

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA
FACULTE DES SCIENCES ET DE L'INGENIERIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



*Mémoire présenté
En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Ecologie végétale*

*Option
Cartographie des écosystèmes Forestiers de l'Est Algérien*

THEME

**Cartographie de l'occupation du sol par la végétation à
partir des données satellites dans la région de Annaba
(Chétaibi)**

Présenté par :

HADEF Azzedine

Membres de jury :

Président : DJEBAR M^d R. (Pr.)

Promoteur : TOUBAL O. (M.C.)

Examineur: DJAMAI R. (M.C.)

Examineur: AOUADI H. (M.C.)

Université de Annaba

Université de Annaba

Université de Annaba

Université d'El-Tarf

Année universitaire : 2009-2010

Dédicace

A mes chers parents

A toute ma famille

A mes collègues

A mes amis

Je dédie ce travail

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, Je remercie Allah, le bon Dieu miséricordieux pour m'avoir aidé à réaliser ce travail.

Je voudrai exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements à :

Mme Toubal Oumessaad. Maître de conférence à l'université Badji Mokhtar – Annaba, pour son aide botanique et cartographique, ses conseils de grandes valeurs, sa disponibilité, ses encouragements, la confiance qu'elle a placé en nous et pour la réalisation et la préparation de ce mémoire.

Mr Djebbar Mohammed Rhéda, Professeur à l'université Badji Mokhtar Annaba, pour avoir accepté de présider le jury, et d'examiner mon travail.

Mr Djamai Rachid, Maître de conférences au département de Biologie qui a accepté avec beaucoup de gentillesse d'examiner mon travail malgré ses nombreuses obligations.

Mr Aouadi Hocine, Maître de conférence à l'université d'El Tarf, pour m'avoir accepté d'examiner mon travail, ses critiques et suggestions me seront utiles.

Mes sincères remerciements s'adressent à la conservation des forêts de la wilaya de Annaba surtout le conservateur Bachtarzi Mr Bouchama et madame Zahia de la circonscription des forêts de Chétaibi pour leur aide.

Mes sincères remerciements vont également à Mr Gouaref K, inspecteur à la conservation des forêts de la wilaya de Guelma pour son aide technique et informatique (utilisation des logiciels MAPINFO et ENVI)

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance à ma famille pour le soutien moral et les encouragements.

Je n'oublierai pas mes collègues pour leur aide et soutien, qu'ils soient vivement remerciés :

Boushaba A, Beldjazia A et Ali tatar B.

Que ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent, ici, l'expression de ma profonde gratitude.

Cartographie de l'occupation du sol par la végétation à partir des données satellites dans la région de Annaba (Chétaibi).

Résumé

L'objectif de notre travail consiste à cartographier l'occupation du sol par la végétation dans la région de Chétaibi (wilaya d'Annaba) à partir des données satellites ; dans notre étude, on a utilisé des images satellites prises en 2000 par le capteur ETM+ du satellite LAND SAT 7.

La région de Chétaibi fait partie des chaînes montagneuses de l'Edough au nord-Est Algérien ; l'étude bioclimatique situe Chétaibi entre les étages bioclimatiques sub-humide doux et humide doux.

Après avoir effectué les différents traitements sur les images satellites de la zone d'étude, et le choix de la meilleure trichromie, une classification supervisée de cette trichromie est lancée par le logiciel de cartographie et télédétection ENVI4.5.

Les résultats obtenus de cette classification ont permis d'élaborer une carte d'occupation du sol par la végétation dans la région de Chétaibi (Formation à chêne liège, à chêne zéen, chêne Kermès, Maquis dense, Maquis claire, Cultures, Pelouse, Ripisylves et Zone urbaine). Ainsi le modèle numérique de terrain obtenu après le traitement des données SRTM, a permis d'élaborer la carte des pentes, la carte des expositions et la carte des altitudes de la zone d'étude.

Mots clés : Végétation, Ecologie, Télédétection, Images satellites LANDSAT ETM+ Occupation du sol, Cartographie, Chétaibi.

Summary

The aim of this study is to map the land cover by vegetation in the region of Chetaïbi (wilaya of Annaba) from satellite data, in our study, we Utilized satellite images taken in 2000 by the ETM + Satellite LAND SAT 7.

The region is part of Chetaïbi mountains of Edough north-eastern Algeria, the study is Chetaïbi bioclimatic zones between sub-humid soft damp cloth.

After performing the various treatments on satellite images of the study area, and choosing the best color process, a supervised classification of the color process is initiated by the software mapping and remote sensing ENVI4.5.

The results of this classification is used to develop a map of land cover by vegetation in the region Chetaïbi (Training cork oak, dense scrub, maquis clear, cultivated soils, bare soils and urban area). Thus the digital terrain model obtained after processing the SRTM data, helped to develop the slope map, the map shows the map and altitudes of the study area.

Keywords : Cartography, Land use, Remote sensing, vegetation, satellite images LANDSAT ETM +, ecology, Chetaïbi.

SOMMAIRE

REMERCIEMENT

DEDICACE

INTRODUCTION..... 01

CHAPITRE I LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1-Les principaux types de forêts du pourtour Méditerranéen.....	02
2-Présentation générale.....	02
3-Présentation de la forêt algérienne.....	03
4- Caractéristiques majeures des forêts algériennes.....	04
5-Superficie des principales essences forestières.....	04
6- Importance et distribution.....	05
6.1 Diversité floristique.....	05
6.2 L'Aspect phytosociologique.....	06
7-Revenus de la forêt algérienne.....	07
8-Contraintes majeures de la forêt Algérienne.....	08
8.1- Contraintes socioéconomiques.....	08
8.2- Les facteurs de dégradations.....	08
8.2.1- Les incendies.....	08
8.2.2- Le surpâturage.....	09
8.2.3- Les défrichements.....	10

CHAPITRE II PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

1- Contexte régional et local du site d'étude.....	11
2- Contexte spatial.....	13
3- Le cadre physique.....	13
3.1 -Contexte morpho structural.....	13
3.2- Caractéristiques lithologiques « géologie ».....	13
3.3- Hydrographie.....	15
3.4- Géomorphologie.....	16
4- Etude climatique.....	17
4.1 Facteurs climatiques.....	18
4.1.1 Précipitations.....	19
4.1.2 Températures.....	20
4.1.3 Les vents.....	22
4.1.4 L'humidité de l'air.....	23
5- Synthèse climatique.....	23
5.1- Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	24
5.2- Quotient pluviothermique D'EMBERGER.....	27

CHAPITRE III MATÉRIELS ET MÉTHODES

1- La carte d'occupation des sols.....	29
2- Les différentes étapes de la réalisation de la carte d'occupation des sols ou des terres	29
2.1 - Recherche documentaire et préparation de la campagne d'échantillonnage	29

2.1.1- La recherche de documentations existant.....	29
2.1.2-Acquisition des images satellite.....	30
2.1.3-Acquisition des photos aérienne.....	30
2.1.4-Le choix du niveau de perception.....	30
2.2- Réalisation des relevés floristiques.....	31
2.2.1- Choix du type d'échantillonnage.....	31
2.2.2- Méthodes de traitement des données	32
3- Utilisation du système d'information géographique (SIG).....	33
3.1- La saisie des données de terrain dans le SIG.....	34
3.2 - Calage (Géo référencement) des cartes topographiques et photos aériennes.....	35
3.3- La transformation des données du mode raster au mode vecteur.....	38
4- Utilisation de la télédétection dans la cartographie de la végétation.....	40
4.1 Définition.....	40
4.2- Principe de la télédétection.....	40
4.3 Les différentes étapes de la télédétection.....	41
4.5- Le rayonnement électromagnétique.....	42
4.6 Intérêt de la télédétection dans la cartographie de la végétation.....	43
5- Données de télédétection utilisées.....	44
5.1- Le choix de la scène et de la date de la prise de vue.....	45
5.2-Le choix de la résolution spatiale (résolution géométrique).....	45
5.3- Le choix des canaux.....	45
5.4- Domaine spectral couvert.....	47
6- Traitement des données de télédétection.....	51
6.1- Les prétraitements.....	51
6.1.1- Les corrections radiométriques.....	51
6.1.2 - Les corrections géométriques.....	52
6.1. 3- Seuillage et étalement de la dynamique des valeurs radiométriques.....	52
6.1.4 -La création des indices ou néocanaux.....	53
6.1.5- Le choix de la meilleure trichromie.....	53
6.2- Traitement de l'image satellite.....	54
6.2.1- La classification non supervisée.....	54
6.2.2- La classification supervisée.....	54
CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSION	
1- Etude de la végétation.....	57
1. 1- Formation à Chêne liège.....	57
1. 2- Formation mixte à chêne liège et chêne zéen.....	58
1. 3- Formation du chêne zéen.....	58
1. 4- Chêne kermès.....	59
1. 5- Formation à Oléo-lentisque.....	59
1. 6-Les ripisylves.....	60
1.7- La formation de fougere aigle.....	60
1.7- Les plantations artificielles.....	60
2- La cartographie de la végétation par la télédétection.....	62
2.1- Le calcul des indices.....	62
2.2- Le choix de la meilleure trichromie.....	64
2.3- Optimum index factor (OIF).....	65
2.4- La composition colorée choisie.....	68

3- Le traitement des images	69
3.1- La classification non supervisée.....	69
3.2- La classification supervisée.....	70
3.3 -Post traitement.....	71
3.4 - Analyse des résultats de classification.....	72
3.4.1- Evaluation de la classification (Matrice de confusion).....	72
3.4.2 -Coefficient Kappa.....	72
3.4.3 La carte d'occupation du sol final.....	75
4- Elaboration des différentes cartes de la zone	79
4.1- Acquisition des données satellites SRTM.....	79
4.2-Amélioration visuel et découpage de la zone d'étude à partir du fichier MNT.....	79
4.3- La création des courbes de niveau à partir du MNT de la zone d'étude.....	80
4.4- La transformation des courbes de niveau au format « shape files ».....	81
4.5-La création des « Grid » et l'élaboration des cartes thématique (altitudes, pentes, expositions).....	81
➤ La carte des altitudes.....	82
➤ La carte des pentes.....	83
➤ La carte des expositions.....	84
➤ La présentation en 3D de la zone d'étude.....	85
➤ Spaciocarte.....	86
CONCLUSION	89
PERSPECTIVES	90
RESUME	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales essences forestières et leurs superficies (ha).

Tableau 2 : Revenus de la forêt algérienne.

Tableau 3: Bilan des incendies de forêts en Algérie (1996-2005).

Tableau 4: Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la période 1978-2007 de la station des salines Annaba.

Tableau 5 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la période 1978-2007 des 03 stations dans la région de Chétaibi.

Tableau 6 : Valeurs moyennes mensuelles de la température de la station des salines Annaba de la période 1978-2007.

Tableau 7 : Valeurs moyennes mensuelles de la température des stations S1, S et S3 à Chétaibi.

Tableau 8 – Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station des Salines (1984 - 2005).

Tableau 9: Classification des étages de végétation selon de Rivas martinez.

Tableau 10 : Précipitations et températures moyennes mensuelles (1978-2007) de la station des salines (Annaba).

Tableau 11 : Précipitations et températures moyennes mensuelles (1978-2007) des 03 stations dans la zone de chétaibi.

Tableau 12 : Valeurs du Q2 des différentes stations.

Tableau 13 : Gammes des spectres électromagnétiques utilisés en télédétection.

Tableau 14 : Caractéristiques de la scène couvrant la zone d'étude.

Tableau 15 : Les bandes du capteur LANDSAT ETM+.

Tableau 16 : Les relevés floristiques réalisés dans la zone d'étude.

Tableau 17 : Quelques indices de végétations utilisés en télédétection.

Tableau 18 : Ecart-type des canaux et néocanal.

Tableau 19 : Matrice de corrélation des canaux et néocanal.

Tableau 20 : Classement de l'OIF par ordre de valeurs décroissant.

Tableau 21 : Matrice de confusion.

Liste des figures

Figure 1 : Le couvert végétal en Algérie Source FAO 1999

Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (extrait de la carte topographique de Annaba au 1/200.000 ème).

Figure 3 : Carte géologique de Chétaibi extrait de la carte du massif de l'Edough et du cap de Fer (HILLY, 1962).

Figure 4 : Carte hydrographique du massif de l'Edough et du cap de Fer 1/200.000 ème (HILLY 1962).

Figure 5 : Moyennes mensuelles des précipitations dans la station des salines Annaba.

Figure 6 : Moyennes mensuelles des précipitations dans les 03 stations dans la région de Chétaibi.

Figure 7 : Moyenne des températures de la station des salines (Annaba).

Figure 8 : Moyenne des températures dans les 03 stations à Chétaibi.

Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la station des salines (Annaba).

Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la station S1.

Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la station S2.

Figure 12 : Diagramme ombrothermique de la station S3.

Figure 13 : Climagramme d'Emberger.

Figure 14 : Les données intégrées dans le SIG.

Figure 15 : Saisie des données de terrain et élaboration d'une base des données.

Figure 16 : Positionnement des relevés par l'utilisation du système de projection UTM WGS 84 zones 32 nord.

Figure 17 : Carte topographique utilisées au 1/200.000 ème.

Figure 18 : Assemblage des photos aériennes de la zone d'étude.

Figure 19 : Choix de la projection pour le calage de la carte topographique.

Figure 20 : Le calage des photos aériennes à partir de la carte topographique.

Figure 21 : Le passage du mode raster au mode vecteur.

Figure 22 : Organigramme des différentes applications du SIG.

Figure 23 : Principes de base de la télédétection.

Figure 24 : Types de télédétection.

Figure 25 : Les différentes étapes de la télédétection.

Figure 26 : Interface de téléchargement des images Land sat ETM+.

Figure 27 : Le satellite LANDSAT 7.

Figure 28 : Bande ETM+1 de la zone d'étude.

Figure 29 : Bande ETM+2 de la zone d'étude.

Figure 30 : Bande ETM+3 de la zone d'étude.

Figure 31 : Bande ETM+4 de la zone d'étude.

Figure 32 : Bande ETM+5 de la zone d'étude.

Figure 33 : Bande ETM+6 de la zone d'étude.

Figure 34 : Bande ETM+7 de la zone d'étude.

Figure 35 : Bande ETM+8 Panchromatique de la zone d'étude.

Figure 36 : Procédure de Seuillage et étalement de la dynamique des valeurs radiométriques.

Figure 37 : Organigramme de différentes étapes de la classification supervisée.

Figure 38 : Dialogue pour le calcul du néocanal (NDVI) par le logiciel ENVI.

Figure 39 : Indice de végétation NDVI crée par la bande 3 et la bande 4.

Figure 40 : La composition colorée de la zone d'étude.

Figure 41 : Classification non supervisée de la composition colorée de la zone d'étude.

Figure 42 : La définition des zones test pour la classification supervisée.

Figure 43 : Lancement de la classification supervisée.

Figure 44 : Carte des grandes unités de l'occupation du sol dans la région de Chétaibi

Figure 45 : La carte d'occupation du sol par la végétation dans la région de Chétaibi.

Figure 46 : Proportion d'occupation du sol par les différentes unités.

Figure 47 : Organigramme des étapes pour la réalisation d'une carte d'occupation du sol.

Figure 48 : Fenêtre de téléchargement des données SRTM.

Figure 49 : Le model numérique du terrain de la zone d'étude.

Figure 50 : L'élaboration des courbes de niveaux de la zone d'étude.

Figure 51 : Fenêtre de la transformation des courbes de niveau au Shape file par Mapinfo 8.0

Figure 52 : Interface graphique de l'Arcview3.2 pour l'élaboration des cartes.

Figure 53 : La carte des altitudes de Chétaibi.

Figure 54 : La carte des pentes de Chétaibi.

Figure 55 : La carte des expositions de Chétaibi.

Figure 56 : Présentation en 3D de Chétaibi.

Figure 57 : Spatiocarte de Chétaibi.

Figure 58 : Organigramme des différentes étapes pour l'élaboration des cartes et de la présentation du système 3D de la zone d'étude.

Introduction

La région de Chétaibi fait partie de la chaîne montagneuse de l'Edough au nord-est algérien et se caractérise par une richesse floristique dense et diverse par rapport à la partie Ouest du pays, pour cela il a fait l'objet d'étude par plusieurs auteurs notamment TOUBAL (1986) et AOUADI (1989).

La gestion de cette richesse floristique nécessite une connaissance approfondie de l'état actuel de la végétation Cette connaissance exige le choix de méthodes adéquates.

Parmi ces méthodes on a la cartographie numérique, qui constitue un moyen très utile pour la connaissance approfondie des ressources naturelles ; la réalisation d'une carte d'occupation des sols par la végétation sur la base des images satellites et l'utilisation du système d'information géographique, nous permet d'avoir des résultats de grandes valeurs du point de vue scientifique et économique.

Dans cette étude on va essayer de mettre en œuvre les techniques de la cartographie numérique depuis le traitement des images satellites jusqu'au système d'information géographique pour la réalisation d'une carte d'occupation des sols par la végétation dans la région de Chétaibi (Wilaya de Annaba). Pour cela le présent travail est structuré par suit :

- Dans le premier chapitre on a une synthèse bibliographique sur les forêts en Algérie.
- Le second chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude avec une étude climatique et bioclimatique du milieu.
- Le troisième chapitre est consacré à la méthodologie générale pour la réalisation d'une carte d'occupation des sols par la végétation à partir des données satellites.
- Le quatrième portera sur l'élaboration de la carte d'occupation du sol par la végétation dans la région de Chétaibi, ainsi que la réalisation de la carte des pentes, la carte des expositions et la carte des altitudes.

1. Les principaux types de forêts du pourtour Méditerranéen

Les forêts méditerranéennes couvrent actuellement environ 81 millions d'hectares, soit 9,4 % de la surface totale de la région, ce qui représente une portion fort réduite par rapport à leur ancienne superficie.

Le caractère particulier des forêts méditerranéennes est en rapport, d'une part avec leur grande hétérogénéité biogéographique, historique, climatique et physiognomique et, d'autre part avec leur instabilité et leur vulnérabilité liées à la fois à l'environnement méditerranéen et à l'activité humaine.

Les écosystèmes forestiers sont répartis en différents groupes de végétation (QUEZEL, 1976) comme suit :

- ❖ Les maquis thermophiles à oléastre et pistachier :
- ❖ Les forêts de conifères méditerranéens de pin d'Alep, pin Brutia, pin maritime, pin pignon, thuya de Berbérie et genévrier de Phénicie ;
- ❖ La forêt sclérophylle de chênes à feuilles persistantes : chêne vert, chêne-liège, chêne Kermès.
- ❖ Les forêts caducifoliées à chêne Zéen, chêne Afarès, chêne tauzin, de charme, de frêne et rarement de hêtre;
- ❖ Les forêts de montagne ou de haute altitude, de cèdres, de pins noirs et de sapins.
- ❖ Les peuplements arborés de l'étage oroméditerranéen de genévrier arborescents et de xérophytes épineux

2. Présentation générale

L'Algérie couvre une superficie de 2,381.742 de km² ce qui en fait, en étendue, le deuxième pays africain après le Soudan. Les régions du nord (les régions sylvatiques) de l'Algérie où les conditions de climat et de milieu permettent le développement des formations forestières occupent 250 000 km² soit un peu plus de 10% de la superficie totale, l'autre superficie soit 90% est occupé par le sahara (les régions sahariennes arides ou régions asylvatiques). (FOSA ; 1999)

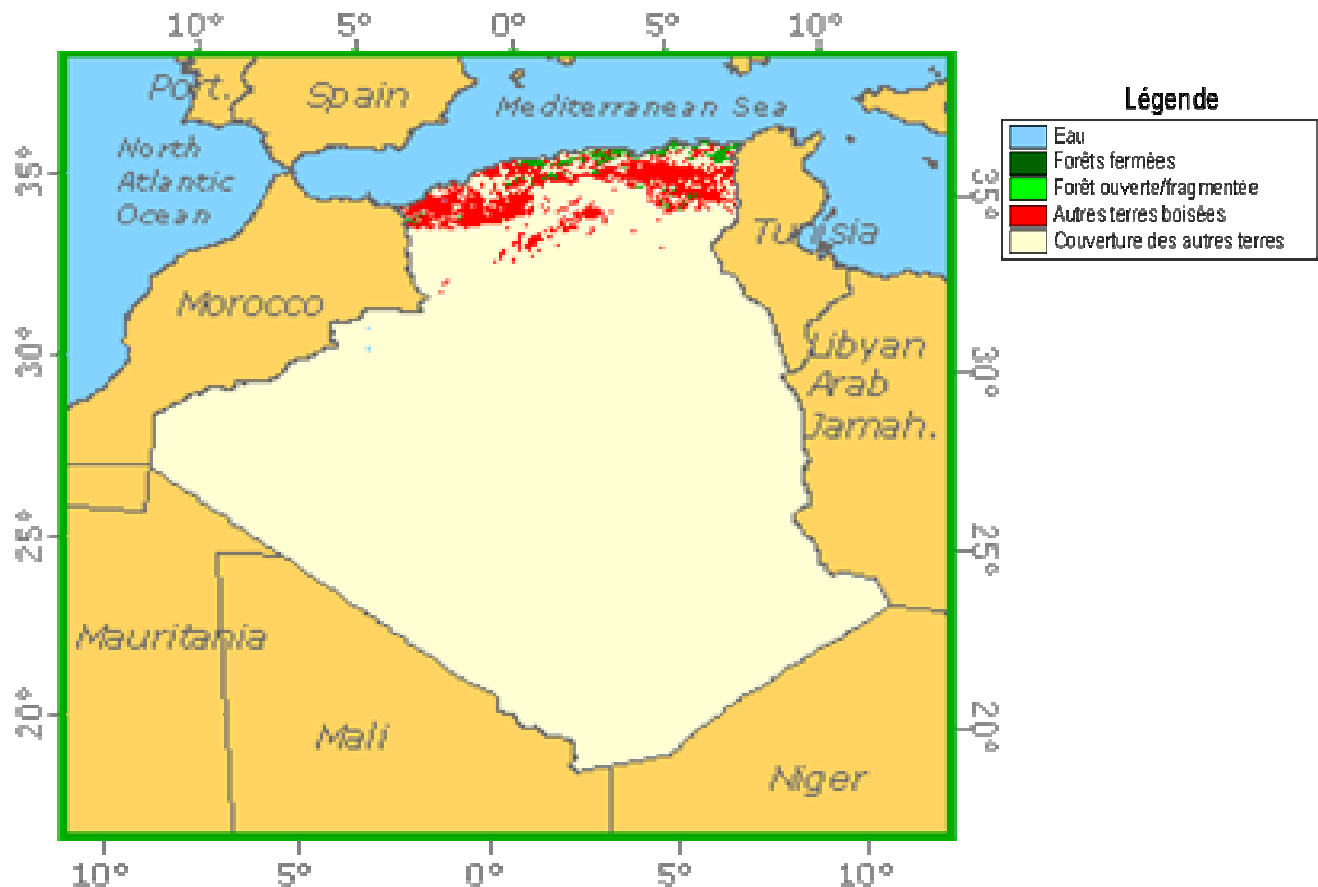


Fig. 1 : Le couvert végétal en Algérie (FAO 1999)

3. Présentation de la forêt algérienne

En Algérie, la forêt présente un caractère particulièrement important car elle constitue un élément essentiel de l'équilibre écologique et socio-économique des régions du pays en général et rurales en particulier ; de plus, elle joue un rôle important et nécessaire à la protection contre l'érosion, la désertification, l'amélioration des activités agricoles et pastorales et à la protection de l'environnement.

Actuellement le couvert forestier global en Algérie est de 4,1 millions d'hectares soit un taux de boisement de 16,4% pour le nord de l'Algérie et de 1,7 %, seulement si les régions sahariennes sont également prises en considération, néanmoins seuls 1.3 millions d'hectares représentent la vraie forêt naturelle. A l'instar des pays du pourtour méditerranéen l'Algérie assiste à une dégradation intense de son patrimoine forestier.

Face à cette situation plusieurs chercheurs nationaux et internationaux ont fait des études sur la répartition, l'écologie des formations forestières, le climat, les sols,

la biodiversité, leurs caractéristiques phytosociologiques, leur sylviculture, les reboisements et les aménagements. Tous ces aspects ont été pleinement explorés et ont donné naissance à plusieurs de travaux et de publications. Nous citerons à titre d'exemple les travaux de BOUDY (1955) ; MANJAUZE (1958) ; QUEZEL & SANTA (1962) ; GRECO (1966) ; OZENDA (1975) ; GAOUAR (1980) ; ZERAÏA (1981) ; ALCARAZ (1982) ; BENABDELI (1998) ; KADIK (1987) ; QUEZEL & BARBERO (1989) ; AIME (1991) ; LETREUCH (2001) ; KHELIFI & al. (1994) ; DAHMANI (1997) ; TOUBAL (1986) et AOUADI (1989).

4. Caractéristiques majeures des forêts algériennes

Les grands traits caractérisant la forêt algérienne peuvent se résumer comme suit :

- une forêt essentiellement de lumière, irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent.
- forêt ouverte formée d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange parfois désordonné.
- forêt avec la présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant la visibilité et l'accessibilité et favorisant la propagation des feux.
- Productivité moyenne annuelle très faible.
- existence d'un surpâturage important (surtout dans les subéraies) et empiétement sur les surfaces forestières par les populations riveraines

5. Superficie des principales essences forestières

Selon les travaux de BOUDY (1955) ; SEIGUE (1985) ; GHAZI & LAHOUATI (1997); RNE (2000) ; DGF (2007) Les superficies des principales essences forestières sont présentées dans le tableau 01 suivant :

Tableau. 01- Principales essences forestières et leurs superficies (ha).					
Espèces forestières	1955 BOUDY	1985 SEIGUE	1997 GHAZI & LAHOUATI	2000 RNE	2007 DGF
Pin d'Alep	852 000	855 000	800 000	881 000	881 000
Chêne liège	426 000	440 000	463 000	229 000	230 000
Chêne vert	679 000	680 000	354 000	219 000	108 000
Chênes Zen et Afares	-	67 000	65 000	48 000	48 000
Genévriers	279 000	-	217 000	-	-
Thuya de Berbérie	157 000	160 000	143 000	-	-
Cèdre de l'Atlas	45 000	30 000	12 000	16 000	16 000
Pin maritime	-	12 000	38 000	32 000	31 000
Sapin de Numidie	-	300	-	-	-
Maquis	780 000	-	-	-	1 662 000
Source : H. KHELIFI actualisé					

La comparaison des données de la direction générale des forêts DGF (2007) avec celles de BOUDY (1955) malgré une incertitude sur l'homogénéité met en évidence, des définitions :

- La stabilité des surfaces de pin d'Alep imputable pour partie à l'importance des plantations auxquelles il a donné lieu sur des centaines de milliers d'hectares au cours des 3 dernières décennies par contre
- La diminution de moitié de la superficie des formations de chêne liège.
- La diminution très forte de superficie des formations à chêne vert.

6. Importance et distribution de la forêt algérienne

6.1. Diversité floristique

La structure et la distribution spatiale de la végétation obéissent généralement à l'influence du climat, du parcours et de l'incendie ; la position géographique de l'Algérie et la diversité des sols et des climats ont permis un enrichissement et une diversité de la flore forestière algérienne. En dehors des éléments floristiques communs au bassin méditerranéen, on rencontre dans la partie Nord, des espèces de diverses origines : européennes, asiatiques, circum boréale, paléo tropical.

Dans la partie Sud, les massifs du Sahara central se composent de 03 éléments floristiques d'origines biogéographiques différentes : saharo arabe, méditerranéenne confinés aux altitudes supérieures à 1500 m et tropicales localisés

dans les oueds et les vallées environnantes. Sur les 70 taxons arborés que comporte la flore spontanée algérienne QUEZEL & SANTA, (1962, 1963) 52 espèces résineuses et feuillus se rencontrent dans les zones montagneuses. En plus de ces espèces, la flore d'Algérie se caractérise par un taux d'endémisme assez remarquable (12.6% soit 653 espèces sur les 3139 répertoriées). On dénombre 07 espèces arborées à caractère endémique, dont 02 endémiques exclusives à l'Algérie : *Abies numidica* au Babors et *Cupressus dupreziana* au Tassili N'Ajers.

6.2. Aspect phytosociologique

Diverses études phytosociologiques entreprises par MAIRE (1926) ; ZERAÏA (1981) ; TOUBAL (1986) ; KHELIFI & al. (1994) ; MEDDOUR (1994) ; DAHMANI (1997), ont permis la description et la classification de quelques formations forestières et subforestières en Algérie. Il est à noter que les inventaires phytosociologiques s'étendent systématiquement aux groupements arbustifs et herbacés qui sont souvent des stades de dégradation des séries de végétations initiales. Seules quelques associations végétales typiques du paysage forestier ou pré forestier des massifs montagneux algérien en précisant leur appartenance aux unités phytosociologiques supérieures seront abordées.

♦ *Quercetea Pubecentis*

Classe bien connue en Europe, elle est bien représentée en Algérie par les :

- *Quercetalia atlanticae* (BARBÉRO, QUEZEL & LOISEL, 1974). Cet ordre réunit les chênaies caducifoliées et conifères des montagnes (Djurdjura, Aurès, Ouarsenis) dans les bioclimats humide et subhumide à variantes thermiques fraîche, froide, et très froide.

Trois alliances sont reconnues

- ✓ • *Paeonio Cedron atlanticae* (BARBERO & al., 1981)
- ✓ • *Lamio numidicae Cedron atlanticae* (ABDESSMED, 1981)
- ✓ • *Lonicero kabylicae Juniperion hemisphaericae* (BARBERO & QUEZEL, 1989)

♦ *Quercetea Ilicis*

- *Quercetalia Ilicis* regroupant trois alliances
 - ✓ • *Balansaeo glaberrimae-Quercion rotundifoliae* (BARBÉRO & al., 1981) Végétations forestières de l'étage mésoméditerranéen et méditerranéen supérieur humide et subhumide

- ✓ • Quercion suberis
- ✓ • Quercus rotundifoliae-Oleion sylvestris (BARBÉRO & al., 1981)
Communautés forestières où dominent diverses espèces du genre Quercus, riches en arbustes et lianes, se développant à l'étage thermoméditerranéen subhumide et humide.
- Pistacio-rhamnetalia alaterni (RIVAS-MARTINEZ, 1974)
 - ✓ • Oleo-Ceratonion (RIVAS-MARTINEZ, 1974)
 - ✓ • Asparago-Rhamnion oleoidis (BARBERO & al., 1981)
 - ✓ • Tetracolini articulatae-Pistacion atlanticae (RIVAS-MARTINEZ & al., 1984)

♦ **Rosmarinetea Officinalis** (RIVAS-MARTINEZ & al, 1991)

Végétations essentiellement méditerranéennes dominées par des arbustes et arbrisseaux sur terrains calcaires et marno-calcaires.

♦ **Cisto-Lavanduletea**

Végétation essentiellement méditerranéenne regroupant les landes à Cistus et les thérophytes de pelouses sur sols acides ou décalcifiés. C'est une classe favorisée par les incendies de forêt

7. Revenus de la forêt algérienne

La forêt algérienne, est à l'origine de revenus assez conséquents qui proviennent de ventes de bois et de liège, de la commercialisation de l'alfa et des autres produits ainsi que de diverses amodiations (vides labourables, tranchées-pare-feu cultivées, etc...)

Les revenus tirés de la forêt au titre de l'année 1999 sont présentées par le tableau 02

Tableau .02- Revenus de la forêt algérienne.

Exploitations	Revenus
Exploitation de bois	73 931 872 DA 11,5 %
Récolte de liège	431 783 147 DA 67,9 %
Récolte d'alfa	6 549 000 DA 1,0 %
Exploitation de produits divers	19 800 278 DA 3,1 %
Amodiations	93 009 507 DA 14,5 %
Contraventions	16 886 055 DA 2,6 %
Total	641 959 860 DA

Source : FAO (1999)

8. Contraintes majeures de la forêt Algérienne

8.1. Contraintes socioéconomiques

03 faits peuvent avoir un impact négatif sur la forêt :

- Le faible développement des activités non agricoles particulièrement industrielles, donc la faible création d'emploi ; il est peu probable que le développement industriel soit suffisant dans les 20 prochaines années pour résorber le chômage actuel et fournir du travail à la population entrant chaque année dans l'âge d'activité
- La croissance encore forte de la population rurale qui va sans doute se maintenir pendant de nombreuses années du fait de la lenteur des changements démographiques dans le milieu rural.
- L'exiguïté des terres agricoles disponibles : l'Algérie ne dispose que de 8 millions d'ha cultivables pour 30 millions d'habitants et le niveau de productivité est, par ailleurs, faible. La combinaison de ces trois faits peut entraîner une pression des populations rurales sans ressources, ou trop peu, sur les forêts et surtout, sur les terres dites " à vocation forestière ". Les populations riveraines pressées par la nécessité de la survie, risquent d'être plus offensives vis-à-vis des forêts.

Parmi les autres facteurs essentiels qui peuvent contribuer notablement aux changements négatifs dans le secteur forestier ; il faut noter surtout le peu d'intérêt manifesté jusqu'à présent pour les systèmes de gestion par les communautés et collectivités locales et l'incapacité des lois et des règlements en vigueur. Le régime forestier est un régime autoritaire puisqu'il s'agit d'un ensemble de règles d'ordre public (KARSENTY, 1999) et les procès qui en découleraient augmenteraient l'antagonisme entre agents forestiers et usagers.

8.2 Les facteurs de dégradation

8.2.1 Les incendie

Entre 1860 et 1915, 1 827 000 ha, soit au moins les 2/3 du domaine forestier de l'Algérie ont brûlé détruisant totalement 4 à 5 % des superficies forestières. Les statistiques de la Direction Générale des Forêts (tableau 3,) montrent qu'entre 1996 et 2005, ce ne sont pas moins de 246 977 94 ha de forêts, broussailles, alfa et autres qui ont été incendiés. En effet, dans l'été 2005, et suite à la canicule (plus de 50°C) qu'a connu le pays, près de 30 000 ha du patrimoine forestier ont brûlé et pour la seule période du 1^{er} juin au 16 juillet 2005, les dommages recensés par la Protection civile

font état de la destruction de 1199 palmiers dattiers. Dans cet embrasement, tout y passe : arbres fruitiers, bottes de foin, céréales.

Même si les incendies, phénomènes naturels, font partie de l'équilibre de certains écosystèmes car bénéfiques pour la propagation des graines et leur germination, en Algérie, leur action est dévastatrice car elle est souvent aggravée par le surpâturage qui les précède.

L'aménagement des forêts contre les feux suit plus ou moins les mêmes tendances dans tout le bassin méditerranéen et repose sur la création des trachées pare-feu et de réserves d'eau. Ces travaux font souvent partie des projets de gestion courante en Algérie (GRIM, 1989).

Tableau .3-Bilan des incendies de forêts en Algérie (1996-2005)

Année	Nb de forêts	Forêts	Broussailles	Alfa	Autres	Total
1996	737	4430.34	1632.33	855.58	-	7301.75
1997	1809	13066.35	2940.93	1802.43	-	17.830.75
1998	1826	15593.11	8883.00	4092.47	-	28.629.68
1999	2018	23254.26	6128.98	8019.76	1023.44	38.462.12
2000	1910	35617.52	12742.01	5799.10	1603.46	55.781.60
2001	1327	9066.40	4167.11	1064.37	44.31	14.377.69
2002	1008	6959.95	3.596.63	1424.01	142.38	12.217.47
2003	1233	5448.79	3.753.73	2505.26	275.19	11.997.97
2004	1463	7010.58	17172.19	6588.72	1080.15	31.998.89
2005	2013	14283.03	8.543.16	4426.37	790.50	28.380.06
Totaux	15344	134730.33	69560.35	36578.07	4969.43	246977.94

Source : Direction générale des forêts (2005)

8.2.2 Le surpâturage

Le pâturage est une activité normale en forêt, parfois souhaitée, car le bétail participe au contrôle de la prolifération des strates arbustives et herbacées, hautement inflammables. ; cependant, le surpâturage, causant un broutage excessif de la végétation et des jeunes plants forestiers, il empêche toute régénération, épuise les ressources disponibles, dégrade les parcours et les soumet à l'érosion. Dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, le surpâturage est généralement considéré comme une cause essentielle de la dégradation des écosystèmes naturels (LE HOUEROU, 1979).

En Algérie, les éleveurs préconisent le pâturage libre du bétail, sans limitation de la densité de charge et sans clôtures (MONTERO & CANELLAS, 1998). En effet, et comme le signale BENABDELI (1996) nos forêts sont souvent sollicitées par les pasteurs comme source d'appoint pour l'alimentation du bétail. L'élevage bovin reste le plus pratiqué dans les zones montagneuses ; en 1997, GHAZI & LAHOUATI,

signalent que sur 1.200.000 têtes de bovins 80% se retrouvent dans les zones forestières montagneuses. Cet accroissement permanent des troupeaux impose une pression sur les espaces forestiers et agraires qui sont considérés comme appoint évoque ; en effet, le cheptel en surnombre détruit le couvert végétal protecteur tout en rendant, par le piétinement la surface du sol pulvérulente et tassant celui-ci ce qui réduit la perméabilité donc ses réserves en eau et augmente le ruissellement

8.2.3 Les défrichements

Si les défrichements ont existé depuis l'époque romaine, ils se sont accélérés durant la colonisation et continuent de se pratiquer de nos jours ; de 1893 à 1941, le domaine forestier a perdu 116 000ha de forêts au profit de l'extension des cultures coloniales (R.N.E, 2000). L'extension de l'agriculture coloniale sur les plaines et les bas versants a entraîné le refoulement de la paysannerie pauvre sur les piémonts aux abords des forêts. Actuellement, les populations montagnardes, privées de surface agricole, continuent à procéder au labour dans les différents niveaux de la forêt : lisières, clairières, sommets de montagnes.

Cette population exerce une pression continue sur les formations forestières par le défrichement et le surpâturage, ce qui perturbe la conservation des forêts et leur développement.

Nous assistons à une dégradation des structures forestières, et le rythme actuel de 2 à 4% de disparition par an des surfaces forestières selon les pays devrait se poursuivre. C'est-à-dire que d'ici 50 ans, sans changement total des politiques socioéconomiques et forestières, il ne devrait théoriquement subsister que moins de la moitié des superficies actuelles couvertes par les forêts (QUEZEL & BARBERO 1990).

D'une manière générale, on peut dire que la culture irrationnelle, le défrichement, la collecte excessive du bois de feu, le surpâturage et les incendies sont responsables de plus de 80% des dégâts (LE HOUEROU, 1993)

1- Contexte régional et local de la zone d'étude

La commune de Chétaibi fait partie d'un ensemble de communes montagneuses de la wilaya de Annaba, elle couvre une superficie de 13506ha et regroupe une population estimée à 7591 habitants en 1998, soit une densité de 0,56 Hab/ha .Chétaibi s'éloigne du chef- lieu de la wilaya d'environ 64 Km.

Elle s'inscrit entre les coordonnées géographiques suivantes : (X : latitude, Y : longitude)

X1= 37°17'20.34'', Y1= 7°51'54.67''

X2= 37°20'31.04'', Y2= 7°42'54.96''

Elle est limitée géographiquement par :

- La Méditerranée Au Nord.
- La commune de Treat et Berrahal au Sud.
- La commune de Oued el aneb et Seraidi à l'Est.
- La commune El-marsa (Wilaya de Skikda) à l'Ouest.

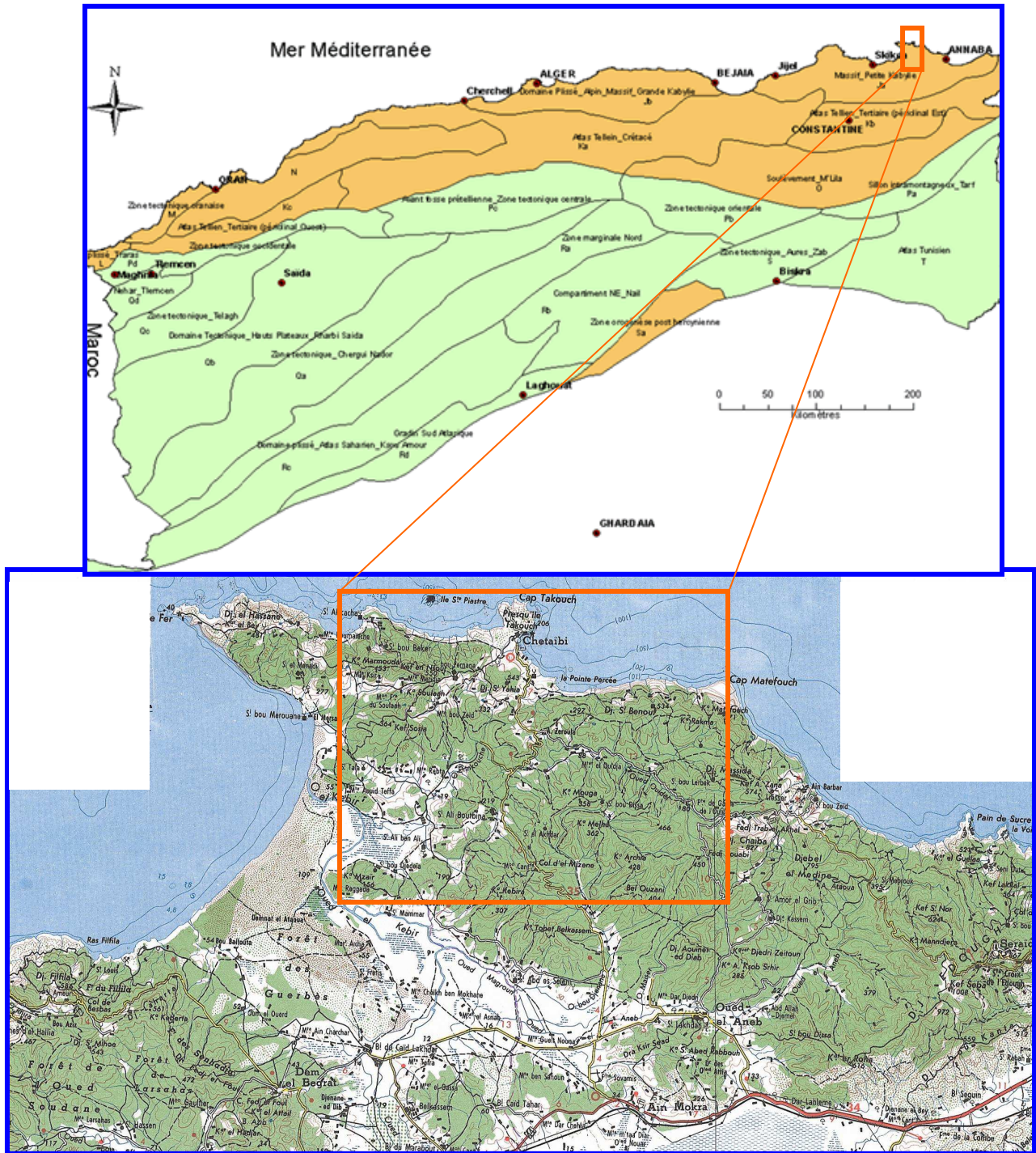


Fig. 2- Localisation de la zone d'étude (extrait de la carte topographique de Annaba au 1/200.000 ème)

2- Contexte spatial

Le territoire de la commune de CHETAIBI s'étend sur **135.06 km²** intégré totalement au bassin versant de Oued – El Kébir Ouest ; il s'étale sur une zone montagneuse très tourmentée et disséquée, il est caractérisé par :

- L'alignement montagneux qui s'étend d'Ouest en Est, à partir du CAP de FER jusqu'au CAP MATEFOUCH.

- La vallée de Oued Enkcouche qui divise la commune en deux et sépare l'alignement montagneux du Nord des montagnes qui recouvrent la partie Sud de la commune.

3- Le cadre physique

3-1 Contexte morpho structural

Le cadre morpho structural est défini par le massif cristallin de l'Edough. Cette unité est connue pour être le seul massif cristallin dans tout le Maghreb. Il constitue une unité morpho structurale, fortement intégrée par ses caractéristiques tectoniques et lithologiques à la zone des massifs métamorphiques de la petite kabylie.

Sa configuration montagneuse « le relief actuel » a été modelée durant la période pyrénéo alpine, par l'intensité des mouvements orogéniques des temps crétacés « Mézoïque ».

Les mouvements orogéniques qui se continuèrent jusqu'à l'Éocène supérieur et à l'Oligocène « cénozoïque », ont profondément modifiés les matériaux antécétacés, ce qui explique la diversité lithologique actuelle.

3-2 Caractéristiques lithologiques (géologies)

Les affleurements identifiés dans la carte géologique, révèlent l'existence de deux principales structures.

- la partie Nord de la région se caractérise par l'émergence des roches intrusives, datant du tertiaire, représentée par des microgranites, des andésites et des diorites. Ces roches de consistance très dure, sont affectées par une grande altération et forment des terrains stables. Prés de la ville de Chétaibi, des terrains du quaternaire marin apparaissent, ils sont matérialisés par des sables mi cassés « altération des roches magmatiques » et des sables fins. Le relief accidenté et la dureté de la roche, s'opposant à la constitution de réserves d'eaux souterraines. Ainsi et malgré l'importance de la pluviométrie « presque 1000 mm », la géomorphologie de cette partie Nord et sa couverture forestière, sont autant des facteurs favorables à une évacuation rapide des eaux pluviales au niveau du bassin (Côtier Cap de Fer).

-la partie Sud du territoire de Chétaibi (majeure partie) est couverte de formations géologiques récentes ; il s'agit d'affleurements d'Oligocène représentés par des argiles sableuses, des marnes argileuses, et des bancs de calcaire, ainsi que d'un lambeau du pliocène marin, où on rencontre des conglomérats, des marnes, des mollasses, des grés et des formations sableuses. Cette lithologie altérable est localisée surtout sur un relief de bas et hauts piémonts, ainsi que de la montagne ; vu l'importance de la pluviométrie et la configuration du relief, les infiltrations d'eau dans les roches sédimentaires sont faibles par rapport aux ruissellements qui alimentent l'Oued El Kébir -Ouest. La description ainsi établie de la région de Chétaibi conduit à conclure sur l'existence de deux milieux :

- 1- les milieux stables, regroupant les terrains anciens du Crétacé.
- 2- Les milieux prédisposés à l'instabilité sur les terrains de formation récente.

L'aire d'étude est composée de :

- **Les microgranites** : au Sud, ce sont des roches magmatiques qui ont une bonne cohésion des cristaux qui les constituent (quartz, feldspaths, plagioclases, muscovite, biotite) ; ils sont de très grande dureté et donc d'une grande résistance.
- **La Diorite** : est une roche aussi magmatique, constituée essentiellement de plagioclases ; elle possède les mêmes caractéristiques physiques que les microgranites. Elle se trouve au Nord et Nord-Ouest.
- **Les argiles** : c'est une roche sédimentaire de l'Oligocène avec une structure feuilletée. Cette structure lui donne un aspect glissant, mais la présence de sable lui confère une bonne résistance.
- **Les sables** : ils forment des terrains généralement assez stables, et ont tendance à se stabiliser sous l'effet de la sédimentation ; ces sables ont une granulométrie variable. Les terrains sableux sont situés au Centre, au Sud-Est et au Nord de la zone.

3-3 Hydrographie

- 15 -

3-4 Géomorphologie

Selon CORNET (2002) les formes du relief ne sont jamais figées ; 03 facteurs régissent et façonnent le relief : la tectonique, l'érosion et la lithologie. Il explique aussi que ces formes évoluent souvent de manière imperceptible (surrection, subsidence, certaines formes d'érosions), mais parfois aussi brutalement (séismes générant des escarpements de faille, certains processus d'érosion comme les glissements de terrains).

4- Etude climatique

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu ; c'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. Ce climat se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques (THINTHOIN, 1948).

Sur le plan géographique, la région méditerranéenne s'étend des Alpes du sud au Sahara et de l'Océan atlantique à la mer Caspienne ; elle englobe 25 pays qui peuvent être divisés en quatre groupes : Europe du Sud-Ouest (Espagne, Italie, France, Portugal ; Europe du Sud-est (Albanie, Bulgarie, Chypre, Grèce, Malte, Roumanie, Slovénie, Turquie, ex-Yougoslavie) ; Partie orientale de la méditerranée (Palestine, Jordanie, Liban, Arabie Saoudite, Syrie et Yemen) ; Afrique du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie, Soudan, Egypte, Libye) (RAMADE, 1991).

Pour la région méditerranéenne, les précipitations et les températures constituent les facteurs limitants pour la végétation, à côté de quelques autres facteurs qui influencent d'une manière ou d'une autre les biocénoses comme la neige, le vent, la grêle, le gel.

Le climat méditerranéen est caractérisé par deux points importants :

- un régime pluviométrique, plus ou moins régulier avec un maximum en hiver et un minimum en été ; les précipitations sont inversement proportionnelles aux températures.
- un été sec, avec des pluies qui se font rares pendant 04 à 06 mois en Afrique du Nord (BELGHERBI, 2002).

Le climat méditerranéen est aussi caractérisé par une concentration hivernale des précipitations, l'été étant sec (DAGET, 1980) ; ces caractéristiques du climat méditerranéen à côté de quelques autres, ont fait l'objet de plusieurs études par des scientifiques écologues. Les travaux les plus connus sont ceux de : QUEZEL (1976), DAGET (1980), ALCARAZ (1982), DJEBAILI (1984), DAHMANI (1984), TOUBAL (1986), SELTZER (1946), BAGNOULS et GAUSSEN (1953), LE HOUEROU (1990), STEWART (1975).

Ces études sont intéressantes car elles révèlent, à côté des caractéristiques du climat méditerranéen, la richesse et la diversité de la flore ; en effet, QUEZEL (1985) estime les espèces à 25000 et plus récemment par GREUTER (1991) à 24000 ± 600 . DAHMANI (1984) quant à elle, signale que la grande répartition de la pluviosité se traduit par une diversité au niveau du cortège floristique.

4. 1- Facteurs climatiques

Les composantes majeures dans une étude bioclimatique sont les précipitations et les températures ; elles sont définies par BARY-LENGER (1979) comme étant des charnières. Selon HALIMI (1980), la croissance des végétaux dépend de deux facteurs essentiels :

- l'intensité et la durée du froid (dormance hivernale),
- la durée de la sécheresse estivale.

Les précipitations à coté des températures varient en fonction de l'orientation des chaînes de montagnes, de l'altitude et de l'exposition.

Dans le but de bien définir le type de climat de la région de Chétaibi on a choisi de faire une extrapolation ou correction des données climatiques à partir de celle de la station météorologique des salines à Annaba qui se situe à une altitude de 20m au dessus de la mer. Lorsqu'on fait une extrapolation, il faut prendre en considération un facteur très important qui est l'altitude puisque la pluviométrie et la température varie en fonction de l'altitude comme suit :

- La pluviométrie augmente de 40 mm tous les 100 m.
- La température maximale diminue de 0.7°C toutes 100 m.
- La température minimale diminue de 0.4°C toutes 100 m.

La région de Chétaibi est caractérisé par une variation d'altitude allant du 0 m à 560 m, pour cela on choisi de divisé la zone en 03 stations altitudinales S1 (100m), S2 (300 m) et S3 (560 m) et chaque fois on calcule le coefficient de correction pour les précipitations et les températures.

Pour les précipitations

- On calcule d'abord la différence d'altitude ΔH .
- On calcule la quantité des pluies $\Delta P = \Delta H \times 40 / 100$
- On calcule La pluviométrie annuelle de la station = $\Delta P + P$ de la station des salines
- On calcule le coefficient de correction = la pluviométrie annuelle de la station / la pluviométrie annuelle de la station des salines.

Pour les températures

On calcule la différence d'altitudes ΔH

$$M = \Delta H \times 0,7/100$$

$$m = \Delta H \times 0,4/100$$

4.1-1 Précipitations

La pluviosité conditionne et agit directement sur le sol et la végétation ; elle favorise leur maintien et leur développement. La pluviosité varie en fonction de l'altitude, de la longitude, de la latitude ainsi que l'exposition des versants. GAOUAR (1980) mentionne que c'est en fonction du relief que la pluviosité donne à la végétation ses caractéristiques et au sol sa typologie. La quantité de pluie diminue du Nord au Sud selon la latitude, de l'Est à l'Ouest selon la longitude et elle est plus importante sur les versants exposés au Nord et aux vents frais et humides.

Les pluies en Algérie proviennent d'une part des vents pluvieux qui abordent le Maghreb par le littoral durant la saison froide (SELTZER, 1946), et d'autre part, des orages dus aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes surtout en fin de printemps (DUBIEF, 1959). Le tableau 4 et 5 suivants nous donnent la quantité des précipitations de la station des salines et des 3 stations altitudinales de la zone de Chétaïbi de la période 1978-2007.

Tableau.04-Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la période 1978-2007 de la station des salines Annaba

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	P
Annaba	100,67	81,047	67,19	57,957	35,287	14,623	2,207	9,407	34,483	70,567	84,663	119,893	678

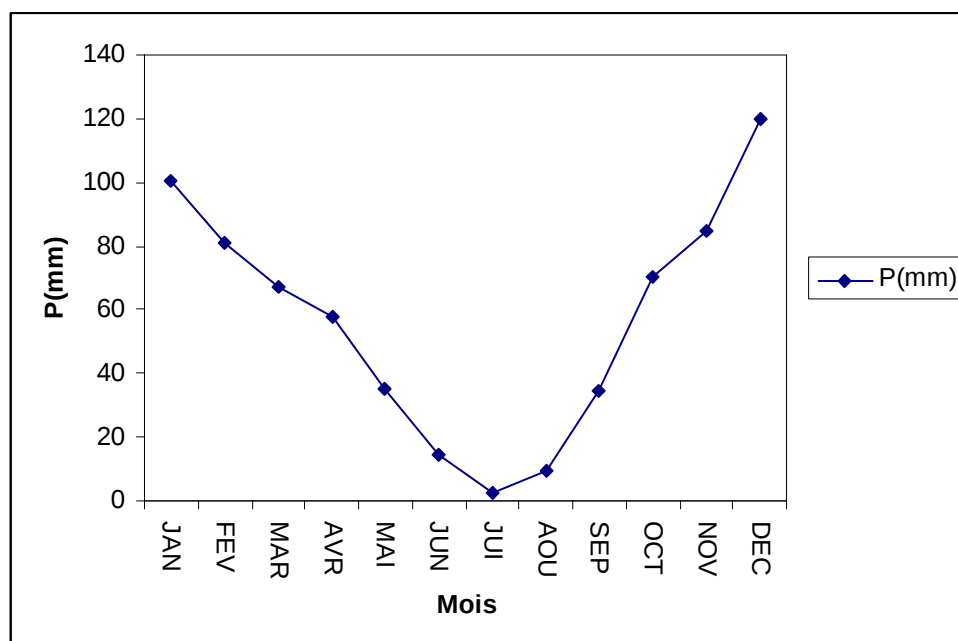
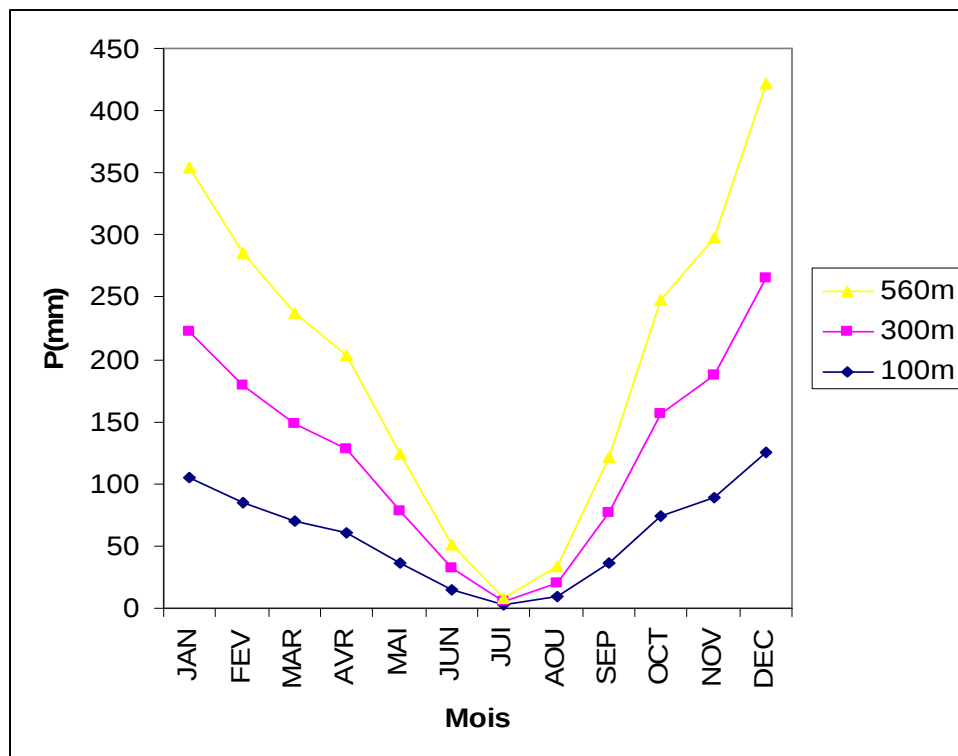


Fig. 05- Moyennes mensuelles des précipitations dans la station des salines Annaba.

Tableau.05- Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la période 1978-2007 des 3 stations altitudinales dans la région de Chétaibi

Mois Station	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	P
S1	105,4	84,85	70,3	60,68	36,94	15,31	2,31	9,84	36,1	73,83	88,64	125,52	711,99
S2	117,28	94,41	78,27	67,51	41,109	17,03	2,57	10,95	40,17	82,21	98,63	139,67	789,8
S3	131,87	106,17	88,01	75,92	46,22	19,15	2,89	12,32	45,17	92,44	110,9	157,05	888,11

**Fig. 06- Moyennes mensuelles des précipitations dans les 3 stations altitudinales dans la région de Chétaibi.**

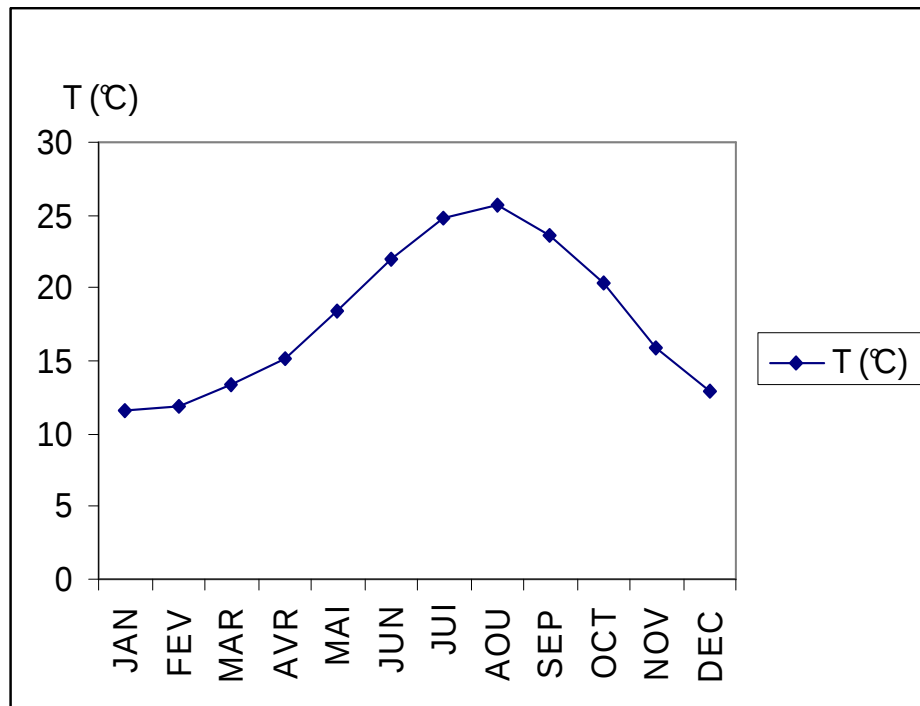
La localisation de la commune de Chétaibi dans le versant Nord du massif de l'Edough lui permet de recevoir une moyenne annuelle de pluviométrie égale à 888.11 mm, avec un maximum de 157,05mm au mois de Décembre et un minimum de 2,89 mm au mois de Juillet.

4. 1-2 La température

La température est également un élément écologique fondamental en tant que facteur climatique vital et déterminant dans la vie des végétaux. Elle conditionne en effet la durée de la période de végétation, ainsi que la répartition géographique des espèces.

Tableau.06-Valeurs moyennes mensuelles de la température de la station des salines Annaba durant la période 1978-2007

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
M	16,3	16,8	18,6	20,5	23,7	27,5	30,50	31,30	28,90	25,9	20,8	17,6
m	6,9	7	8,2	9,8	13	16,5	19,00	20,00	18,20	14,9	10,9	8,1
T=M+m/2	11,6	11,9	13,4	15,15	18,35	22	24,75	25,65	23,55	20,4	15,85	12,85

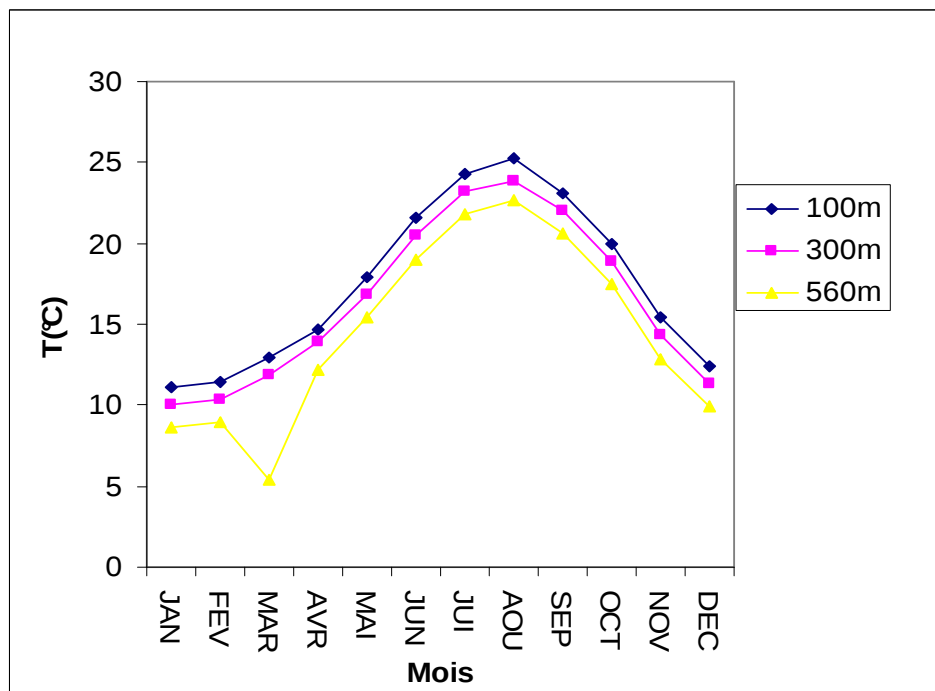
**Fig. 07- Moyennes des températures de la station les salines de Annaba.**

Pour la station de Annaba les données des températures nous montrent que le mois le plus chaud est le mois d'Août avec une température maximale de 31.30°C alors que la température minimale du mois le plus froid est enregistrée au mois de janvier avec 6.9°C.

Pour les températures de la zone de Chétaïbi le tableau 07 nous indique que le mois le plus chaud est le mois d'Aout, elle varie de 30,74°C (100m) à 27,52°C (560m) ; alors que la température minimale du mois le plus froid est enregistrée au mois de janvier et elle varie de 6,58°C à (100m) jusqu'à 4,74°C à (560m).

Tableau.07- Moyennes mensuelles de la température des stations altitudinales S1, S2 et S3 à Chétaibi

Station	Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
S1	M	15,74	16,24	18,04	19,94	23,14	26,9	29,94	30,74	28,3	25,34	20,24	17
	m	6,58	6,68	7,88	9,48	12,68	16,2	18,68	19,68	17,88	14,58	10,58	7,78
	M+m/2	11,16	11,46	12,96	14,71	17,91	21,6	24,31	25,21	23,09	19,96	15,41	12,4
S2	M	14,34	14,84	16,64	18,54	21,74	25,5	28,54	29,34	26,94	23,94	18,84	15,6
	m	5,78	5,88	7,08	8,68	11,88	15,4	17,88	18,88	17,08	13,78	9,78	6,98
	M+m/2	10,06	10,36	11,86	13,91	16,81	20,5	23,21	23,83	22,01	18,86	14,31	11,3
S3	M	12,52	13,02	14,82	16,72	19,92	23,7	26,72	27,52	25,12	22,12	17,02	13,8
	m	4,74	4,84	6,04	7,64	10,84	14,3	16,84	17,84	16,04	12,74	8,74	5,94
	M+m/2	8,63	8,93	5,43	12,18	15,38	19	21,78	22,68	20,58	17,43	12,88	9,88

**Fig. 08- Moyennes des températures dans les 03 stations à Chétaibi.**

Ces valeurs sont témoins d'un été chaud et ceci constitue un des caractères du climat méditerranéen ; cela nous amène à définir la saison estivale, qui correspond aux mois les plus chauds et les plus secs, Juin, Juillet et Août.

4. 1.3 - Les Vents

Le vent accentue les effets des éléments du climat (température, humidité et précipitations) ; il est fortement influencé par les conditions topographiques locales. Le HOUEROU (1979), a mis en évidence l'existence d'un écart de 20 % pour les valeurs des précipitations pour les versants exposés ou abrités par rapport aux vents pluviaux. Ainsi un vent dominant peut constituer un élément dévastateur pour la végétation.

Le vent peut être également responsable du façonnement du relief, de l'évapotranspiration et de la formation de la végétation ; il est aussi connu pour son effet disséminateur des graines et des spores.

La proximité de la mer est fortement influencée par les vents de direction Nord Ouest. Les vents dominants sont ceux de direction Nord – Ouest à Nord Est avec une alternance saisonnière, à savoir les vents d'Est en été et d'Ouest en hiver.

Les vents soufflent fréquemment dans des directions instables et à différentes intensités en fonction des saisons. A la station des salines, les vents prédominants soufflent dans une direction NW-SE et à une vitesse à l'échelle de l'année, (vitesse moyenne) de 3,75m/s.

Tableau.08- Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station des Salines (1984 - 2005)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Moy	3,79	3,9	3,8	3,89	3,65	3,75	4	3,78	3,64	3,28	3,63	3,94

4. 1.4 - L'humidité de l'air

L'humidité de l'air est grande et la tension de vapeur d'eau atteint en été des valeurs importantes, de l'ordre de 18mm ; à cause de la proximité de la mer, l'état hygrométrique ne subit que de faibles variations diurnes ou annuelles s'écarte peu de 70-75% quels que soient l'heure ou le mois est mesuré. (HILLY, 1962).

5- Synthèse climatique

Pour rendre les données climatiques ci dessous plus significatives plusieurs auteurs ont proposé des indices climatiques qui sont des combinaisons des moyennes des différentes composantes du climat notamment la température et les précipitations (EMBERGER, 1955) ; la synthèse climatique met en évidence les caractéristiques du climat permettant ainsi une délimitation des différents étages de la végétation (RIVAS-MARTINEZ, 1982). Les précipitations, nous renseignent sur l'aridité ou l'humidité du climat ; on obtiendra alors des classes d'étages bioclimatiques :

- étage humide si $P > 800\text{mm}$
- étage sub-humide si $600\text{mm} < P < 800\text{mm}$
- étage semi-aride si $400\text{mm} < P < 600\text{mm}$
- étage aride supérieur si $300\text{mm} < P < 400\text{mm}$
- étage aride moyen si $200\text{mm} < P < 300\text{mm}$
- étage aride inférieur si $100\text{mm} < P < 200\text{mm}$
- étage saharien si $P < 100\text{mm}$

Une autre classification d'après EMBERGER (1955) et SAUVAGE (1963) en sous étages, se base sur la moyenne des minima du mois le plus froid « m » tel que :

- ✓ Sous étage chaud $m > 7^{\circ}\text{C}$
- ✓ Sous étage doux $3^{\circ}\text{C} < m < 7^{\circ}\text{C}$
- ✓ Sous étage frais $0^{\circ}\text{C} < m < 3^{\circ}\text{C}$
- ✓ Sous étage froid $m < 0^{\circ}\text{C}$

RIVAS-MARTINEZ (1977) quant à lui, propose la combinaison entre le « m » et la température moyenne annuelle.

Tableau .09- Classifications des étages de végétation selon Rivas martinez

Etage bioclimatique	Température moyenne annuelle ($^{\circ}\text{C}$)	« m » en $^{\circ}\text{C}$
Thérmo-méditerranéen	$T > 16$	$> +5$
Méso-méditerranéen	$12 < T < 16$	$0 < m < +5$
Supra-méditerranéen	$8 < T < 12$	$-3 < m < 0$

5.1- Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Une combinaison des données pluviométriques et des températures est très intéressante pour caractériser l'influence du climat sur la région. On doit à BAGNOULS & GAUSSEN (1953) une méthode simple et efficace de discrimination entre la saison sèche et la saison pluvieuse. Ces auteurs considèrent qu'un mois est sec lorsque $P \geq 2T$.

Où P : Précipitation moyenne mensuelle,

T : Température moyenne mensuelle.

Lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures, on dit que la période est sèche.

Pour la station de Annaba la durée de la période sèche est de 05 mois (Mai, Juin, Juillet, Août et septembre).

Tableau.10- Précipitations et températures moyennes mensuelles (1978-2007) de la station des salines Annaba

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
P (mm)	100,67	81,047	67,19	57,957	35,287	14,623	2,207	9,407	34,483	70,567	84,663	119,893
T ($^{\circ}\text{C}$)	11,6	11,9	13,4	15,15	18,35	22	24,75	25,65	23,55	20,4	15,85	12,85

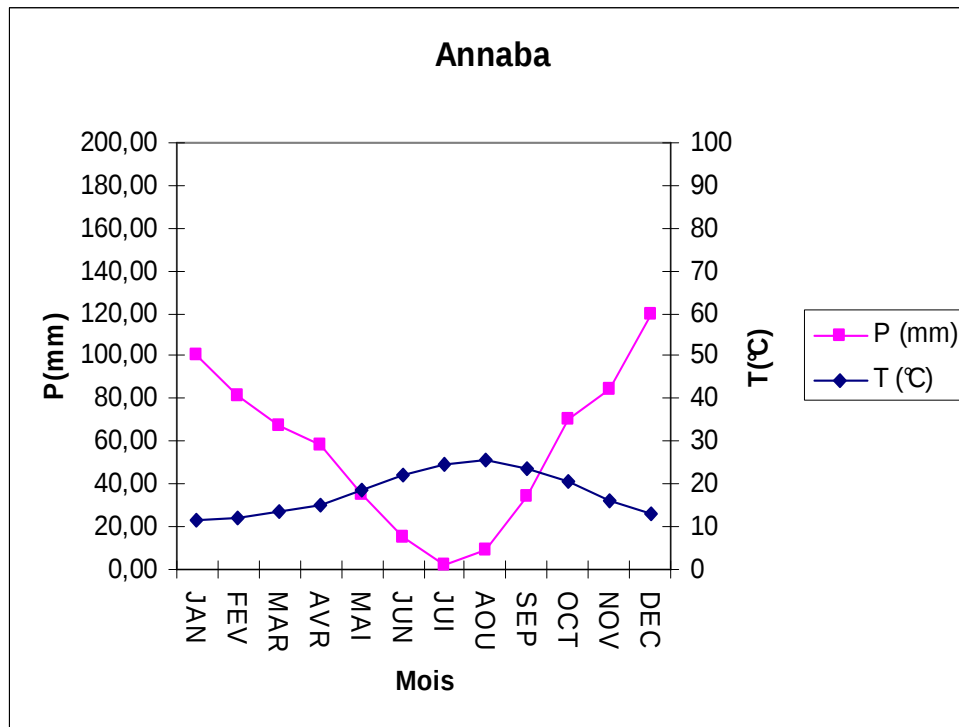


Fig. 09- Diagramme Ombrothermique de la station des salines Annaba.

Pour la zone de Chétaibi, la durée de la saison sèche est de 04 mois (Juin, Juillet, Août et Septembre) dans les 03 stations.

Tableau.11-Précipitations et températures moyennes mensuelles (1978-2007) des 03 stations dans la zone de Chétaibi.

Station	Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
S1	P	105,4	84,85	70,26	60,68	36,94	15,31	2,31	9,84	36,1	73,83	88,64	125,52
	T	11,16	11,46	12,96	14,71	17,91	21,6	24,31	25,21	23,09	19,96	15,41	12,4
S2	P	117,28	94,41	78,27	67,51	41,109	17,03	2,57	10,95	40,17	82,21	98,63	139,67
	T	10,06	10,36	11,86	13,91	16,81	20,5	23,21	23,83	22,01	18,86	14,31	11,3
S3	P	131,87	106,17	88,01	75,92	46,22	19,15	2,89	12,32	45,17	92,44	110,9	157,05
	T	8,63	8,93	5,43	12,18	15,38	19	21,78	22,68	20,58	17,43	12,88	9,88

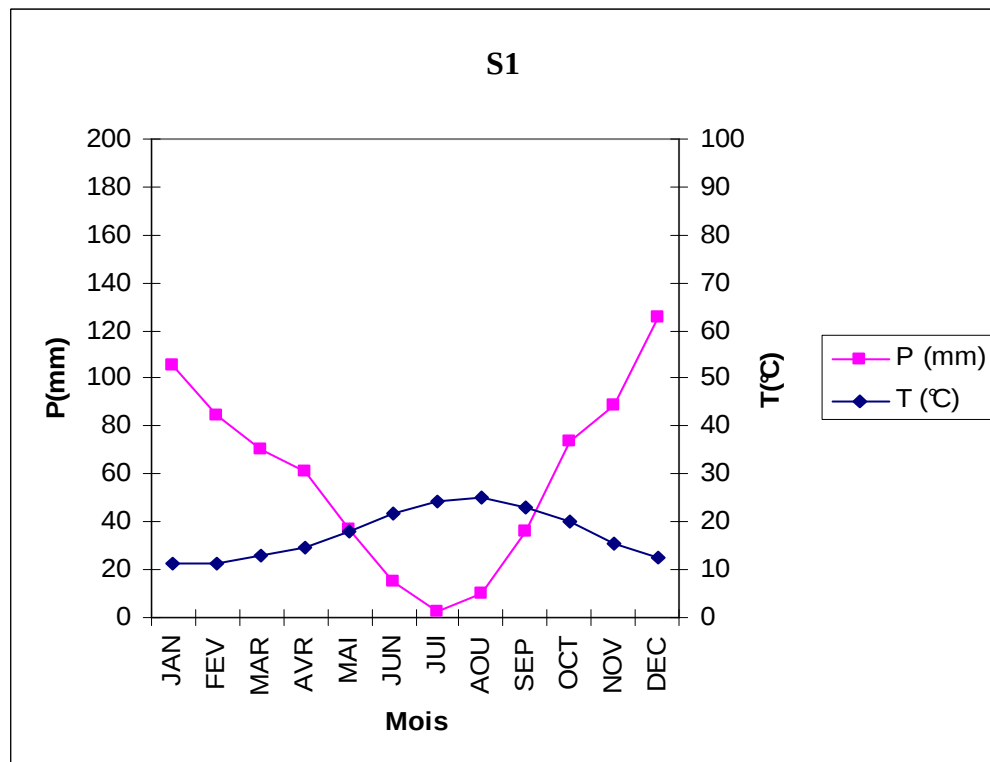


Fig. 10- Diagramme Ombrothermique de la station S1

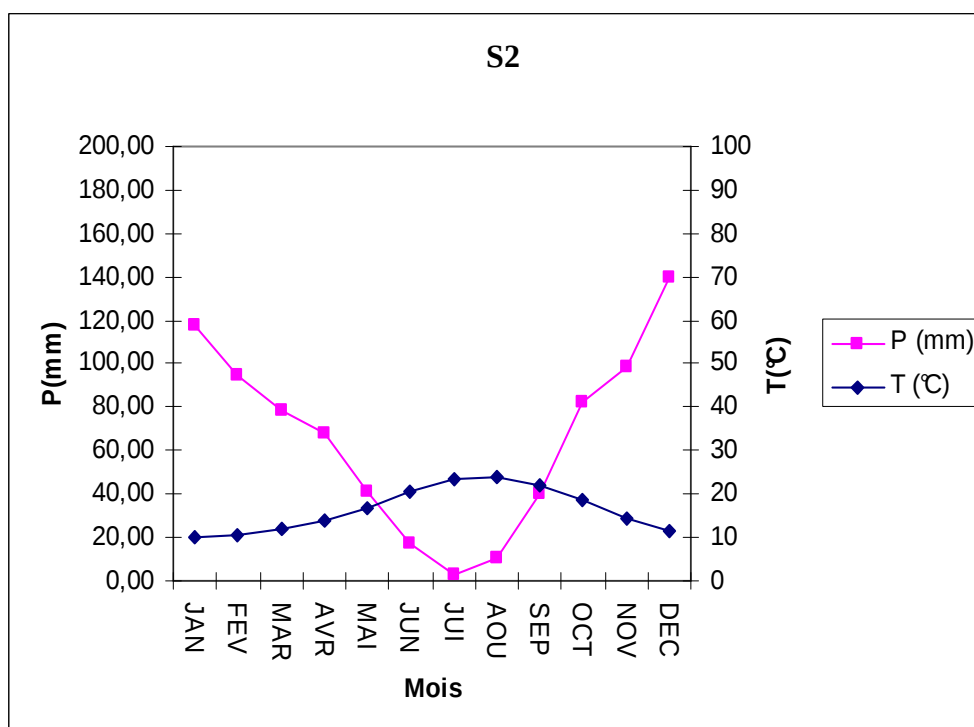


Fig. 11- Diagramme Ombrothermique de la station S2

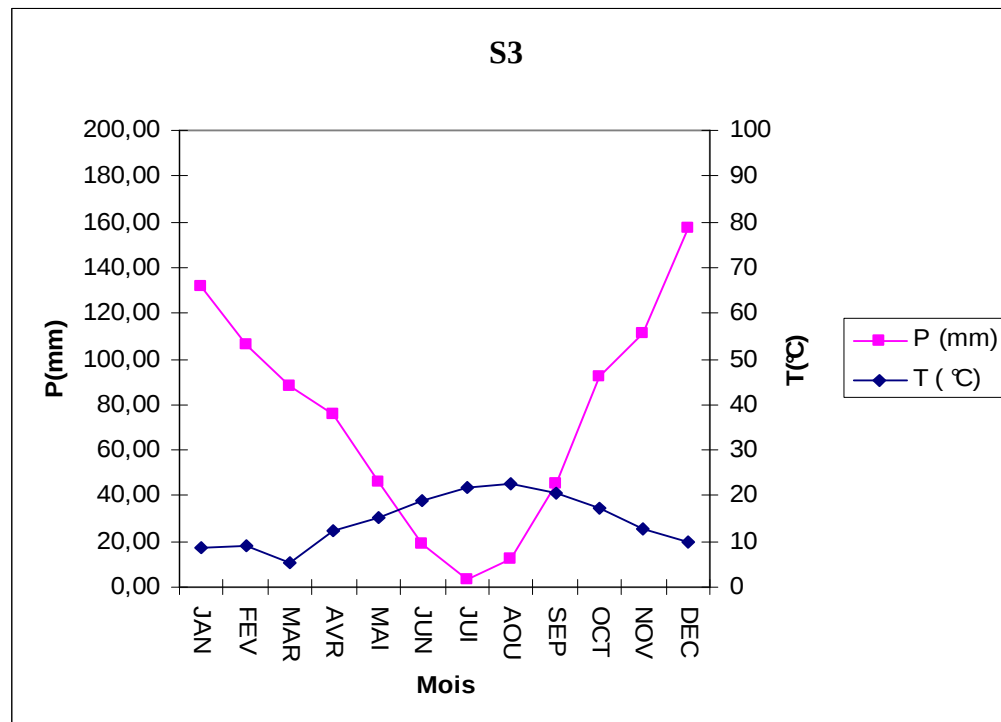


Fig. 12- Diagramme Ombrothermique de la station S3

5.2 - Quotient pluviothermique D'EMBERGER

EMBERGER (1955) s'intéresse aux extrêmes thermiques M et m entre lesquelles se déroule la période végétative et qui peuvent constituer des seuils écologiques pour les différentes espèces végétales. Le quotient pluviothermique d'Emberger est un quotient qui permet de définir les étages et les sous étages bioclimatiques. Il est établi en fonction du m (°C) et du Q_2 .

Où m : moyenne des minima du mois le plus froid,

Q_2 : quotient pluviothermique.

Le Q_2 permet l'analyse des formes climatiques. Il est calculé comme suit :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Où :

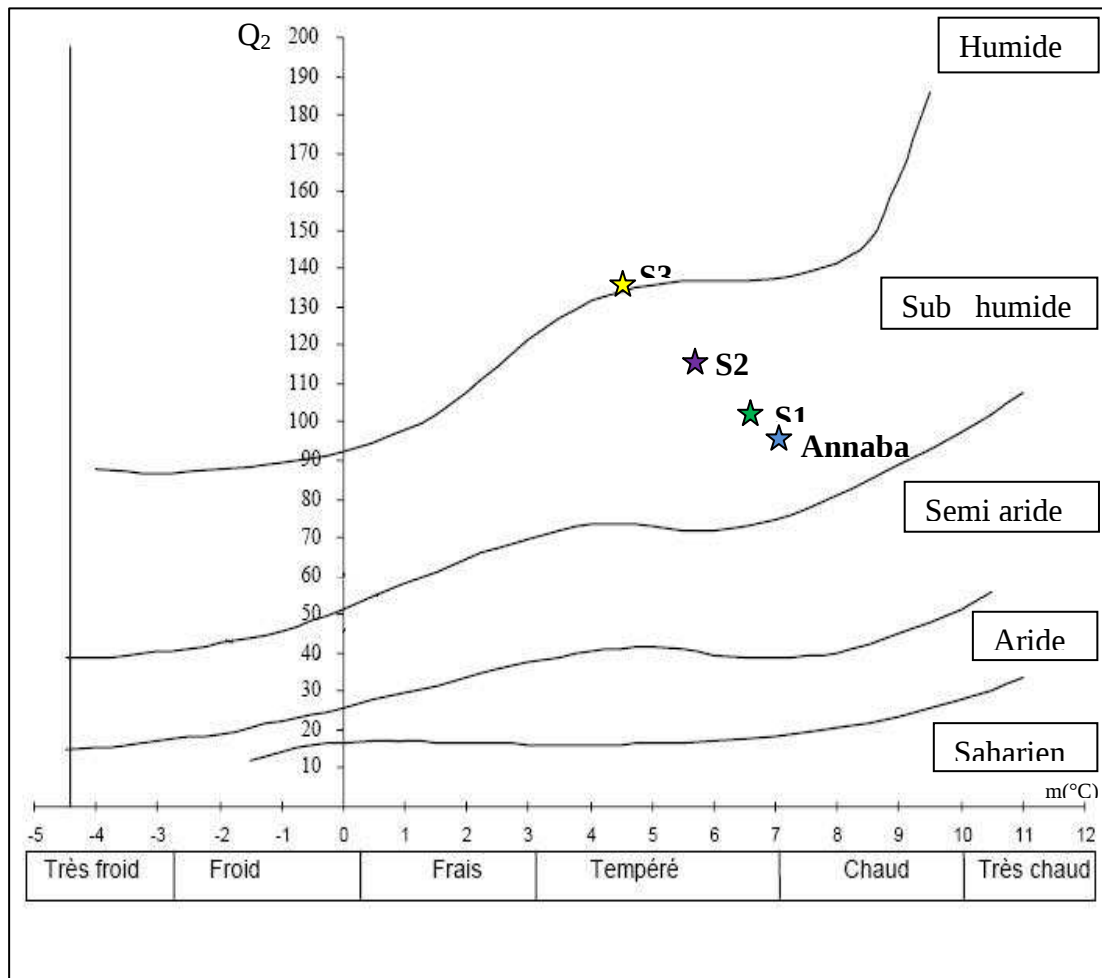
P : pluviosité moyenne annuelle exprimée en mm,

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud exprimé en °K ($t^{\circ}K = t^{\circ}C + 273$).

m : moyenne des minima du mois le plus froid exprimé en °K ($t^{\circ}K = t^{\circ}C + 273$).

Tableau.12- valeurs du Q2 des différentes stations

Stations		P	M	m	P/M	Q2	Bioclimat
Annaba		678	31,3	6,9	21,66	95,3	Sub-humide chaud
Chétaibi	S1	711,99	30,74	6,58	23,16	101,01	Sub-humide doux
	S2	789,80	29,34	5,78	26,91	114,98	Sub-humide doux
	S3	888,11	27,52	4,74	32,27	133,72	Humide doux

**Fig. 13 -Climagramme d'Emberger**

Sur le Climagramme du quotient pluviothermique d'Emberger, le Q_2 est porté en ordonnées et le m en abscisses (Fig. 13), selon le climagramme d'Emberger, la station des salines d'Annaba est située dans l'étage bioclimatique sub- humide à hiver chaud.

-La station à 100m (S1) dans la zone de Chétaibi est située dans l'étage bioclimatique sub-humide supérieur à hiver doux.

-La station à 300m (S2) dans la zone de Chétaibi est située dans l'étage bioclimatique sub-humide supérieur à hiver doux.

-La station à 560m (S3) dans la zone de Chétaibi est située dans l'étage bioclimatique humide inférieur à hiver doux.

METHODOLOGIE GENERALE POUR LA REALISATION D'UNE CARTE D'OCCUPATION DES SOLS PAR LA VEGETATION

1- La carte d'occupation des sols

La cartographie désigne la réalisation et l'étude des cartes. Le principe majeur de la cartographie est la représentation de données sur un support réduit représentant un espace réel. Ceci se fait par une prise d'informations sur le terrain.

La cartographie comprend l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques, intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation en vue de l'élaboration et l'établissement de cartes plan et autres modes d'expressions ainsi que leur utilisation (GIRARD & GIRARD, 1999).

Par définition la carte d'occupation des sols par la végétation est une carte de végétation à un instant (t) appréhendée principalement par sa structure et sa composition floristique essentielle (LONG, 1974).

La connaissance de l'occupation des sols permet de donner une image du paysage végétal à un instant donné (GODRON & al, 1995).

La carte d'occupation des sols exprime les traits essentiels de la végétation actuelle (structure et composition floristique), ainsi que l'impact de l'homme sur la végétation (LONG, 1974 ; GODRON & al., 1995) à ne pas confondre avec la carte d'utilisation des sols dans laquelle figure en détail les différents types de culture (FLORET et al., 1978).

2- Les différentes étapes de la réalisation de la carte d'occupation des sols ou des terres

2.1 - Recherche documentaire et préparation de la campagne d'échantillonnage

Cette phase qui se déroule au laboratoire se base essentiellement sur

- La recherche de toutes documentations existantes

- ✓ Cartes topographiques au 1/25.000 ème et 1/200.000 ème, transformées en format numérique par la numérisation avec un scanner.
- ✓ Cartes thématiques existantes (carte lithologique, carte géologique, cartes d'occupation des sols)
- ✓ Bibliographie (documents, rapports et thèses)

-Acquisition des images satellites

Les images satellites comportent toute information d'intérêt prise à un instant (t) par le satellite ; l'exploitation des images satellites nécessite un travail très précis de prétraitement et de traitement qui sera abordé plus loin.

-Acquisition des photos aériennes

- Le choix du niveau de perception

Pour une présentation cartographique, le choix du niveau de perception dépend essentiellement de l'objectif à cartographier qui se traduit par les unités élémentaires cartographiables.

LONG (1974) distingue 5 principaux niveaux de perception écologique, chacun d'eux intégrant un niveau intègre un niveau d'organisation qui présente l'unité cartographiable à une échelle précis :

- Le premier niveau **la zone écologique** permet de distinguer les différentes zones biogéographiques à très petites échelles d'expression cartographique (les biomes).
- Le deuxième niveau **la région écologique** est désigné par les écosystèmes régionaux ou domaine de l'utilisation des sols.
- Le troisième niveau **le secteur écologique** est le niveau de l'organisation qui représente des unités de l'occupation des sols à moyenne échelle, ou unité d'occupation des terres.
- Le quatrième niveau **la station écologique** exprime l'unité élémentaire de représentation cartographique, c'est-à-dire l'unité d'occupation des sols et des terres.
- Le cinquième niveau **l'élément de la station écologique**. Représente également l'unité d'occupation des sols et des terres mais à un niveau plus précis que le niveau précédent, car appréhendé à une très grandes échelle.

Dans le cas de notre étude nous avons choisi le secteur écologique qui nous paraît être concordantes avec l'utilisation des images satellites à 30×30 m de résolution au sol.

2.2- Réalisation des relevés floristiques

2.2.1- Choix du type d'échantillonnage

L'échantillonnage constitue la base de toute étude cartographique, il désigne l'ensemble des opérations qui ont pour objet de relever dans une population les individus devant constituer l'échantillon GOUNOT (1969). Le problème de l'échantillonnage consiste à choisir des éléments de façon à obtenir des informations objectives et une précision mesurable sur l'ensemble (LONG, 1974 ; GOUNOT, 1969), respectant les règles d'échantillonnage qui sont : le hasard, la représentativité et l'homogénéité ; car un échantillon est un fragment d'un ensemble. Ces critères sont approchés par la notion d'aire minimale qui correspond à l'aire dans laquelle la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale est représentée (GOUNOT, 1969).

L'échantillonnage des communautés végétales doit comprendre deux phases :

- La première est constituée par l'analyse des échantillons eux-mêmes pour vérifier s'ils répondent aux critères d'homogénéité et de représentativité.
- La deuxième correspond à la comparaison des échantillons pour tirer des conclusions valables sur les communautés (GOUNOT, 1969).

Cet auteur a proposé 04 types d'échantillonnage :

- Echantillonnage systématique, Echantillonnage au hasard, Echantillonnage subjectif et Echantillonnage stratifié

- Echantillonnage systématique

Il consiste à disposer des échantillons selon un mode répétitif pouvant être représenté par un réseau de mailles régulières, de bandes ou de transects, de segments consécutifs, de grilles de points ou de points quadra alignés. Selon (GOUNOT 1969) c'est une méthode d'échantillonnage dont les relevés se font systématiquement à intervalle régulier, mais avec le risque de sur-échantillonnage ou bien sous échantillonner certaines stations.

- Echantillonnage au hasard

Il consiste à tirer au hasard des diverses localisations des échantillons à étudier.

- Echantillonnage stratifié

C'est une méthode qui consiste à subdiviser une communauté hétérogène en unités homogène appelées strates ; l'échantillonnage stratifié permet d'obtenir des stations susceptibles de traduire le maximum de situations écologiques tout en étant représentatives du plus grand nombre de cas.

- Echantillonnage subjectif

Il consiste à disposer des échantillons qui paraissent les plus représentatifs et suffisamment homogènes, cette méthode est basée sur une longue expérience dans le domaine de l'échantillonnage et peut être dangereuse lorsqu'elle n'est pas corrigée.

Le choix du type d'échantillonnage se base sur la réalité du terrain, sur les données bibliographiques et sur la nature des documents de base utilisés en cartographie (photographies aériennes ou images satellites).

Les relevés floristiques ont été réalisés en plusieurs campagnes de terrain au mois de mai et juin 2009 pendant laquelle nous avons effectué plusieurs relevés floristiques, selon un plan d'échantillonnage spatial stratifié, ceci est dû au non accessibilité de certaines zones non sécurisées.

Le GPS (système de position géométrique) a été utilisé pour faciliter le repérage sur le terrain des points d'échantillonnages localisés sur l'image ; En effet, les coordonnées géographiques ont été saisies dans un fichier interne du GPS, ce dernier, en liaison directe avec les satellites, permet d'orienter le cartographe vers le point considéré.

L'échantillonnage adopté dans le présent travail est un échantillonnage stratifié. Le choix de ce type d'échantillonnage est lié en grande partie à l'utilisation des images satellites à 30 m de résolution ; face à cette situation, l'intégration de la méthode phytoécologique semble être le moyen le plus efficace pour pallier ce genre de problème, en prenant en considération les variables du milieu associées à la végétation. La stratification de la zone d'étude sera faite à partir de l'image satellite et les photos aériennes en se basant essentiellement sur les nuances spectrales données par l'image. Dans chaque zone homogène devra être effectué un ou plusieurs relevés floristiques

2.2.2- Méthodes de traitement des données

Après la réalisation des relevés sur le terrain une intégration des données dans le système d'information géographique sera faite pour leur exploitation dans le cadre de la réalisation de la carte d'occupation des sols. Une vérification sur le terrain des différentes unités cartographiques est recommandée et des corrections peuvent être apportées sur le document final.

3- Utilisation du système d'information géographique (SIG)

Un système d'information géographique (SIG) est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement et diffusion de l'information géographique. La représentation est généralement en deux dimensions, mais un rendu 3D ou une animation présentant des variations temporelles sur un territoire sont possibles.

Dans le but d'élaborer une carte d'occupation des sols, nous avons intégré dans le SIG données de télédétection, cartes topographiques, photos aériennes et les données du terrain.

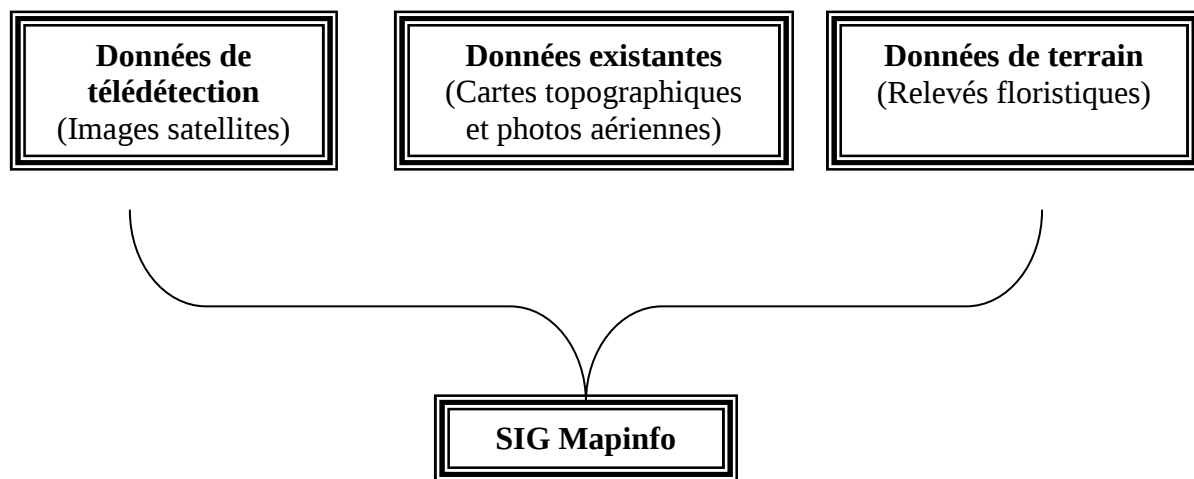


Fig. 14- Les données intégrées dans le SIG

Le SIG, offre le moyen d'une production cartographique de meilleure qualité, un gain de temps et permet également d'avoir des sorties cartographiques à différentes échelles et avec une plus grande précision. L'intégration de données dans le SIG se fait par différentes manières selon le type de données (alphanumériques et géographiques).

3.1- La saisie des données de terrain dans le SIG

Les données de terrain (relevés floristiques) dans le SIG, représentent des données sémantiques ; la saisie de ces données est faite par le logiciel MAPINFO v 8.0 par la fonction création des tables, la figure 15 présente la fonction création des tables par Mapinfo.

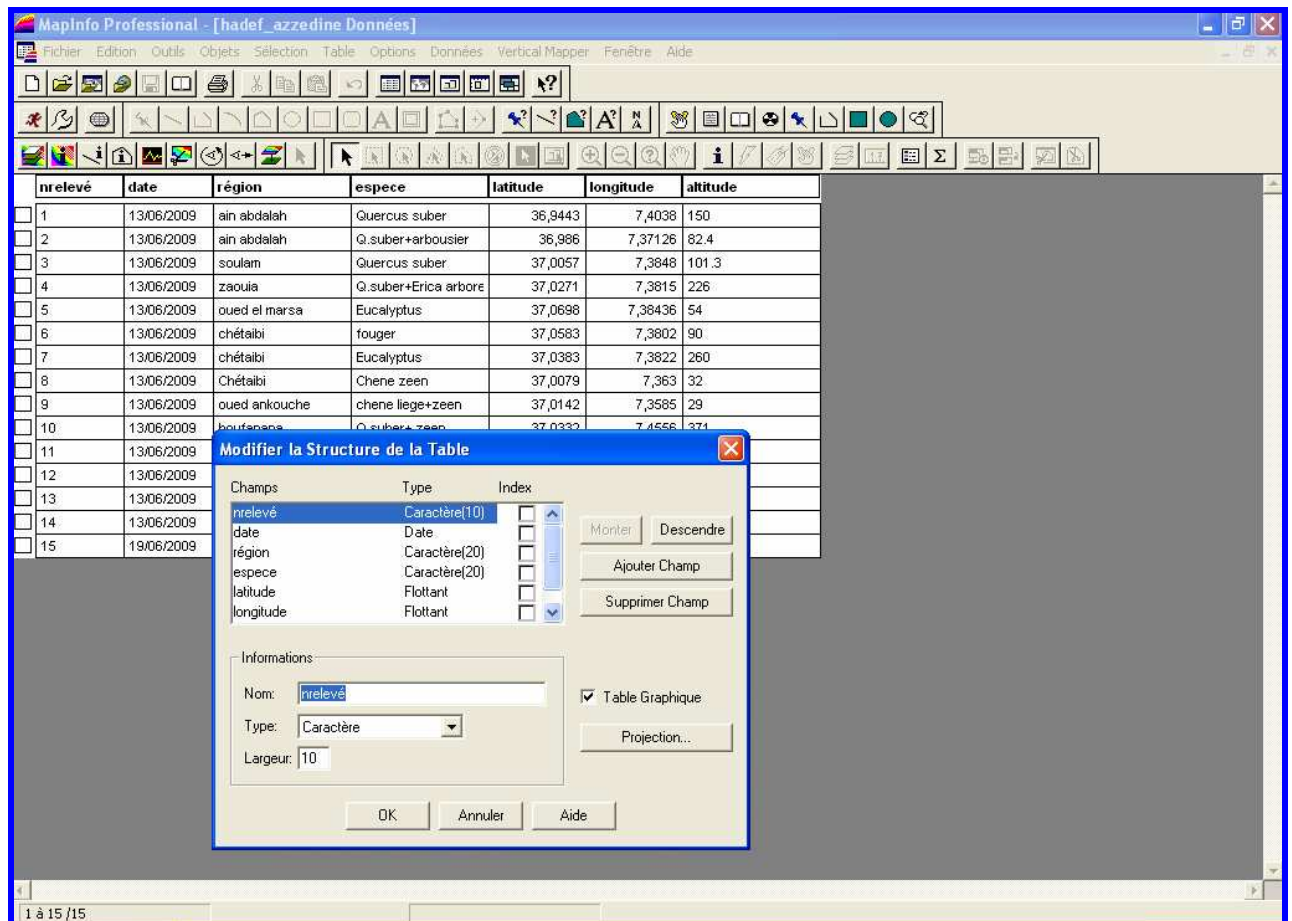


Fig. 15- Saisie des données de terrain et élaboration d'une base des données.

Ces relevés sont localisés sur le terrain par l'utilisation d'un système de localisation géographique GPS (Geographical Positionning System); La saisie des coordonnées géographiques de chaque relevé permet le positionnement des ces relevés en utilisant le même système de projection des cartes et de l'image satellite (UTM WGS 84 zone 32 Nord).

Le positionnement géographique des relevés représente une aide essentielle dans la classification supervisée appliquée en télédétection et permet de retrouver l'emplacement des ces relevés au cour du temps, ce qui est essentiel dans le cas d'une analyse diachronique de l'état des ressources naturelles d'une région donnée.

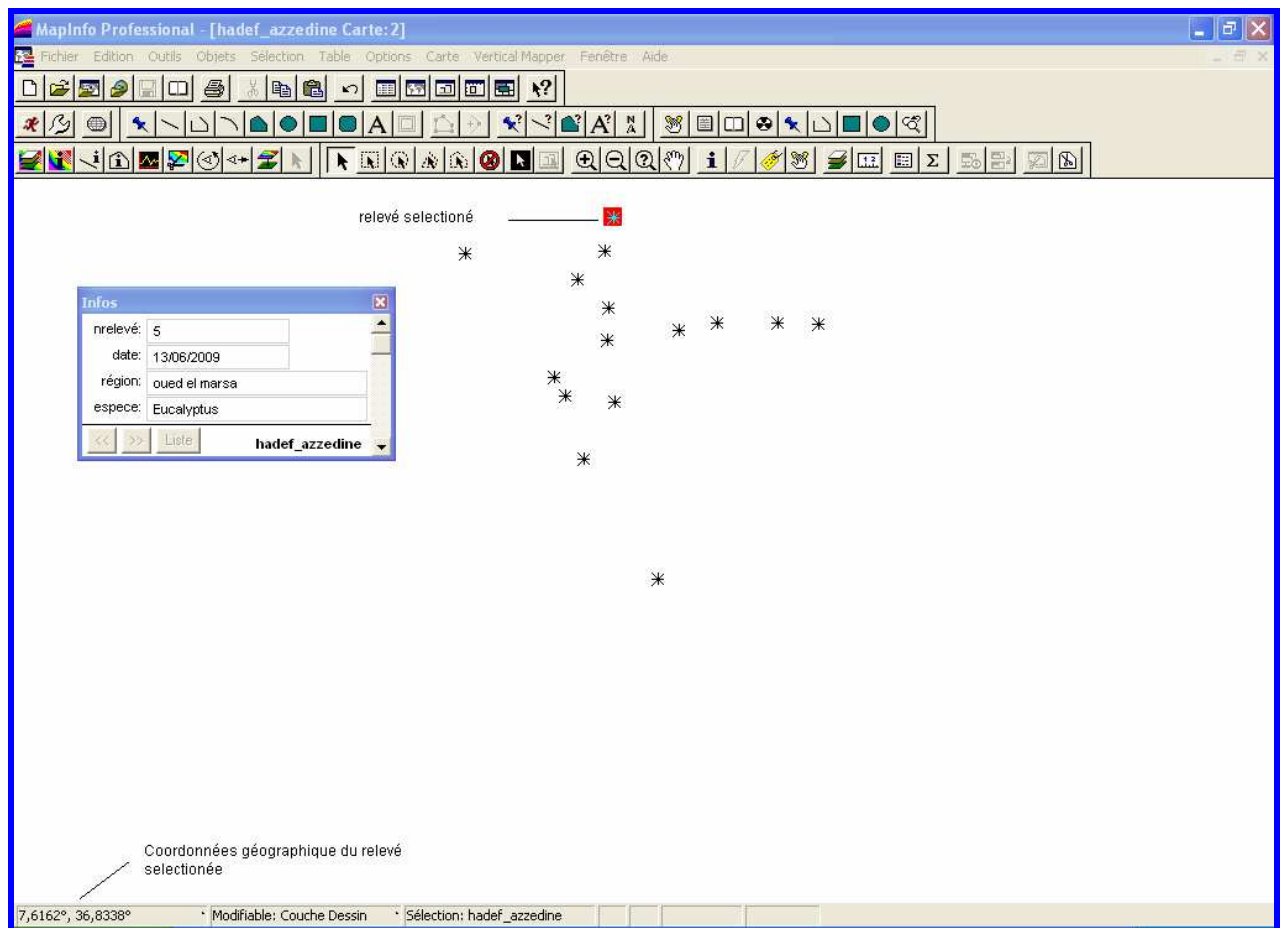


Fig. 16- Positionnement des relevées par l'utilisation du système de projection UTM WGS 84 zones 32 nord

3.2 - Calage (Géoréférencement) des cartes topographiques et photos aériennes

La zone d'étude s'insère sur une seule feuille topographique de Annaba au 1/200.000 ème, elle est couverte par 15 photos aériennes à l'échelle 1/20.000 ème. L'intégration des différentes cartes et photos aériennes dans le SIG se fait sous forme raster par numérisation (figure 17 et 18).

Après la numérisation des cartes et des photos aériennes, l'utilisation de l'information géographique offerte par ces documents, nécessite leur calage dans un système de projection choisi ; la projection utilisée en Algérie est UTM WGS 84 zone 32 nord ou UTM projection Clarke 1880 zone 32, la figure 19 et la figure 20 montrent la technique du calage des cartes topographique et photos aériennes par le Mapinfo.



Fig. 17- Localisation de la zone d'étude sur la carte topographique de Annaba au 1/200.000 ème.

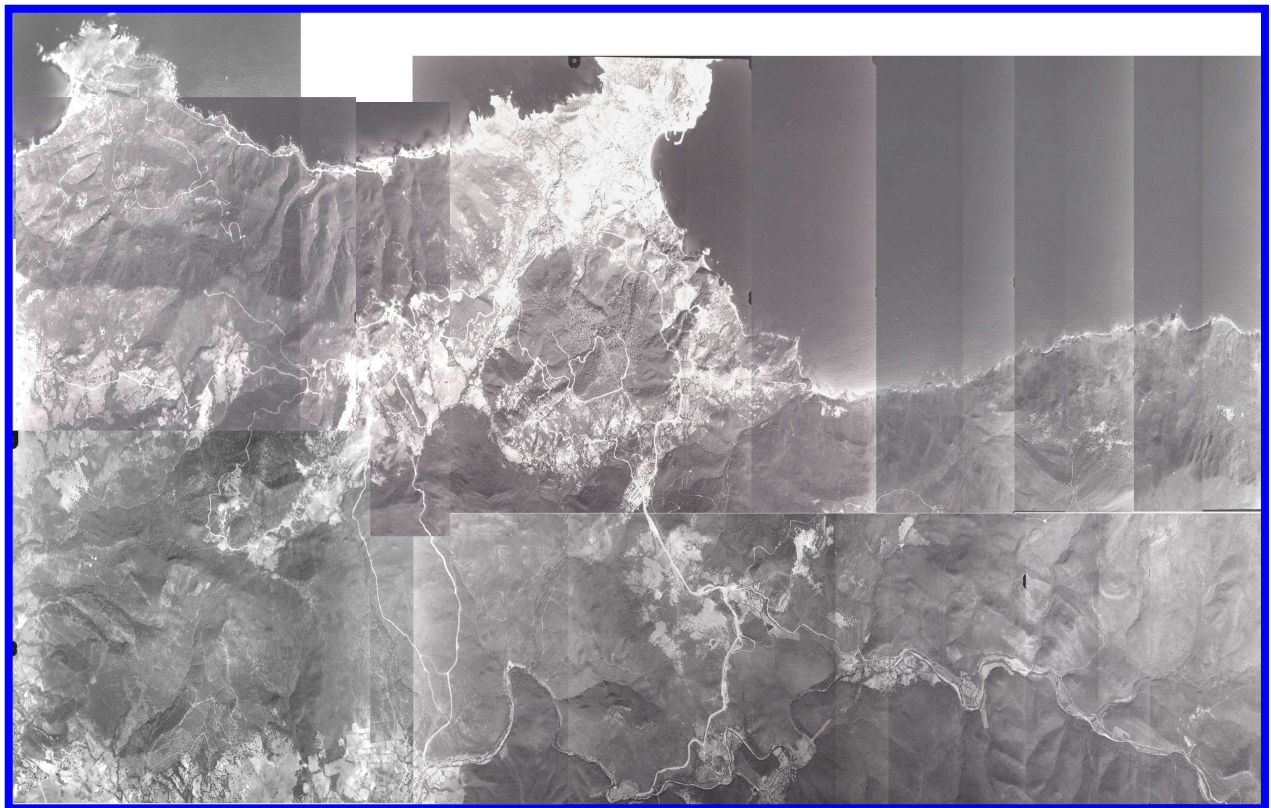


Fig. 18- Assemblage des photos aériennes de la zone d'étude

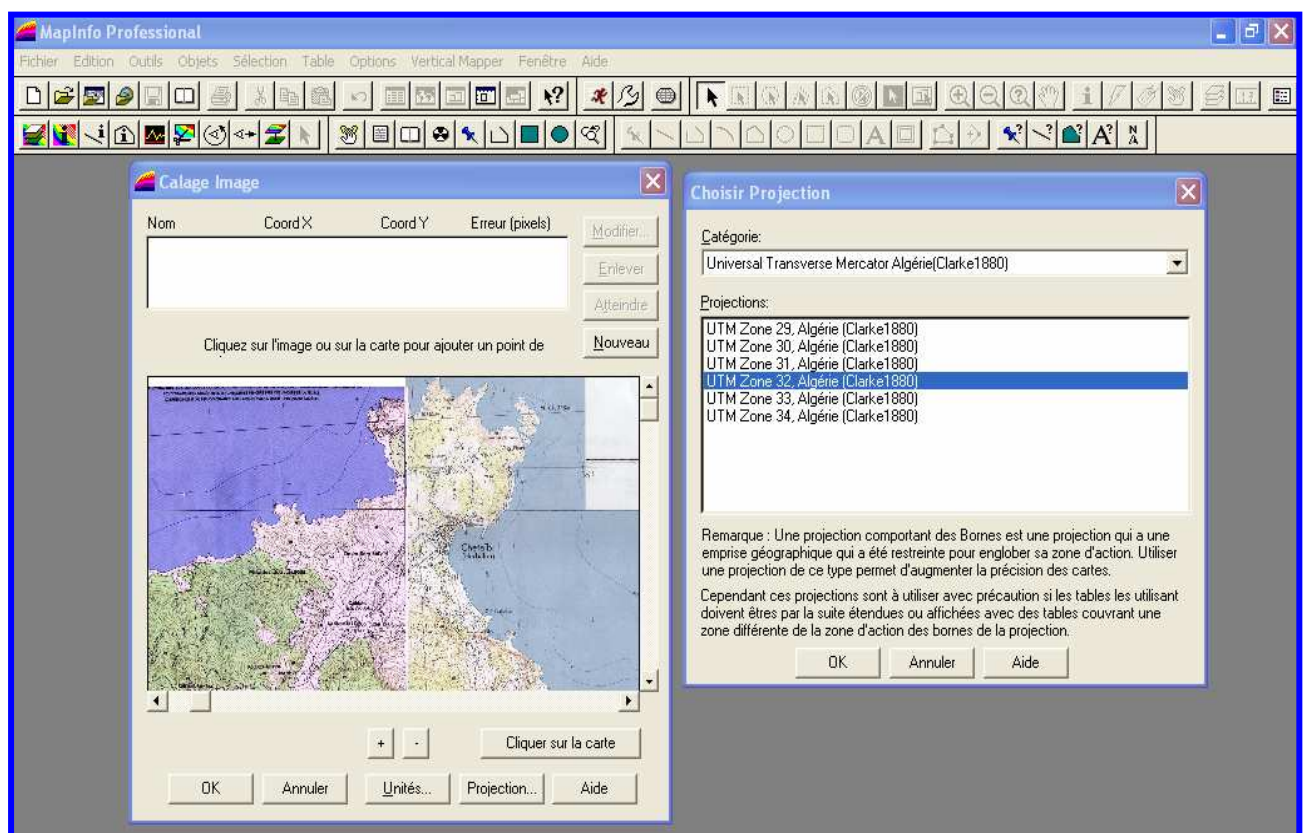


Fig. 19- Choix de la projection pour le calage de la carte topographique

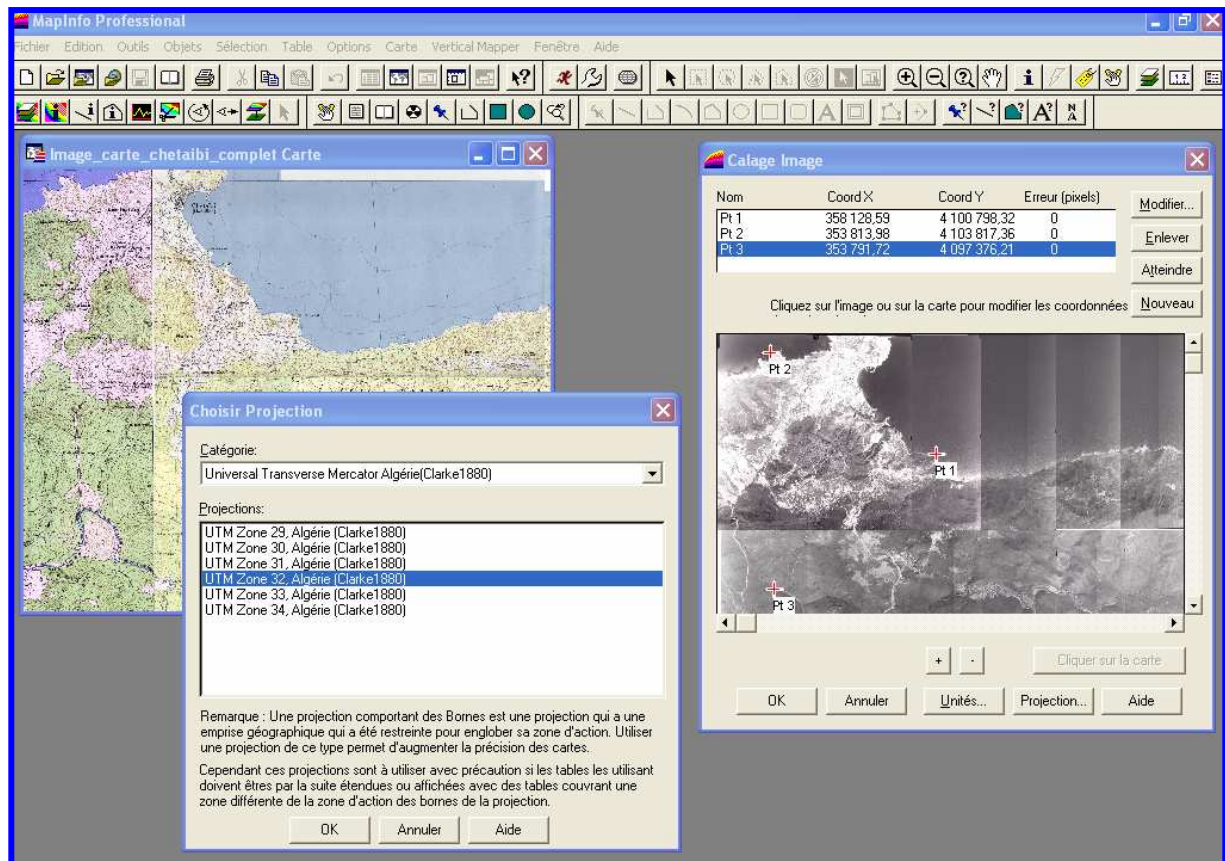


Fig. 20- Le calage des photos aériennes à partir de la carte topographique

3.3- La transformation des données du mode raster au mode vecteur

L'extraction des informations figurées sur les cartes topographiques (mode raster) se fait par digitalisation (mode vecteur), donc le passage du mode raster au mode vecteur suivra le même principe pour les données de télédétection.

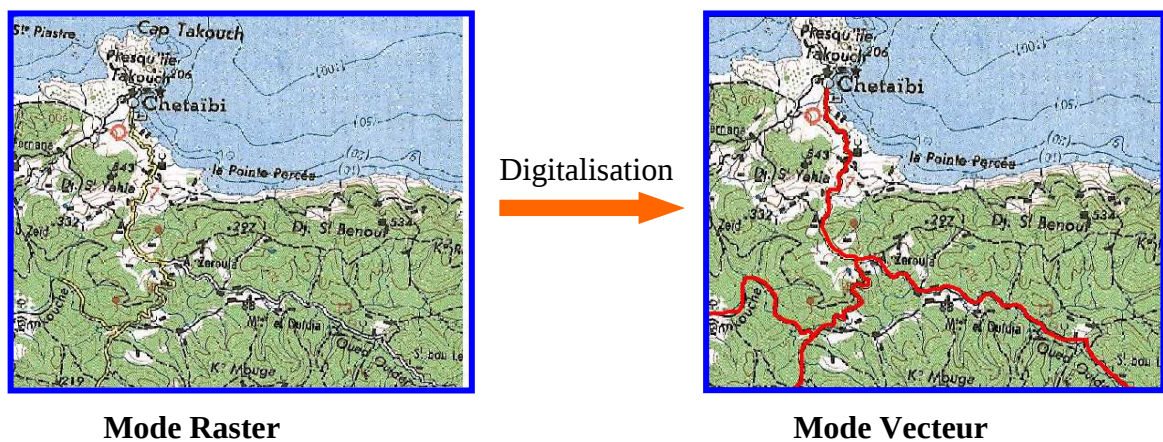
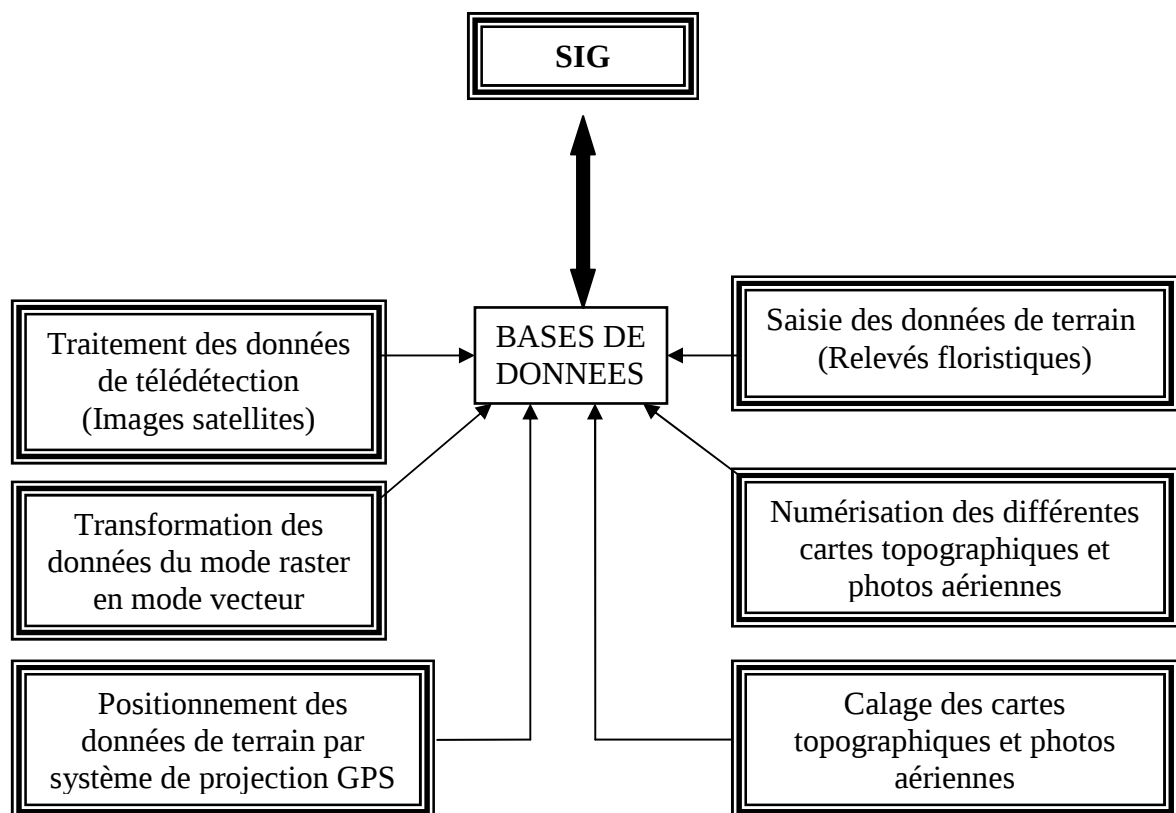


Fig 21- Le passage du mode raster au mode vecteur

A la fin de cette opération on obtiendra plusieurs couches de données comme la couche du réseau hydrographique, la couche de réseau routier, chaque couche sera accompagnée d'une base de données propre à elle et d'une base de données issue des relevés.



Source Hourizi Ratiba 2004

Fig. 22- Organigramme des différentes applications du SIG

4- Utilisation de la télédétection dans la cartographie de la végétation

4.1 Définition

La télédétection désigne l'ensemble des connaissances et technique utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (GIRARD & GIRARD 1989).

La télédétection comprend l'ensemble des procédés et techniques qui permettent d'acquérir à distance des informations sur les objets terrestres, en utilisant les propriétés des ondes électromagnétiques émises ou réfléchies par ces objets.

4.2- Principe de la télédétection

Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme ; la télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments ; une source d'énergie, une cible et un vecteur.

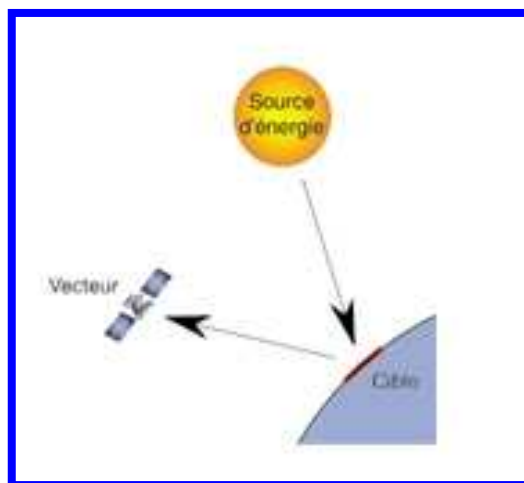
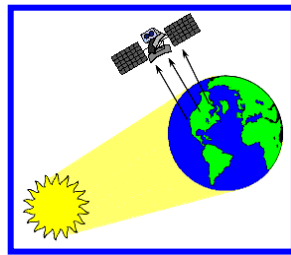


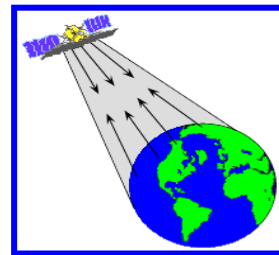
Fig. 23- Principes de base de la télédétection

- **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite ; sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie** est l'élément qui éclaire la cible en émettant une onde électromagnétique ; dans l'immense majorité des cas, la source d'énergie est le soleil.
- **Le vecteur** ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique réfléchi par la cible ; le vecteur peut être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur renvoi l'image sur terre vers des stations de réception.

Lorsque le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de télédétection passive et lorsque le satellite émet une onde vers la cible on parle de télédétection active.



Télédétection passive



Télédétection active

Fig. 24- Types de télédétection

4.3 Les différentes étapes de la télédétection

Ces 7 étapes couvrent le processus de la télédétection du début à la fin.

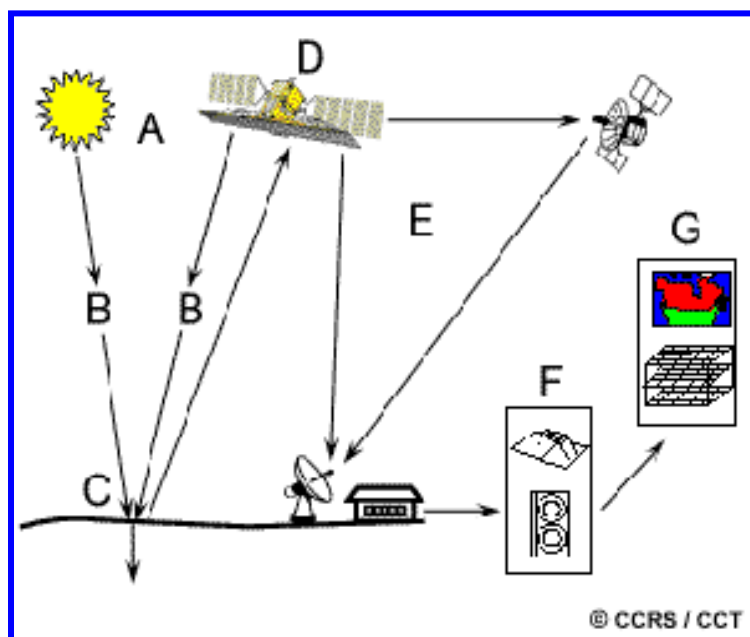


Fig. 25- Les différentes étapes de la télédétection.

A. Source d'énergie ou d'illumination (A) :

A l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible ; le plus souvent, voire dans la presque totalité des cas, cette source d'énergie est le soleil. Mais le satellite lui-même peut être source d'énergie : c'est le cas dans le domaine de la télédétection radar.

B. Rayonnement et atmosphère (B)

Durant son parcours « aller » entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet « retour » entre la cible et le capteur.

C. Interaction avec la cible (C)

Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci, la nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface ; chaque objet géographique émet ou réfléchit un rayonnement dans les diverses fréquences du spectre électromagnétique ; cette caractéristique s'appelle le comportement spectral. En télédétection, on suppose que tout objet ou classe d'objets sur la surface terrestre possède sa propre « empreinte digitale » dans le spectre électromagnétique (la signature spectrale), en fonction de la longueur d'onde du rayonnement qui est réfléchi ou émis par lui-même.

D. Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)

Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible mais embarquer à bord d'un satellite ou d'un avion pour être enfin enregistré sous format numérique.

E. Transmission, réception et traitement (E)

L'information enregistrée par le capteur est transmise souvent par des moyens électroniques, à une station de réception généralement située au sol où l'information est transformée en image numérique ou photographique.

F. Interprétation et analyse (F)

Une interprétation visuelle et /ou numérique de l'image traitée est nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

G. Application (G)

La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux la cibler, c'est-à-dire la portion d'espace étudiée (une ville, zone inondée, une forêt).

4.5- Le rayonnement électromagnétique

La télédétection utilise le rayonnement électromagnétique comme source d'énergie d'enregistrement à distance ; ce rayonnement correspond à des ondes électromagnétiques transportant de l'énergie qui est plus au moins absorbée par les différents milieux. Le rayonnement électromagnétique est caractérisé par sa longueur d'onde et sa fréquence.

Le spectre électromagnétique présente toutes les gammes d'onde depuis les plus petites longueurs d'ondes (fréquences très élevées) jusqu'aux plus grandes (fréquences très basses). La télédétection utilise une partie du spectre électromagnétique présenté par les gammes de longueurs d'ondes données par le tableau suivant.

Tableau.13-Gammes des spectres électromagnétiques utilisés en télédétection

Domaine spectral	Longueur d'onde	Origine
Ultraviolet	-0.90nm-0.38nm	Rayonnement réfléchi par la surface terrestre
Le visible	Violet : 0.400- 0.446µm Bleu : 0.446- 0.500 µm Vert : 0.500- 0.578 µm Jaune : 0.578- 0.592 µm Orange : 0.592- 0.620 µm Rouge : 0.620- 0.700 µm	Rayonnement réfléchi par la surface terrestre
L'infrarouge	Proche : 0.800-1.500 µm Moyen réflectif : 1.600-2.2 µm Moyen : 3- 5 µm Moyen thermique 8-14 µm	Rayonnement réfléchi par la surface terrestre
Les hyperfréquences	0.750- 136cm	Emises par une antenne et renvoyées par la surface terrestre en mode actif et émises par la surface terrestre en mode passif.

Dans le domaine visible, chaque gamme de longueurs d'ondes donne une sensation de couleur précise. Le bleu, le vert et le rouge sont les couleurs primaires du spectre visible. Les autres couleurs (violet, jaune et orange) sont des couleurs secondaires créées en combinant les couleurs primaires.

4.6- Intérêt de la télédétection dans la cartographie de la végétation

L'utilisation de la télédétection dans la cartographie de la végétation est facilitée par les avantages qu'elle présente :

- **La rapidité et répétitivité d'acquisition des données :** permettant de faire le choix de la scène la plus représentative et la moins bruitée. Cette répétitivité permet également de voir les changements et l'évolution des différents phénomènes dans le temps.
- **La forme numérique des données :** Elle offre un grand avantage de traitement numérique par de multiples programmes de traitement d'image et facilite le travail du cartographe.

- **Le caractère multi-bandes des données** : la séparation de chaque bande (image) facilite la sélection de l'information recherchée, soit par la sélection directe d'une bande soit par l'application d'une fonction sur plusieurs bandes.

5- Données de télédétection utilisées

Dans un pays en voie de développement la contrainte majeure est d'ordre budgétaire, et le rapport qualité/prix est un facteur important à prendre en compte pour l'achat des images satellites ; bien que l'Algérie dispose de son propre satellite ALSAT-1 ; ces images sont commercialisées par l'Institut National de Cartographie et de Télédétection d'Alger (INCT) ; malheureusement, nous n'avons pas pu acquérir ces images.

Dans cette étude nous avons préféré acquérir des images du capteur ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de LANDSAT ; qui sont fournies gratuitement par des organismes internationaux pour encourager les chercheurs et les étudiants à mener à bien leurs travaux scientifiques, et à cause de la bonne résolution spectrale qu'elles offrent.

Les images LANDSAT ETM+ sont téléchargées directement du site de l'agence spatiale américaine NASA, la figure 26 montre l'interface de téléchargement des images.

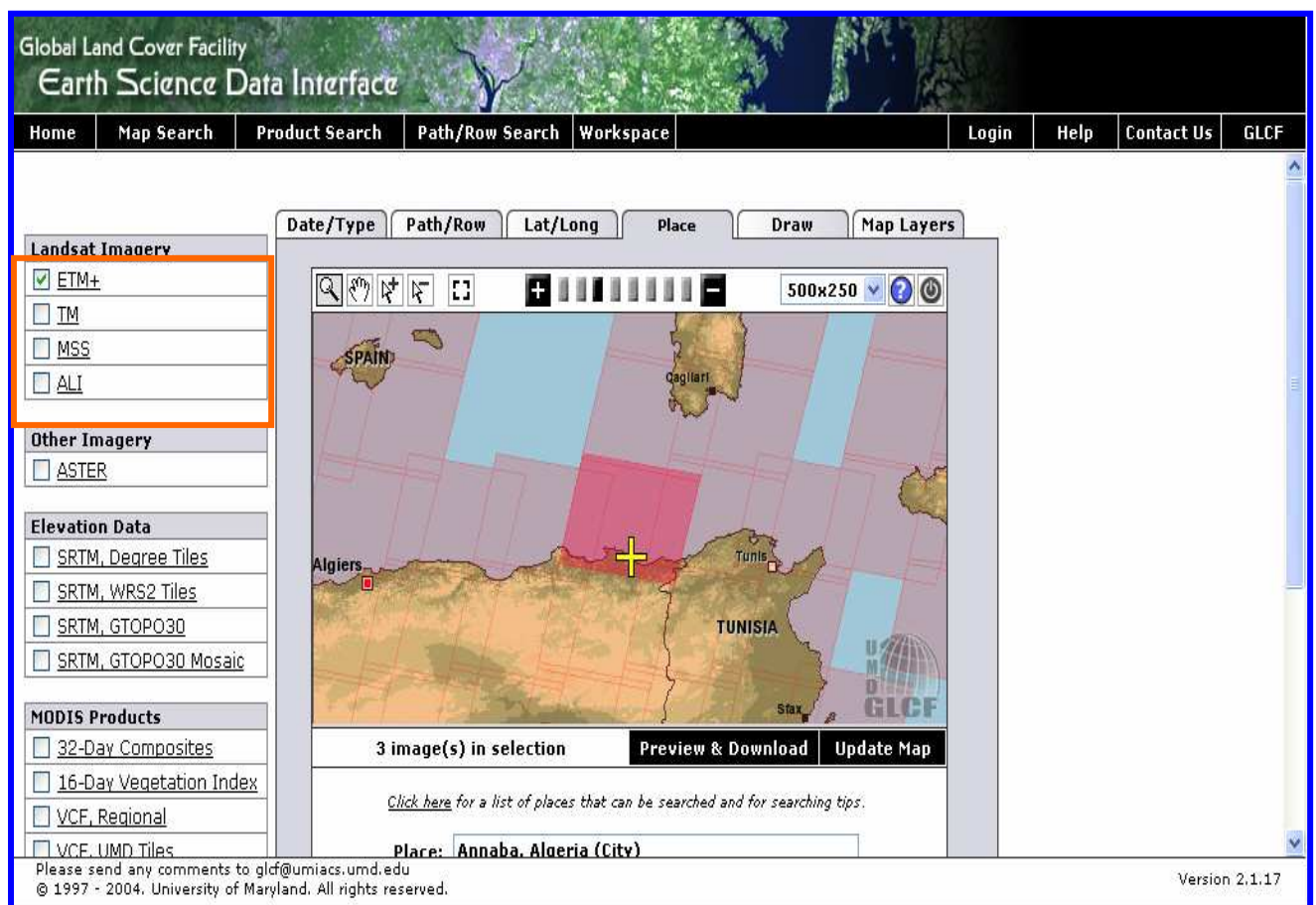


Fig. 26- Interface de téléchargement des images LANDSAT ETM+.

5.1- Le choix de la scène et de la date de la prise de vue

LANDSAT, est un satellite héliosynchrone par son système de balayage , il offre des images disposées les unes à proximité des autres avec un taux de recouvrement de 20%, ce qui donne la possibilité d'assembler ces images et d'avoir une couverture continue.

La zone d'étude (zone de chétaibi) se trouve en une seule scène prise par le capteur ETM+ ; chaque scène se distingue par un numéro de série correspondant au numéro de ligne (Row) et de colonne (Path) et sa date de prise de vue.

Tableau.14-Caractéristiques de la scène couvrant la zone d'étude.

Satellite/Capteur	Path	Row	Date	Qualité
LANDSAT ETM+	193	034	24/04/2000	Bonne

La date de la prise de vue pour la scène de la zone d'étude est le 24/04/2000 elle correspond à la période du printemps, ou les conditions météorologiques sont favorables et les images acquise durant cette période son de bonne qualité et se caractérisent par l'absence de nuages et tout autre obstacle atmosphérique, ce qui permet une détection plus aux moins facile des objets.

Chaque image, format numérique est accompagnée par des informations sur sa dimension totale, la dimension des pixels, la projection et le type de capteur et de vecteur. (Annexe 2)

5.2-Le choix de la résolution spatiale (résolution géométrique)

Le choix d'une bonne résolution spatiale est basé sur le phénomène étudié, de sorte que cette résolution ne soit pas trop inférieur ni trop supérieure à celle de l'objet détecté et se base surtout sur la disponibilité et la bonne qualité des images.

Les images utilisées dans cette étude sont des images à moyenne résolution au sol (30m×30m), c'est-à-dire que chaque pixel de l'image couvre une zone de 30 mètres sur 30 mètres.

5.3- Le choix des canaux

Le capteur ETM+ de LANDSAT offre une prise de vue à bonne résolution spectrale en panchromatique et en multi-spectrale (7 bandes spectrales : 3 dans le visible, 3 dans l'infra rouge et 1 dans l'infrarouge thermique). Nous n'utilisons que 6 bandes de la partie multi spectrale ; le canal infrarouge thermique (ETM 6) n'est pas utilisé car il n'apporte pas plus d'information pour notre étude de plus il présente une résolution spatiale différente

(120m×120m) à celle des autres canaux (30m×30m), ce qui rend difficile la combinaison entre les autres canaux.

Tableau.15-Les bandes du capteur LANDSAT ETM+

Caractéristiques Satellite	Résolution spectrale (μm)	Bande	Résolution spatiale (m)
Landsat7 ETM+	Band 1 : 0.450-0.515	Bleu	30
	Band2 : 0.525-0.605	Vert	30
	Band3 : 0.630-0.690	Rouge	30
	Band4 : 0.760-0.900	Proche infrarouge	30
	Band5 : 1.550-1.750	Infrarouge moyen	30
	Band6 : 10.40-12.5	Infrarouge thermique	120
	Band7 : 2.080-2.35	Proche infrarouge	30
	Band8 : 0.52-0.92	Panchromatique	15

Source : (FLOYD F. et SABINS J.R., 1986)

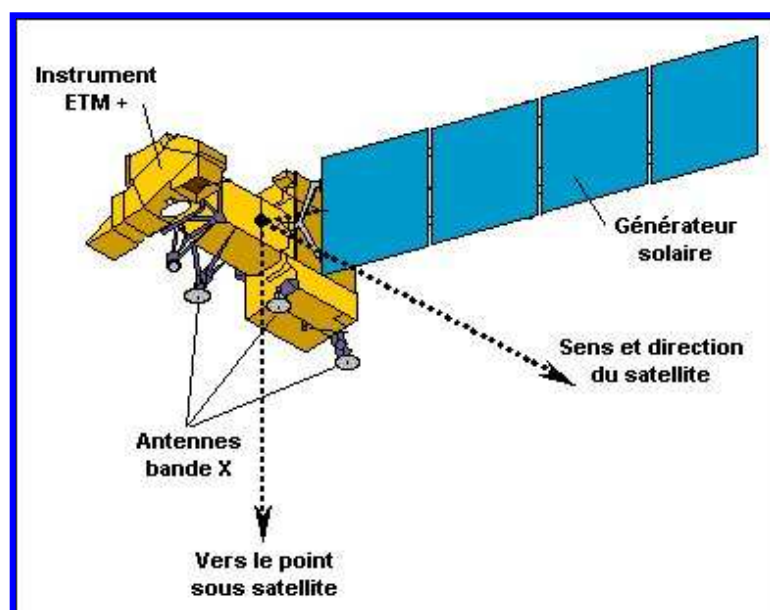


Fig. 27- Le satellite LANDSAT 7

5.4 Domaine spectral couvert

Le capteur ETM+ de Landsat dispose de 07 bandes spectrales, nous décrivons ici brièvement les utilisations possibles de ces différentes bandes spectrales

- **ETM 1** : Il exploite la partie bleue du spectre électromagnétique, il est surtout utilisé pour des études sur l'eau (les radiations bleues ont un bon pouvoir de pénétration dans l'eau). Très sensible aux gaz et aux particules atmosphériques, cette longueur d'onde est malgré tout, peu employée, si ce n'est pour réaliser des images en couleurs naturelles.

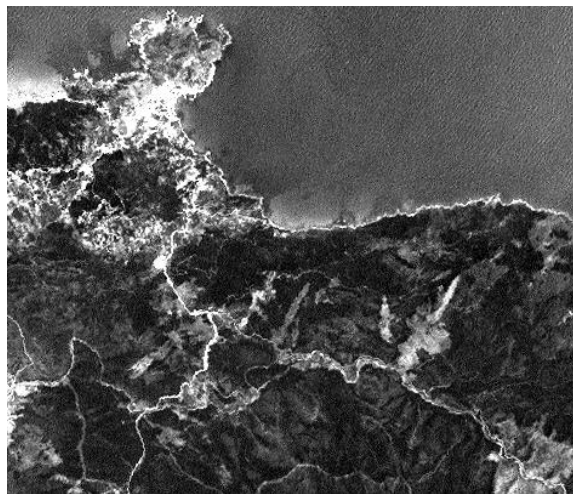


Fig. 28- Bande ETM+1 de la zone d'étude

- **ETM 2** : Il exploite les longueurs d'onde du vert, ce canal est employé pour mesurer l'énergie réfléchi par la végétation, il permet également de mettre en évidence le mouvement des sédiments lourds dans l'eau.

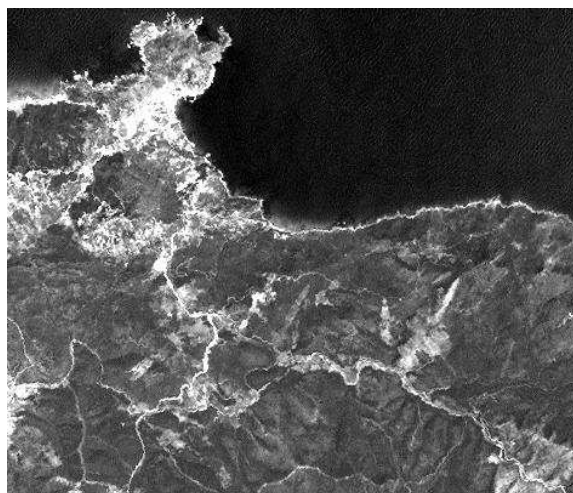


Fig. 29- Bande ETM+2 de la zone d'étude

- **ETM 3** : Il correspond au rouge, dans cette partie du spectre, les radiations sont fortement absorbées par la chlorophylle et les pigments des feuilles qui est importante pour la discrimination des types de végétations ; par contre, les oxydes de fer du sol sont ici fortement réaffectant (possibilité de mesure de leur abondance). Ce canal permet également une bonne identification du domaine urbain (surtout les toits de tuile).

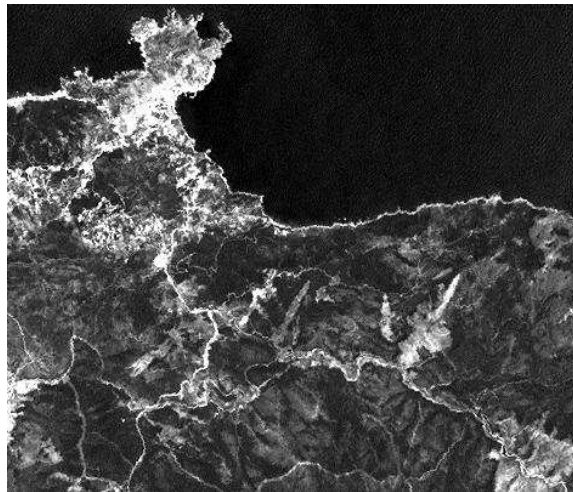


Fig. 30- Bande ETM+3 de la zone d'étude

-**ETM 4** : C'est le canal du proche infrarouge, c'est un bon indicateur phénologique car la végétation chlorophyllienne se caractérise par sa très forte réflectance dans cette longueur d'onde. Comme les autres canaux infrarouges, cette bande permet une bonne cartographie du réseau hydrographique, ou du réseau routier en urbanisme (très peu réflectant), ce canal est peu sensible aux effets atmosphériques.



Fig. 31- Bande ETM+4 de la zone d'étude

-ETM 5 : C'est un canal neutre par rapport au sol et à la végétation ; sa variabilité dépend surtout de la composante eau ou, d'une façon plus générale, de l'humidité des objets.

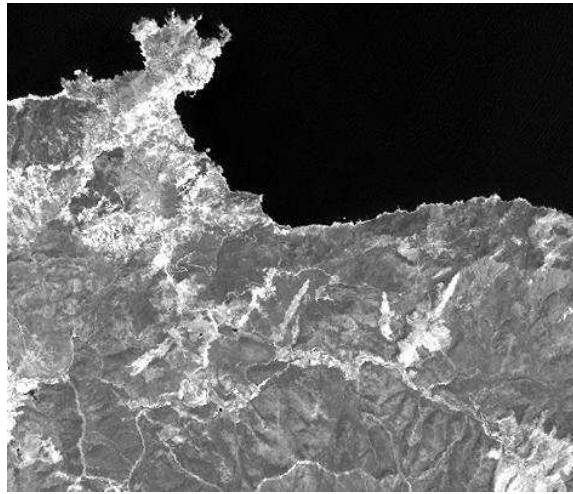


Fig. 32- Bande ETM+5 de la zone d'étude

-ETM 6 : Il exploite une bande spectrale (infrarouge thermique) pour laquelle le rayonnement solaire réfléchi est négligeable. Le rayonnement terrestre émis devient ici important. Ce canal permet la mesure (de nuit comme de jour) de la température de radiance de la surface terrestre. Il permet notamment de distinguer les surfaces de neige ou de glace et les anomalies thermiques.

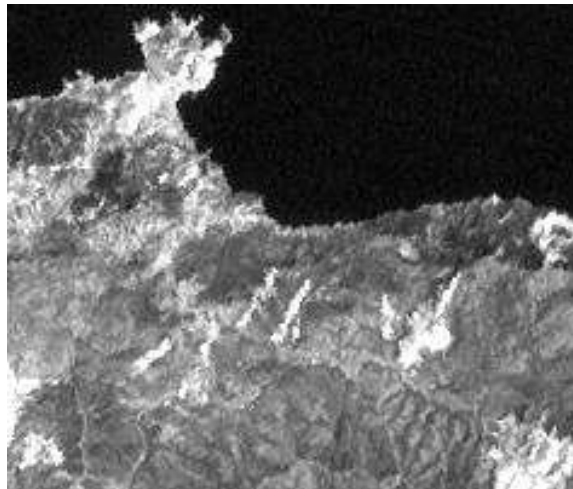


Fig. 33- Bande ETM+6 de la zone d'étude

-ETM 7 : Il est surtout utilisé pour l'identification des composants minéraux, les pics d'absorption (vers 2.2 et 2.35 μm) des liaisons Al et Mg avec OH et CO₃ permettent en effet d'identifier les minéraux hydratés et les carbonates ; les rapports des canaux 5 et 7 sont utilisés

pour la cartographie des roches altérées par le phénomène hydro-thermique ainsi que les dépositions minérales.

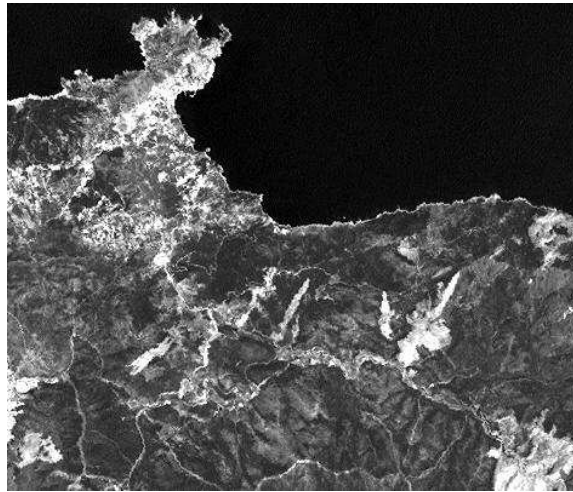


Fig. 34- Bande ETM+7 de la zone d'étude

-ETM 8 (Panchromatique) : En plus des 7 bandes décrites ci-dessus, l'ETM+ possède une huitième bande panchromatique qui couvre tout le visible et une partie de PIR avec une résolution au sol de 15m. Ce canal facilite l'identification directe des grandes unités d'occupation du sol.



Fig. 35- Bande ETM+8 de la zone d'étude

6- Traitement des données de télédétection

Les images acquises par les différents capteurs et fournies par les organismes de diffusion des données de télédétection ne sont pas directement utilisables ; toutes les interprétations et analyses d'images satellites exigent des traitements numériques qui nécessitent un matériel informatique adéquat et des logiciels nécessaires pour traiter les données.

Plusieurs logiciels commerciaux ont été développés spécifiquement pour le traitement et l'analyse des images de télédétection, nous avons utilisé dans ce travail un logiciel performant ENVI 4.5 (the Environment for Visualising Images) qui offre la possibilité de visualisation et d'analyse complète des images.

6.1 - Les prétraitements

Il s'agit d'un ensemble de corrections des déformations dues au système de prise de vue, de la plate forme (type de satellite) et des déformations dues aux reliefs, à la courbure de la terre et à l'atmosphère. Ces corrections sont de natures radiométriques et géométriques ; l'objectif principal de ces opérations est la mise en forme optimale des données contenues dans l'image pour en extraire l'information recherchée.

6.1.1 - Les corrections radiométriques

Les corrections radiométriques sont appliquées sur les images pour réaffecter à chaque pixel une valeur radiométrique la plus proche possible de celle mesurée sur le terrain. Les variations enregistrées peuvent être dues au vieillissement des capteurs, à leur dérèglement ou aux défauts. Les images LANDSAT MSS et TM (notamment au début de la série) un important phénomène de lignage. Ce sont souvent les organismes distributeurs des images satellitaires qui procèdent aux prétraitements radiométriques (égalisation de la sensibilité des détecteurs...)

6.1.2 - Les corrections géométriques

La correction géométrique consiste à rectifier géométriquement une image par rapport à l'autre de façon à ce qu'un élément au sol ait les mêmes coordonnées sur les deux images ; cette méthode consiste à sélectionner des points repérables, à la fois sur l'image satellite et sur un document de référence qui est généralement une carte topographique, possédant des coordonnées géographiques. Dans notre cas on n'a pas fait la correction géométrique puisque les données sont déjà corrigées par la source.

6.1.3 - Seuillage et étalement de la dynamique des valeurs radiométriques

Sur une image satellite, l'information est le plus souvent codée sur 8 bits, l'équivalent de 256 niveaux de gris. Chaque image est munie d'un histogramme qui lui est spécifique et qui représente la fréquence ou la probabilité de présence d'un niveau de gris. L'analyse de l'histogramme et l'amélioration de la dynamique des valeurs radiométriques (figure36) constituent une voie sûre pour l'interprétation des images ; ainsi, le premier traitement à effectuer sur une image consiste à améliorer au mieux sa lisibilité, par la réduction et l'amélioration des niveaux de gris. La fonction de transformation la plus utilisée est la fonction linéaire ; elle a l'avantage de conserver les positions relatives des objets dans le domaine des comptes numériques (GIRAD & GIRARD, 1999).

Sur l'histogramme, les données numériques sont recodées linéairement à partir des bornes inférieures (Min) et des bornes supérieures (Max), en leur affectant respectivement le code 0 et 256 et ceci, pour bénéficier de toute la profondeur et la potentialité d'affichage disponible en utilisant la table de transcodage en mode linéaire. Les images obtenues sont directement observées sur l'écran avec un contraste allongé de sorte que deux tons de gris voisins soient plus discernables ; ce seuillage a été effectué sur l'ensemble des bandes brutes.

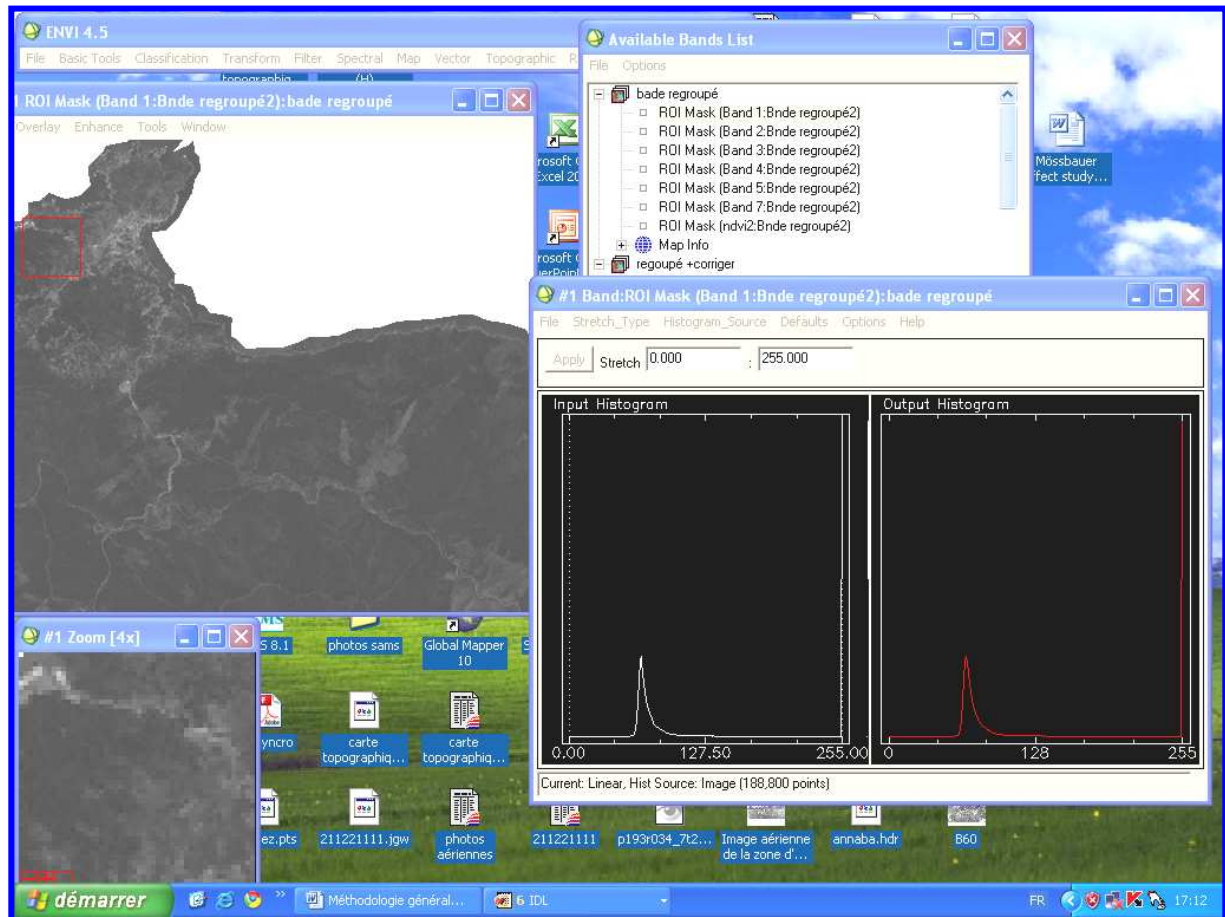


Fig. 36- Procédure de Seuillage et étalement de la dynamique des valeurs Radiométriques sur le logiciel ENVI

6.1.4 -La création des indices ou néocanaux

Pour extraire des informations à partir des signatures spectrales, il est possible d'utiliser des indices construits à partir de plusieurs canaux.

CALOZ (1991) définit un indice comme « une variable synthétique, numérique qui caractérise l'intensité ou l'extension d'un phénomène trop complexe pour être décomposé en un nombre maîtrisable de paramètres ». Le choix des néocanaux dépend de l'objectif fixé.

6.1.5 Le choix de la meilleure trichromie

Le choix de la meilleure trichromie est indispensable lorsque le nombre de canaux et de néocanaux est important et que le choix devient plus difficile, pour cela est en plus des critères thématiques de chaque canal et néocanal nous avons procédé statistiquement en utilisant l'OIF (Optimum Index Factor) pour effectuer un classement des trichromies possibles, et nous aurons à retenir les meilleurs d'entre elles.

6.2 - Traitement de l'image satellite

L'image est un document brut et complexe par la multitude d'informations qu'elle contient. Une simplification de ce document est nécessaire pour pouvoir tirer l'information la plus juste et la plus précise. La cartographie est le meilleur moyen d'illustrer des différentes informations dans les images. Donc une image peut faire l'objet de réalisation de plusieurs cartes thématiques.

Pour passer d'un document complexe (image) à un document simple (carte) il est nécessaire de réaliser une classification de l'image, ce qui permet d'extraire l'information d'intérêt et de réduire l'information existante dans les images, pour définir des ensembles moins nombreux, par le groupement de plusieurs pixels en classe thématiques (GIRARD & GIRARD, 1999).

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

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

6.2.1- La classification non supervisée

C'est une méthode probabiliste destinée à obtenir des groupes homogènes de réponses spectrales de pixels d'une image ; son intérêt est d'être une méthode de recherche originale pour détecter certains phénomènes. Mais l'interprétation des groupes constitués est délicate car plusieurs types de variables thématiques interviennent dans la formation des groupes et certaines ne sont pas forcément recherchées. Finalement ce type de classification ne fournit qu'un nombre peu élevé de classes intéressantes pour un thème donné et la cartographie obtenue est à reprendre après interprétation des groupes en fusionnant ou en éclatant certaines classes.

6.2.2- La classification supervisée

C'est une méthode déterministe destinée à obtenir des catégories (ou classes) de pixels au moyen d'un traitement interactif des données radiométriques couvrant la zone d'étude à partir de sites témoins identifiés au sol ou sur photos aériennes. Le principe de la classification supervisée est de classer l'ensemble des pixels constituant l'image par rapport à des pixels de références définis préalablement. L'ensemble des pixels de références constitue

les zones tests appelées aussi des zones d'apprentissage ou zone d'entraînement, chaque zone représente un objet identifié sur la base de la réalité terrain. Le choix des zones d'apprentissage est basé sur les critères suivants :

- Les zones tests doivent contenir des pixels de valeurs radiométriques les plus homogènes.
- Les réponses spectrales des thèmes, représentées par les zones tests, doivent correspondre aux valeurs radiométriques données par les bandes spectrales de l'image traitée.
- Chaque zone test est définie par deux ou plusieurs polygones.
- Le nombre de pixels pour chaque zone d'apprentissage ne doit pas être inférieur à 30 pixels, et de préférence doit être supérieur à 100 pixels (GIRARD & GIRARD, 1999).

Le logiciel ENVI4.5 permet de définir les zones test par la fonction « Region of interest ».

Après définition de l'ensemble des zones test, la classification supervisée peut être lancée en appliquant la méthode statistique du « Minimum distance » qui se base sur :

- L'application des méthodes probabilistes : on calcule pour chaque pixel, la probabilité pour qu'il soit rattaché à telle classe plutôt qu'à telle autre.
- La nécessité de paramétrer les classes de références de façon à obtenir une distribution gaussienne des comptes numériques représentant chaque classe.
- La création d'une classe de rejet, déterminée par des seuils, qui reçoit les pixels qui ne peuvent pas être affectés à l'une des classes de références.

La figure 37 résume les différentes étapes de la classification supervisée.

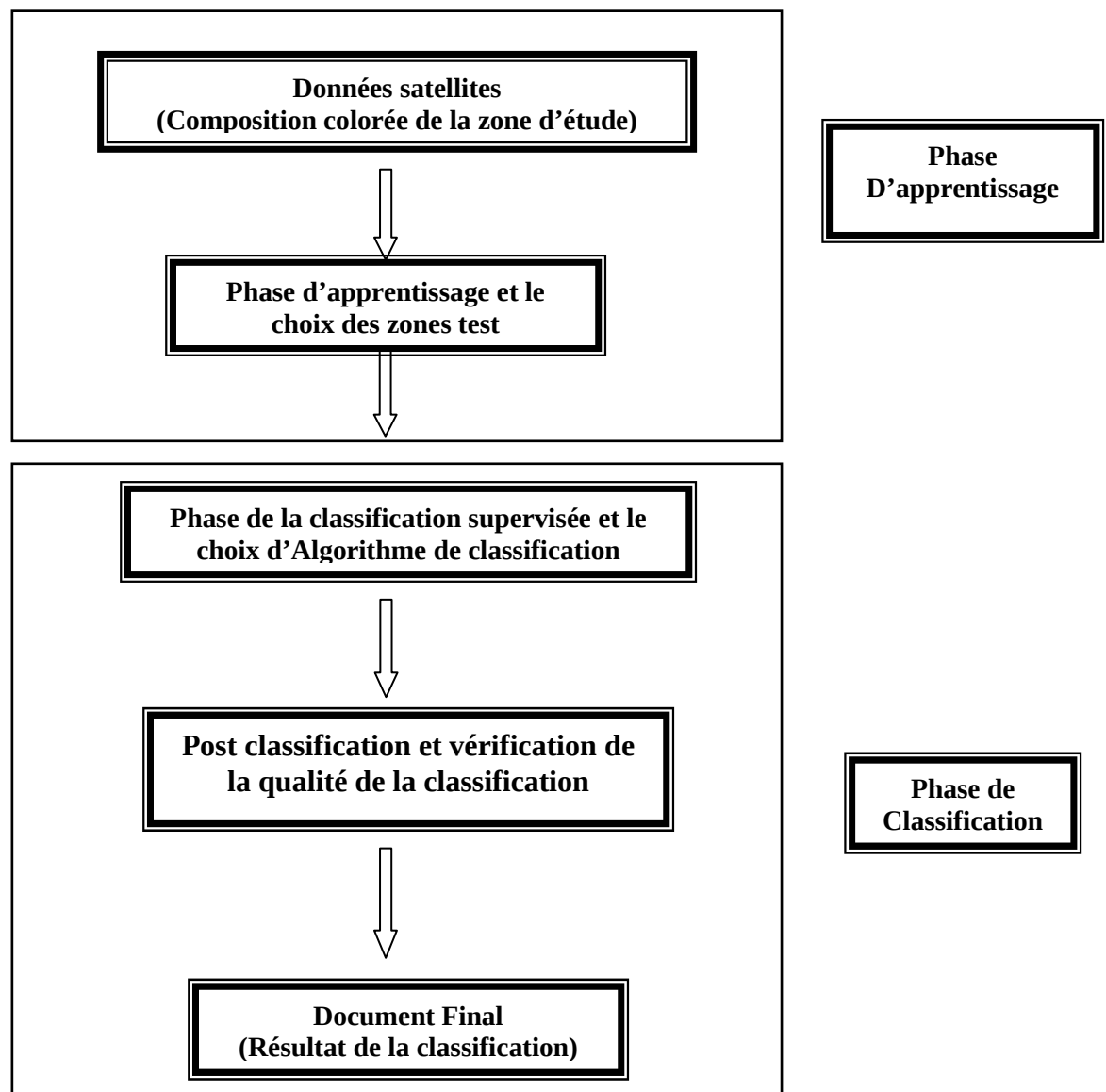


Fig. 37- Organigramme de différentes étapes de la classification supervisée.

1- Etude de la végétation

1.1- Formation à Chêne liège (*Quercus suber*)

Le Chêne-liège est une espèce endémique du bassin méditerranéen ; il présente une plasticité écologique quand à la température et la pluviométrie ; il s'étale entre les bioclimats humide et subhumide avec une superficie de (450 000ha) depuis l'Oranie jusqu'en Kabylie. Il occupe une place importante dans le patrimoine forestier Algérien. (BELDJAZIA ; 2006)

Ce sont des forêts acidophiles des étages semi arides, sub-humide et humide ; elle est thermophile (température moyenne comprise entre 14°C et 17°C) et peu xérophile, exigeant au moins 60% de l'humidité relative de l'air pendant les mois secs et 550mm de pluviométrie annuelle.

La subéraie occupe surtout la partie orientale du tell (Est Algérien) en basse et moyenne altitude. La répartition du chêne liège est étroitement liée aux conditions climatiques, l'altitude et les expositions de versants jouent un rôle prépondérant dans la détermination des facteurs écologiques importants (TOUBAL, 1986).

Sur le versant nord la région de Chétaibi ou le climat est sub-humide tempéré, la chênaie s'étend du bord de la mer jusqu'au sommet des montagnes, puis elle s'arrête vers 250-370m ; On trouve les formations à chêne liège dans les régions de Bou Farnana 371m et Kef el Abied 168m, le chêne liège se trouve aussi dans les versants nord à sidi Boufernana à 376m.

La composition floristique

La strate arborescente est dominée par le chêne liège

La strate arbustive est caractérisée par les espèces suivantes

- | | |
|--|---|
| - <i>Myrtus communis</i> (le myrte) | - <i>Calycotome spinosa</i> |
| - <i>Arbutus unedo</i> (L'arbousier) | - <i>Cistus salvifolius</i> |
| - <i>Erica arborea</i> (la bruyère) | - <i>Cistus monspeliensis</i> (le ciste de monpelier) |
| - <i>Pistacia lentiscus</i> (le lentisque) | - <i>Rubus ulmifolius</i> (la ronce) |
| - <i>Phillyrea angustifolia</i> (la filaire) | - <i>Lavandula stoechas</i> (la lavande) |
| - <i>Crataegus monogyna</i> (L'aubépine) | |
| - <i>Daphne gnidium</i> (le garon) | |

La strate herbacée

- *Smilax aspera*
- *Anagalis arvensis*
- *Silene gallica*

1. 2- Formation mixte à Chêne liège et chêne zéen

C'est une formation caractérisée par la présence de deux espèces de chêne : le chêne liège et le chêne zéen, dans cette formation le chêne zéen se trouve sous forme d'arbres isolés ou par petits groupes mélangé avec le chêne liège dans les zones fraîches de l'étage sub-humide, on trouve cette formation dans les versants nord de djebel Sidi Bnoud à 538m d'altitude ou le chêne zéen entre en concurrence avec le chêne liège, on trouve également cette formation à oued Enkouche à 29m d'altitude.

La composition floristique Le cortège floristique de cette formation est celui de la suberais, les espèces des différentes strates de cette formation sont :

La strate arborescente elle est formé par

- *Quercus suber*
- *Quercus canariensis*

La strate arbustive on note la présence des espèces suivantes

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| - <i>Myrtus communis</i> | - <i>Erica arborea</i> |
| - <i>Pistacia lentiscus</i> | - <i>Cistus monspeliensis</i> |
| - <i>Lavandula stoechas</i> | - <i>Inula viscosa</i> |
| - <i>Crataegus monogyna</i> | - <i>Rubus ulmifolius</i> |
| - <i>Daphne gnidium</i> | |

La strate herbacée

- *Asphodelus microcarpus*
- *Urginea maritima*

1. 3- Formation à chêne zéen (*Quercus canariensis*)

Le chêne zéen est une espèce semi caduque, assez mésophile liée à l'étage bioclimatique humide, il peut se rencontrer à basse altitude, le chêne zéen se mélange avec le chêne liège surtout dans les endroits frais et humide. A plus haute altitude, il forme des forêts denses et hautes ; le chêne zéen affectionne les sols profonds perméables frais, acides ou calcaires ; on rencontre ces forêts sur les montagnes de kabylie au dessus de la subéraie ou en mélange avec elle à l'Akfadou, Souk Ahras, Collo et ziamas mensouria à Jijel et Djebel Edough à Annaba.

Dans la zone d'étude, le chêne zéen se trouve dans la région d'Ain zaana et Djebel Sidi Bnoud à 538m d'altitude ; dans l'étage bioclimatique humide doux.

A basse altitudes dans les vallées d'oued Ankouche le chêne zéen se trouve en mélange avec le chêne liège ou il y a une fraîcheur qui favorise le développement du chêne zéen dans cet endroit. Le cortège floristique du chêne zéen est le suivant

Strate arborecente

- *Quercus canariensis*
- *Quercus suber*

Strate arbustive

- *Cistus triflorus*
- *Crataegus monogyna*
- *Erica arborea*
- *Pteris aquilina*
- *Myrtus comunus*
- *Rubus ulmifolius*

1. 4- Chêne kermès (*Quercus coccifera*)

C'est un groupement xérophile de basse altitude, et de distribution côtière ; la cocciferaie, se présente généralement comme une formation peu élevée, elle est bien développée sur les dunes littorales, dans la zone d'étude, le chêne kermès se trouve dans le versant nord exposé à la mer dans la région de Mechtet bou-Gattaus à 200m, jusqu'à sidi Akkacha mélangé parfois avec le lentisque et la filaire, et parfois avec le chêne liège. La végétation dans cette zone prend le nom de la « végétation en toit » à cause de l'effet des vents. Le cortège floristique qu'on trouve avec le chêne kermès est le suivant :

Strate arbustive

- *Quercus coccifera*
- *Pistacia lentiscus*
- *Phillyrea angustifolia*
- *Myrtus communis*
- *Cistus salvifolius*
- *Chamaerops humilis*
- *Lantana stoecha*
- *Calycotome villosa*
- *Erica arborea*

Strate herbacée

- *Ampelodesma mauritanica*
- *Asphodelus microcarpus*
- *Daucus carota*
- *Malva sylvestris*
- *Urginea maritima*

1. 5- Formation à Oléo-lentisque

C'est une formation qui se présente sous l'aspect de forêt basse ou maquis dense avec *olea europea* et *Pistacia lentiscus*. Cette formation est xérophile et très thermophile, et ne dépasse pas 1000m ; elle est très tolérante au sol, et constitue la seule formation qui peut se accommoder des argiles et marne calcaires. Elle occupe une patrie importante dans la zone de Chétaibi, ou elle donne un couvert végétal très dense et impénétrable surtout dans la région d'Ain abdalah et Soualem. Le cortège floristique de cette formation est le suivant :

Strate arbustive

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| - <i>Olea europea</i> | - <i>Cistus monspeliensis</i> |
| - <i>Pistacia lentiscus</i> | - <i>Phillyrea angustifolia</i> |
| - <i>Erica arborea</i> | - <i>Crataegus monogyna</i> |

1. 6- Les ripisylves

Dans la zone d'étude on note la présence de ripisylve à oued Ankouche. Dans cette formation on note la présence d'espèces hydrophiles. Le cortège floristique de cette formation est le suivant :

Strate arborescente

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| - <i>Fraxinus angustifolia</i> | - <i>Populus alba</i> |
| - <i>Ulmus campestris</i> | - <i>Laurus nobilis</i> |
| - <i>Populus nigra</i> | |

Strate arbustive

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| - <i>Tamarix Africana</i> | - <i>Cistus monspeliensis</i> |
| - <i>Nerium oleander</i> | - <i>Phillyrea angustifolia</i> |
| - <i>Pistacia lantiscus</i> | - <i>Rubus ulmifolius</i> |

1. 7- La formation à fougère aigle

Cette formation se trouve dans le village de Chétaibi est qui occupe koudiat Ain Boussaâd. Cette formation est le résultat de la dégradation du couvert végétal soit par le défrichement, l'incendie ou le sur pâturage. Dans cette formation on note la dominance totale de la fougère aigle (*Pteris aquilina*) décrite par TOUBAL (1986) dans l'Edough qu'elle a appelée Ptéridais.

1. 8- Les plantations artificielles

Dans la zone d'étude, on trouve deux types d'espèces introduites qui sont l'Eucalyptus et le Pin pignon ; ces deux espèces ont été plantées dans la zone pour le maintien du sol et la lutte contre l'érosion. On trouve ces plantations dans le village de Chétaibi à oued el Marsa et dans la Baie Ouest. On note aussi la présence des zones occupées par le pin des canaris (*Pinus canariensis*) dans la baie Ouest, les forestiers pense que cette espèce a été introduite par les oiseaux migrateurs.

Le tableau 16 donne une idée de la composition floristique de la région.

Tableau .16- Les relevés floristiques réalisés dans la zone d'étude.

N° de Relevés		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Altitude (m)		150	82	101	226	54	90	260	32	32	29	530	90	40
Exposition		O	N	N-O	E	N-E	E	N	N	S	S	N-E	N	N
Pente (%)		moy	moy	moy	faible	forte	forte	moy	faible	faible	faible	forte	moy	moy
Recouvrement (%)		85	85	75	60	45	70	65	80	75	70	55	65	80
Espèces	Localités	Ain essebti	Ain abdallah	Essouelm	Etzaouya	Oued el-marssa	Station de fougere	Ain el ouden	Pont cavala	Oued ankouch 1	Oued ankouch 2	Sidi bnoud	ain el-askri	Sidi akkacha
1	<i>Ampelodesma mauritanica</i>	+	+	+	+			1					1	+
2	<i>Anagalis arvensis</i>	+	+	+	+			+	+				+	
3	<i>Arbutus unedo</i>	3	3	2						1				
4	<i>Asparagus actufolius</i>		1											
5	<i>Asphodelus microcarpus</i>	+	+	+	+	1		+	+	+	+	+	1	
6	<i>Calycotome villosa</i>													+
7	<i>Calycotome spinosa</i>	3	1	1	+			+	1	1			1	+
8	<i>Cistus monspeliensis</i>	2		1	1						+		1	
9	<i>Cistus salvifolius</i>			1	1								1	
10	<i>Cistus triflorus</i>		2						2	2				
11	<i>Crataegus monogyna</i>		2							1				
12	<i>Daphne gnidium</i>	2	1		1					+	+	+		
13	<i>Daucus carota</i>	+	+	+										
14	<i>Inula viscosa</i>	1	1	2				1					1	
15	<i>Erica arborea</i>	3	3		4				2	1	+	1		+
16	<i>Eucalyptus globulus</i>					3		2						
17	<i>Fraxinus angustifolia</i>									1	1			
18	<i>Juniperus oxycedrus</i>							+						+
19	<i>Laurus nobilis</i>										+			
20	<i>Lavandula stoechas</i>	2			1			+						1
21	<i>Myrtus communis</i>	3	2	2	1			+						
22	<i>Nerium oleander</i>									1	1			
23	<i>Olea oleaster</i>		1					1	1		1		2	1
24	<i>Phillyrea angustifolia</i>	3		2	1	1			2	2	2			
25	<i>Pinus canariensis</i>					+								
26	<i>Pinus pinea</i>					1								
27	<i>Pistacia lentiscus</i>	3	1	2	2	2		1	2	2	2		3	2
28	<i>Populus alba</i>									1	1			
29	<i>Populus nigra</i>									+	2			
30	<i>Pteris aquilina</i>						3							
31	<i>Quercus coccifera</i>													3
32	<i>Quercus canariensis</i>									1	2	2		
33	<i>Quercus suber</i>	3	1	3	2			2		2	3	1	2	1
34	<i>Rubus ulmifolius</i>	+	+	+	+			+	+	+	+		+	+
35	<i>Smilax aspera</i>	1	+	+	+			+		1	1			
36	<i>Tamarix africana</i>									1	2			
37	<i>Ulmus compestris</i>									1	1			
38	<i>Urginea maritima</i>				+	+				+	+			
39	<i>Alnus glutinosa</i>									1	1			

2- La cartographie de la végétation par la télédétection

2.1- Le calcul des indices

Il existe plusieurs indices utilisés à des fins thématiques, leur calcul est effectué automatiquement par une fonction disponible dans le logiciel utilisé. Le tableau 17 nous montre les formules de quelques indices utilisés en télédétection.

Tableau. 17- Quelques indices de végétation utilisés en télédétection

Dénomination	Formule	Caractéristiques	Auteurs
Rapport	$RVI = \frac{pIR}{R}$ ou d'autres canaux Indice pigmentaire $XS1/XS2$	saturation aux forts indices, sensibilité à la contribution spectrale des sols et aux effets atmosphériques	Knipling 1970, Viollier et al. 1985
Indice de végétation normalisé	$NDVI = \frac{(pIR - R)}{(pIR + R)}$	sensibilité aux effets atmosphériques, gamme de variation plus faible, que le précédent, mais sensibilité aux variations angulaires de la visée, selon la position vis à vis du soleil "hot spot"	Rouse et al. 1974, Tucker 1979
Indice de végétation transformé	$TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$	essai d'élimination des valeurs négatives, stabilisation de la variance	Deering et al. 1975
Indice de végétation perpendiculaire	$PVI = a1 (pIR) - a2(R) + \text{constante}$	diminution de la contribution spectrale des sols, mais sensibilité à diverses caractéristiques des sols	Richardson & Wiegand 1977
Chapeau à corne "tassel cap"	formule générale $a1(V) + a2(R) + a3(pIR) + a4(pIR)$	transformation orthogonale des 4 canaux pour réduire la sensibilité à la contribution spectrale des sols, sans pouvoir l'éliminer complètement	Kauth & Thomas 1976
issu du précédent : Indice de verdure	$GR4 = -b1 (V) - b2(R) + b3 (pIR) + b4 (pIR)$ pour canaux MSS		Jackson 1983
Indice de végétation ajusté au sol	$SAVI = \frac{(1+L) (pIR - R)}{(pIR + R + L)}$ avec $L = 0,5$ pour diminuer l'effet du sol	De nombreux indices sont issus de celui-ci pour minimiser l'effet du sol (TSAVI, MSAVI...)	Huete 1988

On a testé plusieurs indices de végétation notamment le MSAVI, RVI et PVI, mais on a trouvé que ces indices n'apportent pas grand chose pour notre étude, de plus ils sont recommandés beaucoup plus pour les régions steppiques ou le couvert n'est pas aussi dense que dans notre zone ; pour cela notre choix s'est porté sur l'utilisation de l'indice de végétation NDVI puisqu'il semble être le meilleur indice pour l'étude de la végétation surtout dans le cas de Chétaibi où le couvert végétal est dense.

- L'indice de végétation NDVI

La végétation réfléchit beaucoup dans l'infrarouge mais très peu dans le rouge ; un indice très utilisé pour la végétation est le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ; il permet de visualiser sur un seul canal la dynamique des réponses liées à la densité d'un couvert végétal, le NDVI est calculé par la formule de Rouse (1973).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{ETM4} - \text{ETM3}}{\text{ETM4} + \text{ETM3}}$$

ETM4 représente la radiométrie dans le proche infrarouge (PIR).

ETM3 représente la radiométrie dans le rouge (R).

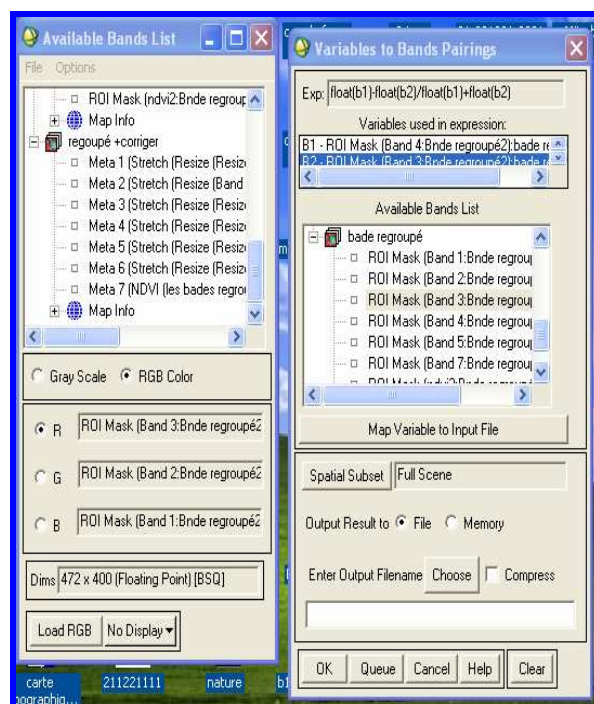


Fig. 38- Dialogue pour le calcul du néocanal (NDVI) par le logiciel ENVI.

L'image obtenue de l'indice de végétation créée à partir des canaux ETM3 et ETM4 ne donne pas une bonne description du terrain, mais nous permet de visualiser les sols nus, les sols cultivés, les zones urbaines et les routes. La figure 39 présente le résultat du calcul de l'indice de végétation NDVI par le logiciel ENVI4.5.

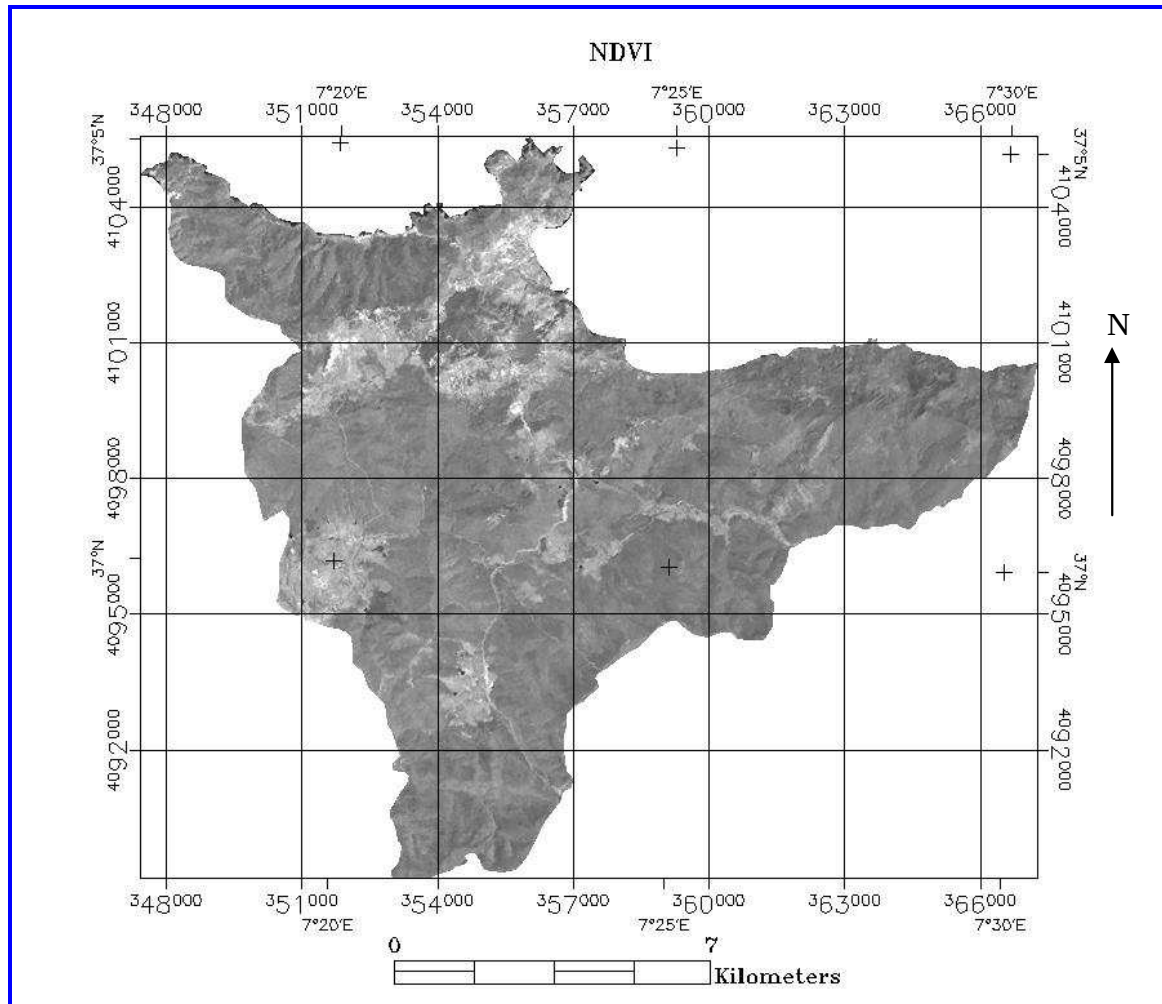


Fig. 39- Indice de végétation NDVI crée par la bande 3 et la bande 4

2.2- Le choix de la meilleure trichromie

La trichromie est une combinaison entre 03 bandes électromagnétiques préalablement choisies (canaux et de néocanaux) ; le choix de la meilleure trichromie se base principalement sur l'analyse statistique des canaux et néocanal disponible. Les traitements statistiques appliqués sur l'ensemble des canaux et du néocanal, donnent la moyenne, l'écart-type et la matrice de corrélation entre les différentes images. Les deux tableaux suivants¹⁸ et ¹⁹ donnent les résultats de l'écartype et les coefficients de corrélation pour les canaux et le néocanal.

Tableau. 18- Ecart- type des canaux et néocanal

Bandes	Ecart-type
ETM1	8.399858
ETM2	12.791551
ETM3	19.575318
ETM4	32.448111
ETM5	37.470381
ETM7	28.393773
NDVI	44.000347

Tableau. 19- Matrice de corrélation des canaux et néocanal

Bandes	ETM 1	ETM 2	ETM 3	ETM 4	ETM 5	ETM 7	NDVI
ETM 1	1.000000	0.758402	0.804037	-0.101537	0.456854	0.656947	0.276679
ETM 2	0.758402	1.000000	0.962463	0.500642	0.879427	0.902979	0.801564
ETM 3	0.804037	0.962463	1.000000	0.356309	0.852588	0.934825	0.709667
ETM 4	-0.101537	0.500642	0.356309	1.000000	0.714397	0.447919	0.911128
ETM 5	0.456854	0.879427	0.852588	0.714397	1.000000	0.936108	0.915387
ETM 7	0.656947	0.902979	0.934825	0.447919	0.936108	1.000000	0.750657
NDVI	0.276679	0.801564	0.709667	0.911128	0.915387	0.750657	1.000000

Les résultats du traitement statistiques des canaux et du néocanal n'offrent pas la possibilité de faire une comparaison entre les 03 canaux et de faire ressortir des informations utiles pour l'étude ; pour cela on a choisi de calculer le coefficient de corrélation « optimum index factor OIF ».

2.3- Optimum index factor (OIF)

Un indice combinant le coefficient de corrélation linéaire des canaux bruts et néocanaux et l'écart type des valeurs radiométriques par canal ; ce dernier est développé par CHAVEZ G.L., (1982), il est défini par l'équation suivante :

$$\text{OIF} = \frac{\sum \text{ET}}{\sum \text{COR}}$$

$\sum \text{ET}$: somme des Ecart-types des valeurs radiométriques par canal.

$\sum \text{COR}$: somme des corrélations entre les 03 canaux.

Le choix de la meilleure trichromie est porté sur les canaux et le néocanal disponible, six canaux (ETM1, ETM2, ETM3, ETM4, ETM5, ETM7) et un néocanal (indice de végétation).

Le nombre des combinaisons possibles est donné par la formule

$$C_7^3 = 7! / (7-3) !$$

Le résultat du calcul des combinaisons possible sans répétition est de 35 combinaisons.

Par exemple si on veut calculer L'OIF de la combinaison colorée **3, 2 ,1** on suit la méthode suivante. On a :

$$\text{OIF} = \frac{(\text{ET du ETM3}) + (\text{ET du ETM2}) + (\text{ET du ETM1})}{\text{COR (ETM1, ETM2)} + \text{COR (ETM1, ETM3)} + \text{COR (ETM2, ETM3)}}$$

Par application numérique on aura

$$\text{OIF} = \frac{(19.575318) + (12.791551) + (8.399858)}{(0.758402) + (0.804037) + (0.962463)}$$

$$\text{OIF} = 16,1458651.$$

Donc l'OIF de la composition colorée (ETM3, ETM2, ETM1) est égal de 16,1458651
L'indice OIF a permis la sélection des trois meilleures bandes spectrales ayant une forte variance et une corrélation faible ; nous considérons que les 03 bandes spectrales sélectionnées présentent le maximum d'information concernant l'occupation du sol. Les résultats du calcul de l'OIF des 35 combinaisons sont donnés par le tableau 20.

Tableau. 20- Classement de l'OIF par ordre de valeurs décroissant.

BANDES	SET	SCOR	OIF
ETM 1, ETM 4, NDVI	84,848316	1,08627	78,1097849
ETM 1, ETM 4, ETM 5	78,31835	1,069714	73,2142891
ETM 1, ETM 4, ETM 7	69,241742	1,003329	69,012001
ETM 1, ETM3, ETM 4	60,423287	1,058809	57,0672208
ETM 1, ETM 5, NDVI	89,870586	1,64892	54,5026963
ETM 4, ETM 7, NDVI	104,842231	2,109704	49,6952326
ETM 3, ETM 4, NDVI	96,023776	1,977104	48,5678932
ETM 1, ETM 7, NDVI	80,793978	1,684283	47,9693603
ETM 4, ETM 5, ETM 7	98,312265	2,098424	46,8505245
ETM 3, ETM 4, ETM 5	89,49381	1,923294	46,5315287
ETM 1, ETM 2, ETM4	53,63952	1,157507	46,3405578
ETM 3, ETM 4, ETM 7	80,417202	1,739053	46,2419501
ETM 4, ETM 5, NDVI	113,918839	2,540912	44,8338388
ETM 5, ETM 7, NDVI	109,864501	2,602152	42,2206316
ETM 3, ETM 5, NDVI	101,046046	2,477642	40,7831503
ETM 2, ETM 4, NDVI	89,240009	2,213334	40,319269
ETM 1, ETM 3, NDVI	71,975523	1,790383	40,2011877
ETM 2, ETM 4, ETM 7	73,633435	1,85154	39,768752
ETM 2, ETM 4, ETM5	82,710043	2,094466	39,4897998
ETM 2, ETM 5, NDVI	94,262279	2,596378	36,3052988
ETM 1, ETM 5, ETM 7	74,264012	2,049909	36,2279555
ETM 2, ETM 3, ETM 4	64,81498	1,819414	35,6240965
ETM 1, ETM 2, NDVI	65,191756	1,836645	35,4950227
ETM 3, ETM 7, NDVI	91,969438	2,644492	34,7777335
ETM 2, ETM 7, NDVI	85,185671	2,4552	34,6960211
ETM 3, ETM 5, ETM 7	85,439472	2,723521	31,3709613
ETM 1, ETM 3, ETM 5	65,445557	2,113479	30,9657948
ETM 2, ETM 3, NDVI	76,367216	2,473694	30,8717311
ETM 2, ETM 5, ETM 7	78,655705	2,718514	28,9333456
ETM 1, ETM 2, ETM 5	58,66179	2,094683	28,0050919
ETM 2, ETM 3, ETM 5	69,83725	2,694478	25,9186566
ETM 1, ETM 3, ETM 7	56,368949	2,395809	23,5281481
ETM 2, ETM 3, ETM 7	60,760642	2,800267	21,6981602
ETM 1, ETM 2, ETM 7	49,585182	2,318328	21,3883376
ETM 1, ETM 2, ETM 3	40,766727	2,524902	16,1458651

SET : Somme de l'écart- types des valeurs radiométriques par canal.

SCOR : Sommes des coefficients de corrélation des canaux et le néocanal.

OIF : Optimum index factor.

D'après le tableau 20, on note la présence des canaux ETM1 et ETM4 dans les 4 premières meilleures trichromies, de plus on note la présence de l'indice de végétation NDVI dans les 10 meilleures trichromies ce qui explique que ce néocanal et le moins corrélé avec les autres canaux.

2.4- La composition colorée choisie

La composition colorée couvrant la zone d'étude a été obtenue à partir d'une mosaïque de 03 compositions colorées issues de la superposition des canaux (ETM+1, ETM+4, NDVI) ; le résultat de cette superposition est représenté par la figure 40.

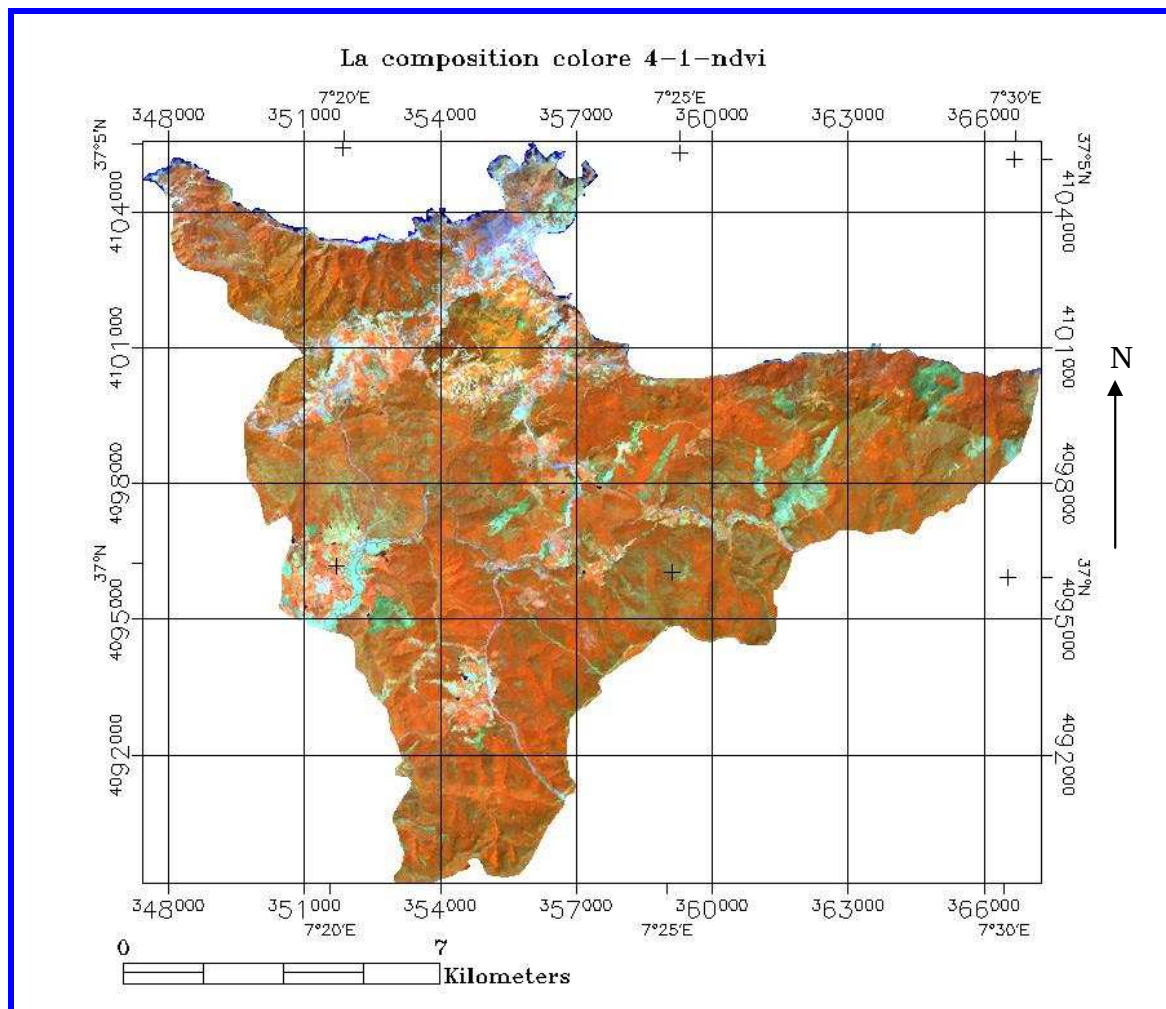


Fig. 40- La composition colorée de la zone d'étude.

3- Le traitement des images

Comme nous l'avons dit dans le chapitre précédent le traitement des images satellites se fait par deux méthodes de classification : - La classification non supervisée ou automatique.

- La classification supervisée ou dirigée.

3.1- La classification non supervisée

On a appliqué cette classification sur l'indice de végétation (NDVI) et la composition colorée ; ce genre de classification réalisé par le logiciel, nous permet d'avoir les grandes unités de l'occupation du sol comme les zones urbaines et les sols nus, sans donner plus de détail sur la réalité d'occupation du sol du terrain. Pour cela il est nécessaire de faire une classification supervisée.

Les résultats de cette classification nous aident à définir les zones test ou zones d'apprentissage pour la classification supervisée ; la figure 41 représente le résultat de la classification non supervisée de la composition colorée de la zone d'étude.

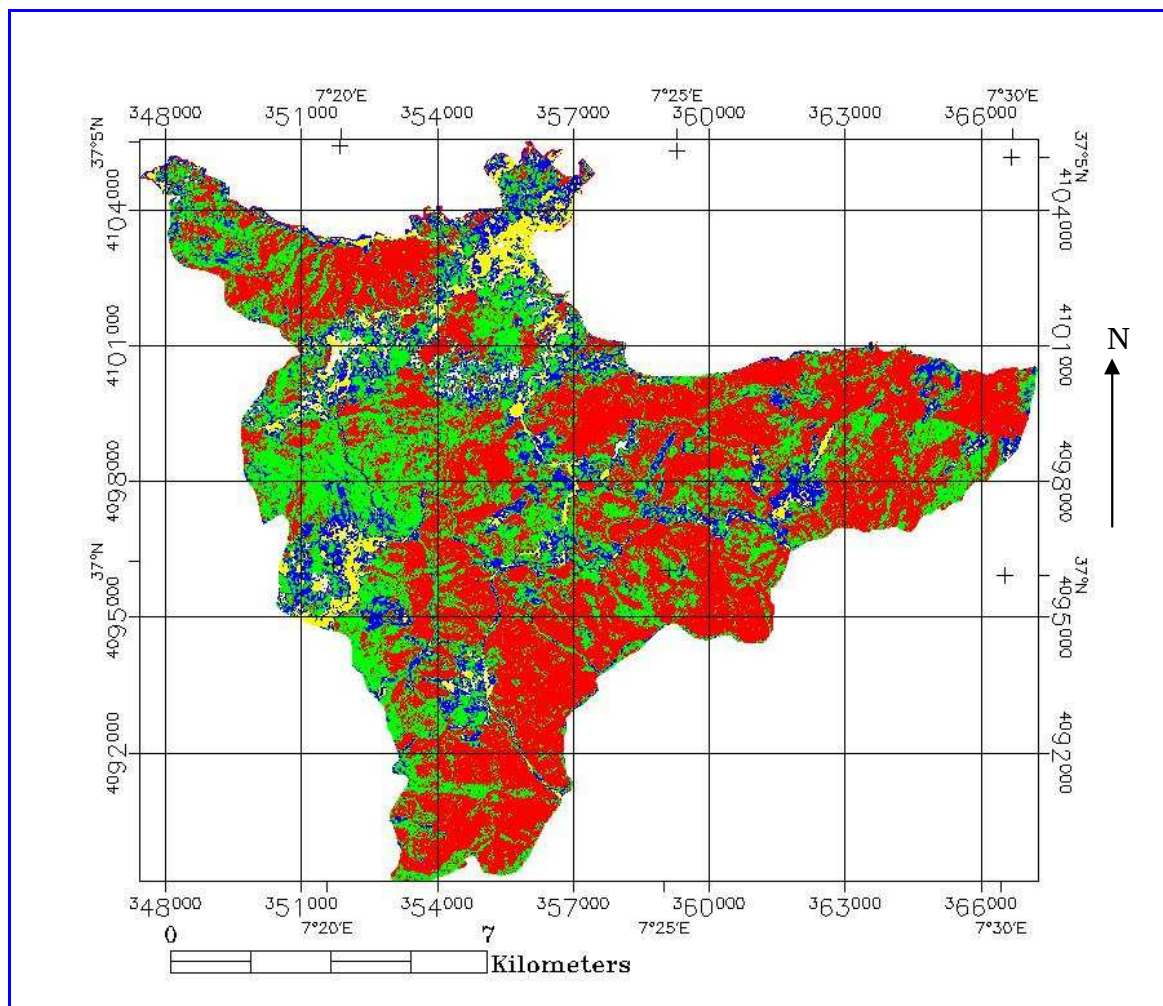


Fig. 41- Classification non supervisée de la composition colorée de la zone d'étude.

3.2 La classification supervisée

Contrairement à la classification non supervisée où on laisse l'ordinateur faire une classification des différentes unités d'occupation du sol, la classification supervisée est contrôlée par l'opérateur, elle nécessite la connaissance préalable du terrain, c'est-à-dire connaître les différentes unités de l'occupation du sol du terrain d'étude et leur localisation géographique exacte, afin de définir « les zones- test » pour faire la classification, la figure 42 montre les étapes de la définition des zones- test.

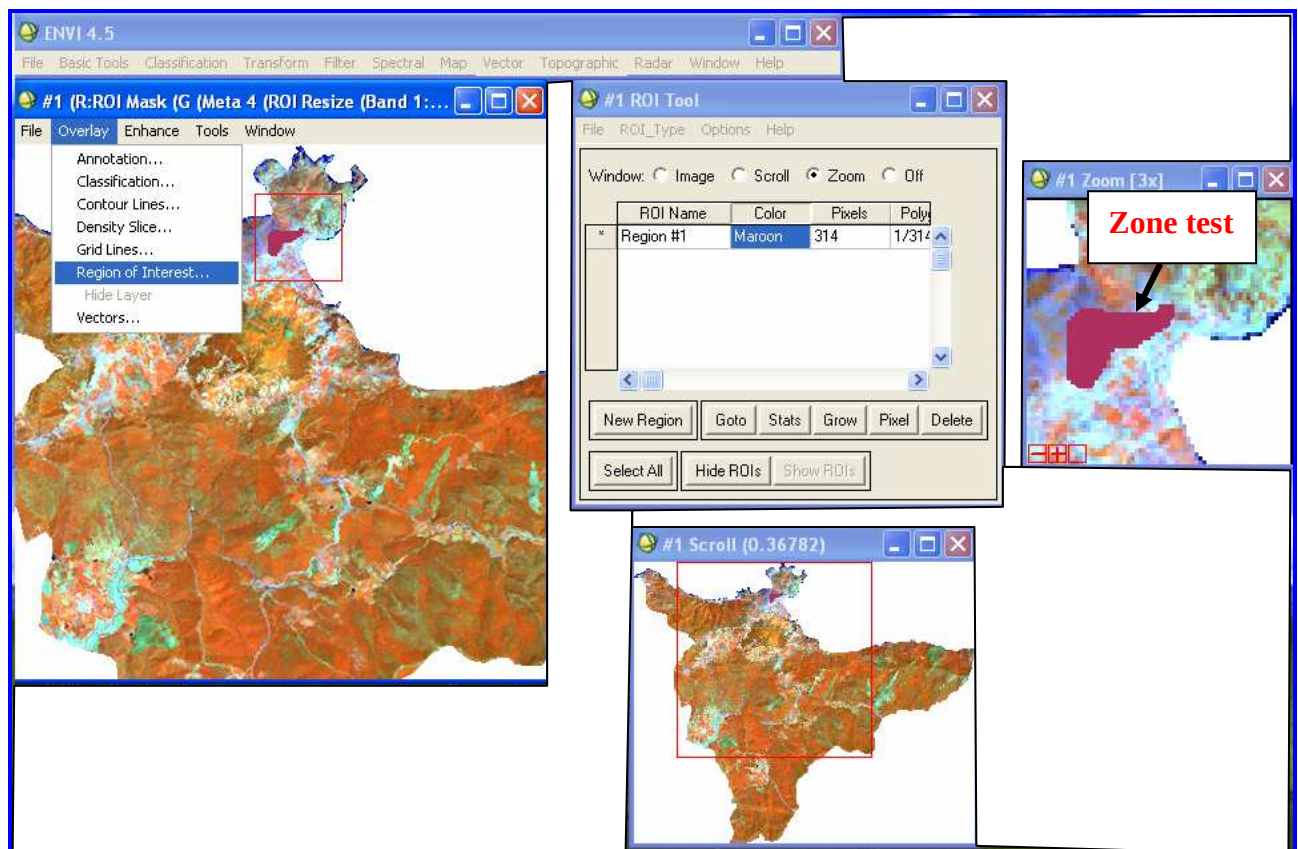


Fig. 42- La définition des zones test pour la classification supervisée.

On a fait plusieurs tests pour bien définir les différentes unités d'occupation du sol de la zone d'étude, à la fin on a retenu les unités suivantes :

- Chêne liège
- Cultures
- Formation dense
- Pelouse
- Formation clair
- Habitation

Après avoir défini les zones test on lance la fonction classification supervisée du logiciel ENVI4.5 et on choisie l’algorithme « Minimum Distance ». La figure 43 montre la démarche du choix de la classification supervisée et le choix de l’algorithme de classification.

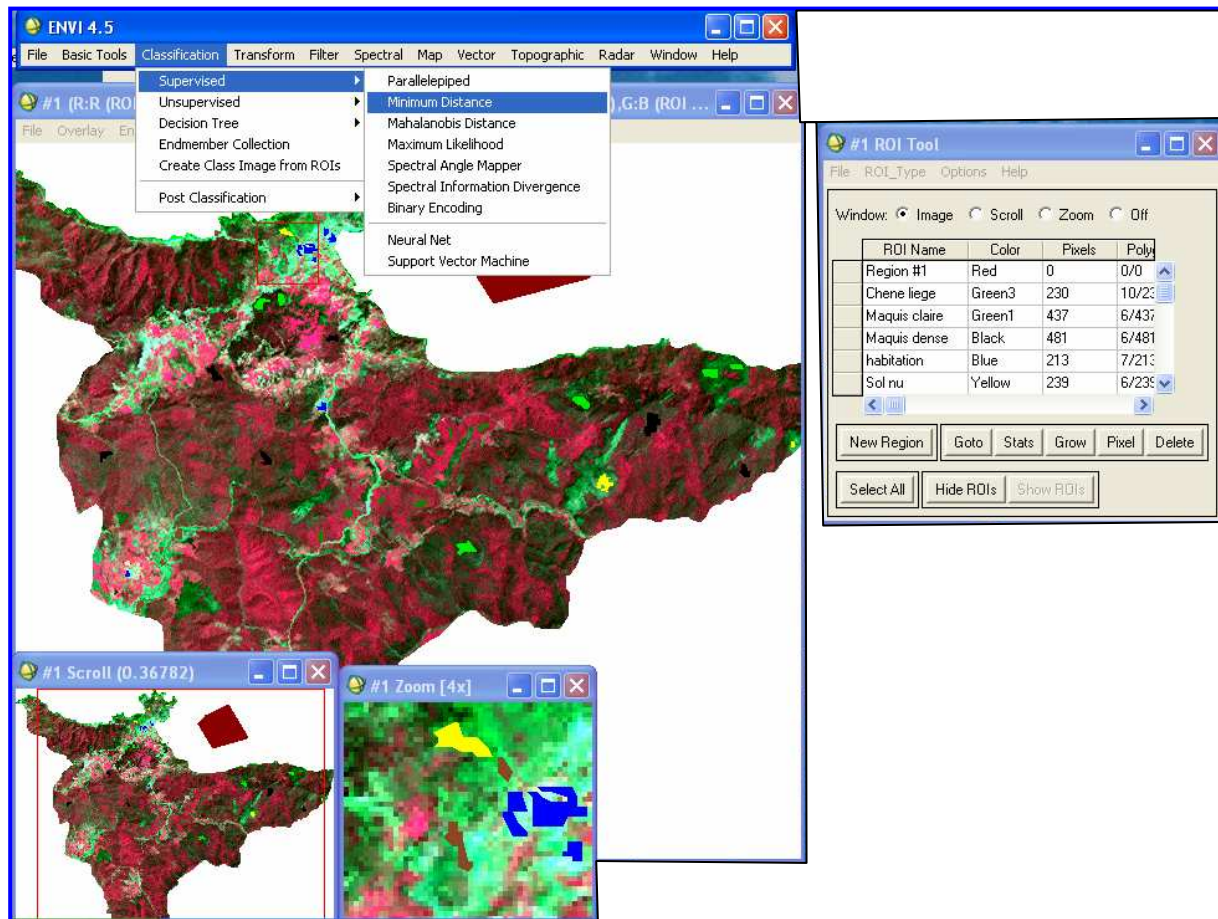


Fig. 43- Lancement de la classification supervisée.

3.3 Post-traitement

Le résultat de la classification est une carte d’occupation des terres ayant un aspect plus ou moins marqué par de nombreux pixels isolés sous forme d’îlots de très petite taille ; il s’agit soit de pixels non classés, dont la classe thématique n’a pas pu être déterminée et lors de la classification ils ont été mis dans une classe à part, soit de pixels représentant une classe dans des zones de superficie très réduite et négligeable. Selon KNIPPEL, (1995) certain de ces pixels correspondent à un mélange de plusieurs types de terrain, ces pixels affectent la lisibilité de la carte.

Pour enlever certaines confusions et améliorer la lisibilité et la qualité des résultats et pour faciliter l’analyse de la carte finale, nous avons appliqué un ensemble de post-traitements sur le résultat de classification ; parmi ces traitements on a :

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

3.4 Analyse des résultats de classification :

3.4.1 Evaluation de la classification (Matrice de confusion)

La matrice de confusion permet d'évaluer la qualité statistique des zones d'apprentissages élaborées ; l'objectif est de quantifier le nombre de pixels d'une classe de référence que l'on retrouve dans la même classe d'affectation (= pixels bien classés). Les valeurs situées sur la diagonale de la matrice représentent les pixels bien classés (exprimés en valeur absolue ou en %). Différents indicateurs de précision sont proposés : précision globale, coefficient Kappa, matrice de confusion, erreurs d'excédents et de déficits, précision pour l'utilisateur et précision pour le réalisateur.

Tableau. 21- Matrice de confusion en nombres de pixels.

Classes	Chêne liège	Formation clair	Formation dense	Habitation	Pelouse	Cultures	Total
Chêne liège	228	0	2	0	0	0	230
Formation clair	0	339	0	0	2	0	341
Formation dense	2	93	479	0	0	0	574
Habitation	0	0	0	213	0	12	225
Pelouse	0	5	0	0	237	11	253
Cultures	0	0	0	0	0	191	191
Total	230	437	481	213	239	214	1814

3.4.2 Coefficient Kappa

L'évaluation de la précision de la classification s'effectuera à partir d'une appréciation visuelle suivie d'une évaluation statistique à travers le calcul d'une matrice de confusion établie entre la vérité de terrain et la classification établie. A partir de cette matrice, on calcule le paramètre statistique "Kappa" (CONGALTON, 1991) qui est un indicateur de la précision globale de la classification ; Le Kappa est donné par l'expression suivante :

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^M X_{ii} - \sum_{i=1}^M (X_{i+} \times X_{j+})}{N^2 - \sum_{i=1}^M (X_{i+} \times X_{j+})}$$

Soit :

X_{ij} les éléments de la matrice de confusion.

X_{i+} la somme totale des éléments en lignes.

X_{+i} la somme totale des éléments en colonnes.

X_{ii} les éléments diagonaux, N le nombre total des pixels de la matrice et M le nombre des classes considérées.

Dans notre cas, la valeur du kappa et de la précision globale est :

Kappa Coefficient = 0.9135

Précision globale = (1687/1814) 92.9989%

L'analyse de la matrice de confusion apporte des informations sur la confusion entre les classes ; les valeurs de la précision globale et le coefficient de kappa sont bon puisqu'elles dépassent 90 %.(JEAN-PAUL LACOMBE 2007). La figure 44 montre le résultat de la classification supervisée et le post traitement établies sur la composition coloré de la zone d'étude.

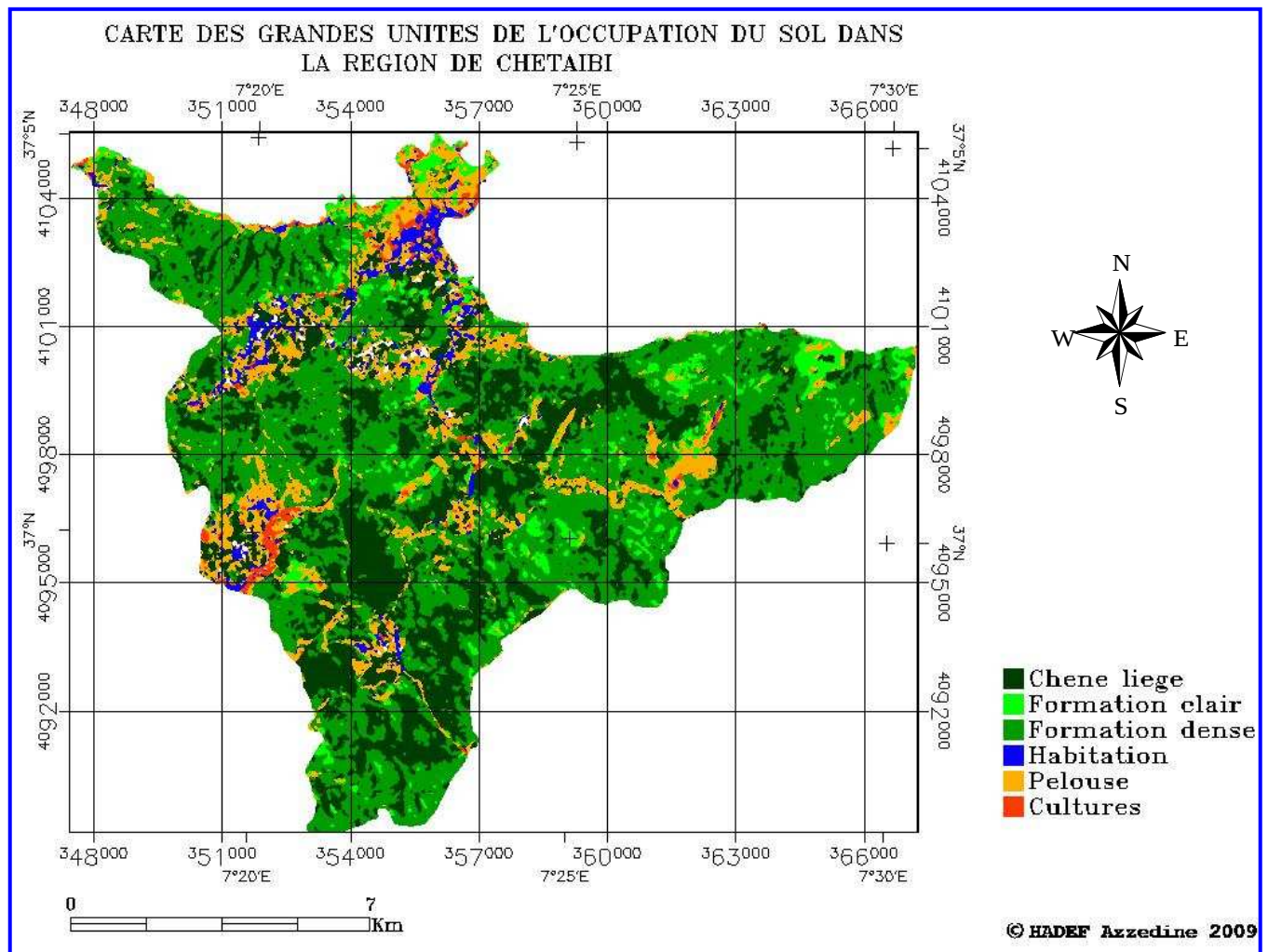
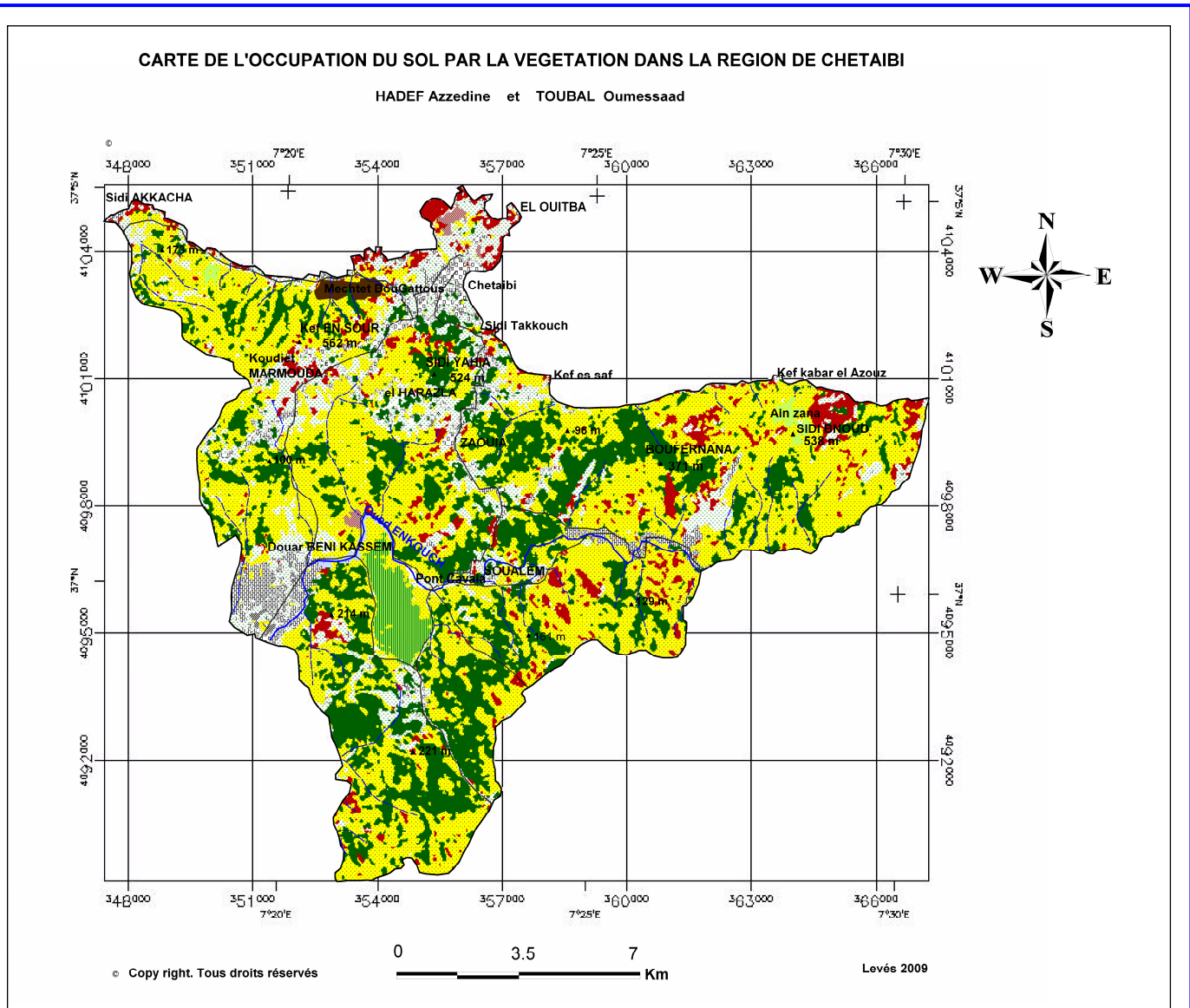


Fig. 44- Carte des grandes unités de l'occupation du sol dans la région de Chétaibi

3.4.3 La carte d'occupation du sol final

La carte élaborée précédemment présente les grandes unités d'occupation du sol, mais elle ne présente pas d'autres qui sont contusionnée avec les grandes unités, pour cela et pour ajouter ces unités nous avons exporté la carte sous format vecteur vers le logiciel de cartographie Mapinfo pour pouvoir faire des modifications.

Les unités que nous avons ajouté à la carte sont : La formation du Chêne zéen, La formation mixte du chêne liège et chêne zéen, La formation du Chêne kermès, Les Ripisylves, Le Reboisement à Eucalyptus et l'Oliveraie. Nous avons ajouté également les routes, le réseau hydrographique, les noms de certaines localités et quelques points hypsométriques. Le résultat final de la carte est présenté par la figure 45



Légende

Chêne-zeen	Maquis à truycère et myrte	Reboisement à Eucalyptus	Oued permanent
Formation mixte chêne-liège et chêne-zeen	Maquis à olivier et lentisque	Olivraie	Oued temporaire
Chêne-liège	Ripisylvies	Cultures	Route principale
Chêne-kermès	Pelouse	Habitations	Points hypsométriques

Fig.45- La carte d'occupation du sol par la végétation dans la région de Chétaibi.

Après avoir élaboré la carte, un traitement statistique a été établi pour obtenir les différentes superficies des unités d'occupation du sol de la zone d'étude. Le résultat de ce traitement est présenté par la figure 46.

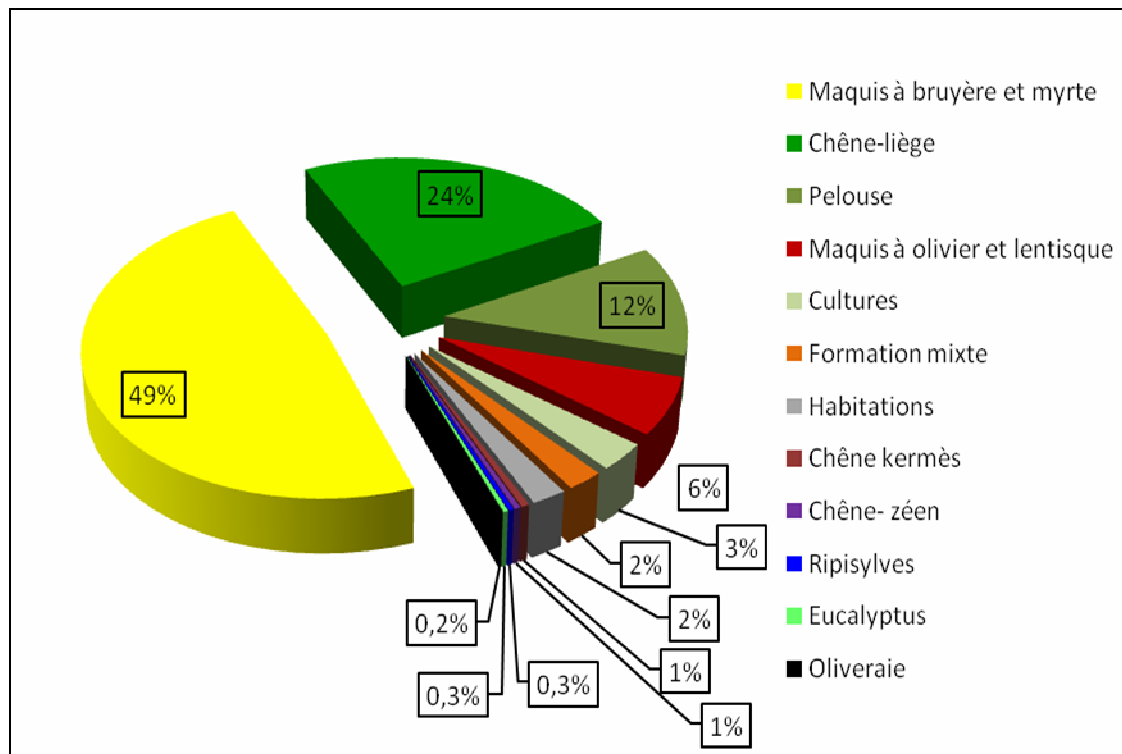


Fig. 46- Proportion d'occupation du sol par les différentes unités.

D'après la carte on note que la zone de Chétaibi est caractérisée par la présence de plusieurs unités d'occupation du sol, ce territoire est caractérisé par :

- La dominance des formations denses à Bruyère et Myrte (6615 ha).
- La présence des formations à Chêne-liège (3311 ha), Chêne-zéen (48,65 ha), formation mixte Chêne liège et Chêne-zéen (301,8 ha) à oued Enkouch ainsi la formation du Chêne-kermès (65,18 ha).
- La présence d'une végétation ripisylve (39,2 ha) à oued Enkouch qui est caractérisée par la présence du Chêne-zéen.

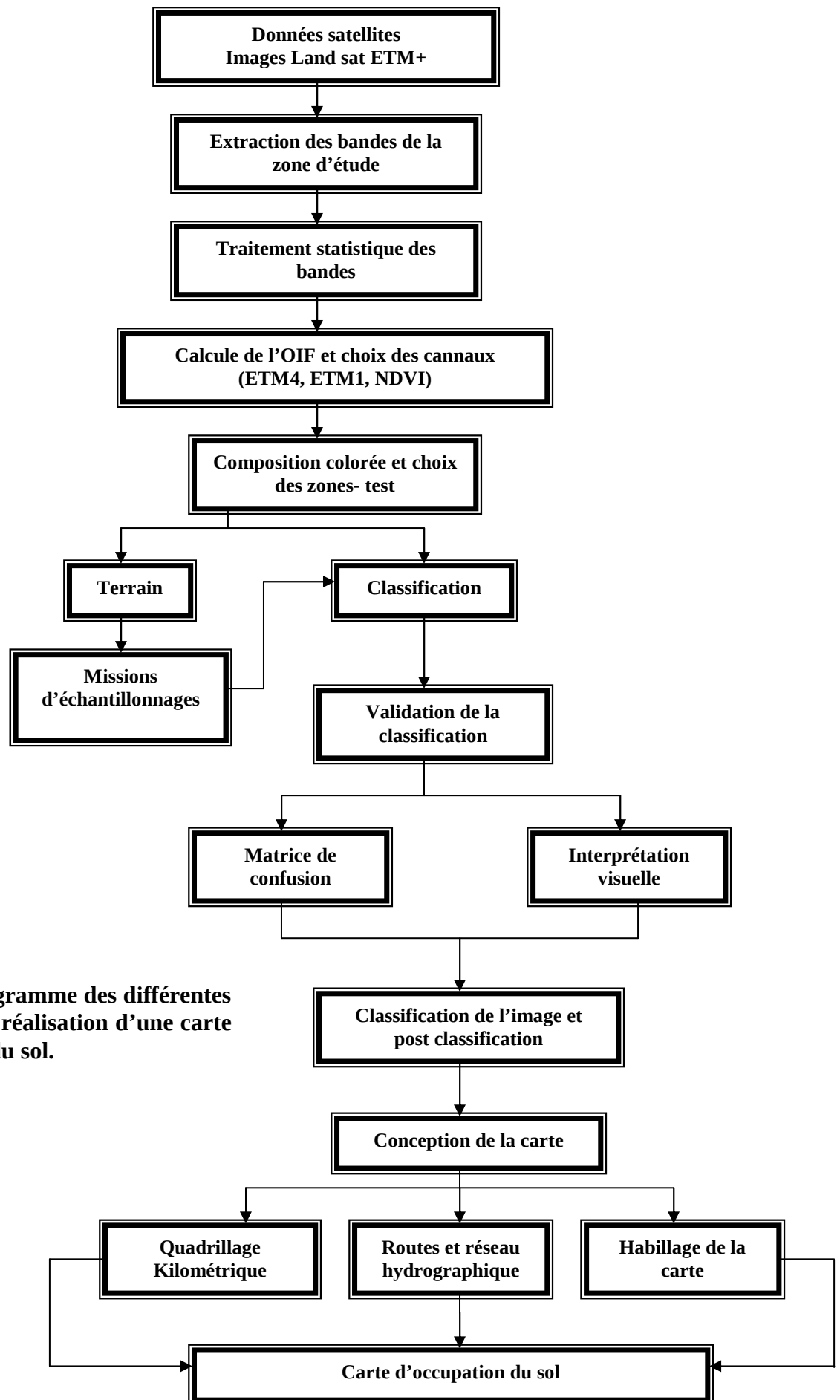


Fig.47-Organigramme des différentes étapes pour la réalisation d'une carte d'occupation du sol.

4- Elaboration des différentes cartes de la zone

4.1- Acquisition des données satellites SRTM

Les Modèles Numériques de Terrain constituent des données nécessaires dans de nombreux domaines d'application recouvrant l'Aménagement, l'Environnement, l'Hydrologie, les Télécommunications, la Défense, la Communication.

Pour les raisons de disponibilité, notre choix s'est donc porté sur les données SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Cette mission fournit, des Modèles Numériques de Terrain gratuits et accessibles depuis Internet. La figure 48 nous montre la fenêtre de téléchargement du fichier SRTM depuis le site de la NASA.

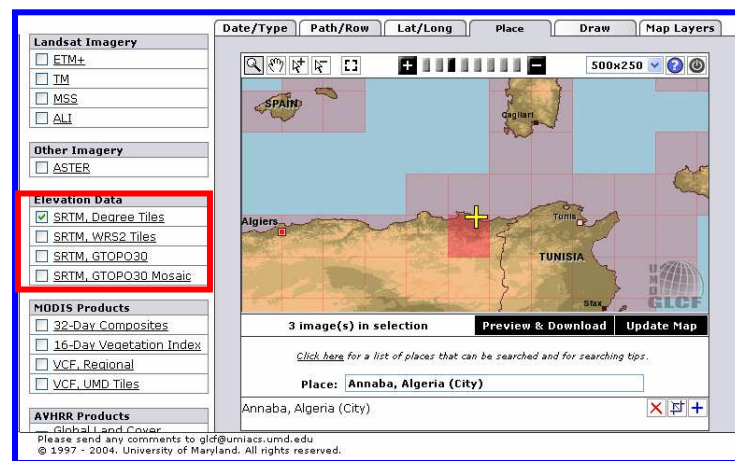


Fig. 48- Fenêtre de téléchargement des données SRTM.

Les données fournies par la NASA sont des données brutes et n'ont pas bénéficié des traitements de correction qui sont une étape nécessaire à la création des cartes dérivées du MNT, pour cela on va faire un traitement des données SRTM pour obtenir un MNT utile pour l'élaboration des cartes.

4.2 -Amélioration visuel et découpage de la zone d'étude à partir du fichier MNT

Cette phase se fait par le logiciel de traitement des images satellites ENVI4.5, et sert à améliorer la qualité visuelle du MNT ; une fois cette étape réalisée on passe au découpage de la zone d'étude par un polygone des limites géographiques de l'aire d'étude établie préalablement, à la fin on fait enregistrer l'image obtenue au format TIF, le résultat final de cette étape est représenté par la figure 49.

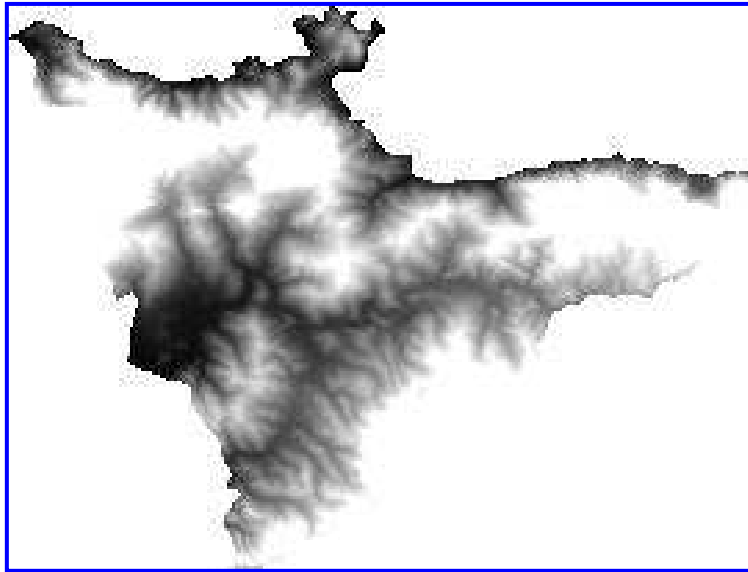


Fig. 49- Le model numérique du terrain de la zone d'étude.

4.3 – L'élaboration des courbes de niveau à partir du MNT de la zone d'étude

Cette étape consiste à faire ressortir les courbes de niveau de la zone d'étude à partir de l'image obtenue précédemment. Le logiciel GLOBAL MAPPER 10, nous permet de réaliser cette étape par l'intermédiaire du module « Generate contours », après on fait exporter les courbes de niveaux sous format vecteur pour Mapinfo. Le résultat de cette étape est présenté par la figure 50

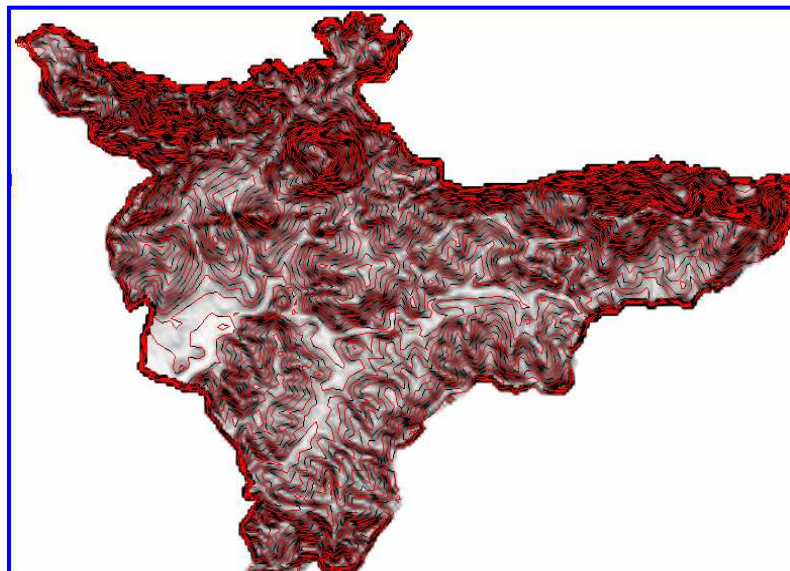


Fig. 50- L'élaboration des courbes de niveau de la zone d'étude.

4.4 - La transformation des courbes de niveau au format « shape file »

Pendant cette étape on transforme les courbes de niveau en format shape file par l'intermédiaire du module « traducteur universel » du logiciel cartographique MAPINFO 8.0

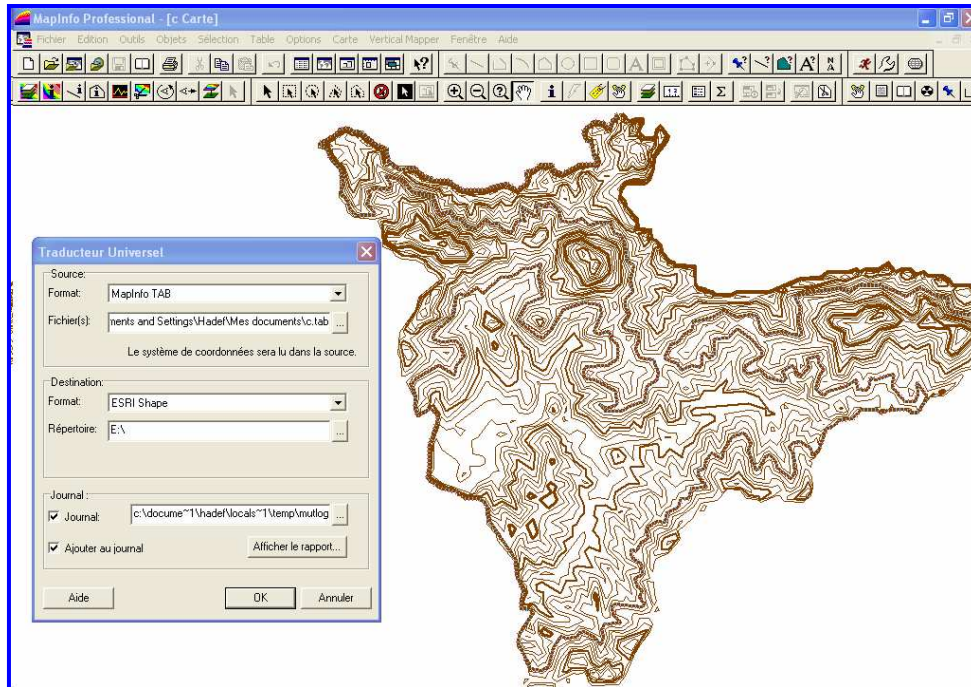


Fig. 51- Fenêtre de la transformation des courbes de niveau au Shape file par Mapinfo 8.0.

4.5 -La création des « Grid » et l'élaboration des cartes thématique (altitude, pente, et exposition)

C'est la phase essentielle du travail puisque c'est dans cette étape qu'on va élaborer les 03 cartes thématiques (carte des altitudes, carte des pentes, carte des expositions). La création des « Grid » se fait par le logiciel « GIS ARCVIEW3.2 » avec le module « convert to grid », après on fait activer le « 3D analyst » et on choisi le module « surface » pour pouvoir commencer l'élaboration des cartes. La figure 52 nous montre l'interface graphique du logiciel ARCVIEW3.2 pour l'élaboration des cartes.

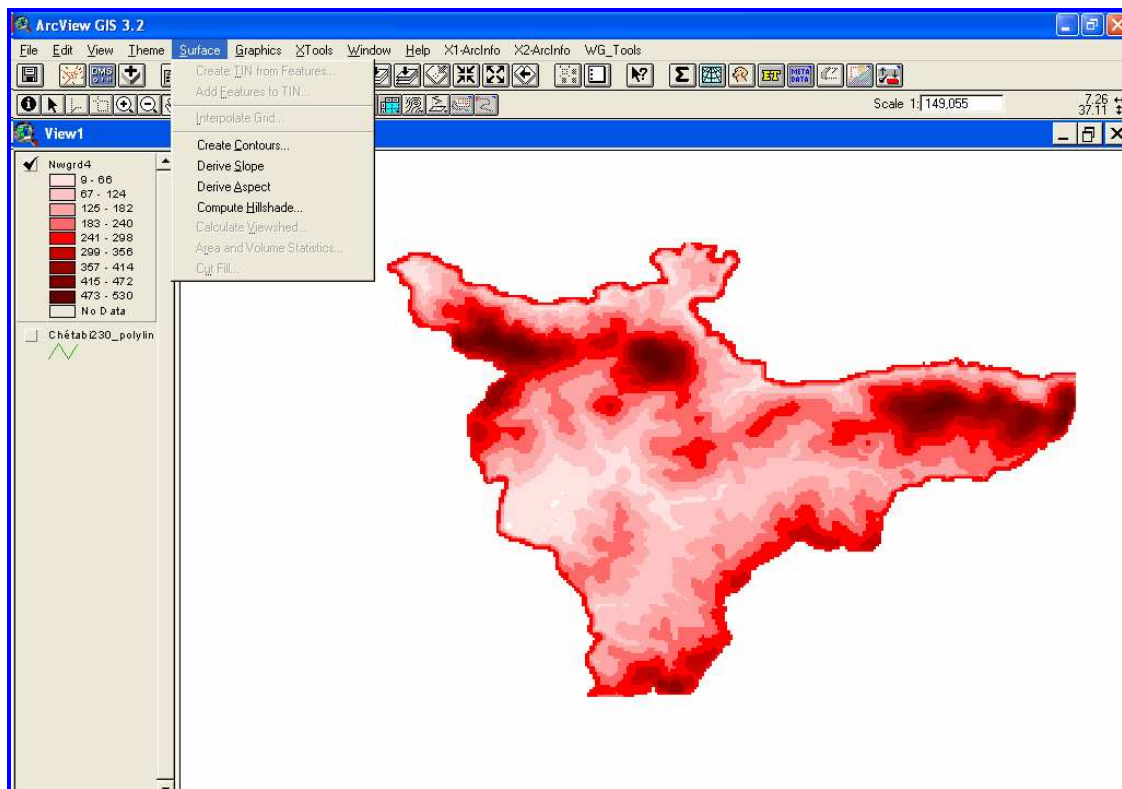


Fig. 52- Interface graphique de l'ARCVIEW3.2 pour l'élaboration des cartes.

En plus des cartes élaborées, on a aussi essayé de faire une présentation en 03 dimensions (vue en 3D) de la zone d'étude ; cette démarche se fait par le drapage de l'image satellite de la zone d'étude sur le model numérique du terrain d'étude, cette étape se fait par le logiciel ENVI4.5 par l'intermédiaire du module « Topographic ». Aussi une Spatiocarte de la région de Chétaibi a été réalisée dans cette étude ; les résultats des cartes obtenues par les démarches précédentes sont :

➤ **La carte des altitudes**

La carte des altitudes de la zone d'étude nous montre les différentes classes d'altitudes qui caractérisent la région de Chétaibi.

La commune de Chétaibi est constituée d'unités topographiques hétérogènes, les côtes varient plus ou moins selon que l'on soit en plaine (400 à 500 m), aux piémonts (500 m environs), ou en montagne. Elles présentent des valeurs maximales au niveau des sommets de kef en Nsour avec 560m et djbél Mzihla avec 543m. La répartition de la végétation est conditionnée par l'altitude ; ainsi les forêts de chène liège se situent entre 400 et 560m et les maquis en basse altitude.

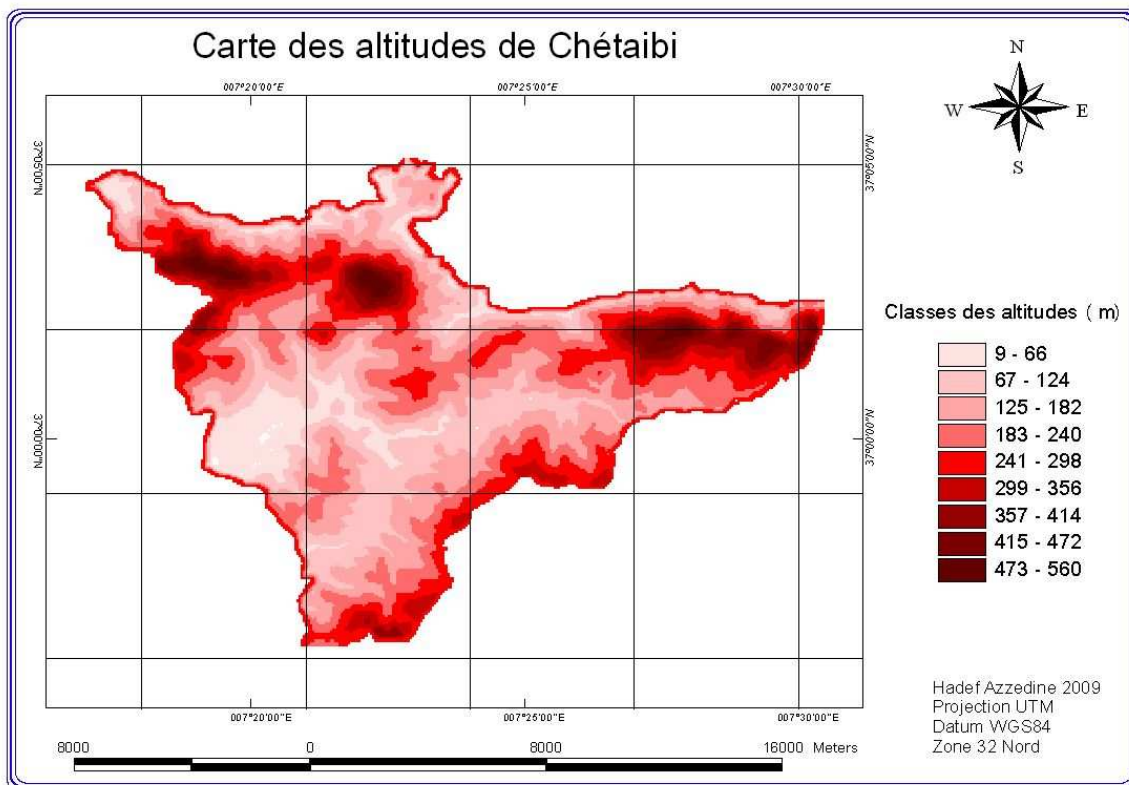


Fig. 53- La carte des altitudes de Chétaibi.

➤ La carte des pentes

La carte des pentes établie de la région de Chétaibi nous permis de dégager les différentes classes des pentes dans la zone d'étude. Le relief est une combinaison de valeur de pentes, il nous permis donc de caractériser les différentes classes des pentes, il joue un rôle dans la définition des potentialités et des contraintes du milieu physique.

Selon STEWART (1974), la pente est un facteur tellement important qu'on peu le classer après celui du climat ; par sa raideur, elle détermine la stabilité du sol et la rétention de l'eau. LEPOUTRE (1963) indique que la pente facilite le ruissellement et l'érosion des sols, et accumulation des dépôts dans les fonds et peut jouer un rôle déterminant dans la pédogenèse, par ailleurs, POLUNIN (1967) note l'importance de son influence sur les conditions hydriques et thermiques.

On remarque une large bande couvrant la partie Nord de la zone, dont les pentes sont supérieures à 25%. Par contre dans la partie Sud les pentes sont comprises entre 12% et 25%. La classe comprise entre 0% et 5% est faible, elle se trouve au Sud de la zone.

En effet, on peut conclure que le relief de la commune est très accidenté dans la presque totalité du territoire.

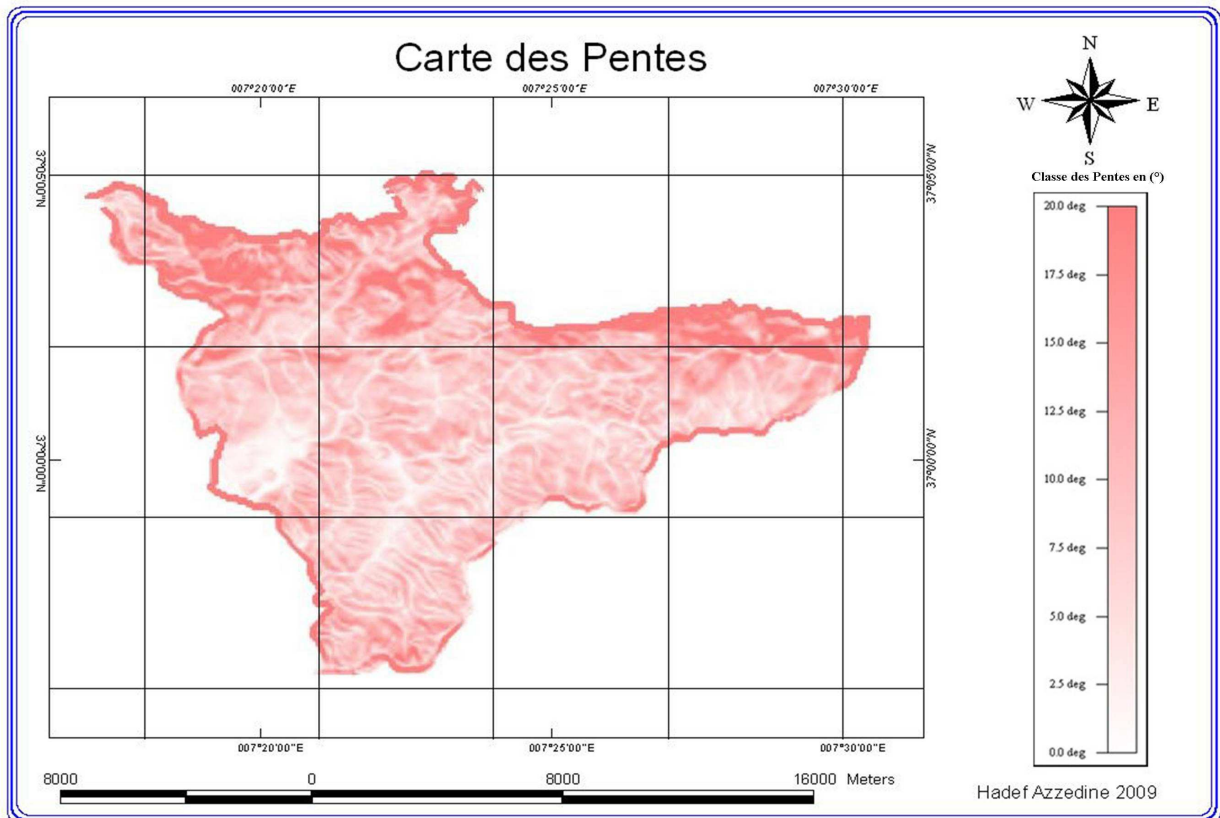


Fig. 54- La carte des pentes de Chétaibi.

➤ **La carte des expositions**

La carte des expositions de Chétaibi nous permet de connaître les différentes expositions de cette zone ; l'exposition des versants, conditionne la répartition de la végétation ; ainsi le versant sud exposé aux vents chaud (S.E) porte la végétation thermophile de maquis et de broussailles. Le versant nord porte une végétation dense car ouverte vers les vents froids et humidifiant.

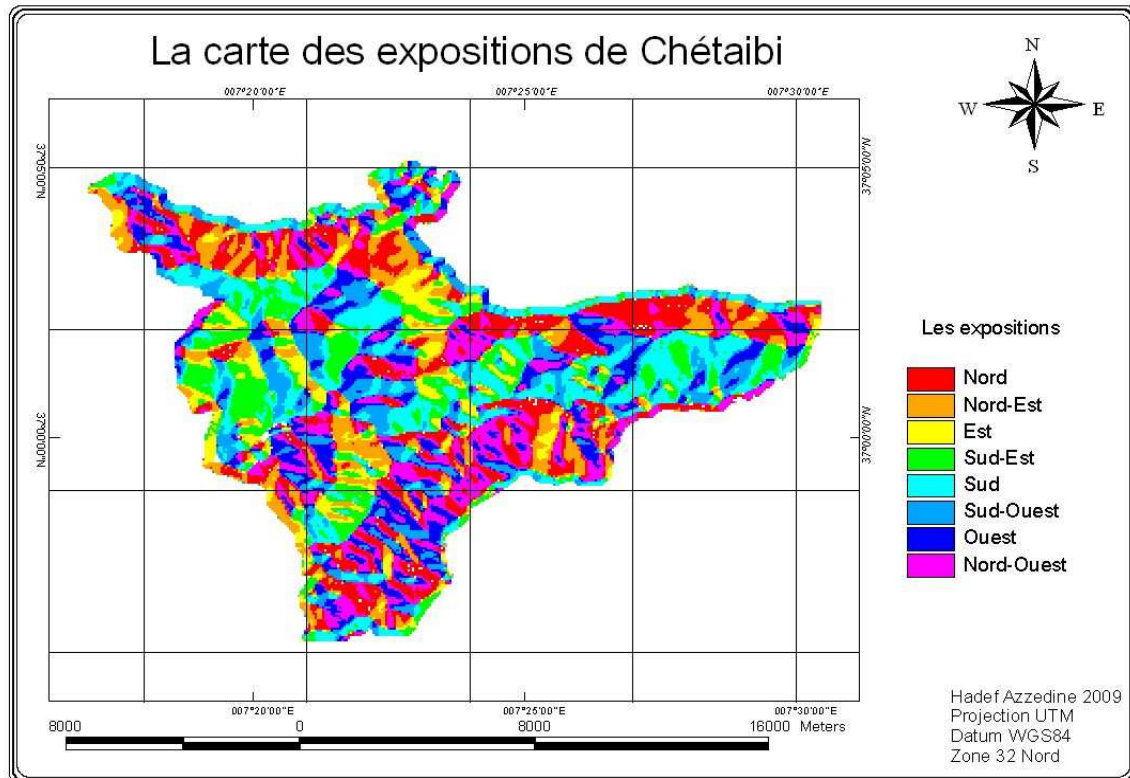


Fig. 55- La carte des expositions de Chétaibi.

➤ La présentation en 3D de la zone d'étude

L'élaboration d'une présentation en 3D de la zone d'étude nous permet de visualiser les différentes formes géomorphologiques du terrain d'étude et de bien interpréter la répartition de la végétation.



Fig. 56- Présentation en 3D de la zone de Chétaibi.

➤ **Spatiocarte de Chétaibi**

L'élaboration d'une Spatiocarte de la zone d'étude permet d'obtenir une carte qui représente l'état réel de la surface du sol avec des couleurs naturels.

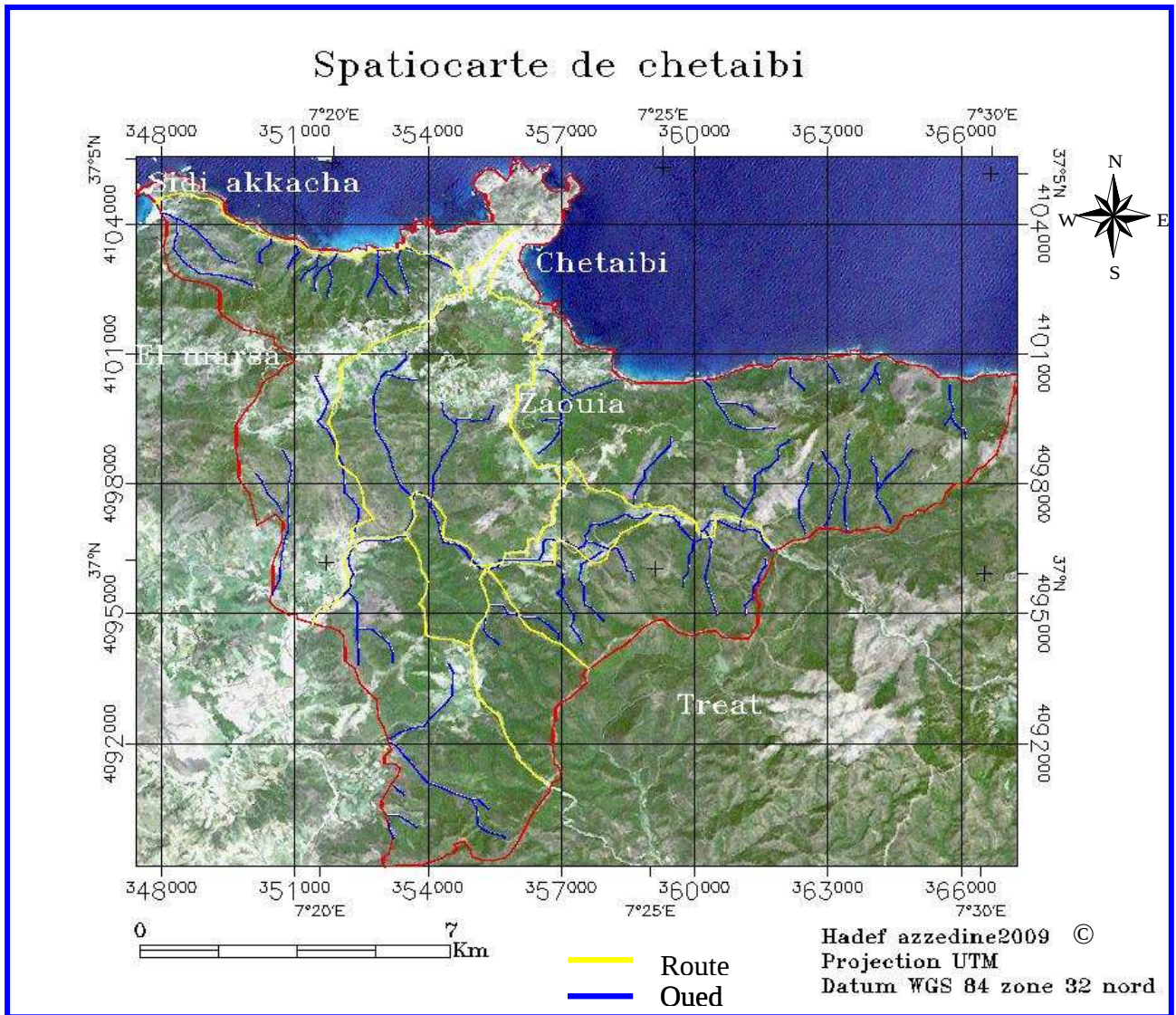


Fig. 57- Spatiocarte de Chétaibi.

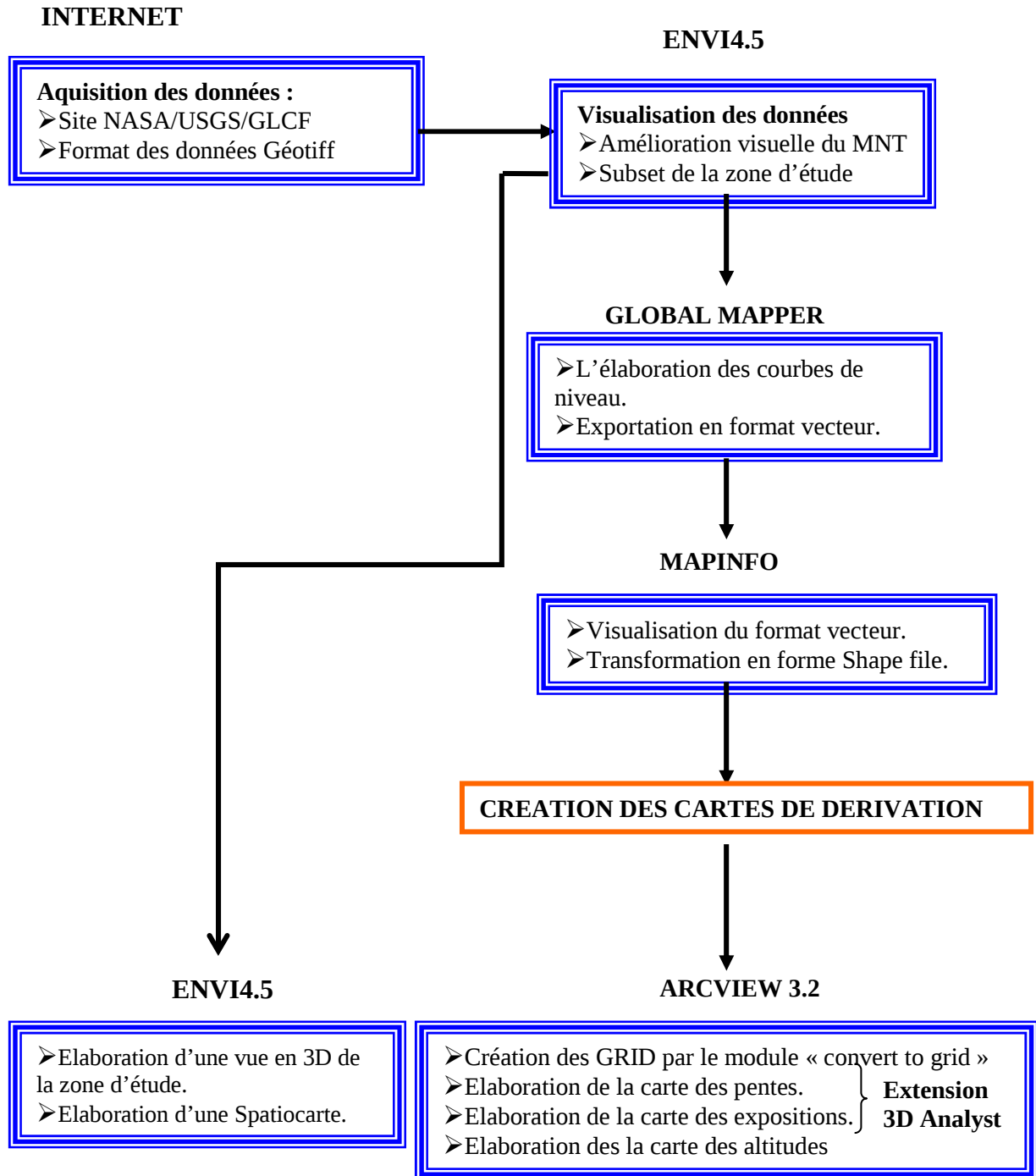


Fig. 58- Organigramme des différentes étapes pour l'élaboration des cartes et du système 3D de la zone d'étude.

LES PERSPECTIVES

Les perspectives qui peuvent compléter ce travail sont :

- Faire une étude phytosociologique approfondie du couvert végétal de la zone.
- Créer une base des données dans le SIG des différents groupements végétaux existant dans la zone pour une meilleure gestion.
- Faire une étude diachronique par l'élaboration des cartes de végétation à partir des images Spot (10m de résolution) à des dates différentes pour mieux comprendre le dynamisme de la végétation.
- Elaborer les différentes cartes du milieu - par l'utilisation du SIG- surtout la carte pédologique et la carte climatique pour mieux interpréter la répartition de la végétation.
- Reboiser les zones dégradées si possible par la végétation autochtones

Conclusion

Les techniques du système d'information géographique SIG et de la télédétection pour le traitement des images satellites LANDSAT ETM+ de la zone de Chétaibi prises en 2000, complétées avec les données du terrain, ont permis d'obtenir une carte d'occupation du sol par la végétation de la région de Chétaibi.

Cette région se caractérise par un couvert végétal qui occupe presque toute la superficie ; il est formé principalement par les groupements à chêne liège et à chêne zen qui se localisent principalement dans la région- Est de la zone. On trouve aussi les maquis denses à base d'oléo-lentisque et d'autres arbustes telle que l'aubépine, le myrte, l'arbousier, le calycotome. On trouve également les formations claires qui se caractérisent par un couvert végétal peu dense qui est représenté soit par des maquis défrichés soit par des plantations. A coté des unités d'occupation du sol citées précédemment, on a pu aussi localiser les pelouses, les sols cultivés et les zones habitées.

Ainsi, le traitement effectué par les techniques du système d'information géographique SIG sur les données SRTM a permis d'obtenir le model numérique du terrain MNT, qui a été à la base de la réalisation des différentes cartes thématiques (carte des pentes, carte des expositions, carte des altitudes).

Enfin on peut dire que l'utilisation des nouvelles techniques de la cartographie, nous facilite l'étude de la végétation et nous permet de détecter tous les changements qui s'y opèrent.

Annexe1 Données climatique.

Tableau des précipitations d'Annaba pour la période (1978 -2007)

Mois Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juit	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
1978	110,00	88,00	63,00	49,00	33,00	8,00	0,00	3,00	6,00	54,00	81,00	19,00
1979	65,00	116,00	106,00	176,00	18,00	29,00	4,00	5,00	59,00	46,00	130,00	19,00
1980	53,00	79,00	70,00	93,00	60,00	0,00	0,00	0,20	12,00	53,00	71,00	175,00
1981	106,00	77,00	50,00	30,00	14,00	37,00	0,00	8,00	21,00	31,00	39,00	141,00
1982	131,00	145,00	134,00	69,00	33,00	1,40	0,00	15,00	25,00	173,00	135,00	129,00
1983	35,00	23,00	74,00	40,00	20,00	14,00	0,10	10,00	82,00	67,00	173,00	86,00
1984	227,00	160,00	77,00	42,00	15,00	8,00	0,20	0,60	20,00	253,00	68,00	241,00
1985	101,00	89,00	130,00	41,00	10,00	4,00	0,00	10,00	31,00	38,00	42,00	66,00
1986	118,00	72,00	105,00	34,00	10,40	23,00	3,40	0,20	18,00	126,00	147,00	182,00
1987	124,00	127,00	74,00	37,00	69,00	0,30	1,00	4,00	41,00	28,00	70,00	15,00
1988	88,00	87,00	47,00	49,00	30,00	33,00	3,00	0,00	52,00	7,00	82,00	182,00
1989	37,00	53,00	42,00	60,00	19,00	14,00	3,00	6,00	22,00	79,00	56,00	106,00
1990	130,00	6,00	44,00	37,00	30,00	19,00	0,00	6,00	2,00	30,00	107,00	181,00
1991	92,00	73,00	96,00	24,00	61,00	14,00	0,30	9,00	52,00	100,00	67,00	29,00
1992	69,00	81,00	65,00	112,00	83,00	15,00	11,00	0,60	0,00	36,40	126,00	143,00
1993	83,70	42,00	81,00	59,00	66,00	3,00	0,00	4,00	0,00	55,00	20,00	160,00
1994	84,00	86,00	5,00	79,20	17,00	13,00	0,10	0,40	18,00	46,00	19,40	109,00
1995	180,00	20,00	74,00	37,00	10,10	29,00	0,10	4,00	75,00	10,00	80,00	66,00
1996	92,00	209,00	71,00	36,00	55,00	16,00	6,00	11,00	27,00	41,00	45,00	63,00
1997	61,00	49,00	43,00	33,00	6,00	33,70	0,00	21,00	118,00	103,00	125,00	141,00
1998	70,00	87,00	35,00	85,00	49,00	6,00	0,00	32,00	64,00	273,00	61,00	63,00
1999	157,00	103,00	48,00	44,00	38,00	9,00	13,00	4,00	16,00	30,00	111,00	136,00
2000	50,00	24,00	31,00	20,00	115,00	10,00	0,00	16,00	19,30	105,00	37,00	108,00
2001	112,00	75,00	19,00	40,00	28,00	4,00	0,40	3,00	4,00	47,00	60,00	82,00
2002	29,00	49,00	32,00	62,00	15,00	0,30	13,00	67,00	24,00	73,00	188,00	147,10
2003	186,00	86,00	21,00	91,00	26,00	0,00	0,00	0,00	67,00	39,00	20,00	171,00
2004	110,00	23,00	69,00	97,00	75,00	32,00	2,00	3,00	81,00	21,00	179,60	185,00
2005	135,90	178,40	61,00	123,20	10,00	3,40	1,10	7,10	29,30	15,10	55,10	184,00
2006	131,20	72,60	45,00	12,30	26,10	7,60	1,50	29,10	16,10	35,50	61,10	142,70
2007	35,40	51,40	203,70	27,00	17,00	52,00	3,00	3,00	32,80	102,00	83,70	125,00
moyene	100,11	81,05	67,19	57,96	35,29	14,62	2,21	9,41	34,48	70,57	84,66	119,89

Tableau des températures d'Annaba pour la période (1978- 2007)

Mois Année	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
1978	10,2	13,5	13,4	14,1	17,6	21	23	24,5	22,4	17,5	13,3	14,3
1979	13,3	13	13,2	13,3	17,8	22,3	24,7	24,5	21,7	19,5	13,8	12,5
1980	11,3	12,2	12,9	13,4	16,8	20,3	22,5	24,7	23,2	18,6	15,8	10,3
1981	18	11,9	14,5	13,3	18,2	21,2	22,9	24,2	25,6	12,1	15	14,7
1982	12,9	12	12,9	14,9	18,3	21,9	27,5	25,5	23,8	20,3	15,8	11,6
1983	10,8	10,5	13,1	16,1	18,5	12,1	26,8	25,4	23,9	19,7	17,2	13
1984	11,7	11,1	12,3	14,4	17,7	20,7	24,8	24	22,3	18,7	16,8	12,3
1985	10,7	14	12	15,7	18	21,7	25,1	24,8	25,7	20	17,1	13
1986	11,8	11,6	12,9	15,3	15,2	20,9	24	26,2	22,5	21,3	15,3	12
1987	11,3	12,4	12,5	15,8	17,1	21,4	25,4	26,5	25,6	22,9	16,2	14,4
1988	13,1	11,3	13,8	16,2	19,4	22,4	25,1	26,1	22,4	21,7	16	11,4
1989	10,7	11,6	14,3	15,3	14,8	21,2	25,2	26,3	23,6	19,4	16,5	17,2
1990	12,1	13,7	13,9	15,4	19,8	22,6	24,9	24,6	25,3	22,4	16,5	11
1991	10,46	10,81	14,85	13,67	15,79	21,3	24,64	25,62	24,7	19,9	14,35	10,78
1992	9,7	10,76	12,87	14,74	17,94	21,36	23,31	25,58	24,17	19,84	15,85	14,7
1993	10,16	10,34	11,49	15,01	18,84	22,23	24,61	26,62	20,58	15,19	9,79	12,22
1994	12,21	12	13,8	14,01	19,49	20,05	25,63	28,28	25,4	20,32	17,19	12,97
1995	11,41	13,58	12,38	14,34	19,21	21,84	24,89	26,11	23,14	20,09	16,3	14,32
1996	13,45	11,04	13,33	15,34	18,32	27,6	24,32	25,82	21,8	18,1	16,25	13,93
1997	13,01	12,41	12,79	15,28	20,12	23,41	24,77	25,93	23,45	20,72	12,78	13,28
1998	11,86	12,24	13,67	16,28	18,28	23,55	24,82	25,27	11,16	13,87	18,25	23,89
1999	11,86	10,14	14,14	15,49	20,37	23,38	25,24	27,5	25,21	22,39	15,18	12,09
2000	9,07	13,51	11,99	16,03	19,66	22	25,3	26,87	23,07	18,89	15,82	12,73
2001	12,01	11,02	15,99	14,56	18,16	22,67	24,97	25,65	21,86	22,95	15,33	11,26
2002	9,77	11,52	13,65	15,15	18,65	22,7	24,76	24,93	22,59	19,63	16,3	13,49
2003	11,45	10,56	13,24	16,4	18,45	24,78	27,59	28,1	23,56	21,2	16,06	11,71
2004	11,45	12,26	12,92	14,43	17,17	20,84	24,46	26,24	23	21,2	13,95	12,2
2005	9,2	9,2	10,4	15,3	18,9	23	25,6	24,7	22,6	20,3	15,6	11,2
2006	9,8	10,9	13,3	16,7	18,1	22,2	25,8	24,9	22,6	21,3	16,5	12,4
2007	11,9	12,9	12,6	15,8	18,8	22,3	24,7	25,3	23,7	19,4	14,2	11,4
moyene	11,56	11,80	13,17	15,06	18,18	21,83	24,91	25,69	23,02	19,65	15,50	13,08

Annexe 2 Caractéristique de la scène de la zone d'études

```
GROUP = METADATA_FILE
PRODUCT_CREATION_TIME = 2004-02-12T16:12:24Z
PRODUCT_FILE_SIZE = 701.7
STATION_ID = "EDC"
GROUND_STATION = "EDC"
GROUP = ORTHO_PRODUCT_METADATA
SPACECRAFT_ID = "Landsat7"
SENSOR_ID = "ETM+"
ACQUISITION_DATE = 2000-04-24
WRS_PATH = 193
WRS_ROW = 034
SCENE_CENTER_LAT = +37.4779379
SCENE_CENTER_LON = +7.6256238
SCENE_UL_CORNER_LAT = +38.4293180
SCENE_UL_CORNER_LON = +6.8317189
SCENE_UR_CORNER_LAT = +38.1285290
SCENE_UR_CORNER_LON = +8.8995652
SCENE_LL_CORNER_LAT = +36.8140940
SCENE_LL_CORNER_LON = +6.3743708
SCENE_LR_CORNER_LAT = +36.5209377
SCENE_LR_CORNER_LON = +8.3990504
SCENE_UL_CORNER_MAPX = 310735.500
SCENE_UL_CORNER_MAPY = 4255677.000
SCENE_UR_CORNER_MAPX = 491197.500
SCENE_UR_CORNER_MAPY = 4220080.500
SCENE_LL_CORNER_MAPX = 265791.000
SCENE_LL_CORNER_MAPY = 4077466.500
SCENE_LR_CORNER_MAPX = 446196.000
SCENE_LR_CORNER_MAPY = 4041898.500
BAND1_FILE_NAME = "p193r034_7t20000424_z32_nn10.tif"
BAND2_FILE_NAME = "p193r034_7t20000424_z32_nn20.tif"
BAND3_FILE_NAME = "p193r034_7t20000424_z32_nn30.tif"
BAND4_FILE_NAME = "p193r034_7t20000424_z32_nn40.tif"
BAND5_FILE_NAME = "p193r034_7t20000424_z32_nn50.tif"
BAND61_FILE_NAME = "p193r034_7k20000424_z32_nn61.tif"
BAND62_FILE_NAME = "p193r034_7k20000424_z32_nn62.tif"
BAND7_FILE_NAME = "p193r034_7t20000424_z32_nn70.tif"
BAND8_FILE_NAME = "p193r034_7p20000424_z32_nn80.tif"
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
REFERENCE_DATUM = "WGS84"
REFERENCE_ELLIPSOID = "WGS84"
GRID_CELL_ORIGIN = "Center"
UL_GRID_LINE_NUMBER = 1
UL_GRID_SAMPLE_NUMBER = 1
GRID_INCREMENT_UNIT = "Meters"
GRID_CELL_SIZE_PAN = 14.250
GRID_CELL_SIZE_THM = 57.000
GRID_CELL_SIZE_REF = 28.500
FALSE_NORTHING = 0
ORIENTATION = "NUP"
RESAMPLING_OPTION = "NN"
MAP_PROJECTION = "UTM"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
GROUP = UTM_PARAMETERS
ZONE_NUMBER = +32
END_GROUP = UTM_PARAMETERS
SUN_AZIMUTH = 135.2961321
SUN_ELEVATION = 58.6030639
```

```

QA_PERCENT_MISSING_DATA = 0
CLOUD_COVER = 0
PRODUCT_SAMPLES_PAN = 17680
PRODUCT_LINES_PAN = 15842
PRODUCT_SAMPLES_REF = 8840
PRODUCT_LINES_REF = 7921
PRODUCT_SAMPLES_THM = 4420
PRODUCT_LINES_THM = 3961
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
END_GROUP = ORTHO_PRODUCT_METADATA
GROUP = L1G_PRODUCT_METADATA
BAND_COMBINATION = "123456678"
CPF_FILE_NAME = "L7CPF20000401_20000630_08"
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
    LMAX_BAND1 = 191.600
    LMIN_BAND1 = -6.200
    LMAX_BAND2 = 196.500
    LMIN_BAND2 = -6.400
    LMAX_BAND3 = 152.900
    LMIN_BAND3 = -5.000
    LMAX_BAND4 = 241.100
    LMIN_BAND4 = -5.100
    LMAX_BAND5 = 31.060
    LMIN_BAND5 = -1.000
    LMAX_BAND61 = 17.040
    LMIN_BAND61 = 0.000
    LMAX_BAND62 = 12.650
    LMIN_BAND62 = 3.200
    LMAX_BAND7 = 10.800
    LMIN_BAND7 = -0.350
    LMAX_BAND8 = 243.100
    LMIN_BAND8 = -4.700
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
    QCALMAX_BAND1 = 255.0
    QCALMIN_BAND1 = 1.0
    QCALMAX_BAND2 = 255.0
    QCALMIN_BAND2 = 1.0
    QCALMAX_BAND3 = 255.0
    QCALMIN_BAND3 = 1.0
    QCALMAX_BAND4 = 255.0
    QCALMIN_BAND4 = 1.0
    QCALMAX_BAND5 = 255.0
    QCALMIN_BAND5 = 1.0
    QCALMAX_BAND61 = 255.0
    QCALMIN_BAND61 = 1.0
    QCALMAX_BAND62 = 255.0
    QCALMIN_BAND62 = 1.0
    QCALMAX_BAND7 = 255.0
    QCALMIN_BAND7 = 1.0
    QCALMAX_BAND8 = 255.0
    QCALMIN_BAND8 = 1.0
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND1 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND2 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND3 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND4 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND5 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND61 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND62 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND7 = "CPF"
    CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND8 = "CPF"

```

```

CORRECTION_METHOD_BIAS = "IC"
BAND1_GAIN = "H"
BAND2_GAIN = "H"
BAND3_GAIN = "H"
BAND4_GAIN = "L"
BAND5_GAIN = "H"
BAND6_GAIN1 = "L"
BAND6_GAIN2 = "H"
BAND7_GAIN = "H"
BAND8_GAIN = "L"
BAND1_GAIN_CHANGE = "0"
BAND2_GAIN_CHANGE = "0"
BAND3_GAIN_CHANGE = "0"
BAND4_GAIN_CHANGE = "0"
BAND5_GAIN_CHANGE = "0"
BAND6_GAIN_CHANGE1 = "0"
BAND6_GAIN_CHANGE2 = "0"
BAND7_GAIN_CHANGE = "0"
BAND8_GAIN_CHANGE = "0"
BAND1_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND2_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND3_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND4_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND5_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND6_SL_GAIN_CHANGE1 = "0"
BAND6_SL_GAIN_CHANGE2 = "0"
BAND7_SL_GAIN_CHANGE = "0"
BAND8_SL_GAIN_CHANGE = "0"
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = CORRECTIONS_APPLIED
STRIPING_BAND1 = "NONE"
STRIPING_BAND2 = "NONE"
STRIPING_BAND3 = "NONE"
STRIPING_BAND4 = "NONE"
STRIPING_BAND5 = "NONE"
STRIPING_BAND61 = "NONE"
STRIPING_BAND62 = "NONE"
STRIPING_BAND7 = "NONE"
STRIPING_BAND8 = "NONE"
BANDING = "N"
COHERENT_NOISE = "N"
MEMORY_EFFECT = "N"
SCAN_CORRELATED_SHIFT = "N"
INOPERABLE_DETECTORS = "N"
DROPPED_LINES = N
END_GROUP = CORRECTIONS_APPLIED
END_GROUP = L1G_PRODUCT_METADATA
END_GROUP = METADATA_FILE
END

```

Annexe 3 statistiques des bandes

Filename: E:\bandes\regroupé

Dims: Full Scene (400,200 points)

Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev	Num	Eigenvalue
Band 1	54.000000	251.000000	73.051864	8.399858	1	4904.207830
Band 2	31.000000	232.000000	56.474353	12.791551	2	801.519391
Band 3	1.000000	255.000000	48.508031	19.575318	3	89.061537
Band 4	1.000000	199.000000	73.210182	32.448111	4	9.492928
Band 5	1.000000	255.000000	74.004990	37.470381	5	8.881612
Band 7	1.000000	255.000000	45.725345	28.393773	6	3.336357
NDVI	1.000000	397.229187	120.760014	44.000347	7	0.021087

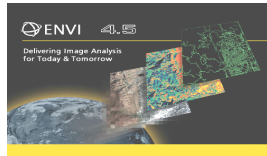
Covariance	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
Band 7 NDVI					
Band 1	70.557621	81.488223	132.207752	-27.674746	143.792869
156.684204	102.259778				
Band 2	81.488223	163.623789	240.999564	207.797143	421.513324
327.962500	451.146479				
Band 3	132.207752	240.999564	383.193057	226.320795	625.368830
519.591836	611.250601				
Band 4	-27.674746	207.797143	226.320795	1052.879876	868.594742
412.678719	1300.842617				
Band 5	143.792869	421.513324	625.368830	868.594742	1404.029448
995.948842	1509.206780				
Band 7	156.684204	327.962500	519.591836	412.678719	995.948842
806.206372	937.822212				
NDVI	102.259778	451.146479	611.250601	1300.842617	1509.206780
937.822212	1936.030579				

Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
Band 7 NDVI					
Band 1	1.000000	0.758402	0.804037	-0.101537	0.456854
0.656947	0.276679				
Band 2	0.758402	1.000000	0.962463	0.500642	0.879427
0.902979	0.801564				
Band 3	0.804037	0.962463	1.000000	0.356309	0.852588
0.934825	0.709667				
Band 4	-0.101537	0.500642	0.356309	1.000000	0.714397
0.447919	0.911128				
Band 5	0.456854	0.879427	0.852588	0.714397	1.000000
0.936108	0.915387				
Band 7	0.656947	0.902979	0.934825	0.447919	0.936108
1.000000	0.750657				
NDVI	0.276679	0.801564	0.709667	0.911128	0.915387
0.750657	1.000000				

Eigenvector	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
Band 7 NDVI					
Band 1	0.046504	0.158316	0.224731	0.384712	0.521791
0.349535	0.616300				
Band 2	0.224024	0.173960	0.378349	-0.637338	0.231701
0.490280	-0.275942				
Band 3	0.395848	0.382750	0.454483	-0.075916	-0.496685
0.328559	0.360335				-
Band 4	-0.617031	-0.170275	0.453987	-0.313831	0.250523
0.444064	0.160404				-
Band 5	0.377156	0.318017	-0.190016	-0.020595	0.595860
0.565952	-0.211513				-
Band 7	-0.517332	0.817342	-0.168904	0.038776	-0.097449
0.109504	-0.113138				
NDVI	-0.018664	0.000757	0.573633	0.582766	0.006690
0.003779	-0.575258				-

Annexe 4 Présentation des différents logiciels cartographiques utilisés

1-Logiciel ENVI 4.5



Le logiciel ENVI est un logiciel commercial complet de traitement des images de télédétection – optiques et radar ; toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de démixage radiométrique, de classification et de mise en page cartographique sont présentes. D'autres outils relatifs à la visualisation et à la modélisation des données topographiques sont aussi disponibles.

2-Logiciel MAP INFO 8.0



MapInfo est un logiciel SIG, il a été développé et conçu dans le début des années 1970 par la société américaine MapInfo corporation, Troy, New York (U.S.A), il est depuis, largement utilisé en tant que support d'applications très diverses utilisant des données géographiques.

MapInfo Professionnal, fournit une palette complète d'outils contribuant au large déploiement de la cartographie numérique. Actuellement, et avec la gamme des versions de ce logiciel, les utilisateurs, au sein de leur centre de recherche ou ailleurs dans le monde, peuvent mesurer la puissance de la cartographie pour corrélérer, visualiser et analyser leurs données qui permettront de mettre en exergue une situation donnée et d'aider dans la prise de décisions.



3-Le logiciel ArcView3.2

ArcView est un logiciel SIG développé par l'Environmental Systems Research Institute (ESRI), il est utilisé pour effectuer des analyses dans le cadre du GIS (Geographic Information System). Toutes les fonctions d'Arcview, c'est-à-dire les vues ("Views"), les tableaux ("Tables"), les graphiques ("Charts"), les mise en page ("Layouts"), et les "Scripts", sont rassemblés au sein d'un projet ("Project"), les "Scripts" sont des programmes en langage Avenue (le langage de programmation d'ArcView).

4-Le logiciel Global Mapper 10



Le logiciel Global Mapper[®] d'Intermap est plus qu'un simple logiciel de visualisation capable d'afficher les jeux de données rastrées, altimétriques et vectorielles les plus courants : il permet la conversion, l'édition, l'impression, le suivi GPS et l'incorporation de données d'une fonctionnalité SIG, le tout en un progiciel bon marché et convivial, de plus, la nouvelle version 10 de Global Mapper[®] permet de visualiser les données altimétriques en images tridimensionnelles vraies.

Global Mapper[®] est plus qu'un simple utilitaire ; des fonctionnalités de calcul de distance et de superficie, d'harmonisation de la trame, de réglage du contraste, d'interrogation altimétrique et de calcul de la ligne de visée, lui sont intégrées. Il offre également des fonctions évoluées de rectification d'images, de génération de courbes de niveau et d'analyse de visualisation à partir de données de surface, ainsi que de triangulation et de quadrillage des données ponctuelles 3D.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDESSEMED K., 1981- Le cèdre de l'Atlas dans le massif des Aurès et du Bélazma. Thèse. Doct. Es-sci. Fac. St Jérôme, Marseille, 198 p.

AIME S., 1991- Etude écologique de la transition entre bioclimat sub-humide, semi aride et aride dans l'étage thermo méditerranéen du Tell oranais (Algérie occidentale). Doct. Es-sci. Univ. Aix- Marseille III.

ALCARAZ C., 1982- La végétation de l'ouest Algérien. Thèse Doct. Es-sci. Univ. Perpignan, 45p + annexes

AOUADI, H., 1989-La végétation de l'Algérie nord-orientale : Histoire des influences anthropiques et cartographie au 1/200.000. Thèse de Docteur. Univ. Joseph Fournier, Grenoble1, 108 p.

BARBÉRO M., QUEZEL P. & LOISEL R., 1974- Problèmes posés par l'interprétation phytosociologique des *Quercus ilicis* et des *Quercetea pubescentis*. Coll. Inst. CNRS « La flore du bassin méditerranéen », 235, pp 481-497.

BARBERO M., QUEZEL P. & RIVAS-MARTINEZ S., 1981- Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré forestier du Maroc. *Phytoécologia*, 9, 3, pp 311-412

BARBERO M. & QUEZEL P., 1989- Structure, architecture forestière à sclérophylles et prévention des incendies. *Bull. Ecol.* ; 20(1), pp7-14.

BENABDELI K., 1998- Impact socio-économique et écologique de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux: cas de la commune de Telagh (Sidi Bel Abbés, Algérie). *Rev. Opt. Médit. CIHEAM*, pp 185-194.

BENABDELI K., 1996- Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale. Doct. Es-sci. Univ. Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés. 356p + annexes.

BAGNOULS F. & GAUSSEN H., 1953- Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Vol 8, pp 193-239.

BARY-LENGER A, EVRARD R, GATHY P 1979-*La forêt*. Liège : Vaillant-Carmane S, imprimeur ; 611 p.

BELDJAZIA A., 2006- Effet des basses températures sur l'accumulation de la proline et des sucres solubles et la chlorophylle chez les semis du chêne liège (*Quercus suber* L). Thèse ingénieur, Université Mentouri Constantine, 111p

BOUDY P, 1955- Economie forestière Nord africaine T : 4. description forestière de l'Algérie et de la Tunisie Ed. Larousse, 453p

CALOZ R., 1991- Télédétection satellitaire, Lausanne, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne- Institut d'aménagement des terres et des eaux (hydrologie et aménagement), p 127

CHAVEZ G.L. 1982- "Statistical method for selecting Landsat MSS ratio". In: *Journal of Applied photographic engineering*, 8(3), pp. 23-30.

CONGALTON, R. G., 1991- A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environmen.*, 37, pp. 35-46.

CORNET Y. 2002- The OSIRIS project (Optical Systems for Interferometric Photogrammetric Relief Investigation and Scanning) - Development of a device for 3D numerical recording of archaeological and epigraphic documents by optoelectronic processes. Proceeding of the CIPA WG6 international workshop on Scanning for cultural heritage recording, Corfu, Greece, pp. 139-142.

DAGET PH, 1980 - *Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen, le climat.* Colloque de la fondation L. Emberger sur la mise en place. Evolution et la caractérisation de la flore et de la végétation du Circum. Montpellier, 9-10/04. 101- 120

DAHMANI M., 1997- Diversité biologique et phytogéographique des chênaies vertes d'Algérie. *Ecologia Mediterranea*. XXII (3/4) : 19-38.

DAHMANI - MEGREROUCHE M., 1984- Contribution à l'étude des groupements de chêne vert des monts de Tlemcen (Ouest algérien). Approche phytosociologique et phytoécologique. Thèse Doct. 3^{ème} Cycle. Univ. H. BOUMEDIENE, Alger, 238 p + ann

DGF, 2007- Superficies, potentialités des forêts algériennes.

DJEBAILI. S, 1984 - Steppe algérienne, phytosociologie et écologie O.P.U., Alger.

DUBIEF J., 1959-Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sahara, tome 1, 312 p.

EHLERS., EDWARDS G. and BEDARD Y., 1989-Integration of remote Sensing with Geographic Information System : a necessary evolution . *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* 55, 1619-1627

EMBERGER, L. 1955- Une classification biogéographique des climats. Rech. Trav. Lov.Géol. Bot. Zool. Fasc. Sci. Montpellier. 47 P ;

FAO, 1999- L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique. Rapport FAO, FOSA, 60 p.

FLOYD F. et SABINS J.R. 1986- Remote sensing : principales and interpretation. Second édition, New York, 1986

FONTES J., TERSIGUEL P & PARE S., 1990- Intensification de l'agriculture en zone soudanienne et évaluation de son impact sur les paysages végétaux par télédétection. *Actualite Scientifique*, outils micro- informatiques et télédétection de l'évolution des milieux, actes du colloque de Toulouse, universités francophones, 343-354.

GAOUAR, A. -1980- Hypothèse et réflexion sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. *Revue Forêt méditerranéenne*, Tome 2: 131-146.

GHAZI A. ET LAHOUATI R, 1997- Algérie 2010. Sols et ressources biologiques. Inst. Nat. Etudes de Stratégie Globale. 45p.

GIRARD M.C. & GIRARD C.M., 1999- Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 p. + CD-ROM.

GIRARD M.C., GIRARD C.M., 1989- Télédétection appliquée aux zones tempérées et intertropicales. Masson, 120 p.

GODRON M. & DAGET P., 1995- Pastoralisme, Troupeaux, espaces et société. Uni. Fronco. HATIER, AUPELF, UREF. 510 pages

GOUNOT M., 1969.- Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Paris. *Ed. Masson*, 314 p.

GRECO J., 1966- L'érosion, la défense et la restauration des sols. Le reboisement en Algérie. Pub. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, 393p.

GREUTER, W. 1991- Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: an analysis based on the published volumes of Med-Checklist. – *Bot. Chron.* **10**: 63-79

GRIM S., 1989- Les incendies de forêts en Algérie. 49p.

HILLY, J. 1962- Etude géologique du Massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est Constantinois). Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie (nouvelle série) **19**, 408.

HIRCHE A., 1995- Contribution à l'étude de l'apport de l'image satellitaire à l'inventaire Cartographique et phytoécologique d'une zone pré-saharienne, cas de Ouled- Djellal. Thèse Mag. Univ. Sci.Thechnol. H. Boumediène, 230 p.

HOURLIZI R., 2004- Contribution à l'étude d'un écosystème à *lygeum spartum* dans le sud Oranais : diagnostic phytoecologique et cartographique.

KADIK B., 1987- Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie. Ecologie, dendrométrie et morphologie. Ed. OPU. Alger, 508p.

KARSENTY A., 1999- Vers la fin de l'état forestier ? Appropriation des espaces et partage de la rente forestière au Cameroun. Magazine politique forestier n°75, pp 147 - 161.

KHELIFI H. ET SADKI N., 1994- La géobotanique des régions de Collo, Skikda, et Annaba (Nord-Est algérien). Colloques Phytosociologiques XXIII. Bailleul, 1994. pp : 594-615.

KNIPPEL A., 1995- Utilisation des modèles connexionnistes pour la classification automatique de données satellitaires. Mém. Ing, I.I.E, conservatoire national des arts et métiers, 41p + annexes

LE HOUEROU H. N., 1993- Changements climatiques et désertisation. Rev. Sécheresse ; Vol. 4, pp 95-111.

LE HOUEROU H. N., 1990- La forêt et l'utilisation des terres dans le bassin méditerranéen en 2050. le modèle de circulation mondial « global change ». Forêt méditerranéenne, XII ; 3, pp 225-224

LE HOUEROU H.N. 1979 - Écologie et désertification en Afrique. In Trav. de l'Inst. De GBogr. de Reims, 39-40.

LEPOUTRE, B. 1963- Observations sur la régénération du cèdre par taches. Ann. Rech. Maroc. Fasc. 1, S.R.F Rabat : 17 p

LETREUCH B., 2001- De la nécessité d'établir des stratégies de reboisement en Algérie sur la base de la biodiversité. Rev. Ecosystème n°1, Vol1, pp 64-66.

LONG G., 1974- Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Tome 1: Principes généraux et méthodes. Masson et Cie, Paris, 232 p.

MANJAUZE A., 1958- Les aspects agronomiques du reboisement en Algérie. Cahier des Ingénieurs Agronomes. Extr. Paris, 6p.

MEDDOUR R., 1994- Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centre orientale du Parc national de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas Blidéen. Thèse de Magister. Inst. Nat. Agron. Alger. 330p. + Annexes.

MICHEL DIDIER., 1990- Utilisation et valeur de l'information géographique. Service Technique de l'Urbanisme, CNIG.. Economica. 1990. 255 pages.Paris

MONTERO G. & CANELLAS I., 1998- Salviculturay gestion soslenible de sistemas forestales, Actas de Los Primeros Encuentos Cientificos del parque natural de Penalara, 29-31 Mai. Conserjeria de Medio Ambienté de Madrid.

OZENDA P., 1975- Les étages de végétations dans les montagnes du bassin méditéranéen. doc.cartographie.Ecol.16 :132.

POLUNIN, N. 1967- Eléments de géographie botanique. GAUTHIER -- VILLARS, Paris : 195 -- 198.

QUEZEL, P. 1976-Les forêts du pourtour méditerranéen. In *Forêts et maquis méditerranéens: écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB*, 2: 9-33. UNESCO, Paris.

QUEZEL P. & SANTA S., 1962, 1963- Nouvelles flores de l'Algérie et des régions méridionales. CNRS. Paris, 1700p.

QUEZEL P. & BARBERO M., 1989- Les formations à genévrier rampant du Djurjura. Leur signification écologique, dynamique et syntaxonomique dans une approche globale des cédraies Kabyles. *Lazaroa*, II, pp 85-99.

QUEZEL P. & BARBERO M., 1990- Les forêts méditerranéennes, problème posés par leur Signification historique, écologique et leur conservation. *Acta botanica Malacitana*, n°15, pp 145-178.

QUEZEL, P. et BARBERO, M. 1985- Carte de la végétation potentielle de la région méditerranéenne, I : Méditerranée Orientale. Edit. CNRS, Paris, 69 p ;

RAMADE, F. 1991- Conservation des écosystèmes méditerranéens: enjeux et perspectives. *Les fascicules du Plan Bleu*, 3. Economica, Paris.

RIVAS MARTINEZ, S., BASCONES, J.C., DIAZ, T.E., FERNANDEZ-GONZALEZ, F. & LOIDI, J. 1991- Vegetación del Pirineo occidental y Navarra. *Itin. Geobot.* 5: 5-456.

RIVAS-MARTINEZ S., 1974- Cytisetalia scopario-striati. *Ann. Inst. Bot. Cavanilles.* 31(I), 200p.

RIVAS MARTÍNEZ, S., T.E. DÍAZ, J.A. FERNÁNDEZ PRIETO, J. LOIDI & Á. PENAS 1984 - *La vegetación de la alta montaña cantábrica. Los Picos de Europa.* Ediciones Leonesas. 299 pp. León.

RIVAS-MARTINEZ S., 1982- Etages bioclimatiques secteurs chorologiques et série de végétation de l'Espagne méditerranéennes. *Ecol. Med.* Vol 8, pp 275-288.

RIVAS-MARTINEZ S., 1977.- Sur la végétation des pelouses thérophytiques de l'Europe occidentale in. *La végétation des pelouses sèches à thérophytes*, Colloques phytosociologiques, 6 : 55-71.

RNE, 2000- Rapport National sur l'état et l'avenir de l'Environnement. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Algérie. 253p.

ROBIN M., 2002- Télédétection des Systèmes d'Information Géographique. 2ème Ed. Nathan, Paris, 318 p.

ROUSE, J.W., R.H.Haas, J.A.Schell, and D.W.Deering, 1973- Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I: 309-317.

SAUVAGE C., 1963- Etages bioclimatiques. Atlas du Maroc. Notices, applications. *Physiol. Météo.* 31 p ;

SEIGUE A., 1985- La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. G.-P. Maisonneuve et Larose. 502 p.

SELTZER, P. 1946- Le climat de l'Algérie. Institut de météorologie et de physique du globe. Univ. Alger. 219 P ;

STEWART PH., 1975- Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application pour le barrage vert. Bull. Soc. Hist. Nat. AFN. Fsc. 65, 1 et 2, Alger, pp 239-252.

STEWART PH 1974 - Cours de sylviculture. Institut National Agronomique. Dpt de foresterie. El-Harrach -Alger : 101p

THINTOIN, R, 1948- Les paysages géographiques de l'Oranie, 58, Fasc, Bull, Soc. Geogr. Arch. Oran.280p ;

TOUBAL O., 1986- Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements du massif de l'Edough (Algérie nord-orientale). *Thèse Doct. 3ème cycle*, USTM, Grenoble, 111 p.

TRICART (J.) 1978-Géomorphologie applicable. Comptes rendus critiques. Géomorphologie applicable .Masson 201 p

VIEILLEFOSSE M., 1980- Cartographie du bilan radiatif par Météosat. Annales des mines, Toulouse, 111- 117 p.

ZERAÏA L., 1981- Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phenologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence Cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille. 367 p. +Annexes.