi un facteur de variation du comportement spectral.

La cartographie de la végétation repose donc sur l'étude des variations spatiales et temporelles des réponses radiométriques des végétaux, comme l'illustrent les figures II.5 et II.6. [11]



figures II.5 : Exemple d'utilisation des variation des réponse radiométriques pour la discrimination des couverts végétaux [10].



figures II.6 : Exemple d'utilisation des variation temporelles des réponse radiométriques pour la discrimination des couverts végétaux [10].

II.2.6. Satellite d'observation de la Terre

Les satellites d'observation de la Terre varient selon leur type d'orbite, leur charge utile et, du point de vue des instruments d'imagerie, de la résolution spatiale des capteurs, de leurs caractéristiques spectrales et de la largeur de leur bande d'acquisition. Tous ces paramètres sont configurés au début de la phase de définition de la mission en fonction de l'application à laquelle est destiné le satellite.

Il existe des nombreux satellites d'observation de la Terre mais dans notre cas nous citons deux que on va utiliser par la suite dans notre application.

II.2.6. 1.LANDSAT:

A ce jour, la série des satellites Landsat comporte six satellites. Les trois premiers étaient équipés de scanners multispectraux (MMS) d'une résolution spatiale de 80 mètres et d'une résolution spectrale de 4 canaux dans les plages visible et quasi-infrarouge.

En outre, les satellites Landsat 4 et 5 sont équipés d'un « Thematic Mapper » (TM), qui possède sept canaux, dont un dans l'infrarouge thermique. La résolution spatiale est de 30 mètres.

Autrement dit, chaque pixel correspond à une surface de 30m x 30m sur la surface de la Terre.

Du fait de leur résolution spectrale élevée, les tout derniers satellites Landsat ont été considérés comme dotés des meilleurs capteurs pour le classement des zones et ont largement contribué au développement de ce domaine. Ils sont équipés de trois canaux dans le spectre visible (bleu, vert et rouge) et de trois canaux dans le proche infrarouge, où l'atmosphère est la plus translucide.

Donc on obtient quatre générations du satellite Landsat, Première génération LANDSAT 1, 2, 3, Deuxième génération LANDSAT 4, 5, Troisième génération Landsat-7, et la quatrième génération LANDSAT 8 nouvel héritier des satellites américains d'observation de la Terre, était lancé le 11 février 2013.



Figure II.7. Le satellite LANDSAT 8

Landsat 8 offre 1 bande panchromatique à 15m de résolution, 8 bandes multispectrales à 30m et 2 bandes thermiques à 100m de résolution. [site 01]

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 1 - Aérosols	0,433 - 0,453 μm	30 m
Bande 2 - Bleu	0,450 - 0,515 μm	30 m
Bande 3 - Vert	0,525 - 0,600 μm	30 m
Bande 4 - Rouge	0,630 - 0,680 μm	30 m
Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 - 0,885 μm	30 m
Bande 6 - Infrarouge moyen 1	1,560 - 1,660 μm	30 m
Bande 7 - Infrarouge moyen 2	2,100 - 2,300 μm	30 m
Bande 8 - Panchromatique	0,500 - 0,680 μm	15 m
Bande 9 - Cirrus	1,360 - 1,390 μm	30 m

Tableau II.1. Bandes spectrales OLI de Landsat 8

II.2.6. 2.SPOT :

Le Système Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT) comporte le satellite. Lancé le 21 février 1986, ce satellite peut opérer dans trois bandes spectrales (vert, rouge et quasi-infrarouge) avec une résolution de 20 mètres.

En outre, SPOT est équipé d'un scanner panchromatique. Autrement dit, il balaye dans une bande qui comporte les plages verte et rouge de la lumière visible. La résolution spatiale de ce capteur est de 10 mètres, la résolution la plus élevée pendant des années pour un capteur non militaire.

SPOT comporte une fonctionnalité spéciale : il peut être programmé pour « regarder de côté » et balayer la même bande deux fois lors de deux survols consécutifs. Les deux angles visuels différents sur la même zone produisent un effet stéréoscopique, qui permet de cartographier les conditions de niveau.

Grâce à ses deux canaux visuels et son canal proche infrarouge, SPOT est l'outil idéal pour la cartographie de la végétation de petites surfaces locales.

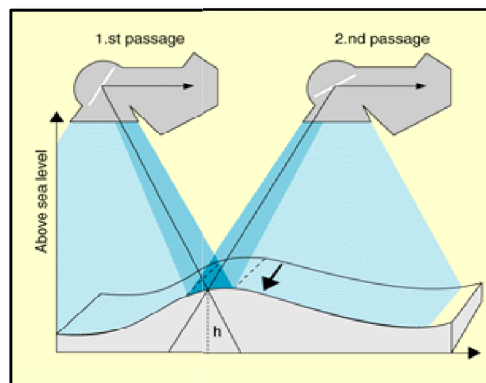


Figure II.8. La détection stéréoscopique par SPOT

Comme le satellite Landsat, SPOT est composé d'une série de satellites en quatre générations :

➤ Première génération SPOT 1, 2, 3 :

Résolution des images de l'instrument HRV (Haute Résolution Visible) 10 mètres en panchromatique (canal couvrant le domaine visible du spectre électromagnétique), et 20 mètres en multispectral (trois bandes dans le vert, le rouge et le proche infrarouge).

➤ Deuxième génération SPOT-4 :

Résolution des images de l'instrument HRVIR (Haute Résolution Visible et Infrarouge) est 10 mètres en mono spectral, dans le canal rouge (SPOT4 ne dispose pas d'un véritable panchromatique). 20 mètres en multispectral (quatre bandes dans le vert, le rouge, le proche infrarouge et le moyen infrarouge)

➤ Troisième génération SPOT-5 :

- 2,5 mètres en super mode panchromatique ;
- 5 mètres en panchromatique ;
- 10 mètres en couleur.
- Capacités d'acquisition de couples stéréoscopiques améliorées, grâce à l'instrument HRS (Haute Résolution Stéréoscopique) ;
- Altitude à l'équateur : 822 km ;
- Inclinaison sur l'équateur : 98,7° ;
- Durée du cycle orbital : 26 jours ;
- Champ de vue : 2x60 km ;
- Lancement : Spot-5 a été lancé le 3 mai 2002.



Figure II.9. Le satellite SPOT-5

Mode	Bande	Bande spectrale	Résolution
Multi spectral	B1	0,50 - 0,59 μm (vert)	10m x 10m
	B2	0,61 - 0,68 μm (rouge)	10m x 10m
	B3	0,79 - 0,89 μm (proche IR)	10m x 10m
	SWIR	1,58 - 1,75 μm (moyen IR)	20m x 20m
M - mono spectral	PAN	0,51 - 0,73 μm	5m x 5m (ou 2,5m en super mode)

Tableau II.2 Bandes spectrale de SPOT-5

➤ Quatrième génération SPOT 6 et 7 :

Spot 6 et 7 sont deux satellites identiques. Bien plus légers que Spot 5 (720 kg par rapport à 3 tonnes), leurs performances n'en sont pas pour autant moins bonnes. L'instrument imageur à leur bord offre en effet le même champ d'observation de 60 km, mais une résolution nettement meilleure, puisqu'on arrive à 1,5 m.

Leur agilité permet d'offrir une capacité d'acquisition de 6 millions de km² par jour. Leur espérance de vie est également améliorée puisqu'ils sont conçus pour opérer 10 ans. La continuité du système devrait donc être assurée au moins jusqu'en 2024. [site 02]

II.3. Indices de caractérisation de la végétation:

Dans la littérature, il existe une quarantaine d'indices de végétation qui ont été développés pour différentes applications et dans des conditions bien particulières, mais qui peuvent être incompatibles avec le milieu urbain.

Les indices les plus fréquemment utilisés dans la documentation peuvent être classés en quatre catégories, [anne-marie barbier, septembre 2006], [chrystelelatry, Septembre 2005]:

1. Les indices intrinsèques, qui sont de simples combinaisons linéaires qui n'incluent aucun facteur externe de correction autre que les réflectances mesurée (sans compensation).
2. Les indices reliés à la droite des sols (**Baret *et al.* 1993**) qui ont été développés afin de minimiser les effets du sol (avec compensation des effets du sol),
3. Les indices avec compensation des effets atmosphériques.
4. Les indices de reconnaissance de la végétation sèche.

II.3 .1.Résumé d'indices de végétation définis à partir de données de télédétection:

Les indices de végétation (tableaux ci dessous) sont des mesures radiométriques de la variabilité spatiale et temporelle de l'activité photosynthétique de la végétation , cette dernière étant en relation avec les variables biophysiques du couvert telles que l'indice de surface foliaire (LAI), la biomasse totale, la vigueur de la végétation, etc. Ces variables sont elles-mêmes en relation avec l'état hydrique de la végétation. Leur calcul est basé sur des combinaisons, linéaires ou non, de valeur de réflectance ou de luminance acquises dans plusieurs bandes spectrales. Ces variables s'appuient

essentiellement sur les différences des propriétés optiques de la végétation dans le rouge et le proche infrarouge. Les réflectances dans le PIR augmentent avec la présence de la végétation, tandis que celles dans le R diminuent.

Symbole	Nom de l'indice	Auteurs	Année	Caractéristiques
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	ROUSE et AL TUCKER	1974 1979	sensibilité aux effets atmosphériques, gamme de variation plus faible, mais sensibilité aux variations angulaires de la visée, selon la position vis à vis du soleil
SR	Simple Ratio	ROUSE et Al	1974	saturation aux forts indices, sensibilité à la contribution spectrale des sols et aux effets atmosphériques
RVI	Ratio Vegetation Index	RICHARDSON et WIEGAND	1977	Corriger les faiblesses de TVI graphiquement
DVI	Différence Vegetation Index	MONGET	1980	forte sensibilité aux variations atmosphériques
TVI	Transformed Vegetation Index	DEERING et AL	1975	essai d'élimination des valeurs négatives, stabilisation de la variance.
TTVI	Thiam's Transformed Vegetation Index	THIAM	1997	Ignorer la première limite de l'équation de CTVI afin d'obtenir de meilleurs résultats.
NRVI	Normalized Ratio Vegetation Index	BARET et GUYOT	1991	Corriger le RVI pour réduire l'effet topographique, illumination des effets atmosphériques et elle crée une distribution normale statistiquement souhaitable.
CTVI	Corrected Transformed Vegetation Index	PERRY et LAUTENSCHLAGER	1984	Corriger les valeurs de TVI
TSAVI 1	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index 1	BARET et Al	1989	Une résistance à la haute humidité de sol spécifiquement conçu pour les régions semi-arides et ne fonctionne pas bien dans les secteurs avec la végétation lourde.

TSAVI 2	Transformed Soil Adjusted Vegetation Index 2	BARET et Al	1991	Réduire au minimum les effets de l'éclat de sol de fond
MSAVI 1	Modified Soil Adjusted Vegetation Index 1	QI et Al	1994	Minimiser d'avantage les effets du sol
MSAVI 2	Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2	QI et Al	1994	Variation du SAVI plus récente qui tente de minimiser davantage l'effet du sol
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	HUETE	1988	Il minimise l'influence du sol dans la réponse spectrale des végétaux. De nombreux indices sont issus de celui-ci pour minimiser l'effet du sol (TSAVI, MSAVI...)
WDVI	Weighted Difference Vegetation Index	RICHARDSON et WIEGAND	1977	Maximise le signal de la végétation et minimise l'effet de sol
TSARVI	Transformed Soil Atmospherically Resistant Vegetation Index	BANNARI et Al	1994	Caractérise mieux l'environnement urbain à végétation éparses et moyennement dense indépendamment des effets de sol, de l'atmosphère et de résolutions spatiale et spectrale du capteur.
GEMI	Global Environment Monitoring Index	PINTY et VERSTRAETE	1992	A pour but une évaluation et une gestion globale de l'environnement sans être affecté par l'atmosphère et le sol.
EVI	Improved Vegetation Index	HUETE	1997	Diminue l'effet des aérosols contenus dans l'atmosphère sur le NDVI et minimise l'effet du sol.

Tableau II.3. Les principaux indices spectraux de la végétation

II.3.2.Choix et caractéristiques des indices de végétation

II.3.2.1.Indice Normal de Végétation de Différence :(NDVI)

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R}) \dots\dots\dots 01$$

Où : PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

Malgré le développement de plusieurs nouveaux indices adaptés aux comportements des sols, le NDVI, proposé par (**ROUSE et al**) en **1974** afin de produire un VI spectral qui sépare la végétation verte de son éclat de sol de fond, reste l'indice le plus utilisé. [14]

II.3.2.2. Indice de Végétation de Différence :(DVI)

$$\text{DVI} = \text{PIR} - \text{R} \dots\dots\dots 02$$

Où : PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

Proposer par **MONGET** en **1980**, cet indice présente une forte sensibilité aux variations atmosphériques. [14]

II.3.2.3.Indice Rapport Simple:(SR)

$$\text{SR} = \text{PIR} / \text{R} \dots\dots\dots 03$$

Où : PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

Proposé par (**ROUSE et AL**) en **1974** pour séparer la végétation verte du fond de sol. Cet indice est produit en divisant simplement les valeurs de la réflectivité contenues dans la bande proche infrarouge par ceux contenues dans la bande rouge.

Caractériser par une saturation aux forts indices, sensibilité à la contribution spectrale des sols et aux effets atmosphériques. [14]

Exemple : Indice Pigmentaire : XS3/XS2

II.3.2.4.Indice Transformé de Végétation : (TVI)

$$\text{TVI} = \sqrt{(\text{NDVI} + 0.5)} \dots\dots\dots 04$$

Proposé par (**DEERING et AL**) en **1975** modifient l'indice NDVI en ajoutant une constante de 0.5 à toutes ses valeurs et prise de la racine carrée des résultats, le constant 0,5 est présenté afin d'éviter de fonctionner avec des valeurs négatives de NDVI. [14]

II.3.2.5. Indice Rapport de Végétation :(RVI)

$$RVI = R / PIR 05$$

Où : PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

Proposé par (**RICHARDSON et WIEGAND**) en **1977**, le RVI est clairement l'inverse du rapport simple standard (SR) comme montré par son expression.

FORSTER (1983) est l'un des pionniers de l'utilisation des données de télédétection spatiale pour déterminer les caractéristiques socio-économiques des quartiers urbains. En utilisant des données issues du capteur MSS de Landsat sur la ville de Sydney, en Australie, il définit un indice de qualité résidentielle basé sur le pourcentage de végétation déterminé à partir d'un indice de végétation de type rapport (RVI). En France, sur la ville de Strasbourg, le RVI donne satisfaction pour séparer le domaine urbain construit du domaine végétal (**CNES, 1982**).

II.3.2.6. Indice Transformé Corrigé de Végétation :(CTVI)

$$CTVI = [(NDVI + 0.5) / ABS (NDVI + 0.5)] * \sqrt{[ABS(NDVI + 0.5)]}06$$

Proposé par (**PERRY et LAUTENSCHLAGER**) en **1984**, vise à corriger le TVI. Ajouter clairement une constante de 0.5 à toutes les valeurs de NDVI n'élimine pas toujours toutes les valeurs négatives. Dans le NDVI, les valeurs du NDVI peuvent varier entre -1 et 1. Ainsi, le CTVI est prévu pour résoudre cette situation par la division du (NDVI +0.5) par sa valeur absolue ABS (NDVI+0.5) et en multipliant le résultat par la racine carrée de la valeur absolue (racine carrée (NDVI+0.5)) [**IDRISI Kilimanjaro Guide to GIS and Image Processing**].

II.3.2.7. Indice SARVI normalisé: (SARVI)

$$SARVI = (1 + 0.5) (PIR - Prb) / (PIR + Prb + 0.5)07$$

$$Prb = PR - \gamma(PB - PR)08$$

Avec

γ : Pente de la droite de sol.

Cet indice permet de réduire l'effet de sol et le bruit atmosphérique afin de stabiliser NDVI

II.3.2.8. Indice Normal de Végétation de Rapport : (NRVI)

$$\text{NRVI} = \text{RVI} - 1 / \text{RVI} + 1 \dots\dots\dots 09$$

Cet indice est une modification du RVI par **(BARET et Guyot)** en **1991** par lequel le résultat de $\text{RVI} - 1$ est normal au-dessus de $\text{RVI} + 1$. Cette normalisation est semblable en vigueur à celle du NDVI, c.-à-d., elle réduit les effets topographiques, illumination des effets atmosphériques et elle crée une distribution normale statistiquement souhaitable. [14]

II.3.2.9. Indice de Sol Ajuste de Végétation : (SAVI)

$$\text{SAVI} = \frac{(\text{PIR} - \text{R})}{(\text{PIR} + \text{R} + \text{L})} (1 + \text{L}) \dots\dots\dots 10$$

Où :

L = facteur d'ajustement

PIR = réflectivité dans la bande proche infrarouge

R = réflectivité dans la bande rouge

HUETE en **1988** démontre qu'il existe une certaine contradiction dans la façon dont les indices NDVI et PVI décrivent le comportement spectral de la végétation et du sol nu. Par conséquent, il a développé un nouvel indice de végétation appelé SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) qui est un compromis entre les indices de type rapport (NDVI) et les indices de type orthogonal (PVI).

Le SAVI est prévu donc pour réduire au minimum les effets du fond de sol sur le signal de la végétation en incorporant un coefficient d'adaptation constant **L** de sol dans le dénominateur de l'équation de NDVI. **L** varie avec les caractéristiques de réflectivité du sol.

Le facteur **L** choisi dépend de la densité de la végétation souhaiter pour l'analyser. Pour une végétation peu dense, HUETE et AL en 1988 suggéraient l'emploi d'un facteur **L** de 1.0, pour l'intermédiaire 0,5 et 0,25 pour une végétation dense [IDRISI Kilimanjaro Guide to GIS and Image Processing].

II.3.2.10. Indice Transformé de Végétation du Sol Ajusté : (TSAVI 1)

$$\text{TSAVI1} = \frac{a \cdot ((\text{PIR} - a)(\text{R} - b))}{(\text{R} + a \cdot \text{PIR} - a \cdot b)} \dots\dots\dots 11$$

Où :

PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

a : pente de la droite de sol.

b : interception de la droite de sol dans l'espace R/PIR.

A partir d'une approche analogue à celle du PVI, (**BARET et AL**) en 1989 transforment le SAVI en (**Transformed Soil Adjusted Vegetation Index**) (**TSAVI1**).

Ils ont noté du fait que le concept de SAVI est exact seulement si les constantes de la ligne de sol sont $a=1$ et $b=0$. Puisque ce n'est pas généralement le cas, ils ont transformé le SAVI en prenant en compte le concept du PVI. Ils ont proposé une première modification du SAVI indiqué comme TSAVI 1.

Avec de la résistance à la haute humidité du sol, le TSAVI1 a pu être un très bon indice pour l'usage dans les régions semi-arides. TSAVI1 a été spécifiquement conçu pour les régions semi-arides et ne fonctionne pas bien dans les secteurs avec la végétation dense.

Le TSAVI1 sert à cartographier la qualité phytosanitaire des espaces naturels en milieu urbain et présente une bonne corrélation avec les températures de surface (**CHARBONNEAU et AL. 1991**). [14]

II.3.2.11. Indice Transformé de Végétation du Sol Ajusté : (TSAVI 2)

$$\text{TSAVI2} = \frac{a \cdot (\text{PIR} - a \cdot R - b)}{(R + a \cdot \text{PIR} - a \cdot b + 0.08 (1 + a^2))} \dots\dots\dots 12$$

Où :

PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

a : pente de la droite de sol.

b : interception de la droite de sol dans l'espace R/PIR.

La première version du **TSAVI 1** fut réajustée afin de minimiser les effets de la brillance du sol de fond par un facteur additif de 0,08 (**BARET et GUYOT, 1991**). Cette nouvelle version est le **TSAVI 2**. [12]

II.3.2.12. Indice Pondéré de Végétation de Différence (WDVI)

$$\text{WDVI} = \text{PIR} - \gamma R \dots\dots\dots 13$$

Où :

PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

γ : pente de la droite de sol.

Cette indice a été attribué à (**RICHARDSON et WIEGAND**) (1977), et **CLEVERS** (1978), (**PARKER et PICHON**) (1996). Bien que simple, le WDVI est aussi efficace que les autres indices. L'effet de mesurer la bande rouge avec la pente de la droite de sol est de la maximisation du signal de la végétation dans la bande proche infrarouge et de la minimisation de l'effet de l'éclat de sol. [12]

II.3.2.13. Indice Modifié de Sol Ajusté de Végétation : (MSAVI 1)

QI et Al. (1994) montrent que le facteur d'ajustement **L** du SAVI n'est pas une constante, mais plutôt une fonction qui varie inversement avec la présence de la végétation. Afin de minimiser l'effet du sol nu sur le SAVI, ils proposent une version modifiée de l'indice, le **MSAVI1 (Modified Soil Adjusted Vegetation Index)**.

$$\text{MSAVI 1} = \frac{(\text{PIR} - \text{R})}{(\text{PIR} - \text{R} + \text{L})} (1 + \text{L}) \dots\dots\dots 14$$

Où :

PIR : réflectivité dans la bande proche infrarouge.

R : réflectivité dans la bande rouge.

Pour améliorer correctement l'éclat de fond de sol en différents états de couverture de végétation et minimiser la brillance du sol ; **L** est choisi comme une fonction empirique entre le **NDVI** et le **WDVI**

$$\text{L} = 1 - 2 \cdot \gamma \text{NDVI} * \text{WDVI} \dots\dots\dots 15$$

Avec :

γ : Pente de la droite de sol.

2 : pour augmenter dynamique de L.

L varie entre 0 à 1.

II.4. Conclusion

Cette étude a permis de comprendre que l'extraction de la végétation obtenue à partir des traitements classiques s'accompagne d'erreurs. La méthodologie d'évaluation de ces erreurs, basée sur l'analyse d'extraction à partir des indices, a permis d'évaluer non seulement les erreurs de confusion mais aussi celles qui sont omises (omission).

A partir de cette revue d'indices (qui peut être complétée si besoin) et l'objectif fixé en termes d'extraction de la végétation steppique, il est possible de distinguer les indices selon différentes catégories en fonction de la prise en charge de certains paramètres. Le troisième chapitre, a présenté des exemples de différents indices pouvant servir à la caractérisation de la végétation steppique. Certains indicateurs sont déjà largement utilisés, comme ceux concernant l'INDVI qui, pour certains ont été développés dès les années 1976. D'autres indicateurs sont à affiner, voire à créer pour les images à très haute résolution spatiale.

Chapitre III

Applications : Etude comparative et mise en
œuvre

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons faire l'accent sur l'utilisation des indices de végétation en milieu steppique pour l'identification et l'extraction de la végétation, cette tendance nous amène à tester quelques indices d'une part et d'autre part de faire une analyse globale et locale de ces indices pour l'objectif de ressortir les indices jugés performant en ce qui concerne la caractérisation de la végétation steppique.

III.2. Présentation de la zone d'étude

III.2.1.situation géographiques

La zone d'étude choisie est la commune d'El-Bayadh , de la wilaya d'El-Bayadh .

La commune d'El Bayadh est une commune steppique Algérienne, située au Nord - Ouest de l'Algérie, délimitée par les parallèles 33°, 2674 et 33°, 9179 Nord, et les méridiens 0, 7923 et 1°, 5866 Est. notre choix est porté sur cette commune, car elle a une partie de son territoire steppique et une partie urbaine, ainsi que la disponibilité des données images nécessaires pour nos tests et applications. Sa superficie totale est de : 463,50 km².

La commune d'El-Bayadh est délimitée géographiquement par les communes de:

- Au Nord : par la commune de Cheguig.
- Au Sud : Par les communes de Aïn El Orak et Kraakda.
- A l'Est : par la commune de Stitten.
- A l'Ouest : par la commune de Rogassa.

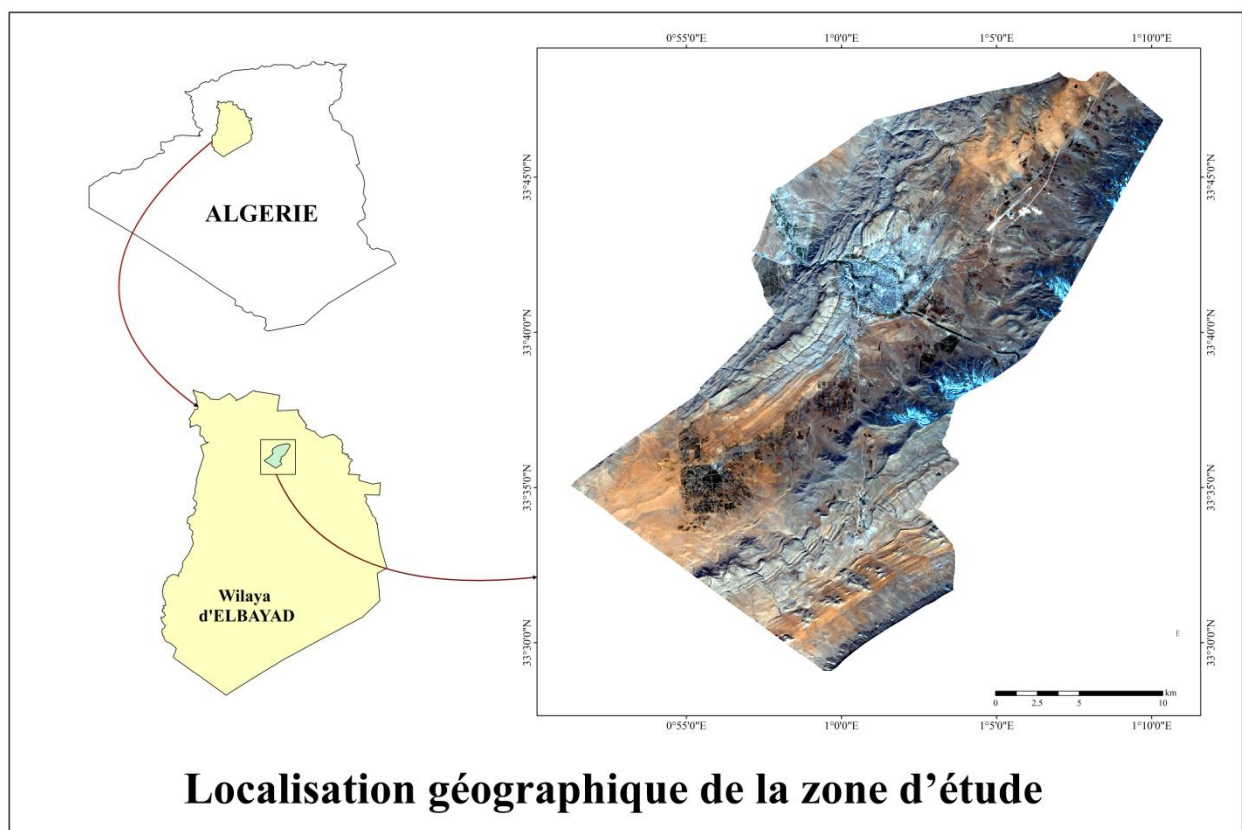


Figure III.1. Présentation de la zone d'étude d'El-Bayadh.

III.2.2. Végétation :

Fortement liée au sol et climat, la végétation dans la commune présente des caractéristiques similaires à celles du milieu physique. La végétation prédominante est celle de la steppe, les forêts composées essentiellement de maquis et garrigues n'est présente que sur les sommets des montagnes de l'Atlas Saharien.

La végétation steppique, qui est l'élément fondamental de la pratique que par l'élevage et du pastoralisme, apparaît d'inégale valeur tant par sa composition que par sa densité :

- ✓ Dans les zones des Hautes Plaines, les parcours sont de qualités inégales, très souvent dégradés. Cette zone reçoit les 200 mm à 300 mm de précipitations par an.
- ✓ Dans l'Atlas Saharien, les parcours sont variés et sont compris entre les isohyètes de 300 m et 400 m, il s'agit des zones steppiques les plus favorisées.
- ✓ Dans les zones du piémont Sud Atlasique et Prés Saharienne les pâturages sont très pauvres et de densité végétale faible, ici aucune culture rentable n'est possible en dehors des Oasis. [15].

III.2.3. Acquisition et préparation des données

Le steppe de la commune d'elBayadh est un milieu complexe qui se caractérise par la présence des types de végétation petits et isolés possédant des réponses spectrales difficilement à signifier à cause de la présence du sol au tour de ces types d'une part (problème d'ensablement) et d'autre part de la nature de ces types (réflectance faible comparativement aux autres types dans les zones nord). Ces contraintes exigent pour la réussite de notre application de travailler sur des images de niveau spatiale élevé. En plus nous avons effectué des traitements sur des images faible résolution pour ressortir quelque résultats et recommandation.

Donc notre choix est porté sur une image SPOT5 multi-spectrale qui offrent une meilleur capacité d'analyse en milieu steppique, et une image LANDSAT 8 (grand échelle et petit échelle).

Donnée	Capteur	Mode	Zone	Résolution spatiale (m)	Date d'acquisition
Image satellitale	Landsat8	Multi-spectral	El-Bayadh	30	2014
	SPOT5	Multi-spectral	El-Bayadh	2.5	2006

Tableau III.1. Données spatiales utilisées

III.2.4. Prétraitements des données collectées

On désigne par prétraitement des données, la phase qui précède la manipulation des données. Elle consiste en :

III.2.4.1. Amélioration de la radiométrie

Une amélioration de la radiométrie a été appliquée sur l'image Landsat TM afin d'améliorer son contraste. Le type de correction radiométrique est le stretch linéaire. L'imagette a été reprojetée du système WGS 84 vers le système Nord Sahara 1959 UTM.

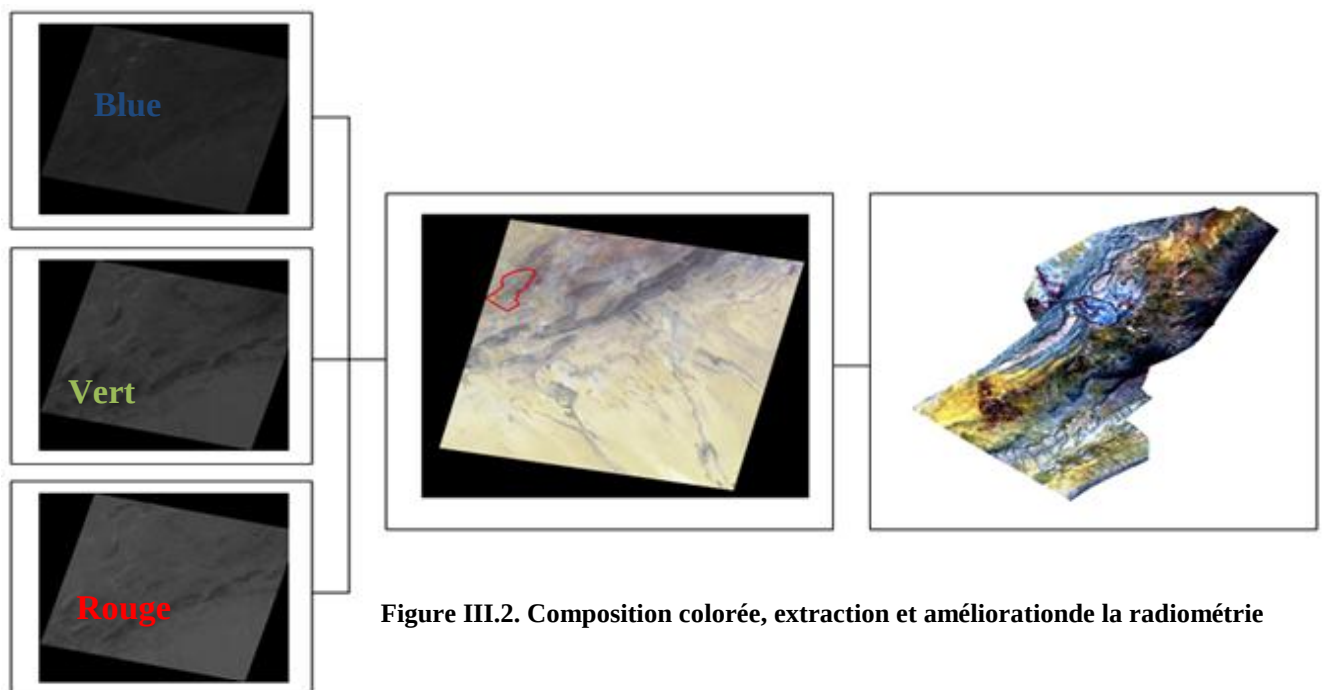


Figure III.2. Composition colorée, extraction et amélioration de la radiométrie

III.2.4.2. La Scène SPOT-5

L'image SPOT 5 utilisé dans notre application est une spatiocarte, Carte dont le fond est une image, et non pas un dessin, obtenue par satellite (mosaïquage de plusieurs scènes brutes, ayant fait l'objet d'une correction géométrique rigoureuse), sur lesquelles ont été rajoutées des informations complémentaires. Pour notre étude, on a utilisé une scène SPOT-5 composée de deux parties, Nord et Sud de la commune d'El Bayadh, super mode de résolution 2,5 m. Les aperçus des images (figures III.3 et III.4) et leurs caractéristiques se résument dans les tableaux suivants (tableau III.2 et III.3) :

.

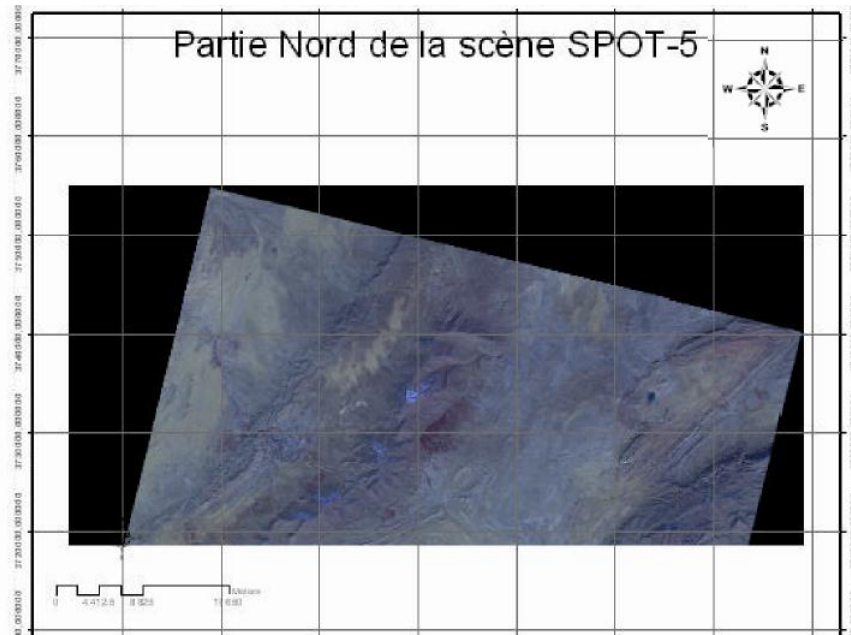


Figure III.3. Aperçu de la partie Nord de la scène d'El Bayadh.

Partie Nord de la scène	Caractéristiques
Nom de l'image	0 0-Algeria 050109 tx 282 6 spot view
Date	18-09-2006
Niveau de traitement géométrique	Précision 2A
Niveau de traitement radiométrique	BASIC
Nombre de colonnes	29813
Nombre de lignes	14593
Nombre de bandes spectrales	3
Table de géocodage	EPSG
Type de système de coordonnées horizontales	Projected
Nom d'identification de système de coordonnées horizontales	3263 1WGS84/UTM3 1N
Système de coordonnées géographique	WGS1984
Type de produit	SC241V20N
Résolution spatiale (mètre)	2.5*2.5
Fournisseur	SPOT IMAGE
Localisation géographique	$\lambda_{\max} = 1.5866 (DEG)$ $\lambda_{\min} = 0.8451 (DEG)$ $\phi_{\max} = 33.9179 (DEG)$ $\phi_{\min} = 33.5875 (DEG)$

Tableau III.2. Caractéristiques de la partie Nord de la scène SPOT-5.

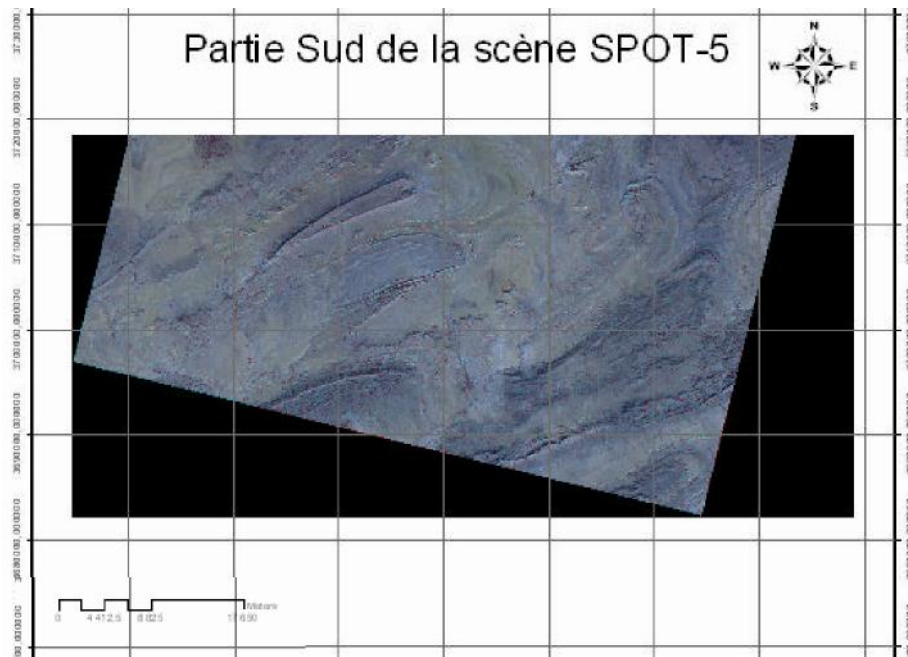


Figure III.4. Aperçu de la partie sud de la scène d'El Bayadh.

Partie Sud de la scène	caractéristiques
Nom de l'image	1 0-algeria 050109 tx 042 282 6 spot view
Date	18-09-2006
Niveau de traitement géométrique	Précision 2A
Niveau de traitement radiométrique	BASIC
Nombre de colonnes	29813
Nombre de lignes	14593
Nombre de bandes spectrales	3
Table de géocodage	EPSG
Type de système de coordonnées horizontales	Projected
Nom d'identification de système de coordonnées horizontales	3263 1WGS84/UTM3 1N
Système de coordonnées géographique	WGS1984
Résolution spatiale (mètre)	2.5*2.5
Type de produit	SC241V20N
Fournisseur	SPOT IMAGE
Localisation géographique	$\lambda_{\max} = 1.5866(Deg)$ $\lambda_{\min} = 0.8451(Deg)$ $\varphi_{\max} = 28.5929(Deg)$ $\varphi_{\min} = 28.5675(Deg)$

Tableau III.3.Caractéristiques de la partie sud de la scène SPOT-5.

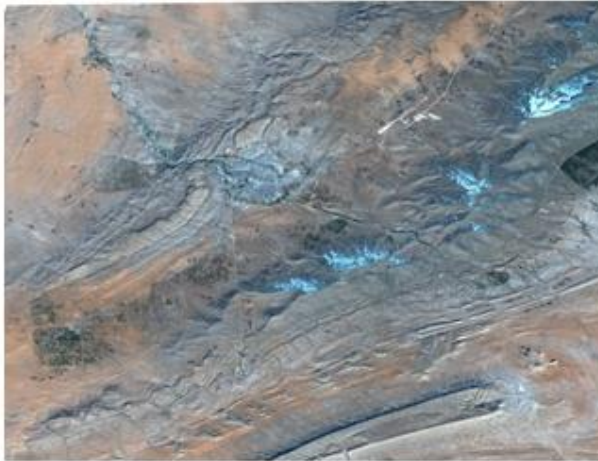


Figure III.5. Extrait de la spatiocarte SPOT5 de la zone d'étude

III.5. Outils et matériels utilisés

Le tableau présente le matériel utilisé lors des traitements. Ainsi que les logiciels dédiés à la réalisation des applications de la thématique abordée.

Phases d'application Outils et matériels	Phase de traitement et utilisation des données
Matériel informatique 	PC1: - Carte graphique 2Go ; - RAM 4Go ; - Lecteur DVD ; - WINDOWS 7 ; - Disque dur 500 Go. PC2: - Carte graphique 1 Go ; - RAM 4 Go ; - Lecteur DVD ; - WINDOWS 7 ; - Disque dur 500 Go.
Outils de traitements	Erdas Imagine pour le calcul des indices de végétation  ERDAS IMAGINE 8.6 Arc GIS version 10 pour les prétraitements et l'analyse spatiale SIG.  ArcMap

Tableau III.4. Outils et matériels utilisés lors des traitements des données

III.6. Organigramme des traitements effectués :

L'ensemble des étapes pratiques des différents traitements effectués sur des indices inspirés du deuxième chapitre et dans l'objectif d'étude comparative, est présenté par l'organigramme suivant :

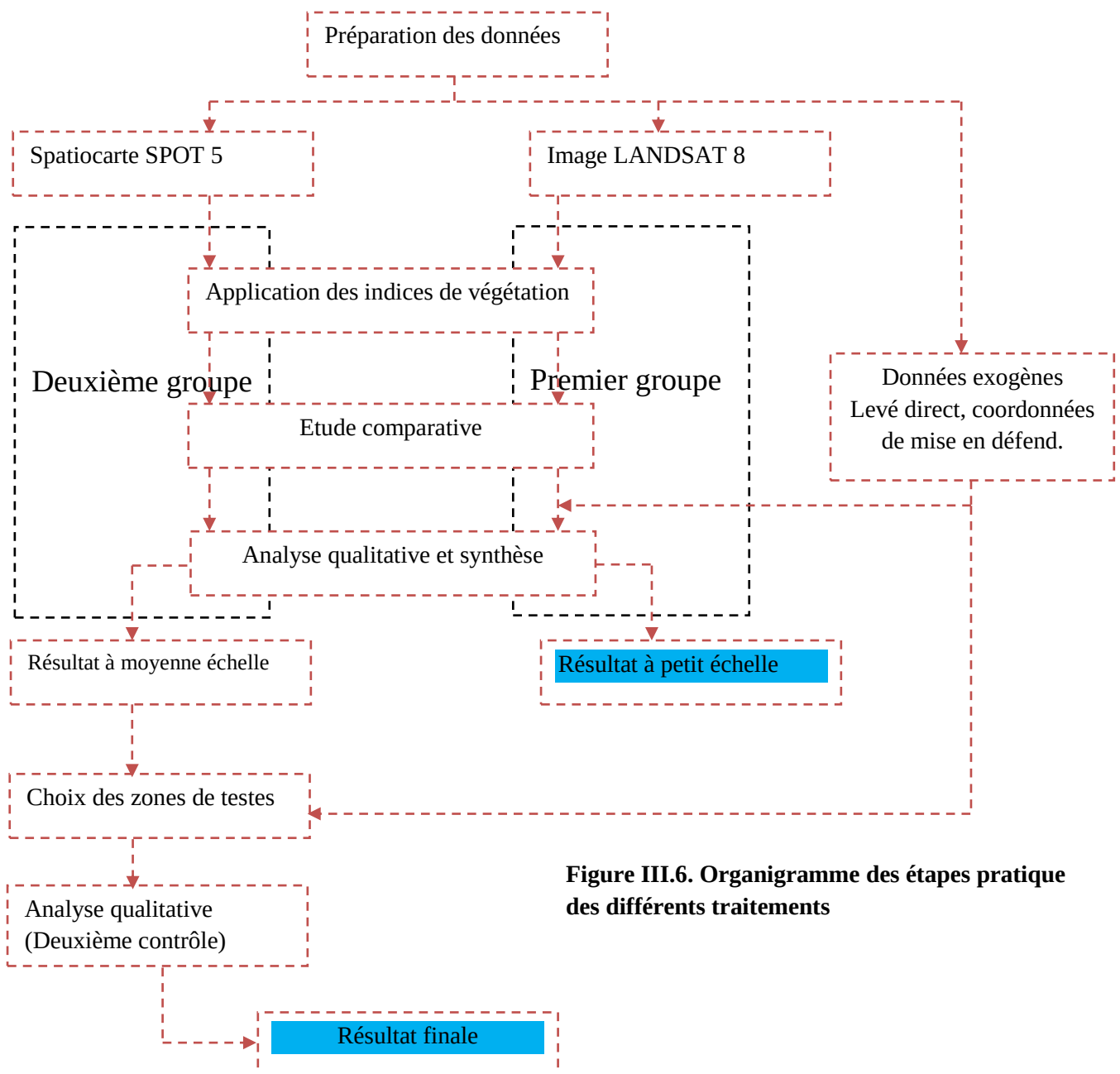


Figure III.6. Organigramme des étapes pratique des différents traitements

III.6.1. Application des indices de végétation

Dans cette phase nous avons utilisés deux groupes de traitement l'un sur l'image LANDSAT8 et l'autre sur l'image SPOT5. dans le premier groupe nous avons sélectionné quatre indice pour étudier la qualité de NDVI par à port aux ces autre indice, donc les traitements de ce groupe à pour but de cartographie la végétation à petit échelle. Contrairement aux indices du premier groupe qui sont applicable dans les différents logiciels de traitements d'image, les indices du deuxième groupe (sur l'image THR SPOT5) sont basés sur la droite des sols nécessitent le calcul de certains paramètres et l'introduction des données exogènes.

III.6.2. Etude comparative

III.6.2.1 premier groupe (LANDSAT8)

Les indices que nous avons sélectionnés dans ce groupe sont : **NDVI**, **DVI**, **MTVI2**, **MCARI2**. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de cartes.

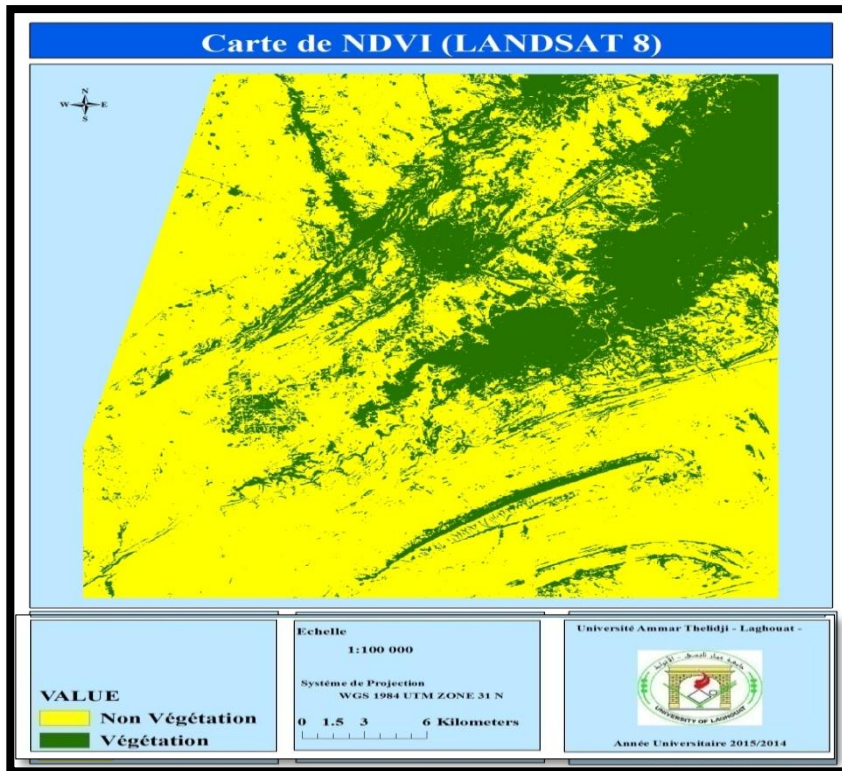


Figure III.7. Carte de NDVI (landsat8)

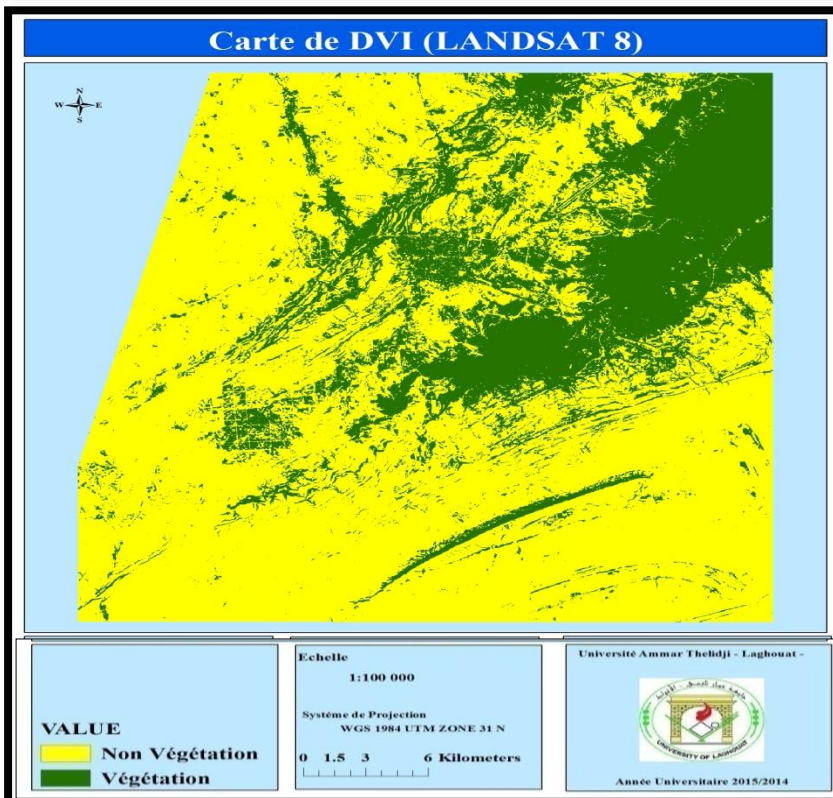


Figure III.8. Carte de DVI (landsat8)

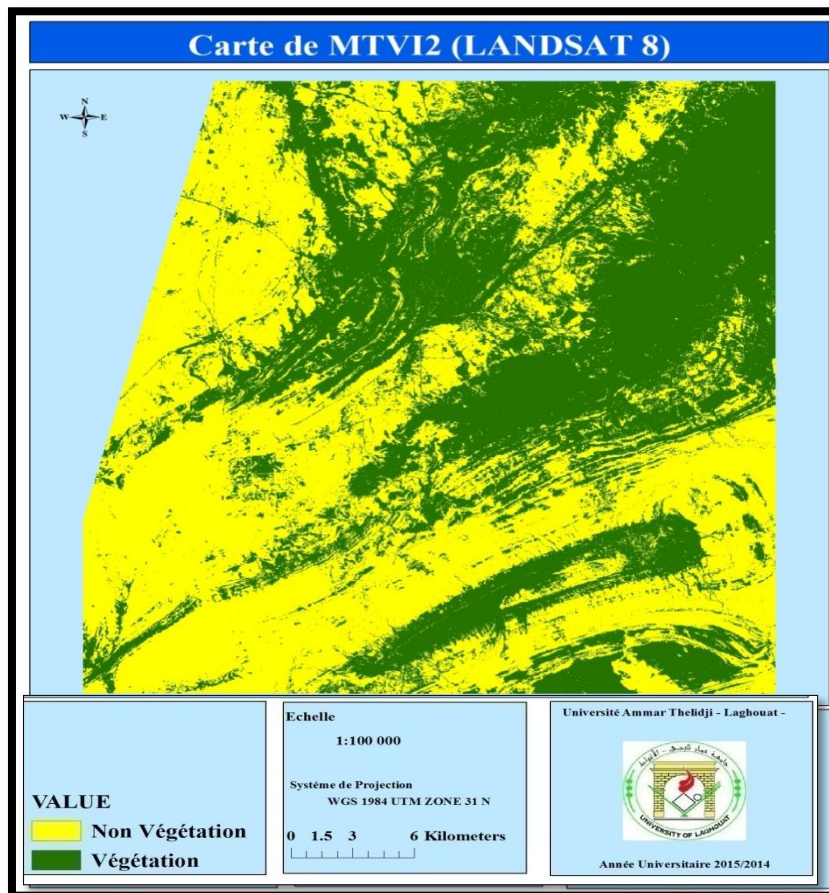


Figure III.09. Carte de MTVI (landsat8)

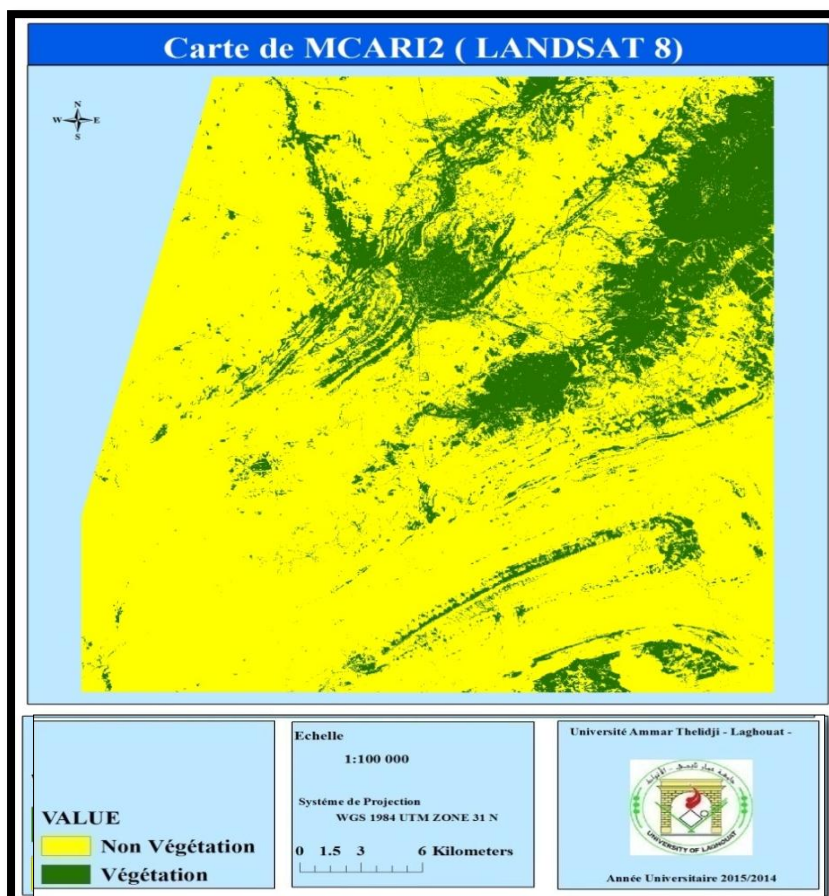


Figure III.10. Carte de MCARI2 (landsat8)

III.6.2.2 deuxième groupe (SPOT5)

Les indices que nous avons sélectionnés dans ce groupe sont : **NDVI**, **DVI**, **RVI**, **MCARI2**, **MSAVI2**, **MTVI**, **NDGI**, **NDSI**, **RDVI**, **SARVI**, **SAVI**, **TNDV**, **WV-VI** et **SR**.

Les résultats obtenus sont présentés sous forme des cartes.

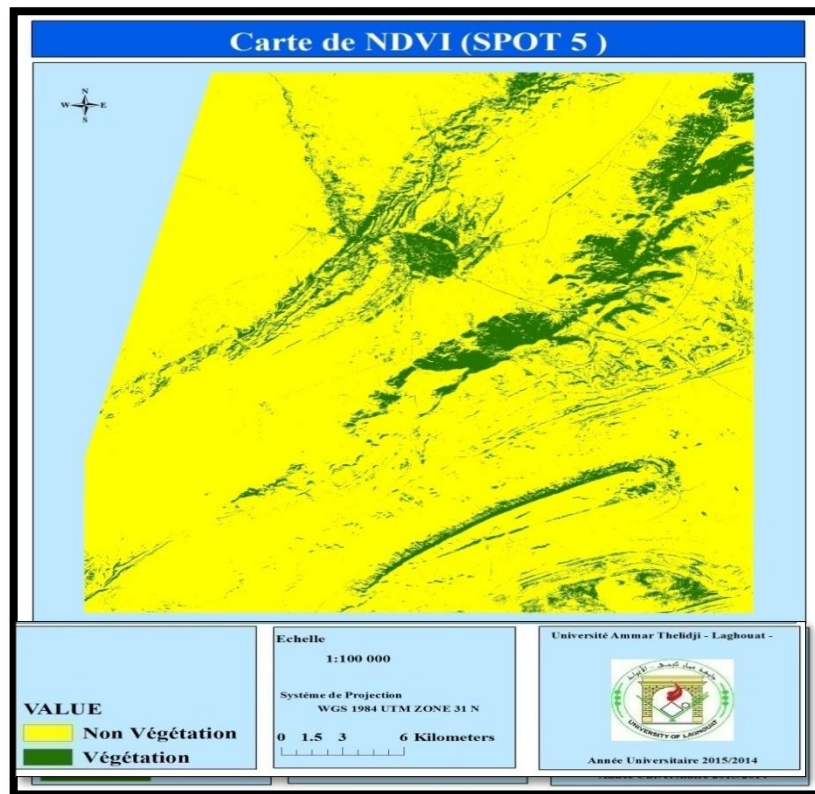


Figure III.11. Carte de NDVI (spot 5)

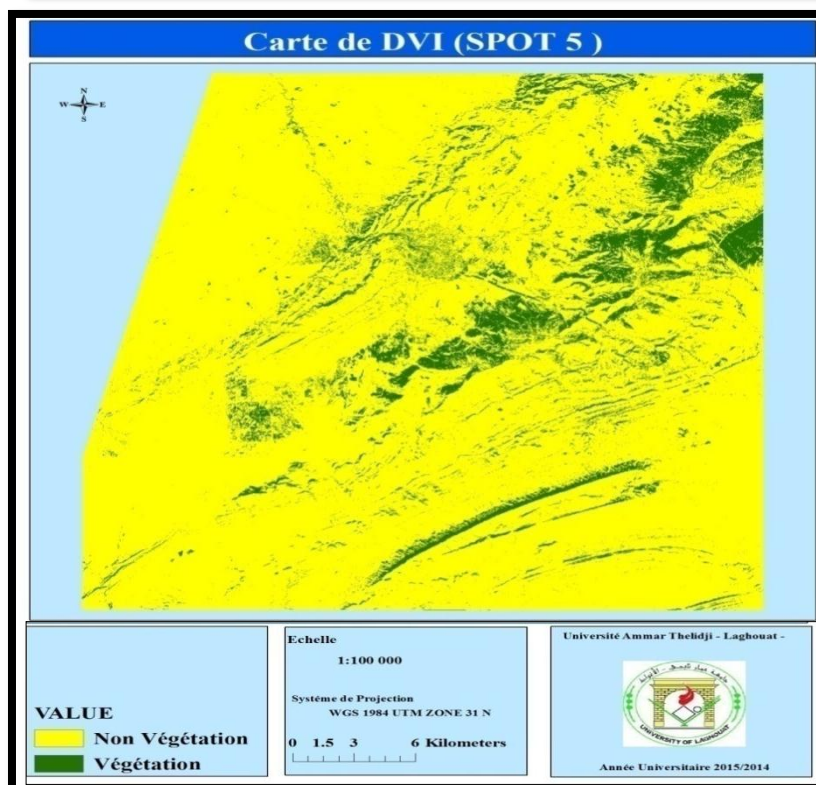


Figure III.12. Carte de DVI (spot 5)

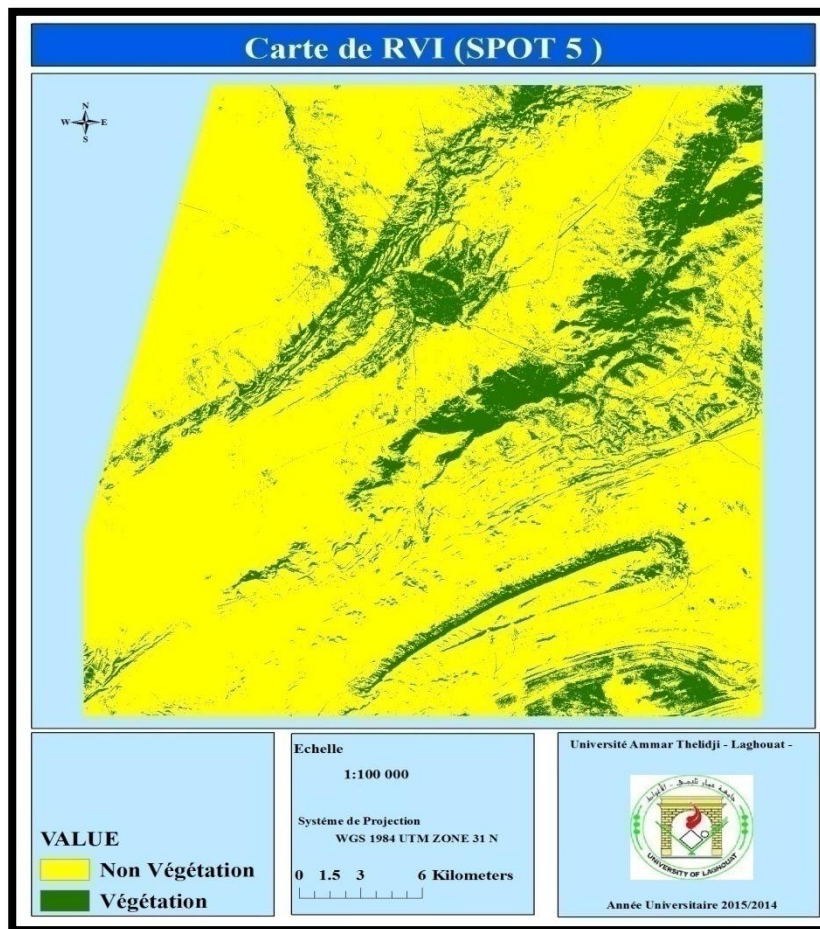


Figure III.13. Carte de RVI (spot 5)

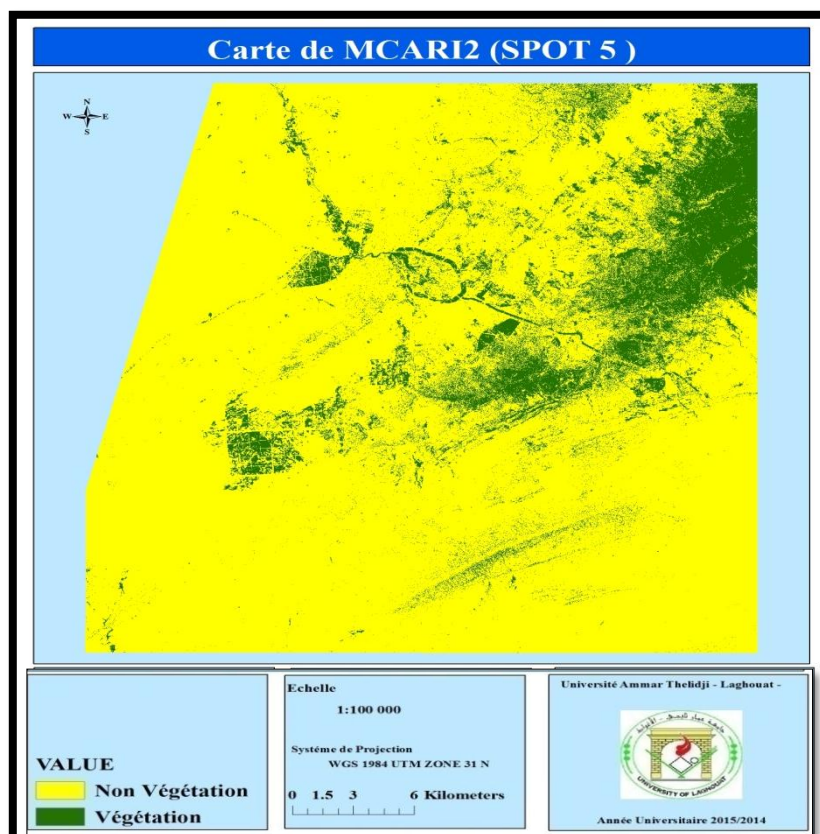


Figure III.14. Carte de MCARI2 (spot 5)

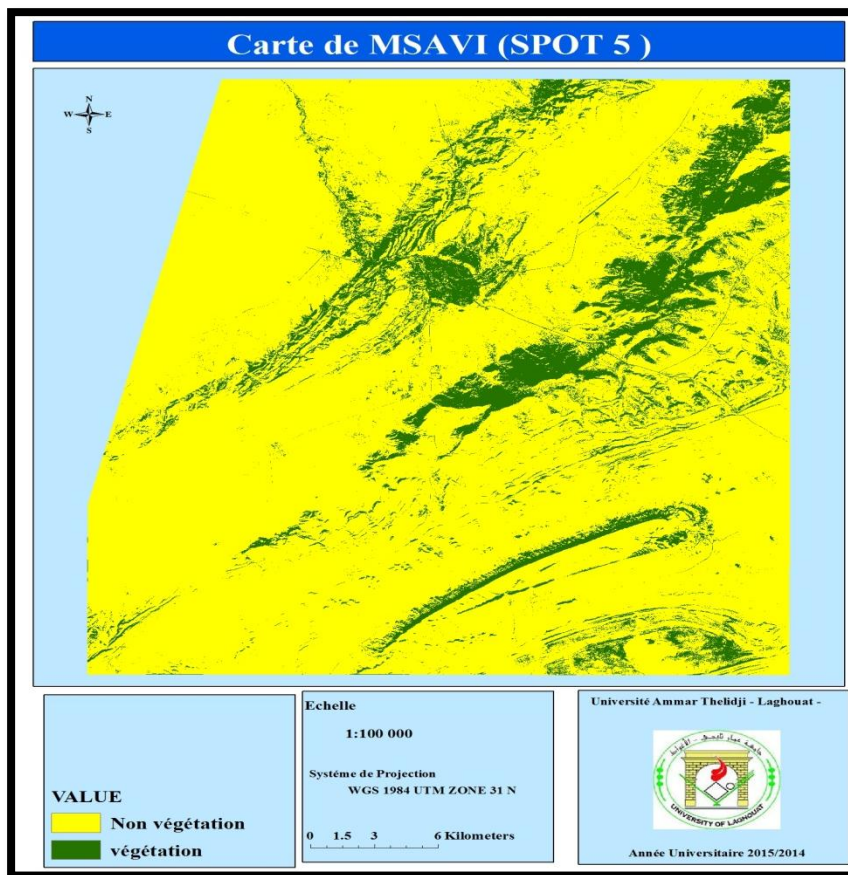


Figure III.15. Carte de MSAVI (spot 5)

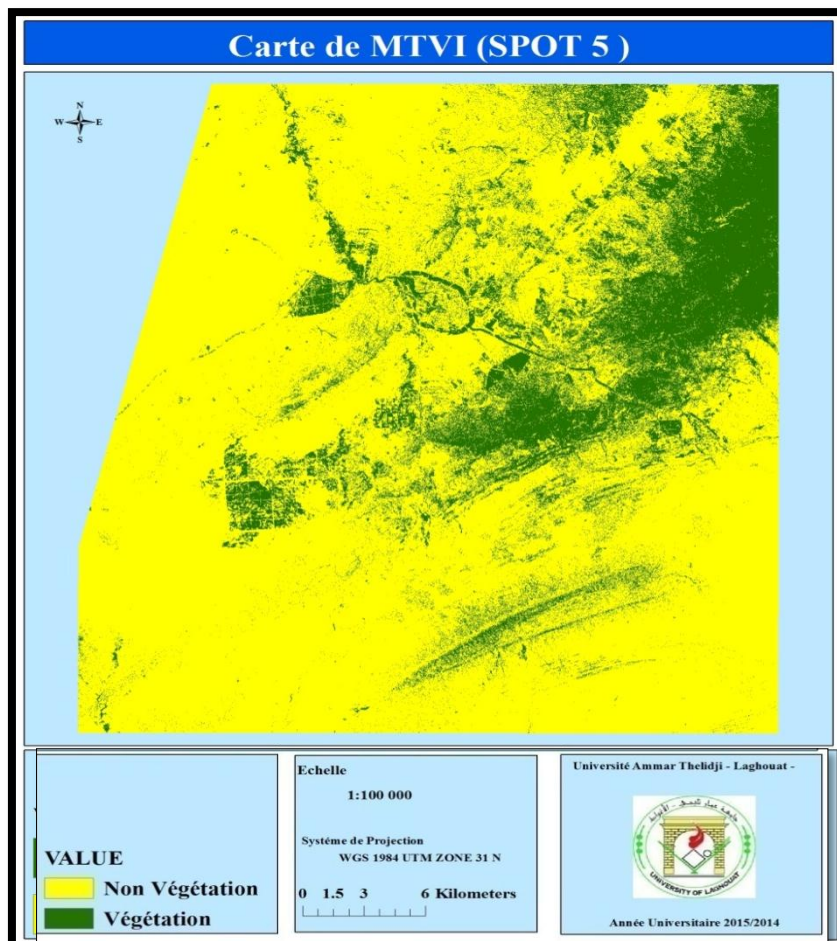


Figure III.16. Carte de MTVI (spot 5)

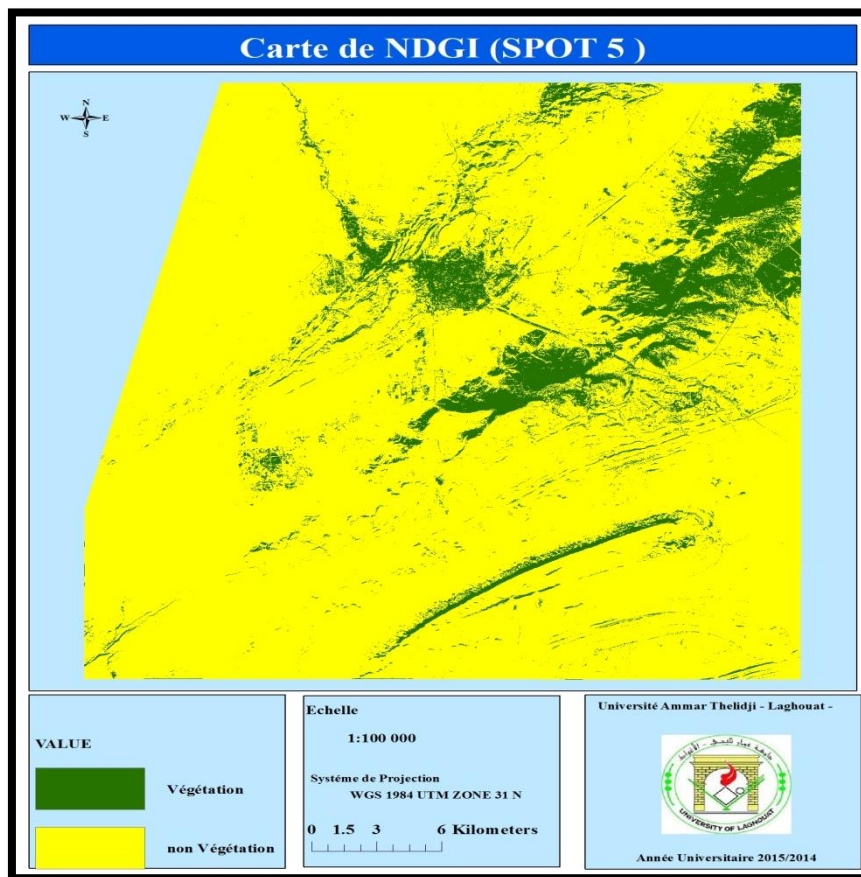


Figure III.17. Carte de NDGI (spot 5)

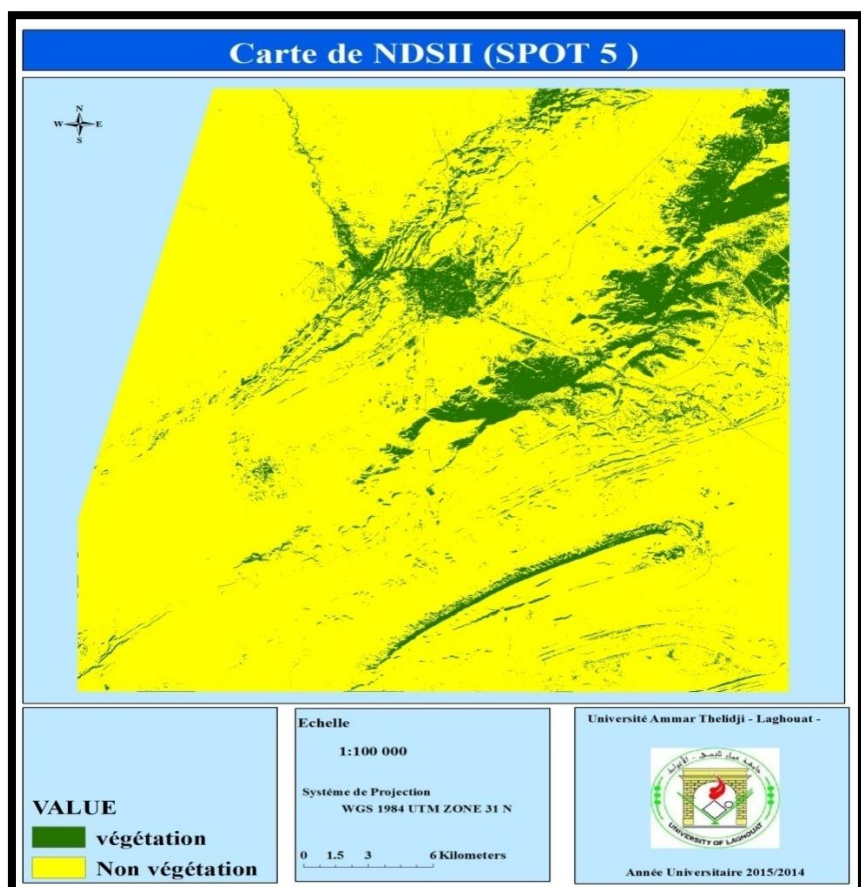


Figure III.18. Carte de NDSII (spot 5)

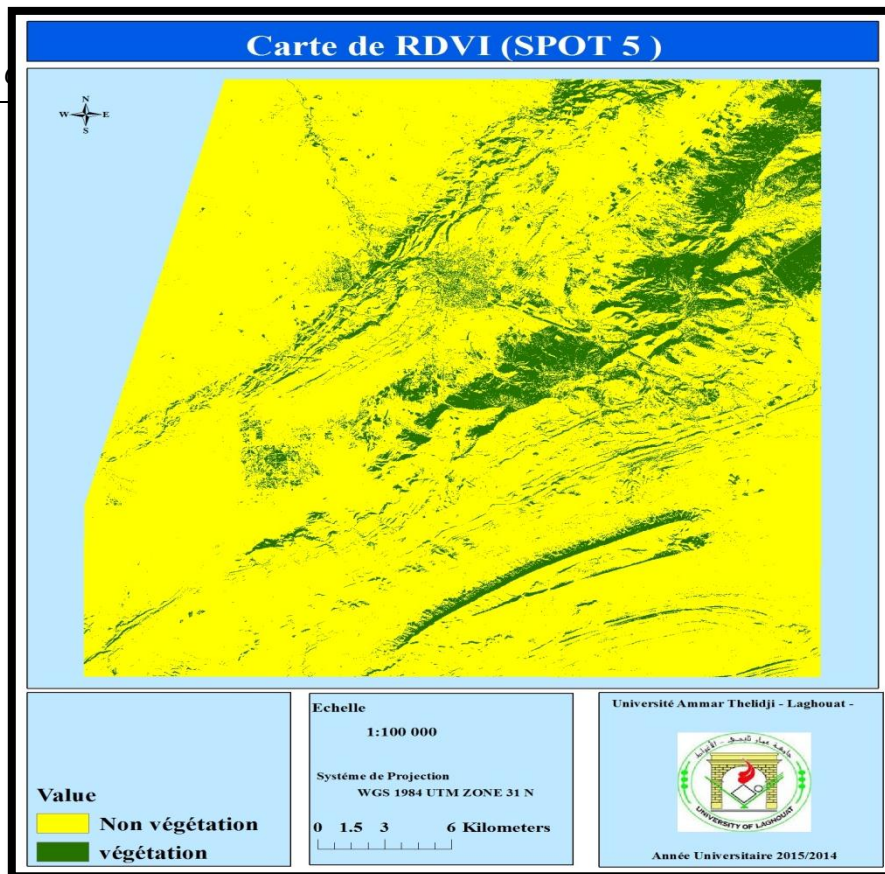


Figure III.19. Carte de RDVI (spot 5)

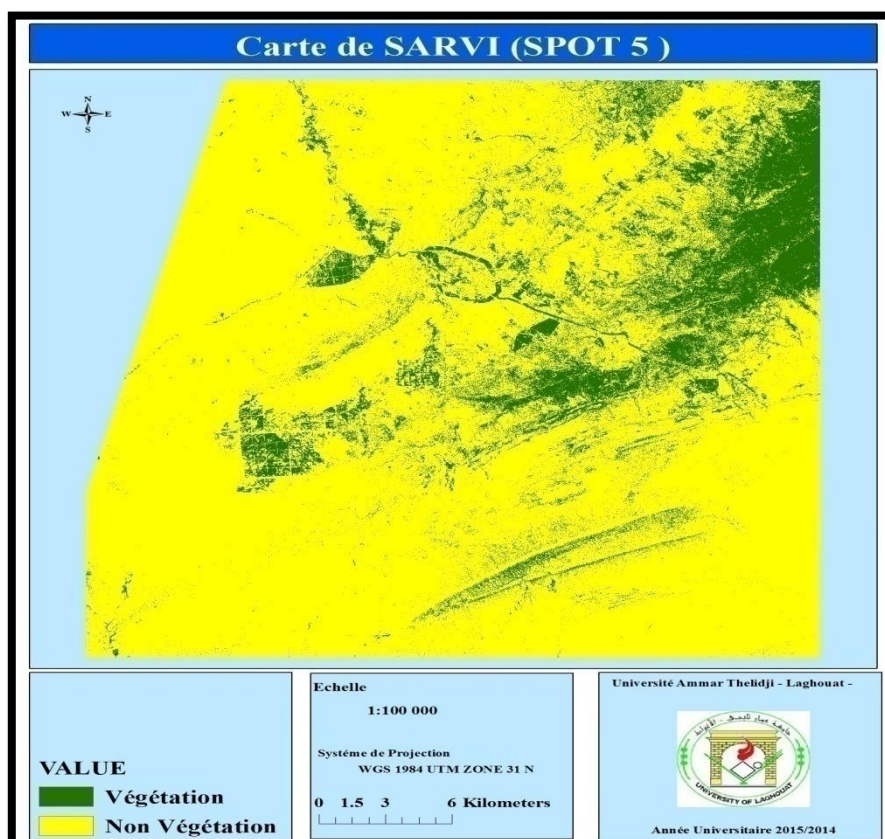


Figure III.20. Carte de SARVI (spot 5)

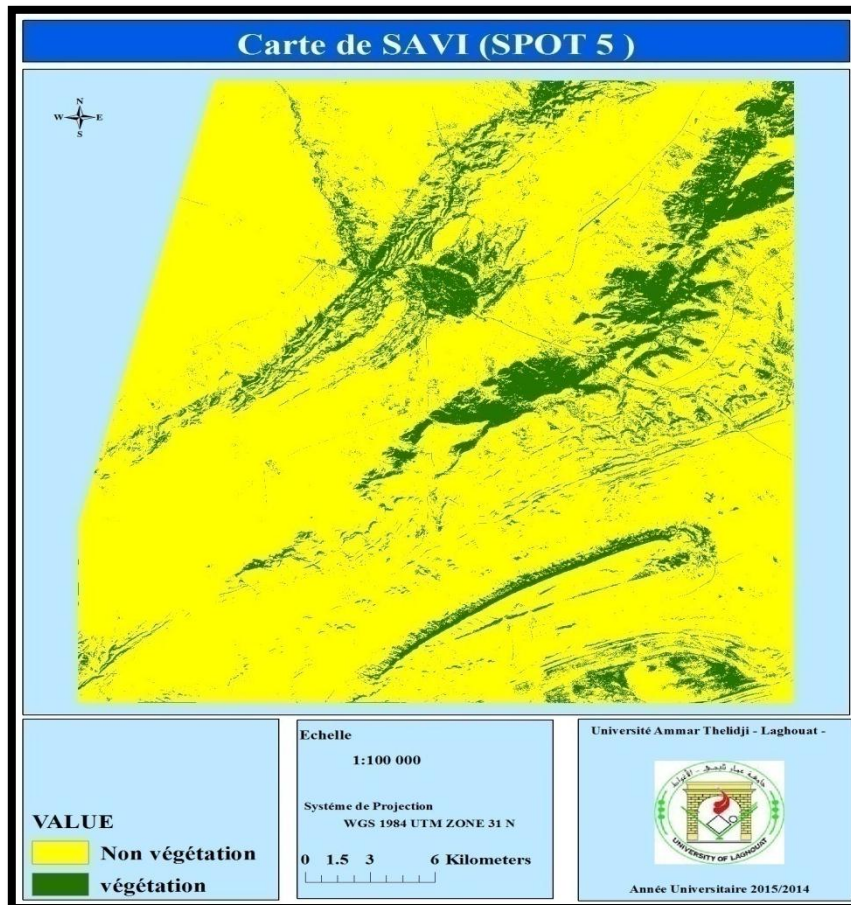


Figure III.21. Carte de SAVI (spot 5)

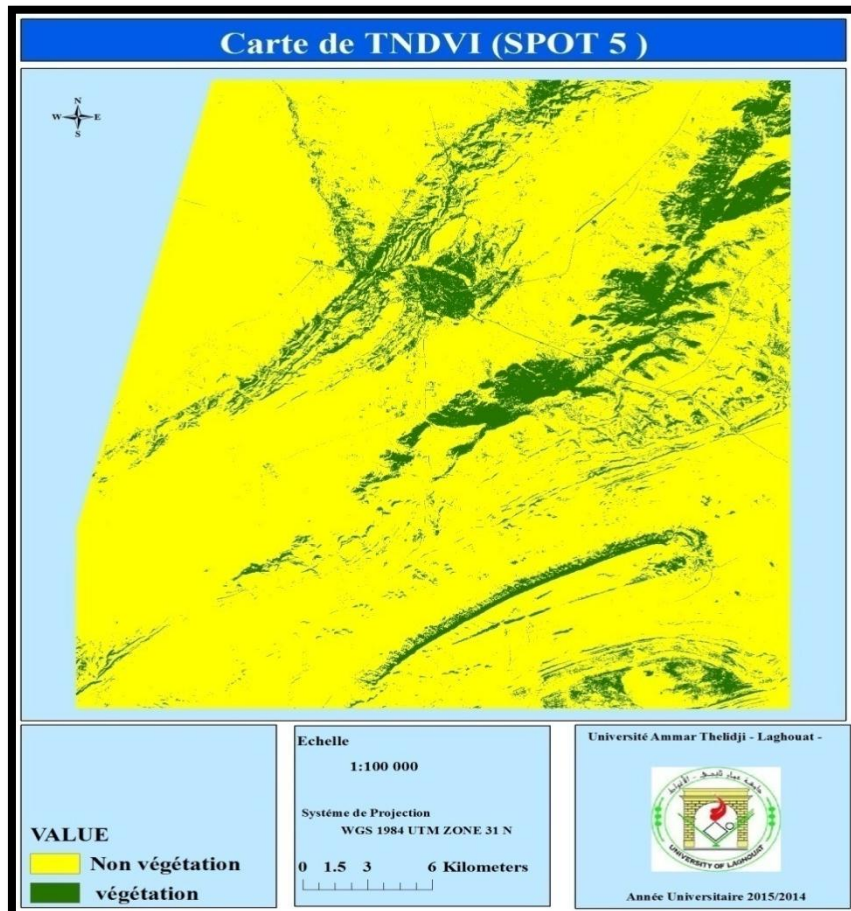


Figure III.12. Carte de TNDVI (spot 5)

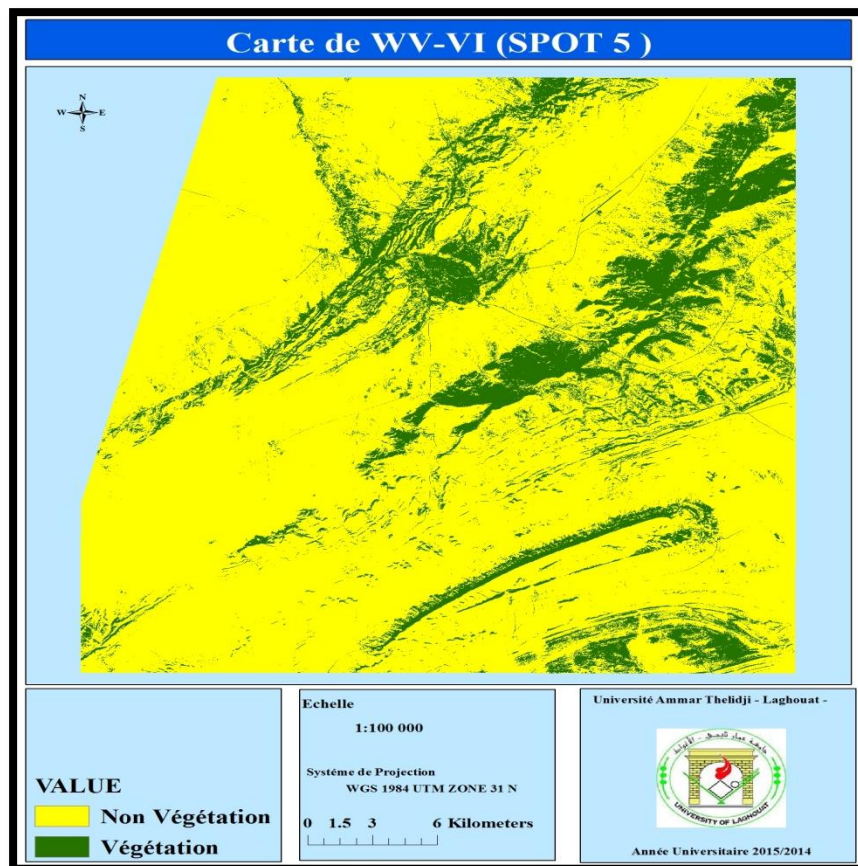


Figure III.23. Carte de WV-VI (spot 5)

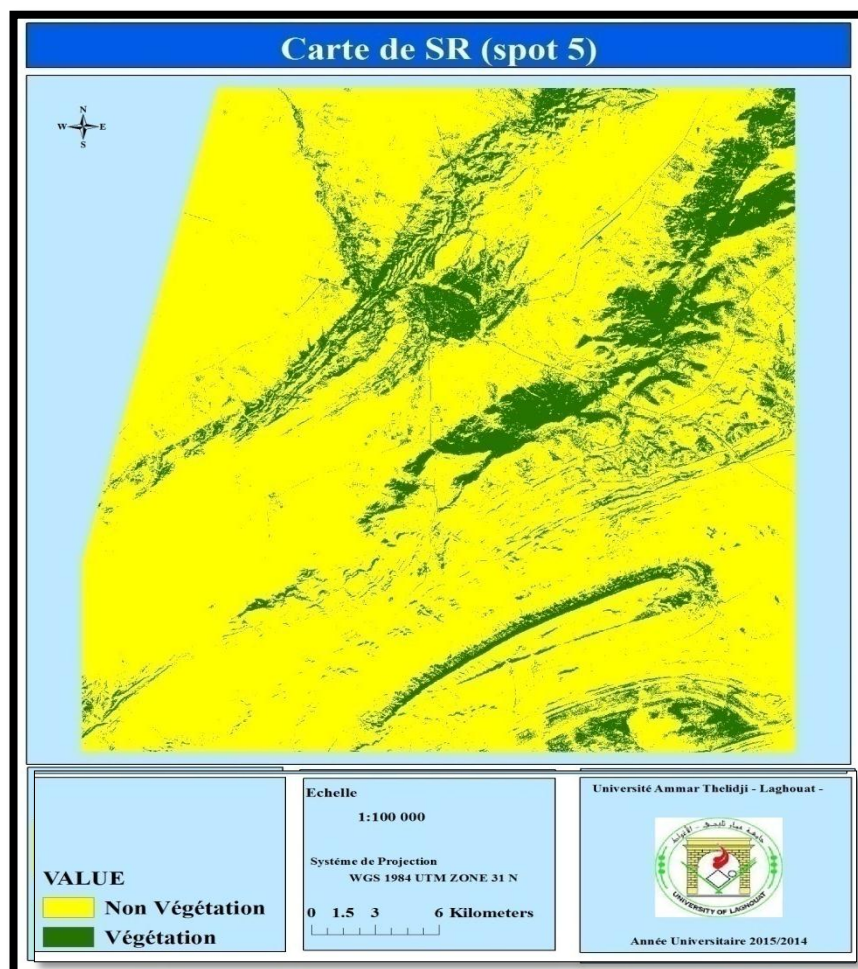


Figure III.24. Carte de SR (spot 5)

III.6.3. Analyse qualitative et synthèse

III.6.3.1 premier groupe (LANDSAT8)

Pour cette comparaison entre les indices nous avons remarqués que ces indices de premier groupe donnent presque le même résultat, ce dernier va orienter que l'utilisation de NDVI dans la cartographie de végétation à petit échelle reste suffisant et recommander.

III.6.3.2 deuxième groupe (SPOT5)

Sont comparés dans cette partie, les indices les plus reconnus et les plus utilisés basés sur les paramètres de la droite des sols ou des données externe, tels que le **SAVI**, **SARVI**, et **MSAVI**, cette comparaison donne comme résultat que les indices **MCARI2**, **MTVI**, **SARVI** sont jugés les plus performants en les comparant avec le **NDVI**.

III.6.4. Choix des zones de testes

Cette phase concernant seulement les résultats des indices de deuxième groupe, c'est-à-dire **MCARI2**, **MTVI**, **SARVI**, et **NDVI**. Afin de réaliser cette étude qualitative on a choisi des zones tests (Fig III.25) présentant les différents types de végétation dans notre zone d'étude.

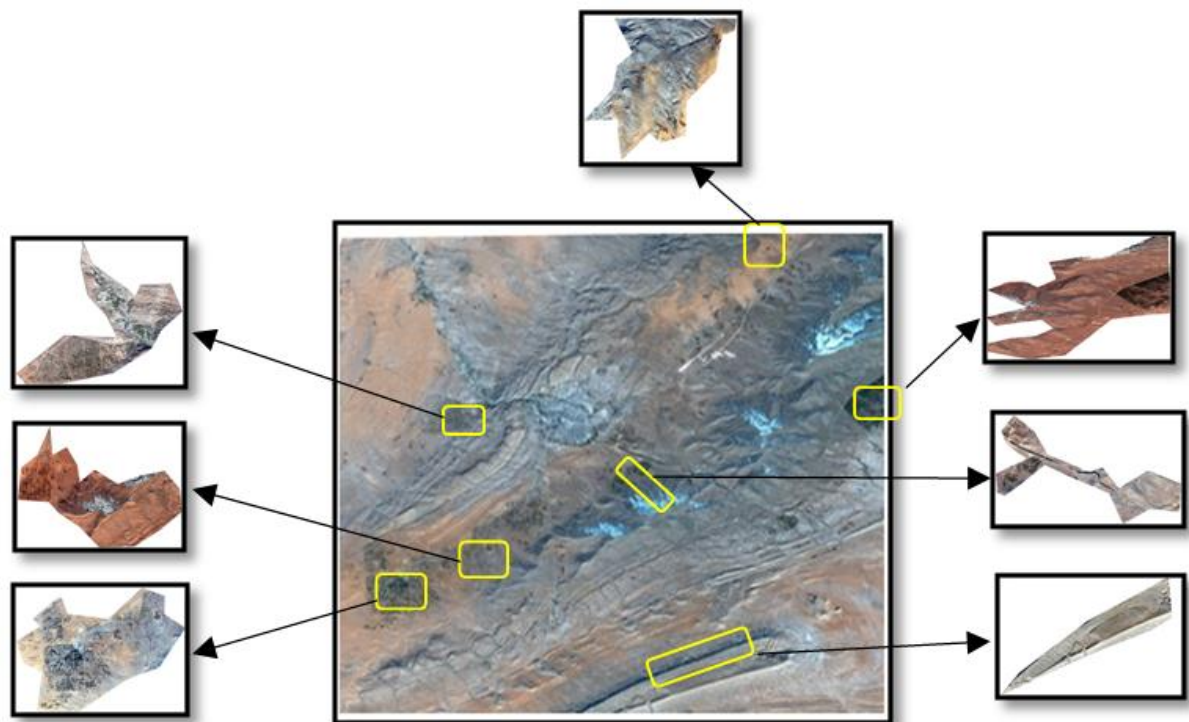
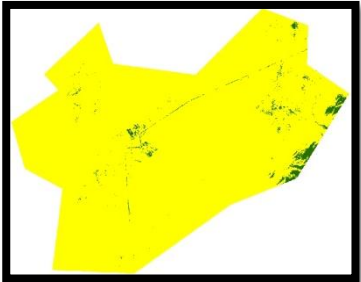
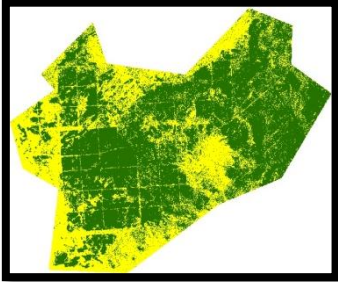
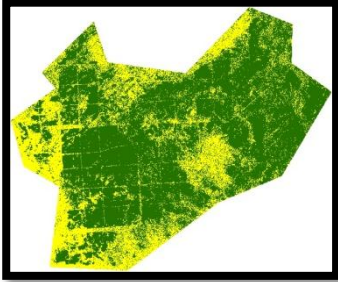
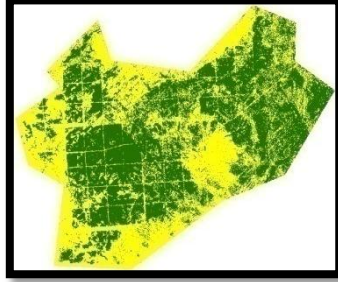
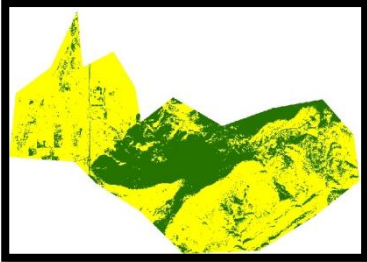
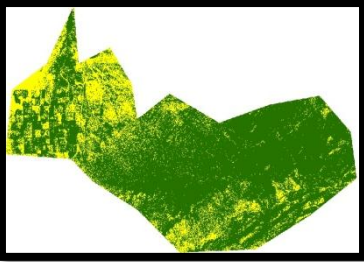
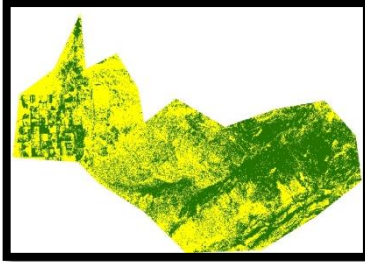
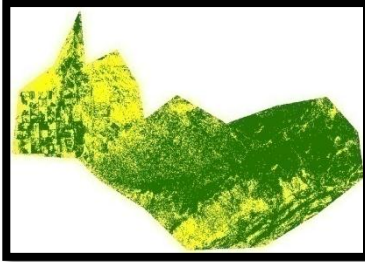
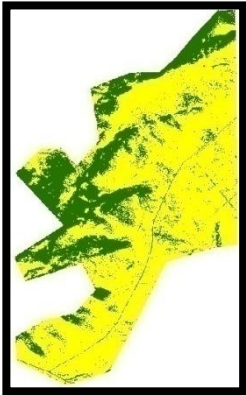
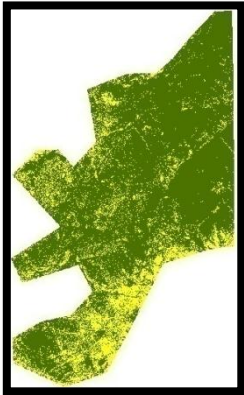
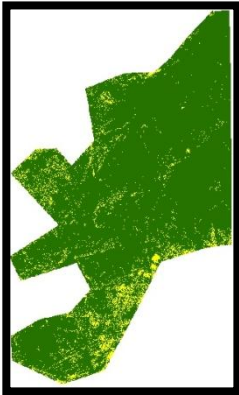
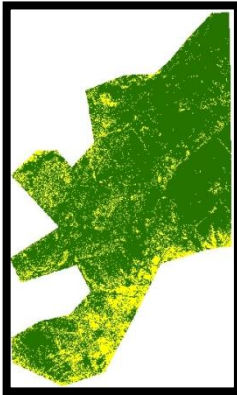
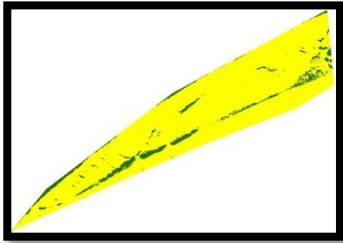
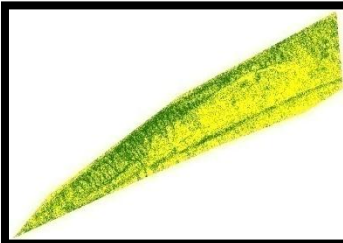
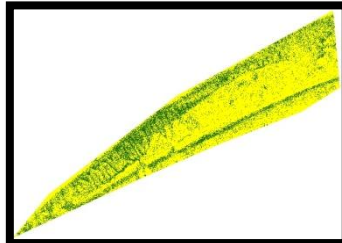
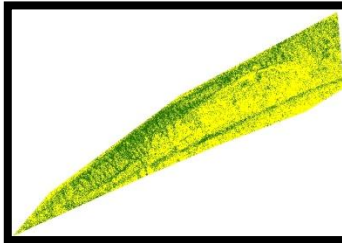
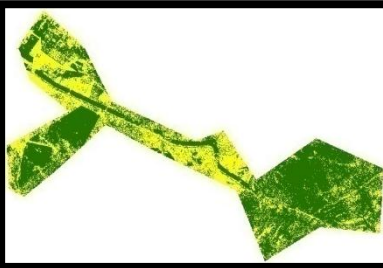
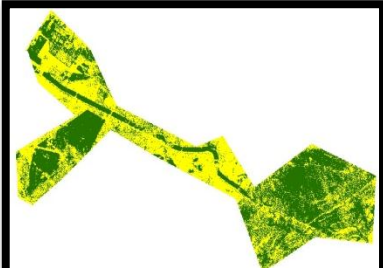
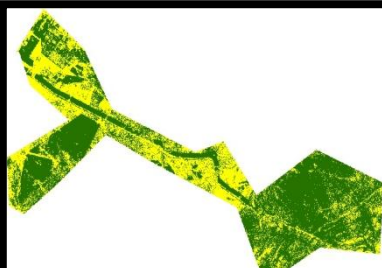


Figure III.25. Les zones de testes

LES INDICES				
ZONES	NDVI	MCARI2	SARVI	MTVI
1				
2				

ZONES	NDVI	MCARI2	SARVI	MTVI
3 				
4 				

ZONES	NDVI	MCARI2	SARVI	MTVI
5				
6				

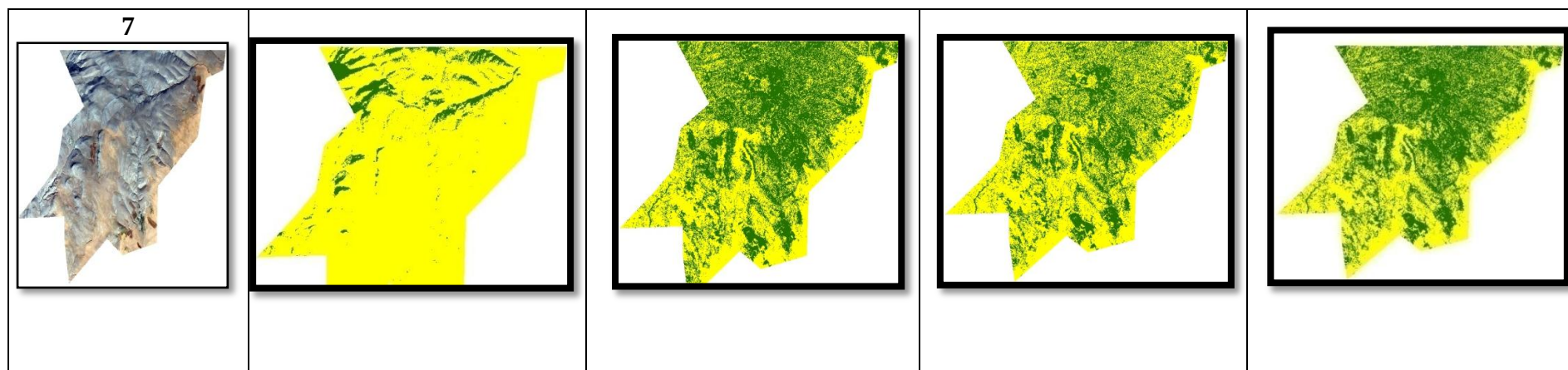


Tableau III.5. Présentation des résultats des indices des végétations dans les zones de testes

III. 7 Conclusion

A la lumière de cette comparaison des quatre indices cités précédemment, une idée est dégagée en ce qui concerne les indices les plus performants, à partir des résultats et interprétations de chacun de ces indices en rapport avec le potentiel de détection du couvert végétal. L'étude qualitative nous a permis de juger l'indice SARVI appropriés à la caractérisation de plusieurs types de végétation.

L' utilisation des indices de végétation pour caractériser la biomasse verte reste une approche coute et peu coûteuse depuis la naissance de la télédétection , mais a l' essor des nouveaux satellites qui offrons des images des résolution spectrale et spatiale trop fine ouvre la porte et l'étude de la végétation steppique qui devenue un élément essentiel pour définir une qualité de l'environnement et de l'écosystème steppique .

Cette étude sur l'utilisation des indices de végétation en milieu steppique nous , a permis de conclure que l' hétérogénie du milieu steppique influe sur les résultats de la majorité des indices de végétation , en effet la mixture des sols et le problème d'ensablement joue un rôle important pour minimiser les incertitude sur la, caractérisation des espèces vert , en autre l'atmosphère peut être aussi un facteur important qui peut altérer et affecter le signal issus de la végétation.

Le problème major se situe dans l'effet d'ombre sur la qualité des indices qui jusqu'à Présent il y a peu d'études qui préposent une solution a ce problème , en fin la végétation elle-même peut jouer un rôle négatif sur la détermination du couvert végétal, c'est-a-dire l'évolution de la végétation au cours de la saison nécessite un suivi continu de cette évolution, en plus malgré la bonne estimation des précédents indices mais la faible activité chlorophylliennes des espèces végétales pose toujours le problème de détermination de ce type sur tout dans la zones steppique.

Dans ce travail nous avons calculé et comparé onze indices de végétation . A la lumière de cette comparaison, une idée est dégagée en ce qui concerne les indices les plus performants, a partir des résultats et interprétation des chacun de ces indices en rapport avec la potentiel de détection du couvert végétal. L'étude qualitatives a permis de juger l'indice SARVI approprié à la caractérisation de plusieurs types de végétation.

Recommandation et perspectives

Certaines recommandation doivent être prises en considération pour la confirmation des résultats obtenu :

1. De valider la méthodologie par son application sur plusieurs sites et avec même typologie des données.
2. La généralisation des résultats par une application sur d'autre images de même type en vue de son intégration dans les nouvelles techniques de classification multi-stratégies et orientée objet.

- 1) **D. Nedjraoui ,2002**, Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation.
- 2) **Marcel POUCET , 1992** , les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises .
- 3) **KAABECHE Mohamed , 1990** , les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb.
- 4) **Hadbaoui Ilyes. , 2013**, Mémoire sur Les parcours steppiques dans la région de M'Sila : quelle gestion pour quel devenir?.
- 5) **Bouزيد NEDJIMI , Mokhtar HOMIDA**, Problématique des zones steppiques Algériennes et perspectives d'avenir.
- 6) **KADI HANIFI Halima , SADJI ahmed , BENSGHIRE louai et ZAMMAR Nabila** , Diversité floristique des steppes d'Algérie cas de la steppe A stipa tenacissima L.
- 7) **M.BENKHEIRA Abdelkader** , Guide des habitats aride et saharien .
- 8) **KOUIZI Tedjani & BENHACINE Tayeb , 2014**, Apport du SIG et de la Télédétection à l'étude l'impact des mises en défens sur la biodiversité végétale.
- 9) **Régis Caloz et Claude Collet , 2001** , précis de télédétection.
- 10) **Bannari A., Morin D., Bonn F., Huete A.R., 1995**. A review of vegetation indices, Remote Sensing Reviews.
- 11) **ÈVEJANODET et FRANÇOISBLASCO** , Cartes écologiques de la végétation et télédétection satellitaire.
- 12) **Carter G.A., Miller R.L., 1994**, Early detection of plant stress by digital imaging within narrow stress-sensitive waveband, Remote sensing of environment.
- 13) **Force A (voir pour agir) , 2013** , Les indices de végétation Mesure de la réflectance des végétaux .
- 14) **Nikolaos G. Silleos, Thomas K. Alexandridis and Ioannis Z. Gitas. Alexakis , and Konstantinos Perakis; 2012**, Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years.
- 15) **INVEST IN ALGERIA** ; la wilaya d'el bayadh.
 Site 01 : <http://www.esa.int/specials .htm>
 Site 02 : <http://eoedu.belspo.be/fr/satellites/spot.htm>