

# Apport de la Télédétection et Des SIG pour la Réalisation de la Carte d'Occupation des Sols Cas de la Wilaya de Djelfa

## Réalisé par :

Oukil youcef : ENS Bouzareah Alger.  
Alouat Mohamed: ENS Bouzareah Alger.

تاريخ الارسال: 2018-05-26 / تاريخ القبول: 2018-10-28 / تاريخ النشر: 2020-01-30.

## RÉSUMÉ:

La steppe Algérienne avec ses immenses étendues a toujours été l'espace de prédilection de l'élevage ovin. Une pression de pâturage permanente s'exerce sur les parcours et ne permet pas leur régénération. Ces espaces sensibles soumis à une forte dégradation qui tend à se généraliser, impose à l'heure actuelle d'explorer de nouvelles méthodes et outils de gestion. La carte de l'occupation des terres constitue le support de base pour toute opération d'inventaire et de suivi. Cette étude a été menée sur la région de Djelfa une zone située dans le Sud Algérois. Pour répondre aux objectifs de notre étude, nous avons utilisé plusieurs sources d'information à savoir les relevés floristiques réalisés sur le terrain et des données satellitaires de LANDSAT OLI (date d'acquisitions Mai 2015) et les systèmes d'information géographique.

**MOTS CLEF** : télédétection, SIG, cartographie, parcours steppiques, carte d'occupation des sols. Zone aride.

## **Introduction**

Dès ses origines, la Géographie a été appuyée par l'utilisation de techniques et d'outils de représentation spatiale et de transcription des recherches et des résultats en termes de dessins. Depuis les premières cartes des grecs, la représentation « dessinée » du monde s'est développée pour se perfectionner et se compliquer au fil des avancées technologiques. Dépassant la simple carte de localisation, le domaine de la cartographie s'est ainsi élargi aujourd'hui à des champs thématiques et scientifiques bien plus étendus que la seule géographie : l'économie, l'histoire, le tourisme. La carte est devenue un outil, non seulement de représentation spatiale, mais aussi de recherche, de démonstration et de décision.

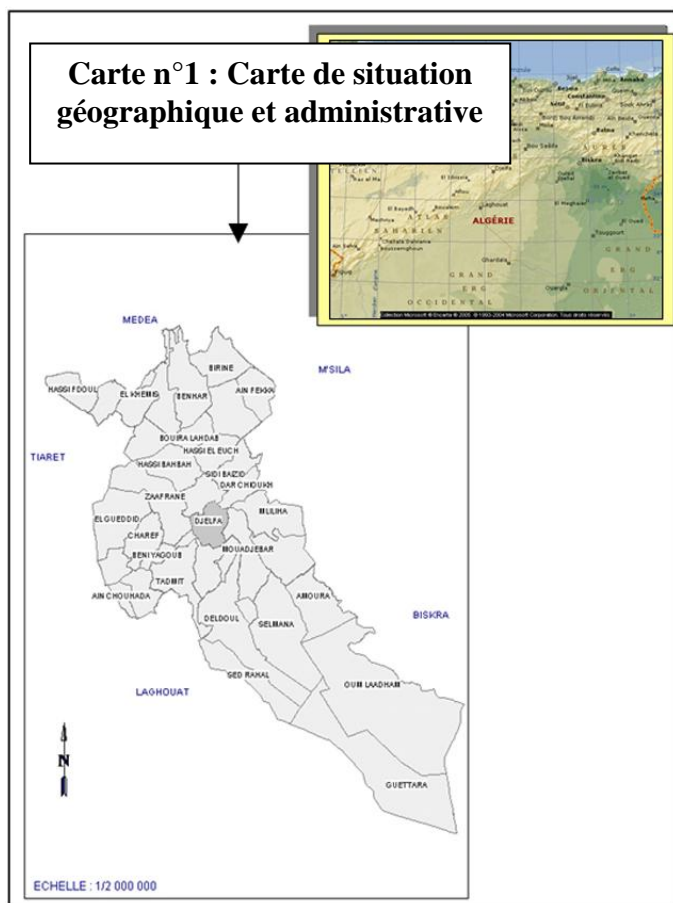
Cet instrument de travail, joue un rôle essentiel dans l'aménagement et la gestion des espaces sensibles soumis aux phénomènes de dégradation qui tendent à se généraliser engendrant une dynamique régressive des écosystèmes.

Les risques de désertification n'apparaissent que lorsque les interventions humaines modifient les écosystèmes au-delà de leurs limites de résistance. Cette phrase résume bien le problème de désertification dans notre pays. En effet le milieu steppique algérien, vaste d'environ 20 millions d'hectares, est soumis à un climat semi-aride : les précipitations sont faibles et irrégulières, les sols squelettiques donnent naissance à une végétation herbacée à dominance d'alfa.

La complexité croissante des questions posées aux acteurs de la gestion de l'espace steppique et l'ampleur de dégradation du milieu physique impose à l'heure actuelle de disposer de nouvelles méthodes et outils susceptibles de gérer, manipuler, traiter et restituer une information multiple et hétérogène. A cette échelle, il est préconisé d'utiliser les nouvelles technologies pour répondre aux besoins et préoccupations des planificateurs. Parmi les solutions offertes, nous retiendrons la télédétection spatiale et les SIG (Système d'Information Géographique) discipline ayant pour objet la classification et la gestion des données spatiales géoréférencées et qui fait appel aux méthodes et aux techniques de l'informatique, aux moyens d'acquisition, d'archivage, d'analyse, de visualisation et de diffusion de ces données à référence.

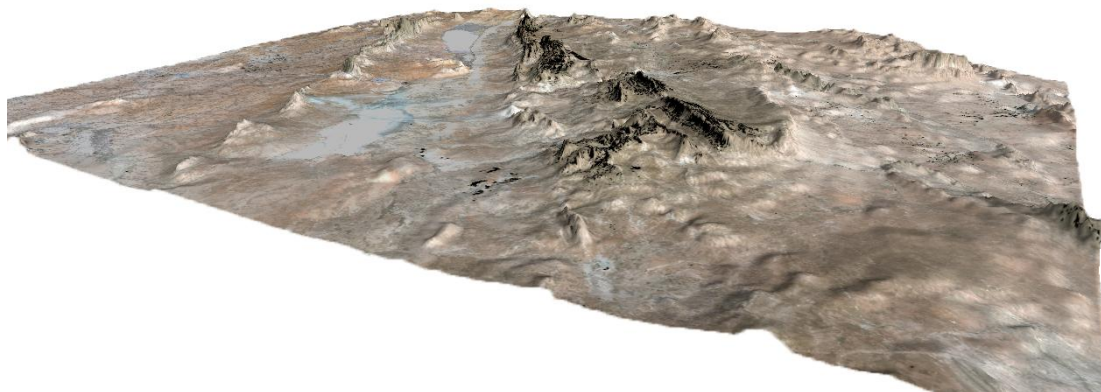
La présente étude concerne la Wilaya de Djelfa, zone pilote, située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au delà des piémonts Sud de l'Atlas Tellien. Son chef lieu de Wilaya est situé à 300 kilomètres au Sud de la capitale et à une centaine de kilomètres au Nord de la ville de Laghouat. (Voir carte n° 1). Elle est approximativement comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord.

La région de Djelfa est constituée par une succession de dépressions plus ou moins fermées et compartimentées ; s'étageant progressivement entre 650m et 1200 m d'altitude, avant de se résoudre en un vaste glaciers caillouteux, plongeant vers la vallée de Oued-Djeddi, limite naturelle de la zone saharienne.



On peut distinguer plusieurs formes de reliefs en suivant le cheminement Nord-Sud de la Wilaya. (fig.01)

**Figure n° 01 : Modèle numérique de terrain de la région de Djelfa**



La première série de relief rencontrée est une dépression (large plaine) appelée plaine d'Ain-Ouessera, au Nord de la Wilaya avec, dont l'altitude varie entre 650 et 850m. Cette plaine succède au piémont de l'Atlas Tellien et précède la dépression des chotts (Zahrez Gharbi et Zahrez Chergui) dont elle est séparée par une chaîne de collines à aspect uniforme. Cette dépression est compartimentée en trois secteurs séparés par des collines très ravinées, la vallée de l'Oued Touil à l'Ouest, la plaine de Birine à l'Est et enfin le plateau d'Ain-Ouessera au Centre.

La seconde série de reliefs rencontrés sont les dépressions des Chotts (Zahrez Gharbi et Zahrez Chergui) séparées l'une de l'autre par un simple nivellement topographique; ce sont des dépressions salines qui se situent à des altitudes de 750 à 850m.

La troisième série de relief regroupe, sous l'appellation de Dépression des Ouleds Nail, une série de petites plaines dont les altitudes se situent entre 900 et 1200 m, Les plus importantes sont celles de Maâlba à l'est de Djelfa. La partie haute de la dépression est constituée par la chaîne montagneuse des Ouleds Nail,. Cette montagne est sériée dans une orientation Sud-Ouest, Nord-Est. Les principaux monts sont le Djebel Senalba au Nord et le Djebel Lazreg au sud-ouest. L'altitude de ces montagnes est comprise entre 1200 et 1600m.

La quatrième série de relief est constituée par le vaste plateau désertique, appelé plateau saharien qui plonge dans la dépression formée par Oued Djeddi dans sa partie Nord, constituant la limite naturelle du Sahara.

### **Objectifs**

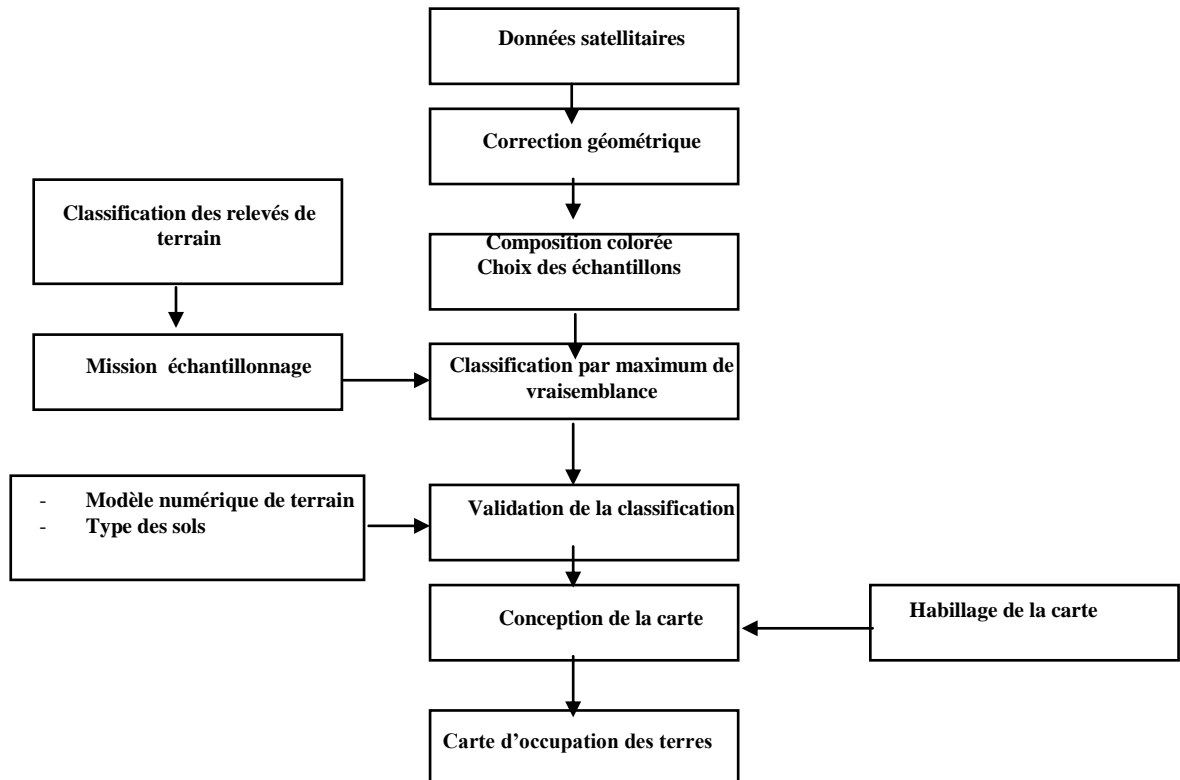
Il s'agira concrètement de réaliser les taches suivantes :

- Créer une carte de l'occupation des terres.
- Créer une base de données et la Lier de manière interactive à un SIG.

## I. Méthodologie générale

Connue pour son activité pastorale ancestrale, notre zone d'étude est confrontée actuellement à un problème de dégradation des parcours risquant d'hypothéquer l'avenir de son activité principale. C'est dans ce souci que nous avons conçu une approche méthodologique utilisant des outils modernes, au vu de la complexité du milieu et de la problématique à traiter. Une démarche méthodologique générale développée en détail dans l'organigramme suivant.

### Organigramme méthodologique général.



### I.1. Les données de télédétection :

Pour répondre aux différents objectifs de notre travail, nous avons utilisé des Images satellitaires de LANDSAT 8 (Mai 2015). Ce radiomètre multi spectral acquiert des images dans neuf bandes spectrales allant du visible au moyen infrarouge. Les données obtenues depuis l'instrument OLI de Landsat 8 contiennent les bandes qui sont représentées dans le tableau suivant (Tableau n° 01). Ces images satellites ont constitué le principal support du travail cartographique, le traitement a été réalisé grâce aux logiciels ENVI 4.5 et Mapinfo 10.

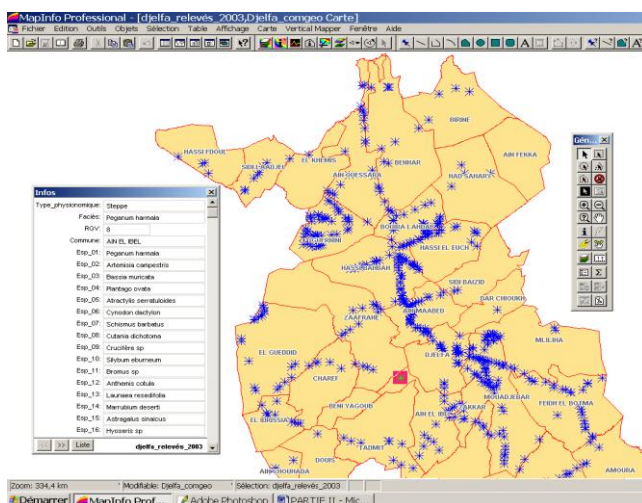
**Tableau n° 01 : caractéristiques des images Landsat8**

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

## I.2. Les relevés de terrain

La réalisation de la carte d'occupation des terres est intimement liée à une connaissance approfondie des données relatives à la zone d'étude concernée. Les relevés sont au nombre de 767 points bien positionnés dans notre zone d'étude. Nous avons tenu à ce qu'ils soient répartis de façon homogène. (Voir fig. 02).

**Figure n° 02 : Positionnement des relevés de terrain sur la zone d'étude.**



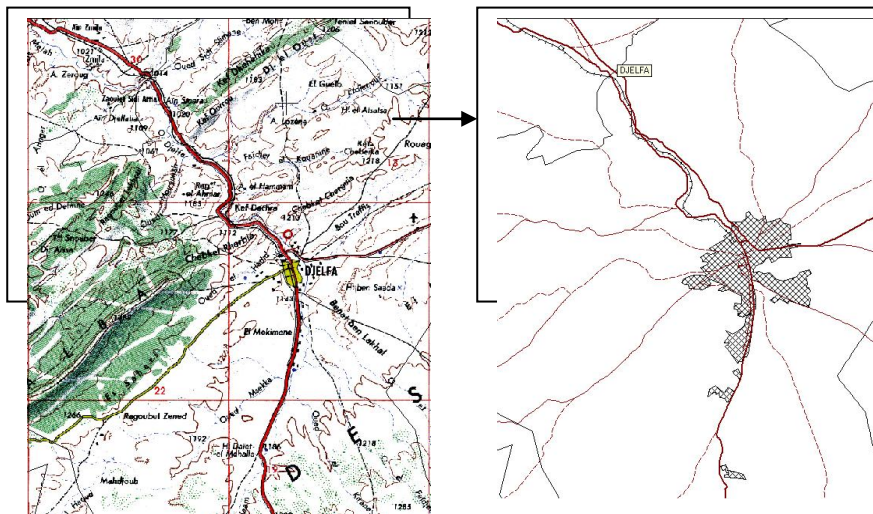
### I.3. Les données support (Les cartes topographiques) :

Les cartes topographiques utilisées sont en projection UTM et à l'échelle du 1/ 200.000. Ce sont :

KSAR EL BOUKHARI ( NI-31-XXI), SIDI AISSA (NI -31-XXII), AFLOU (NI-31- XV), DJELFA (NI-31- XVI), KSAR EL HAIRANE (NI-31- X), OUED ATTAR (NI-31- XI).

Certaines données en mode Raster (cartes topographiques) ont nécessité une numérisation, c'est-à-dire le passage du mode Raster vers le mode vectoriel. Figure n° 03 résume les thèmes qui ont nécessité une vectorisation ainsi, que d'autres données ayant nécessité une interpolation et d'autres la saisie directe.

**Figure n° 03 : Passage de format Raster vers le format vecteur.**



## II. Établissement de la carte d'occupation des terres

### II.1. Création de la base de données :

Les relevés réalisés ont été introduits dans une base de données. Le tableau suivant (tableau n° 02) illustre l'élaboration et la structure de la base de données.

Nous avons créé plusieurs champs dans la table Djelfa\_relevés, (Commune, type physiologique, faciès, longitude, altitude, recouvrement global de la végétation : première espèce jusqu'à cinquième espèce dominante et le recouvrement du sol par : la pellicule de glaçage, la litière, le sable et les éléments grossiers.



**Tableau n° 02 : La structure de la base de données**

Commune	Esp_01	Esp_02	Esp_03	Esp_04	Esp_05	RGV	Rec_Sable	Rec_Eg	Rec_PC	Rec_Li	Altitude
BOUIRA LAHDAB	Stipa tenacissima	Noaea mucronat	Atriplex canes	Asteriscus pygmaeu	Stipa parviflora	15	17	28	28	12	877
HAD SAHARY	Noaea mucronata	Peganum harmak	zizyphus lotus	Stipa parviflora	Malva aegyptiaca	12	22	34	18	14	878
HAD SAHARY	Stipa tenacissima	Noaea mucronat	Peganum harr	Schismus barbatus	Atractylis serratuloid	8	28	30	26	8	811
HAD SAHARY	Noaea mucronata	Peganum harmak				8	35	24	25	8	802
BIRINE	Stipa tenacissima	Noaea mucronat	Peganum harr			15	17	28	28	12	877
BIRINE	Stipa tenacissima	Noaea mucronat	Peganum harr			15	17	28	28	12	877
BIRINE	Stipa tenacissima	Noaea mucronat	Peganum harr			15	17	28	28	12	877
BIRINE	Thymelaea microphylla	Thymelaea nitida	Artemisia car	Helianthemum lippii	Launaea resedifolia	15	63	3	13	6	727
BENHAR	Peganum harmala	Noaea mucronat				9	15	38	32	6	699

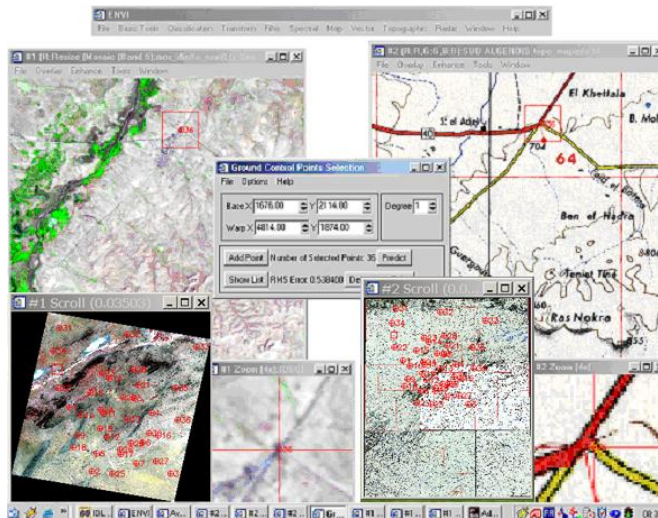
Type_physionomique	Facies	Remarque	Longitude	Latitude
Plantation fourragère	Stipa tenacissima, Noaea mucronata et plantation à Atriplex canescens		03° 11' 4,8"	35° 15' 39,5"
Steppe	Noaea mucronata et Peganum harmala	Juburier en HZ, Alfa à pieds déséchés	03° 18' 18,3"	35° 19' 22,2"
Steppe	Stipa tenacissima, Noaea mucronata et Peganum harmala		03° 19' 38,0"	35° 22' 25,1"
Steppe	Noaea mucronata et Peganum harmala	Présence de cultures sur les dépressions	03° 18' 52,1"	35° 24' 19,6"
Steppe	Stipa tenacissima		03° 11' 4,8"	35° 15' 39,5"
Steppe	Stipa tenacissima		03° 11' 4,8"	35° 15' 39,5"
Steppe	Stipa tenacissima		03° 11' 4,8"	35° 15' 39,5"
Steppe	Thymelaea microphylla, Thymelaea nitida et Artemisia campestris	Reseda, Carduus et Ferula sont en HZ	03° 10' 26,0"	35° 34' 41,2"
Steppe	Peganum harmala et Noaea mucronata		03° 08' 01,6"	35° 32' 44,5"

## II.2. Les prétraitements :

Notre zone d'étude est couverte par quatre scènes, des prétraitements numériques ont été appliqués sur chaque scène.

- Géoréférencement et correction géométrique des images satellitaires

**Figure n° 04 : Illustration de la rectification sous ENVI (Image to Image).**



- Une composition colorée utilisant les canaux les moins corrélés porteurs du maximum d'information.
- Détermination de l'indice de végétation normalisée.
- Interprétation visuelle et élaboration des masquages des thèmes détectés.

Dans les prétraitements, deux objectifs ont été visés

- Rendre les documents superposables et exploitables de façon optimale
- Faciliter l'identification des thèmes recherchés.

Une fois le prétraitement réalisé, les scènes ont été mosaïquées.

**Figure n° 05 : Mosaïquage des scènes Landsat de la zone d'étude.**



### **II.3. Les traitements des données**

- Application de l'algorithme du Maximum de vraisemblance : Il consiste à affecter des pixels aux classes les plus proches selon une distance radiométrique. Il est basé sur la probabilité qu'a un pixel d'appartenir à une classe donnée. Cette distance est calculée entre le pixel à classer et chaque parcelle d'entraînement sur toutes les bandes.

Il s'agit maintenant de discuter de la qualité de la correction. Pour chaque point d'appui, nous pouvons examiner les résidus obtenus après application du modèle de transformation. Le module calcule également la contribution de chacun de ces points dans l'erreur globale de correction. (Voir la figure n° 03). L'erreur RMS de chaque point ne doit pas dépasser un pixel, nous avons alors éliminé les points induisaient une erreur supérieure à un pixel.

Les résultats obtenus pour chaque point d'appui sont illustrés à la (figure n° 04). On peut observer que toutes les erreurs RMS sont inférieures au pixel. La répartition des erreurs négatifs ou positifs, en X et en Y, n'obéit pas à une règle de répartition spatiale précise.



**Figure n°06 : Résidus, erreurs RMS et contribution des points d'appui.**

	Base X	Base Y	Warp X	Warp Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1+	8973.00	4863.50	8973.00	4863.50	8973.0557	4863.4496	0.0557	-0.0504	0.2752
#2+	9768.00	4212.00	9768.00	4212.00	9768.1093	4211.9220	0.1093	-0.0780	0.1343
#3+	4812.00	1875.00	4812.00	1875.00	4811.9498	1874.9052	-0.0502	-0.0948	0.1073
#4+	4897.00	1940.00	4897.00	1940.00	4896.9502	1939.9002	-0.0498	-0.0998	0.7115
#5+	4963.00	2073.00	4963.00	2073.00	4962.9471	2072.8942	-0.0529	-0.1058	0.1183
#6+	4640.00	4587.00	4640.00	4587.00	4639.8210	4586.8139	-0.1790	-0.1861	0.2583
#7+	4771.00	4681.00	4769.00	4679.00	4770.8241	4680.8143	1.8241	1.8143	0.5727
#8+	5654.00	5949.00	5654.00	5949.00	5653.8244	5948.8246	-0.1756	-0.1754	0.2482
#9+	5896.00	3067.00	5896.00	3067.00	5895.9469	3066.8583	-0.0531	-0.1417	0.1513
#10+	7463.00	2276.00	7463.00	2276.00	7463.0400	2275.8220	0.0400	-0.1780	0.1824
#11+	7774.00	3873.00	7774.00	3873.00	7774.0124	3872.8727	0.0124	-0.1273	0.1279
#12+	4954.00	3551.00	4954.00	3551.00	4953.8830	3550.8521	-0.1170	-0.1479	0.1886
#13+	6576.00	1627.00	6576.00	1627.00	6576.0253	1626.8397	0.0253	-0.1603	0.1623
#14+	8959.00	3800.00	8959.00	3800.00	8959.0738	3799.8805	0.0738	-0.1195	0.1404
#15+	6932.00	7041.00	6932.00	7041.00	6931.8727	7040.9187	-0.1273	-0.0813	0.1511
#16+	9504.00	6069.00	9504.00	6069.00	9504.0688	6069.0604	0.0688	0.0604	0.4915
#17+	7989.00	5628.00	7989.00	5628.00	7988.9813	5627.9485	-0.0187	-0.0515	0.8548
#18+	6750.00	4346.00	6750.00	4346.00	6749.9453	4345.8681	-0.0547	-0.1319	0.1428
#19+	6169.00	2384.00	6169.00	2384.00	6168.9836	2383.8563	-0.0164	-0.1437	0.1446
#20+	6879.00	5686.00	6879.00	5686.00	6878.9108	5685.8924	-0.0892	-0.1076	0.1397
#21+	5679.00	1370.00	5679.00	1370.00	5679.0024	1369.8801	0.0024	-0.1199	0.1200
#22+	5580.00	1585.00	5580.00	1585.00	5579.9905	1584.8817	-0.0095	-0.1183	0.1186
#23+	8168.00	4944.00	8168.00	4944.00	8168.0080	4943.9262	0.0080	-0.0738	0.4742
#24+	5374.00	2817.00	5374.00	2817.00	5373.9332	2816.8673	-0.0668	-0.1327	0.1486
#25+	6705.00	3312.00	6705.00	3312.00	6704.9760	3311.8546	-0.0240	-0.1454	0.1473
#26+	5695.00	4695.00	5695.00	4695.00	5694.8752	4694.8413	-0.1248	-0.1587	0.2019
#27+	8819.00	6738.00	8819.00	6738.00	8819.0120	6738.0591	0.0120	0.0591	0.8603
#28+	9763.00	7087.00	9763.00	7087.00	9763.0726	7087.1610	0.0726	0.1610	0.1766
#29+	8388.00	7692.00	8388.00	7692.00	8387.9619	7692.0747	-0.0381	0.0747	0.4838
#30+	7894.00	6591.00	7894.00	6591.00	7893.9518	6590.9819	-0.0482	-0.0181	0.8515
#31+	6560.00	6352.00	6560.00	6352.00	6559.8690	6351.8814	-0.1310	-0.1186	0.9767
#32+	4872.00	3243.00	4872.00	3243.00	4871.8924	3242.8612	-0.1076	-0.1388	0.9756
#33+	8329.00	3026.00	8329.00	3026.00	8329.0590	3025.8364	0.0590	-0.1636	0.9739
#34+	8270.00	1350.00	8270.00	1350.00	8270.0934	1349.7557	0.0934	-0.2443	0.2615
#35+	4447.00	6330.00	4447.00	6330.00	4446.7296	6329.7381	-0.2704	-0.2619	0.3764
#36+	1676.00	2114.00	1676.00	2114.00	1675.7839	2113.7843	-0.2161	-0.2157	0.3053

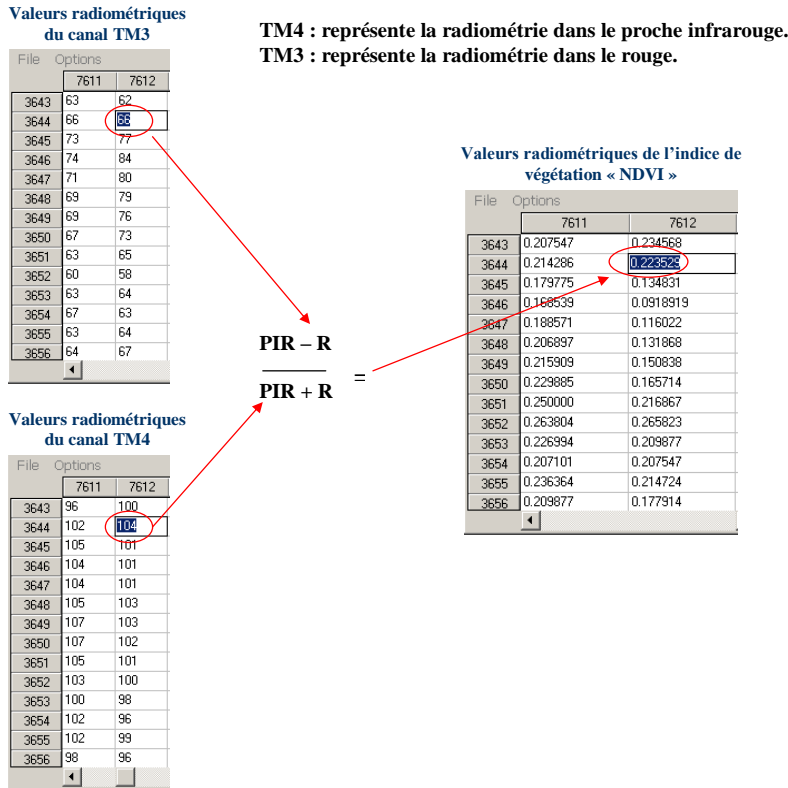
### II.3.1. L'indice de végétation

L'indice de végétation nous donne une précieuse indication sur l'état de la couverture végétale. Il permet de visualiser sur un seul canal la dynamique des réponses liées à la densité de couvert végétal, en optimisant les contrastes entre le visible et le proche infrarouge (Voir la figure n° 05).

L'application de l'indice de végétation (NDVI) à notre zone d'étude a pour objectif de nous renseigner sur l'état de la végétation.

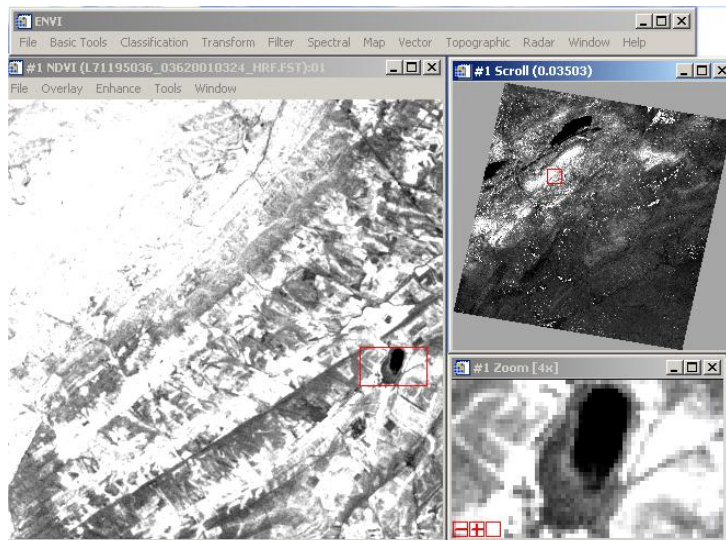
Le passage de la teinte noire vers les teintes claires nous indique respectivement l'absence ou la présence de végétation chlorophyllienne. La seule végétation qui est mise en évidence est les forêts naturelles, qui apparaissent en clair, signe d'une activité chlorophyllienne, au niveau des forêts de Senalba et Djebel Sahari.

**Figure n°07 : Principe de calcul de l'indice de végétation.**



Ceci confirme l'aridité de la zone d'étude. (Voir la figure n° 06).

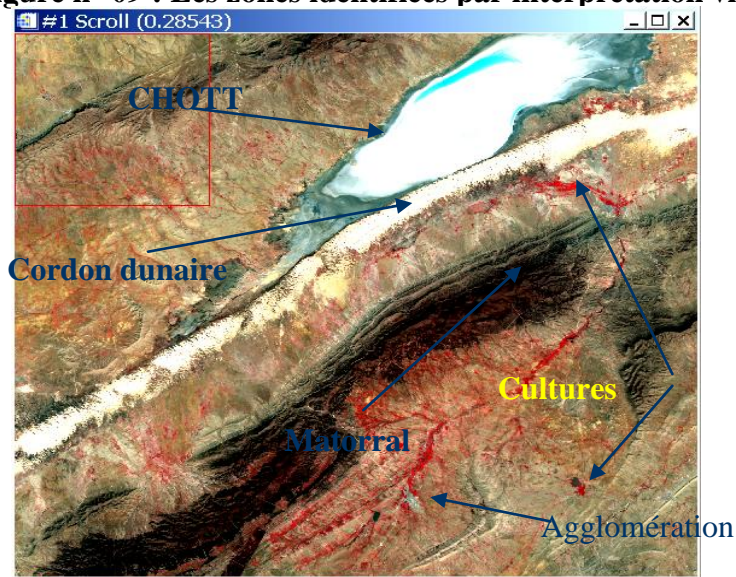
**Figure n° 08 : L'application de l'indice de végétation (NDVI).**



### II.3.2. Interprétation visuelle ou télé analyse

En dehors de la classification automatique des données, il est possible de réaliser une interprétation visuelle de ces données après un traitement simple comme la composition colorée de plusieurs canaux. La figure (07) illustre la richesse de détail que l'on peut obtenir par cette méthode.

Figure n° 09 : Les zones identifiées par interprétation visuelle.



Cette méthode est certainement la plus simple, il suffit dans ce cas, d'un prétraitement de l'image et d'une composition colorée de type infrarouge couleurs ou toute autres combinaison, indice de végétation...).

### II.3.3. Elaboration des masques

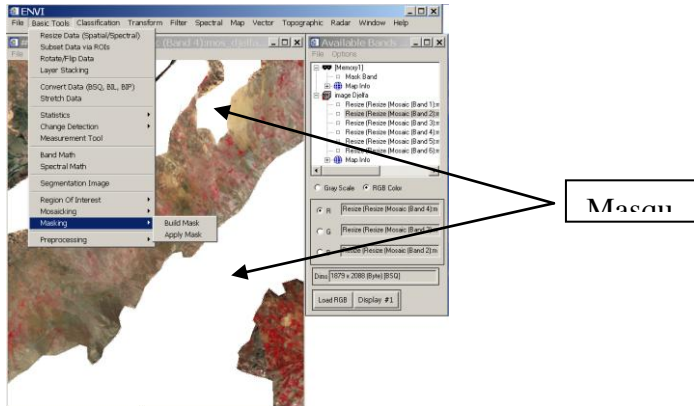
Avant d'entamer la classification proprement dite, il est nécessaire de simplifier l'espace de mesure en procédant au masquage des différents thèmes. (Voir la figure 08).

Nous avons élaboré les masques suivants

- Un masque pour les reliefs.
- Un masque pour les chotts.
- Un masque pour le cordon dunaire.
- Un masque pour les forêts et matorrals.
- Un masque pour les zones urbaines.

Sur chacune de ces « portions d'images » qui correspondent aux différents thèmes retenus (Voir figure n° 08), nous avons alors, établi une classification numérique de type supervisée.

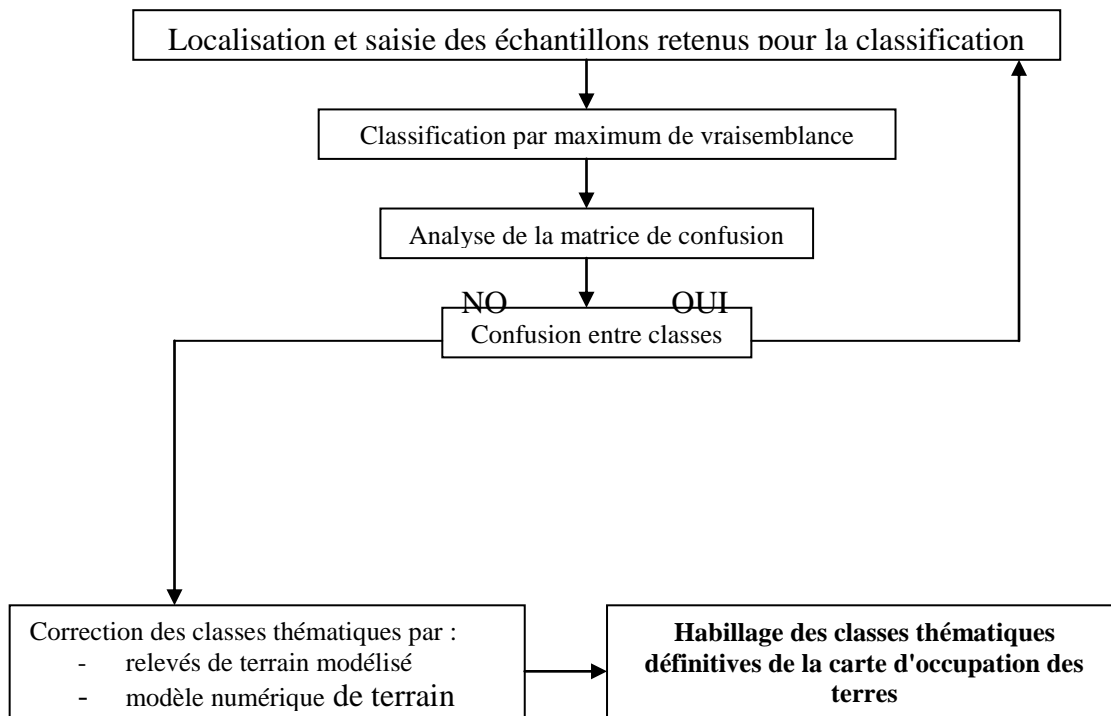
**Figure n° 10 : Application de masque sur les thèmes identifiés.**



### II.3.4. La classification supervisée

La classification supervisée est une opération qui regroupe les pixels en fonction de leur ressemblance spectrale en respectant les seuils fixés par l'analyste. Nous avons choisi la classification par maximum de vraisemblance car c'est celle qui est la plus utilisée et retrouvée dans la littérature. (GIRARD MC. ET GIRARD CM.1989). Elle est basée sur les propriétés statistiques des composantes spectrales de la scène. Le critère de décision est la plus grande probabilité qu'a un vecteur de luminance pour appartenir à une classe. La classification se déroule généralement en six phases (voir la figure n° 09).

**Figure n° 11 : Organigramme méthodologique de la classification**



### II.3.4.1. La classification des relevés de terrain et le choix des zones d'entraînement

Elle constitue l'étape la plus importante, la plus délicate et la plus ardue de la classification.

Après l'amélioration de l'image, le choix des zones test est basé sur les relevés de terrain exprimant l'état de la surface du sol. Afin de rendre le choix des polygones test plus ou moins performants, nous avons tiré profit des possibilités que nous offre l'existence d'une base de données à référence spatiale riche de plus de 676 relevés phytoécologiques. (Enquête de terrain)

L'apprentissage vise à définir les propriétés des signatures de chacune des classes d'objets au moyen d'un échantillon d'éléments de l'image de classe connue. Pour que cet apprentissage soit valable, il est préconisé d'analyser les relevés de terrain à partir des requêtes selon les critères suivants :

- Composition floristique de chaque faciès et le recouvrement global de la végétation selon les classes suivantes :

Classe a :  $RGV < 15\%$  : Parcours très dégradés

Classe b :  $15 < RGV < 30\%$  : Parcours dégradés

Classe c :  $30 < RGV < 45\%$  : Parcours moyennement dégradés

Classe d :  $RGV > 45\%$  : Parcours en bon état

RGV : Recouvrement global de la végétation.

- Le recouvrement des différents éléments de la surface du sol (élément grossier, accumulation de sable, pellicule de glaçage et le recouvrement de litière).

Selon la nature du recouvrement et pour chaque élément, nous avons établi quatre classes. (Voir le tableau n° 03)

**Tableau n° 03 : Classe de recouvrement par élément de la surface du sol**

Classe	Sable	Eléments Grossier	Pellicule de glaçage	Recouvrement en litière
Classe 01	Plus de 70 %	Plus de 50 %	Plus de 50 %	Plus de 20 %
Classe 02	De 35 à 70 %	De 35 à 50 %	De 35 à 50 %	De 10 à 20 %
Classe 03	De 15 à 35 %	De 15 à 35 %	De 15 à 35 %	De 5 à 10 %
Classe 04	Moins de 15 %	Moins de 15 %	Moins de 15 %	Moins de 5 %

La première étape consiste à sélectionner et à ne retenir que les relevés qui sont représentatifs des conditions écologiques de chaque espèce. Une espèce donnée peut se retrouver dans des états écologiques différents qui peuvent fausser la classification.

Par exemple, si nous voulons choisir les polygones d'apprentissage de l'Alfa (*Stipa tenacissima*) nous retiendrons les relevés de la façon suivante :

- l'état écologique normal de steppe à *Stipa tenacissima* est :
- recouvrement en sable inférieur à 15 %,
- celui en élément grossier inférieur à 35%
- pellicule de glaçage entre 15 et 35 %.

Donc à partir de la base de données nous n'allons extraire que les relevés où le recouvrement en sable correspond à la classe 04 et la pellicule de glaçage à la classe n°2.

La classification se déroule généralement en cinq phases :

- Définition des classes à partir des relevés terrain.
- Choix des polygones test.
- Evaluation de la qualité de la classification.
- Une correction par rapport aux relevés de terrain. (Confrontation visuelle avec la réalité terrain).
- Et à la fin, nous avons réalisé une correction par modèle numérique de terrain (MNT).

### **III. Résultat et discussion**

#### **III. 1. Evaluation statistique de la qualité de la classification**

Une matrice de confusion, est calculée sur les parcelles d'entraînement afin d'apprécier l'homogénéité des différentes populations considérées.

Sur une matrice de confusion, la précision d'une classification correspond aux pourcentages des pixels bien classés traduits par les valeurs sur la diagonale. Les autres valeurs permettent d'analyser les proximités radiométriques entre les différentes classes et de juger ainsi de l'importance des confusions thématiques. Ces matrices permettent de juger de la pertinence de l'algorithme de classification (BRUNET et al 1999).

L'idéal serait d'obtenir une matrice dont les valeurs sur la diagonale sont de 100 %, ce qui signifierait que pour chaque classe, tous les pixels observés sur les sites d'entraînement ont été affectés à la bonne classe lors de la procédure de classification.



Selon BRUNET et al (1999). En milieux naturels complexes, les valeurs diagonales supérieures à 80 % peuvent être considérées comme très bonnes.

Néanmoins on note une confusion thématique très nette entre (Voir tableau n° 05) :

- Stipa tenacissima et Lygeum spartum.
- Steppe de dégradation et Lygeum spartum.
- Steppe de dégradation et Stipa tenacissima.

En outre l'analyse de cette matrice de confusion conduit à retenir trois points essentiels qui mettent l'accent sur les difficultés méthodologiques rencontrées, difficultés liées à la confusion thématique engendrée par :

Une confusion spectrale de deux thèmes cas de Stipa tenacissima, Lygeum spartum voir également des thèmes à alfa ensablés et des faciès dégradés ensablés (influence de la réponse spectrale du sable). La localisation géographique trop imprécise des relevés de terrain, en général, et de certains relevés, en particulier, compte tenu du fait que les thèmes étudiés se présentent fréquemment sous forme de mosaïques. Comme par exemple culture et faciès à Zizyphus lotus. Ces deux points, en particulier, limitent l'utilisation d'un certain nombre de données terrain lors de la prise interactive des polygones test (relevés que nous avons mal localisés ou qui sont peu nombreux pour le thème considéré). Notons pour finir que la pertinence globale de notre classification est très satisfaisante (90,02 %) (Voir tableau n° 05).

**Tableau n°04 : Matrice de confusion de la classification par maximum de vraisemblance.**

Classe	Cultures	Lygeum spartum	Stippa tenacissima	Steppe de dégradation	Psammophytes	Hammada scoparia	Hammada scoparia et Astragalus armatus	Halophytes	Hartemisia herba alba
Cultures	100	<b>1,64</b>	0	0	0	0	0	0	0
Lygeum spartum	0	78,14	<b>3,60</b>	<b>6,62</b>	0	0	0,28	<b>0</b>	<b>2,78</b>
Stipa tenacissima	0	<b>1,91</b>	73,41	<b>7,35</b>	0	0,35	0	0	<b>4,17</b>
Steppe de dégradation	0	<b>15,03</b>	<b>9,42</b>	73,90	0	0	<b>1,68</b>	0	<b>2,78</b>
Psammophytes	0	0	0	0	100	0,70	0	0	0
Hammada scoparia	0	0,55	<b>1,94</b>	0	0	98,95	<b>1,68</b>	0	0
Hammada s et Astragalus armatus	0	0	<b>1,11</b>	0	0	0	95,52	0	0
Halophytes	0	0	<b>2,22</b>	0,74	0	0	0	100	0
Hartemisia herba alba	0	<b>2,73</b>	<b>8,31</b>	<b>11,40</b>	0	0	0,84	0	90,28
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

## **III.2. Post classification**

Le résultat de la classification est une carte thématique ayant un aspect plus ou moins marqué par de nombreux thèmes isolés sous forme de patates de très petite taille jugés inutiles et négligeables sur le plan thématique.

Selon KNIPPEL, 1995, certains de ces thèmes correspondent à un mélange de plusieurs types de terrain ou des pixels non classés, dont la classe thématique n'a pas pu être déterminée.

Les post-traitements (lissage, filtrage...) s'avèrent nécessaires pour éliminer les points et diminuer certaines confusions, et par conséquent améliorer la lisibilité et faciliter l'analyse de la carte finale.

## **III.3. Synthèse : la spatiocarte de l'occupation des terres**

Avant la réalisation de cette carte, il est impératif de procéder à la transformation de l'image classifiée en mode vecteur. La classification est alors symbolisée en mode vecteur ; ces informations (vecteurs) sont transformées en base de données et donc constituent une couverture portant les informations au sol. Sur le plan thématique, des confusions ont été observées entre différents thèmes présentant des similitudes dans leurs réponses spectrales. Deux corrections ont été faites pour valider notre travail :

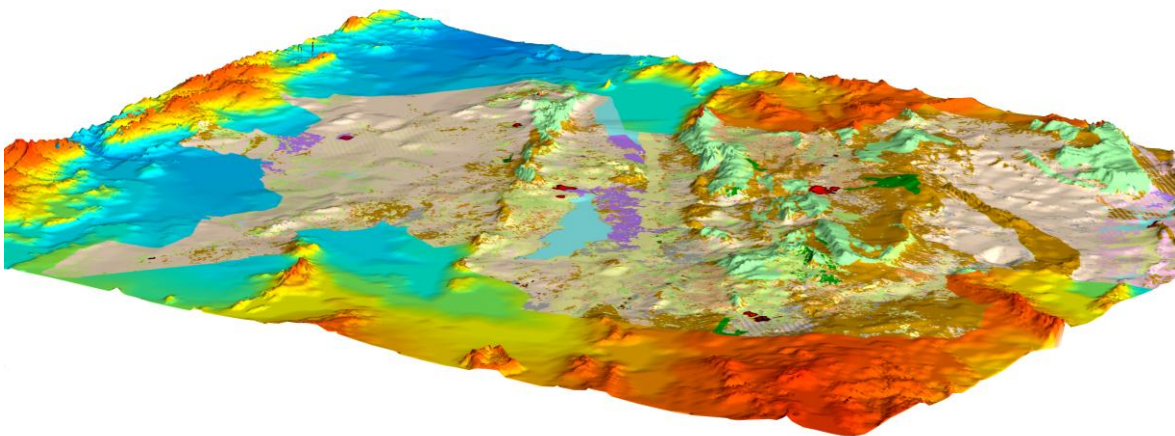
Une correction par rapport aux relevés de terrain. (Cette évaluation se fait visuellement en comparant la classification aux relevés de terrain. Et à la fin, nous avons réalisé une correction par modèle numérique de terrain.

Le modèle numérique d'altitude (MNA) est une représentation du relief par une matrice de pas régulier dont chaque élément porte une altitude  $Z$ , identique à la réalité terrain. Sur ce modèle (MNA) géoréférencées, nous avons superposé, par drapage, la spatio-carte d'occupation des terres et les tables vectorielles, en utilisant un logiciel SIG (système d'information géographique). Cette modélisation a permis d'établir un modèle numérique de notre terrain d'étude (MNT). Les figures suivantes illustrent la localisation de chaque thème de la carte d'occupation des terres sur un MNT. Les unités géomorphologiques apparaissent associées à des sols et à des types de végétation bien définis. Il est bien essentiel d'en tenir compte pour une correction thématique de la carte de l'occupation des terres par rapport aux unités géomorphologiques. (Relation végétation relief). Il peut à priori apparaître comme surprenant de voir le modèle numérique de terrain (MNT) être utilisé comme un des éléments de post classification. Cependant, le modèle

numérique de terrain est un outil puissant pour lever quelques indéterminations de la carte de l'occupation des terres.

En effet, très souvent, il y a une relation globale entre la géomorphologie et la végétation bien que ce lien ne soit pas net, il nous permet ainsi de percevoir des erreurs qui ne sont pas facilement perceptibles dans une image Landsat OLI à représentation plane. Par exemple si nous trouvons une végétation halophile sur une petite butte non aisément identifiable ; sur une image on peut supposer qu'il existe à ce niveau une erreur de classification (voir la figure n° 12).

**Figure n° 12 : vue de la zone d'étude en trois dimensions.**



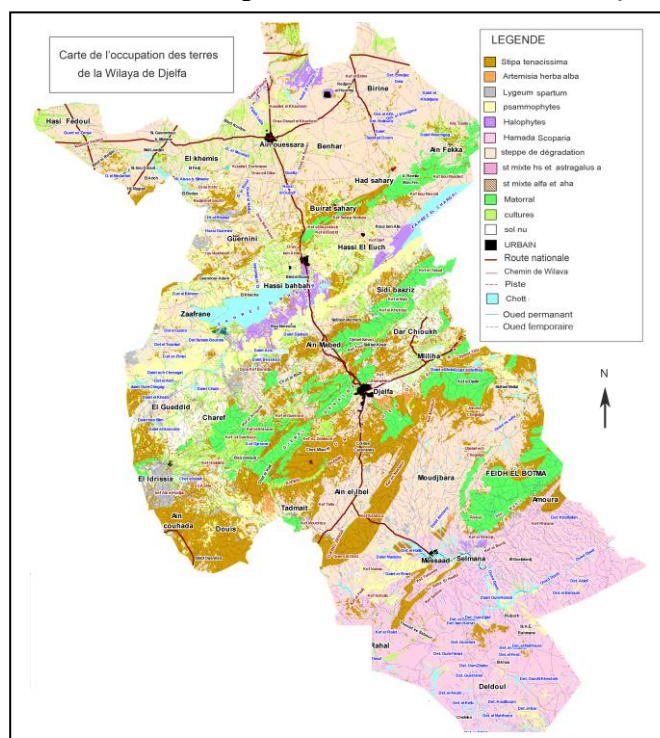
#### **III.4. Habillage de la carte de l'occupation des terres**

Nous avons traité les thèmes par des couleurs en aplat. La délimitation a été faite et les couleurs ont une teinte uniforme. Des bandes alternées disposées horizontalement ou obliquement, selon les cas, sont surimposées pour les faciès ou steppes mixtes. Les coordonnées géographiques, la projection retenue, le Nord géographique, l'échelle sont représentées voir la carte n° 02. Le document cartographique obtenu par la classification précitée est représenté par 14 thèmes, ils sont représentés dans le tableau suivant. (Tableau n° 05).

**Tableau n° 05 : Résultat final de la carte d'occupation des terres.**

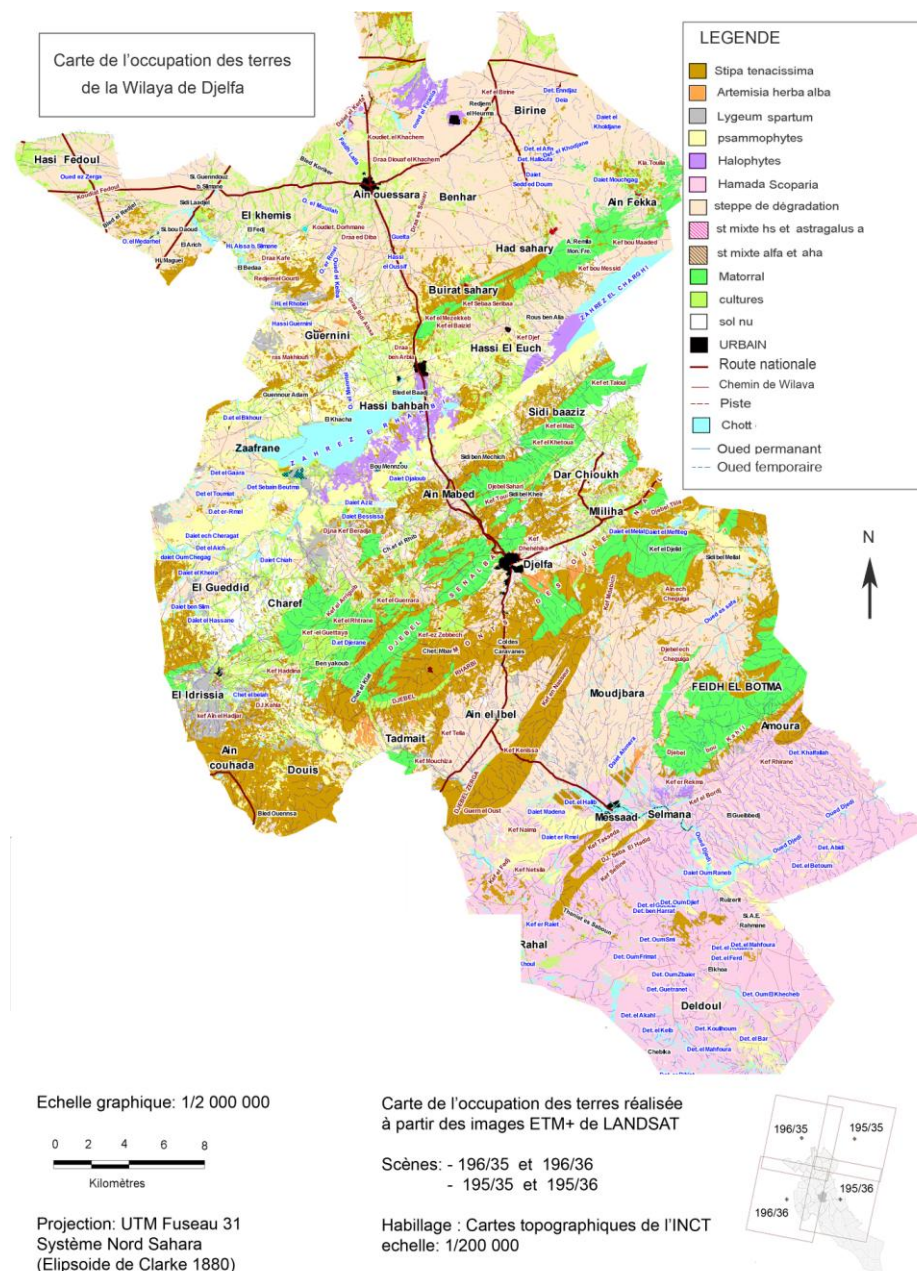
ID	Faciès	Surface /ha	%
1	Urbain	7237,8	0.33
2	Sol nu	146543,17	6.18
3	Chott et dépression	61940,03	2.61
4	Halophytes	31132,34	1.31
5	Psammophytes	215277,3	9.09
6	Lygeum spartum	47500,80	2.00
7	Steppe de dégradation	825397,9	34.85
8	Hammada scoparia	3 29060,12	13.89
9	Stipa tenacissima	305319,54	12.89
10	Artemisia herba alba	4867,99	0.20
11	Matorral	205601,71	8.68
12	Cultures	180054,23	7.60
13	Steppe mixte à Hammada scoparia et Astragalus armatus	88765,10	3.74
14	Steppe mixte à Stipa tenacissima et Artemisia herba alba	10190,63	0.43

**Carte n° 02 : La carte de l'occupation des terres de la Wilaya de Djelfa.**



En effet, les trois formations principales ne représentent plus que 15,09% du total de la zone d'étude. Les formations à *Artemisia herba alba* qui n'occupent plus que 0.20 % de la superficie totale sont en quasi disparition alors que l'alfa qui occupait l'essentiel du paysage ne se cantonne plus que sur les versants où elle reste dominante avec 12.89 % du total. L'essentiel du paysage est occupé par de nouvelles formations à *Salsola vermiculata*, *Atractylis serratuloides*, *Noaea muronata*, *Peganum harmala* qui s'étendent sur près de tiers ( 34.85 %) de la surface totale regroupées sous le vocable de steppe de dégradation. Il en est de même des *psammophytes* qui sont des regroupements des formations à *Thymelea microphylla*, *Retama retam*, *Hammada schmittiana* et qui occupent près de 9 % (9,09 %) de la surface totale.

L'analyse des recouvrements, par type d'unité végétale sur l'ensemble de la zone, montre que la classe de moins de 10 % de recouvrement occupe plus de 70 % du total



## CONCLUSION

L'utilisation des images satellitaires, pour la cartographie de la végétation en zone steppiques semble poser quelques problèmes méthodologiques qui ont été déjà évoqués par plusieurs auteurs. Parmi les problèmes rencontrés, figurent d'une part, le décalage entre la date de prise de vue des images satellitaires et la date de récolte des données de terrain, et d'autre part, le faible couvert végétal (recouvrement global de la végétation), reflétant un état très dégradé de la végétation. En effet, plusieurs types de faciès de notre zone d'étude semblent avoir des valeurs radiométriques très proches, ce qui rend le choix des zones test (zones d'apprentissages) très délicat et qui demande une connaissance de terrain approfondie.

Pour pallier ces différentes contraintes et confusion thématique, nous nous sommes basés sur une analyse approfondie de l'état de surface reposant sur la définition des zones test. La réponse spectrale est liée à un ou plusieurs éléments de la surface du sol selon l'importance de ces éléments. Pour caractériser la réalité terrain et éliminer les confusions thématiques observées deux corrections ont été faites pour valider notre travail, une correction par rapport aux relevés de terrain et une correction par modèle numérique de terrain.

Dans ce contexte, la cartographie, par images satellitaires et les systèmes d'information géographique s'est révélée un moyen efficace et rapide en particulier en zone steppiques et pour de vastes régions.

### Référence bibliographique :

- **AIDOUD. A (1989).** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques pâturés des hautes plaines Algero-Oranaises. Fonctionnement, évaluation et évolution des ressources végétales. Thèse doct. Université H. Boumdeïène, Alger.254 p.
- **BAGHDADI. N., A. DAVID et C. OLIVEROS. (2004).** Apport de l'imagerie spatiale optique et radar pour la cartographie des bancs de vase en Guyane Française. Bulletin des Sciences Géographiques N°n 16, 47-64 pp.
- **BALLET. A., BOGUET. E., NGUYEN. TP. Et FORTIN. M (1984).** Évolution de l'occupation du sol "Recherche de méthodes comparatives et de traitement par l'utilisation des simulations SPOT de 1981 à 1983. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région île de France. 50 p.



- **BENNOUA. T., MANIERE. R. & LEFERE. M (Mars 1995).** AFRICAGIS, Méthodologie de caractérisation des parcours subdésertiques : région d'Ouarzazate (MAROC).
- **BENREBIHA. A. (1984).** Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques : cas de la coopérative pastorale de Ain Oussera (W. DJELFA). Thèse Magister. INA. Alger. 160 p + annexes.
- **BESAID. A (1997).** Traitement et intégration des données satellitaires et multi sources dans la conception d'une base de données dans un SIG en vue de la caractérisation d'un milieu physique "application à une zone steppique au nord de Laghouat" Thèse de Magister, CNTC, Algérie.
- **BIORET. F. et FRANSOISE. G. (2002).** Analyse diachronique de la végétation d'un îlot marin protégé. Photo Interprétation, Volume 39 2003/2, pp 2-11.
- **BOULAHOUAT. N et NAERT B. (2001).** Télédétection des ressources en sols des zones arides, une méthode d'inventaire adapté au travail sur terrain expérimenté dans la région de DJELFA (ALGERIE). Institut national de la recherche agronomique, maison de la télédétection, 500 rue JF BRETONS.
- **CHERMANT M., et COSTER. J. L. (1989).** Précis d'analyse d'images.- C.N.R.S. Paris.
- **CNTC (Juillet 1995).** SIG pour la gestion de l'activité pastorale de la steppe algérienne, rapport de phase II et III du projet "CNTC- Algérie /CRDI -Canada".
- **CHRISTINE. G., et SEBASTIEN A. (2005).** Le SIG, outil adéquat au service du projet des Sentiers du grand Dijon. Géomatique expert n° 46 octobre 2005 pp 30 - 37.
- DUBOIS J-M., CAVAYAS. F et LAFRANCE. P. (octobre 1991).** Télédétection appliquée à la cartographie thématique et topographique : Quatrièmes journées scientifiques du « réseau télédétection » de L'UREF Montréal, 21-23.- Presses de l'université du Québec : Québec.
- **DUREAU F., Weber. C. (1995).** Télédétection et système d'information géographique. Collection Villes. 379 p.
- **HIRCHE. A., BOUGHANI. A. et NEDJRAOUI. D. (1999).** A propos de la qualité des parcours en zones arides. Cahiers Option Médit. Zaragoza. 39 p.
- **GIRARD M-C., COLETTE et GIRARD. M. (1999).** Traitement des données de télédétection.- DUNOB : Paris, 529 p.

- **MANIERE. R., ELISABETH B., CELLES. J-C., MELZI. S. (1993).** Utilisation de la télédétection spatiale (données XS de SPOT) pour la cartographie de l'occupation du sol en zones arides méditerranéennes : exemple d'AIN OUSSERA (Algérie). Cahiers. ORSTOM, série. pédol. vol XXVIII, n°1, pp 67-80
- **MINNVIELLE. E. et SOUIAH. S-A. (2003).** L'analyse statistique et spatiale. Statistique, cartographie, télédétection, SIG. Edition DUTEMPS, 284 p.
- **POUGET. M. (1980).** Les relations sol - végétation dans les steppes Sud – algéroise. Doc. ORSTOM. Paris, 555 p. Th : Marseille : 1979.
- **POUGET M. (1977).** Cartographie des zones arides : géomorphologie, pédologie, groupement végétaux et aptitude à la valeur dans la région de MESSAAD-AIN el IBEL (W. DJELFA). Paris ORSTOM. 89 p + cartes.
- **PORNON. H. (1998).** Systèmes d'information géographique, pouvoir et organisations : géomatique et stratégies d'acteurs.- Editions L'HARMATTAN : Paris, Canada. 255 p.
- **ROBIN. M. (1998).** La télédétection des satellites aux systèmes d'information géographique, Edition NATHAN 1995 mise à jour 1998. 319 p.
- **Rapport national de l'Algérie** sur la mise en œuvre de la convention de lutte contre la désertification, 2004 Direction générale des forêts DGF, 35 p.
- **LECA DE DIAGGI. O C., JACQUES. C. et PHILIPPE. T. (2005).** Apport de la géomatique à l'analyse des risque « application aux départements de feux de forêts dans le var » Géomatique expert n° 46 octobre 2005 pp 46 - 57.
- **ZANIN. C., TREMELO. M-L. (2003).** Savoir faire une carte. Aide à la conception et à la réalisation d'une carte thématique unie variée. Edition BELIN, 194 p.